МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«Информатика: проблемы, методология, технологии»

Материалы XIX Международной научно-методической конференции

Воронеж,
14-15 февраля 2019 г.

Под редакцией к.т.н. Борисова Д. Н.

Воронеж
Издательство
«Научно-исследовательские публикации»
2019

УДК 004.65+004.438.5
ББК Ч 481 (2) 22
И74

Оргкомитет:

Сопредседатели:

Ендовицкий Д. А. – ректор Воронежского государственного университета, д.э.н., профессор;

Мосолов О. Н. – руководитель Департамента образования, науки и молодежной политики Воронежской области;

Проскурин Д. К. – руководитель Департамента цифрового развития Воронежской области.

Заместители:

Чупандина Е. Е. – первый проректор-проректор по учебной работе, д. фарм. н., профессор;

Козадеров О. А. – проректор по науке и инновациям, д. х. н., доцент;

Зацаринный А. А. – зам. директора федерального исследовательского центра «Информатика и управления» РАН, д. т. н., профессор;

Савинков Ю. А. – ректор Воронежского института развития образования (ВИРО), д.т.н., профессор;

Алгазинов Э. К. – декан факультета компьютерных наук, д. ф.-м. н., профессор;

Борисов Д. Н. – доцент кафедры информационных систем, к. т. н., доцент;

Крыловецкий А. А. – доцент кафедры цифровых технологий, к.ф.-м.н., доцент.

Члены комитета:

Бойченко И. А., Даньшин Б. И., Монько Н.А., Соломатин Д. И., Таратухин В. В., Федоров М. Г., Шаров Ю. Н.

Программный комитет:

Артемов М. А., Бережная И. Ф., Васенин В. А., Гаршина В. В., Ерешко Ф. И., Запрягаев С. А., Кобозева И. М., Кретов А. А., Крыловецкий А. А., Кургалин С. Д., Львович Я. Е., Матвеев М. Г., Махортов С. Д., Семенов М. Е., Сирота А. А., Сычев А. В., Толстобров А. П., Чижов М. И., Чечкин А. В., Шашкин А. И.

И74 Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIX международной научно-методической конференции / под редакцией Д. Н. Борисова; Воронеж, Воронежский государственный университет, 14-15 февраля 2019 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. – 2169 с.

ISBN 978-5-6042216-2-4

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на XIX Международную научно-методическую конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», проводимой Воронежским государственным университетом.

Сборник предназначен для научных работников, аспирантов и студентов старших курсов.

УДК 004.65+004.438.5
ББК Ч 481 (2) 22

© ФГБОУ ВО ВГУ, 2019
© ООО «Вэлборн», 2019

ISBN 978-5-6042216-2-4

Пленарные доклады

Информационное обеспечение как основа интеллектуализации современного воздушного судна

Н. И. Сельвесюк, email: selvesyuk@yandex.ru

ФГУП «ГосНИИАС», Москва

Аннотация. *В работе анализируется ключевые проблемы внедрение новых технологий «интеллектуализации» комплексного бортового оборудования воздушных судов. На основе декомпозиции задач, решаемых комплексом бортового оборудования, предлагаются методы совершенствования программно-аппаратного комплекса воздушных судов*

Ключевые слова: *информационное обеспечение, интеллектуализация, авиационная техника, комплексы бортового оборудования.*

Введение

В докладе анализируются тенденции и основные проблемы интеллектуализации современных воздушных судов (ВС). В качестве ключевых аспектов интеллектуализации ВС на ближайшую перспективу выделены задачи получения и интеллектуальной обработки разнородной информации, интеллектуального управления ВС, управления техническим состоянием ВС, а также интеллектуального взаимодействия в контуре пилот-ВС.

Интеллектуализация комплекса бортового оборудования (КБО) ВС подразумевает поэтапное внедрение программно-аппаратных компонентов решения задач обеспечения полета, традиционно относившихся к деятельности человека-оператора. В этой связи происходит разделение задач принятия решения между пилотом и бортовой вычислительной машиной на уровни:

1. компьютер не предлагает никакой помощи, пилот выполняет все поставленные задачи сам;
2. компьютер предлагает альтернативные способы выполнения задачи, выбор осуществляется пилотом;
3. компьютер сам выбирает способ выполнения задачи и реализует его после подтверждения пилотом;
4. компьютер сам выбирает способ выполнения задачи и реализует его с обязательным информированием пилота;

© Сельвесюк Н.И., 2019

5. компьютер сам выбирает способ выполнения задачи и реализует его без информирования пилота.

В настоящее время в бортовых комплексах управления ВС внедряются 2-й и 3-й уровни интеллектуализации, 4-й и 5-й уровни только прорабатываются. В некотором смысле интеллектуализация современных ВС сопоставима с автоматизацией, однако в данном случае речь идет об управлении, прежде всего, информационными потоками, их обработкой и использованием в интересах обеспечения безопасности полетов и эффективности ВС.

2. Перспективная архитектура бортового комплекса ВС
Структура вычислительной платформы

Ключевым моментом стал переход от федеративной архитектуры КБО, в которой каждая отдельная функция ВС была реализована на своем отдельном блоке, к архитектуре, построенной на принципах интегрированной модульной авионики (ИМА), предложенной в нашей стране в ГосНИИАС в конце 90-х годов. Работы проводились под руководством академика РАН Е.А. Федосова [1, 2]. В концепции ИМА аппаратные функции оборудования трансформируются в программное обеспечение (ПО), а структура КБО превращается в структуру бортовой вычислительной сети (БВС). Переход к ИМА был обусловлен, прежде всего, существенным увеличением сложности бортовых систем, требующих высокой производительности (например, функция самолётовождения современного ВС содержит около миллиона строк программного кода), а также существенным перераспределением стоимости разработки ПО и аппаратуры (в настоящее время стоимость разработки ПО может находиться на уровне до 60% от стоимости всего комплекса).

Дальнейшим развитием ИМА является распределенная модульная электроника (РМЭ), где вычислительная платформа представляет собой распределенную по борту ВС совокупность вычислительных платформ ИМА и концентраторов данных, связанных высокоскоростными сетевыми интерфейсами. Переход к ИМА и внедрение ПО на всех уровнях управления ВС позволили перейти к фазе активной интеллектуализации ВС.

3. Управление вычислительным процессом

Задача управления вычислительным процессом становится наиболее актуальной вследствие того, что перспективный КБО имеет открытую сетевую отказоустойчивую функционально-ориентированную распределенную архитектуру на базе масштабируемой ИМА с использованием единой вычислительной среды. Функции систем

комплекса в этом случае выполняют программные приложения, разделяющие общие вычислительные и информационные ресурсы [3]. Важной особенностью такой архитектуры является отсутствие «жестких», раз и навсегда установленных связей между датчиками бортового оборудования (информационными каналами) и вычислительными средствами. Это позволяет реализовать динамическую реконфигурацию структуры КБО с соответствующим перераспределением ресурсов. Внутри вычислительной среды формируются (с подключением к необходимым информационным каналам комплекса) структуры для оптимального выполнения каждой функции. Каждая возникающая при этом структура формируется только на время выполнения заданной функции. Таким образом, общая конфигурация вычислительной среды динамически перестраивается в процессе функционирования комплекса. При отказах это свойство становится ключевым. Функциональное ПО реконфигурируется внутри вычислительной платформы, в результате чего снижается влияние отказов вычислительной платформы на общий уровень безопасности полетов (рис. 1).

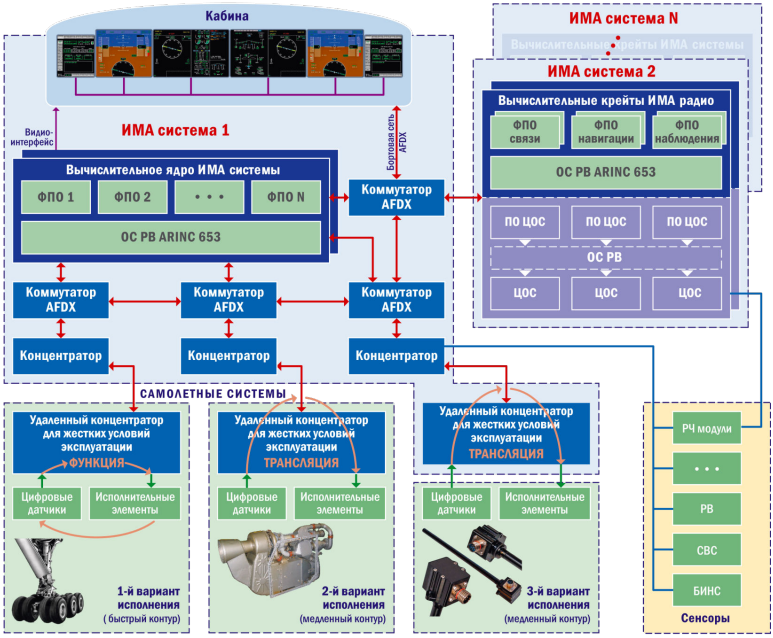


Рис. 1. Управление вычислительным процессом

Структура КБО реализуется с использованием минимальной номенклатуры унифицированных взаимозаменяемых открытых стандартных изделий (модулей, систем) с высокой производительностью и энергетической эффективностью. В данную структуру могут внедряться высоко интегрированные мультифункциональные системы основных функций, например, единая программно-управляемая радиосистема связи, навигации и наблюдения. Функции общесамолетных систем также максимально используют общие вычислительные ресурсы комплекса.

4. Реконфигурация систем управления

Системы управления (СУ) современных ВС – это сложные, высоконадежные, многократно резервированные системы. Тем не менее, в условиях действия непредвиденных факторов последствия их отказов не удается ликвидировать за счет резервирования, поэтому отказы СУ относят к критическим. Примером таких отказов является выход из строя приводов управляющих поверхностей из-за повреждения всех линий связи вычислителей СУ с приводом в результате пожара, разрушение консолей управляющих поверхностей и так далее. Для обеспечения отказоустойчивости при возникновении этой группы отказов в СУ перспективных ВС закладывается возможность их реконфигурации [4 – 6].

Реконфигурация СУ позволяет путем перераспределения функций отказавших или поврежденных органов управления между оставшимися исправными органами управления обеспечить управляемость ВС. Например, отказ элерона можно парировать дифференциальным отклонением рулей высоты, а отказ стабилизатора – за счет элеронов и рулей высоты.

Для реализации алгоритмов реконфигурации в систему управления вводится дополнительный блок – блок реконфигурации, формирующий новый закон управления для парирования последствия отказа (рис. 2).

На вход блока реконфигурации поступают управляющие сигналы, позволяющие отклонять управляющие поверхности в соответствии с логикой штатной СУ. С выхода блока реконфигурации снимаются сигналы, сформированные в соответствии с алгоритмом перераспределения управления между исправными управляющими поверхностями, обеспечивающие управляемость самолетом при отказах.

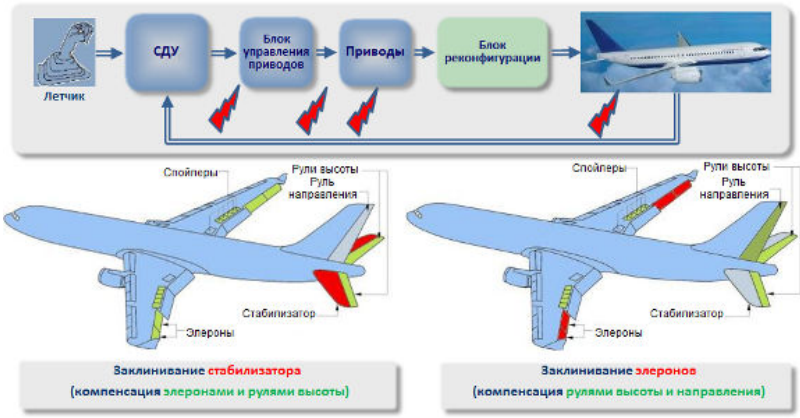


Рис. 2. Пример реконфигурации системы управления

5. Интеллектуальная обработка разнородной информации Улучшение ситуационной осведомленности экипажа

Создание нового поколения датчиков и вычислительной техники привело к тому, что на повестку дня стал вопрос об автоматизации ряда традиционных функций пилота по обработке визуальной информации, ранее считавшихся принципиально недоступными для автоматических систем. С учётом «спектральной ограниченности» человеческого зрения, относительно невысокой скорости обработки человеком сложной и быстро меняющейся многоканальной информации, информация, предоставляемая пилоту, должна быть в максимальной степени переработанной, интерпретированной и подготовленной для ее представления в удобной для пилота интегральной форме вместе со всей остальной графической и текстовой информацией. Это ведёт к необходимости включать в состав систем информационной поддержки пилотируемых ВС интеллектуальные элементы предварительного анализа сцены (обнаружения и распознавания объектов), характерных для автоматических систем управления. Прежде всего, речь идёт о создании систем непрерывного визуального представления внешнего пространства – систем улучшенного, синтезированного и комбинированного видения [7].

Система улучшенного видения (EVS – Enhanced Vision System) это аппаратно-программная система, которая формирует и выводит на систему индикации визуально улучшенное изображение закабинного пространства по информации от датчиков технического зрения. В составе EVS выделяются две основные подсистемы: система

технического зрения (СТЗ), выполняющая операции ввода и обработки видеоинформации, и система компьютерной визуализации (СКВ), непосредственно формирующая и представляющая пилоту графические образы закабинной обстановки. В качестве источников информации в таких системах могут использоваться телевизионные видеодатчики, инфракрасные (ИК) датчики различных диапазонов, миллиметровые радары, лазерные локаторы, базы данных рельефа местности вдоль маршрутов полёта, базы данных аэропортов и объектов взлётно-посадочной полосы (ВПП), навигационные параметры и ряд других. Сформированная системой EVS оперативная графическая информация далее представляется пилоту в реальном времени на соответствующем устройстве отображения – индикаторе на лобовом стекле (ИЛС) или многофункциональном индикаторе (МФИ).

Перспективная EVS должна решать следующие задачи: комплексирование многоспектральной видеоинформации; получение информации от бортовых систем о текущих географических координатах, высоте и пространственной ориентации ВС; привязка оперативной видеоинформации к априорной информации о закабинной обстановке с учётом имеющихся навигационных данных; совмещение улучшенного изображения и информации, представленной в виде текста и векторных графических образов полета.

Под системой синтезированного видения (SVS – Synthetic Vision Systems) понимают систему, формирующую в бортовом вычислителе и выводящую на систему индикации изображение топографического участка, наблюдаемого из кабины экипажа, по ориентации ВС в пространстве, высоте, географическим координатам ВС и бортовой базе данных (рис. 3).

Рис. 3. Пример синтезированного изображения

Перспективная SVS должна решать следующие задачи:

получение информации от бортовых систем о текущих географических координатах, высоте и пространственной ориентации ВС;

извлечение из бортовой базы данных информации о рельефе местности и препятствиях, соответствующих навигационному положению ВС и представляющих потенциальную опасность на текущей фазе полета, объектах аэродромной инфраструктуры;

синтез изображения топографического участка на основе комплексирования навигационной информации и информации из баз данных рельефа местности, препятствий и объектов аэродромной инфраструктуры;

формирование векторных графических образов полета;

формирование символики для представления потенциально опасных ситуаций: столкновение с землей (при работе совместно с системой предупреждения столкновения с поверхностью земли), столкновение с препятствиями, являющимися объектами аэродромной инфраструктуры, выкатывание за границы ВПП и т.д.

SVS существенным образом упрощают пространственную ориентацию пилота по сравнению с цифро-шкальной индикацией. Однако наличие ошибок навигации, неучтенных препятствий и рельефа местности, задержек формирования и обновления баз данных, фактически не позволяют эксплуатировать SVS автономно.

Наиболее перспективным направлением является использование на борту ВС системы комбинированного видения (CVS – Combined Vision System), которая объединяет в себе лучшие свойства и функциональные характеристики двух систем: EVS, формирующей улучшенное и комплексированное изображение от нескольких разноспектральных сенсоров системы технического зрения, и SVS, формирующей изображение виртуальной моде-ли местности (ВММ) по цифровой карте местности, навигационным и пилотажным параметрам ВС.

Системы CVS обеспечивают увеличение дальности видимости ориентиров на местности и улучшение ситуационной осведомленности экипажа за счет формирования средствами технического зрения и компьютерной визуализации объединенного графического образа реальных и виртуальных изображений закабинного пространства и вывода этого изображения на индикаторы экипажу (рис. 4).

Рис. 4. Пример комбинированного изображения

Перспективная CVS должна решать следующие задачи:

предварительная обработка EVS изображений (изменение диапазона яркостей, выделение границ объектов, формирование связанных фрагментов, скелетизация и векторизация фрагментов) с целью улучшения видения и подготовки их для геометрического совмещения с SVS изображениями;

геометрическое совмещение EVS и SVS изображений в реальном масштабе времени;

совместная визуализация EVS и SVS изображений в зависимости от достижимой погрешности их совмещения.

Перспективным направлением является использование систем дополненной реальности, интегрированных в средства индикации или специальные шлемы пилотов. В последнем случае кардинально улучшается обзор закабинного воздушного пространства («прозрачная» кабина), что особенно актуально для вертолетов и при полетах на малых высотах.

6. Информационные системы «в помощь летчику»

Интеллектуальные информационные системы «в помощь летчику» предназначены для [8]:

– непрерывного представления экипажу точного, достоверного и целостного образа окружающей обстановки, независимо от погодных условий и времени суток;

– распознавания в реальном времени опасных сочетаний факторов внешней обстановки и внутреннего состояния ВС, могущих привести к возникновению особой ситуации, ранжирования выявленных сочетаний факторов по степени опасности и их наглядного аудиовизуального представления экипажу;

– прогнозирования будущих опасных сочетаний факторов с учетом плана полета (траектории ВС) и оценки изменения внешней обстановки и внутреннего состояния ВС;

– выработки рекомендаций для экипажа ВС по выходу из особых ситуаций, снижению их опасности или их предотвращения;

– самостоятельного принятия решений и выполнения в автоматическом режиме действий по выходу из особых ситуаций, снижению их опасности или их предотвращению, а также блокировки действий пилотов, приводящих к возникновению особой ситуации или увеличивающих степень ее опасности.

Перечисленные задачи в настоящее время имеют различный уровень проработки. Например, первые две задачи сегодня реализуются на борту ВС. Прогнозирование эволюции окружающей обстановки и предсказание опасных сочетаний факторов требует специальных баз данных. Функция выработки рекомендаций связана с созданием базы знаний, накапливающей практический опыт действий пилотов в особых ситуациях. И наконец, функция принятия решений подразумевает максимальную ответственность и может быть реализована в будущем только после определенного периода успешной эксплуатации системы с более простой функциональностью. Комплексность задач обусловлена необходимостью одновременного и совместного контроля большого числа факторов внешней обстановки и параметров состояния ВС, а также экспертного выявления их сочетаний, несущих риск возникновения особой ситуации.

Развитие интеллектуальных информационных систем «в помощь летчику», функционирующих в реальном масштабе времени, предполагает решение следующих базовых задач:

– комплексный анализ в реальном времени информационных потоков об окружающей обстановке от СТЗ, радиотехнических и лазерных обзорных средств, вторичных средств наблюдения, спутниковых навигационных систем и наземных служб управления воздушным движением (УВД);

– комплексный анализ входных информационных потоков, формирование гарантированного комплексного (во всех диапазонах технического зрения) изображения внутри- и закабинного пространства ВС на всех этапах полета;

– системный анализ данных от подсистем функциональной безопасности, выделение и системная диагностика источников риска для обеспечения безопасности полета ВС;

– обобщенное аудиовизуальное представление полученной информации и результатов анализа экипажу ВС в простой и наглядной форме;

– выработка и выдача экспертных рекомендаций экипажу на предотвращение и вывод ВС из опасного состояния;

– автоматическое выполнение действий (выдача команд системам ВС), направленных на вывод ВС из опасного состояния;

– блокировка и (или) парирование действий экипажа, ведущих к повышению опасности для ВС;

– выборочная передача наземным службам полученной информации и результатов анализа по бортовым каналам связи.

Аппаратная часть системы может включать следующие источники информации о внешней обстановке:

– бортовые многодиапазонные средства технического зрения, в том числе гиперспектральные, с высокой пространственной и спектральной разрешающей способностью;

– бортовые и мобильные автономные лидарные средства для определения спутного следа ВС, турбулентности при ясном небе, сдвига ветра, оперативной диагностики потенциально опасных в экологическом отношении объектов, определения физических свойств и динамики распространения естественных и искусственных атмосферных аэрозольных образований;

– многофункциональные радиолокационные средства для задач метеонавигационного обзора, обзора земной поверхности и поиска объектов с высокой пространственной разрешающей способностью;

– многоканальные оптикоэлектронные системы контроля и наблюдения за объектами особой важности с измерением координат и дальности до объектов наблюдения, и регистрации видеоинформации.

Реализация алгоритмов интеллектуальных информационных систем «в помощь летчику» в перспективном КБО может осуществляться как с использованием общих вычислительных ресурсов, так и путем создания собственной вычислительной платформы ИМА. Вариант реализации системы приведен на рис. 5.

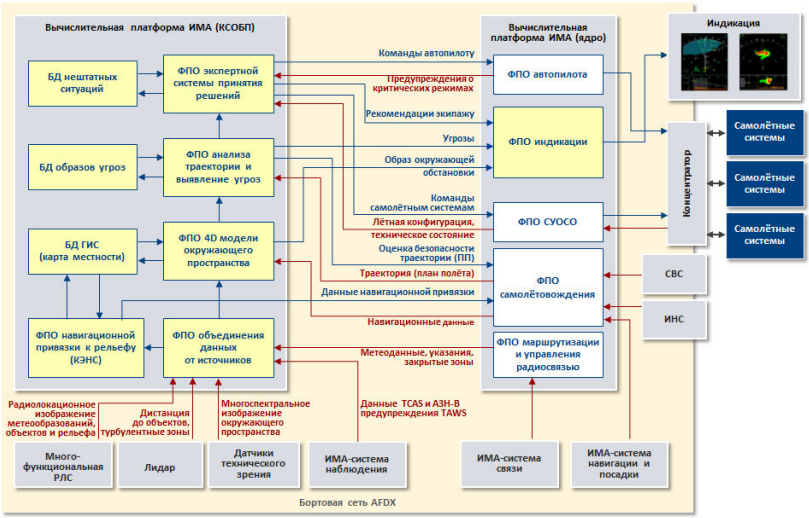


Рис. 5. Пример реализации системы «в помощь летчику»

В то же время во многих областях применения авиационной техники речь сегодня идёт уже не об улучшении каких-то отдельных характеристик единичных ВС, а о наиболее эффективных способах построения и использования целостных систем управления, связи, обработки и сбора информации. Эти системы могут включать множество ВС, а также целый ряд подсистем, служб и сетей, в том числе связанных с изображениями и географическими данными. В них могут входить космические и авиационные платформы получения данных, службы географической поддержки, наземные системы сбора информации, системы планирования операций, моделирования, навигации, управления движением и ряд других.

7. Интеллектуальное управление воздушным судном

В области интеллектуализации управления ВС ключевым направлением является реализации траекторий полета с учетом времени прибытия в конечную точку (4D-траекторий), которые станут существенным элементом системы УВД следующего поколения. Предполагается, что самолеты будут летать по точным четырехмерным траекториям, где четвертым измерением является время, что потребует согласовывать 4D-траекторию полета от взлета до посадки, сопровождая и обновляя ее с учетом, например, таких факторов, как изменение ветра или ограничения в системе УВД (рис. 6).

Диспетчер назначает самолету заданное время прилета с точностью до 5с. По мере приближения самолета к аэропорту назначения гибкость в назначении заданного времени прилета сокращается.

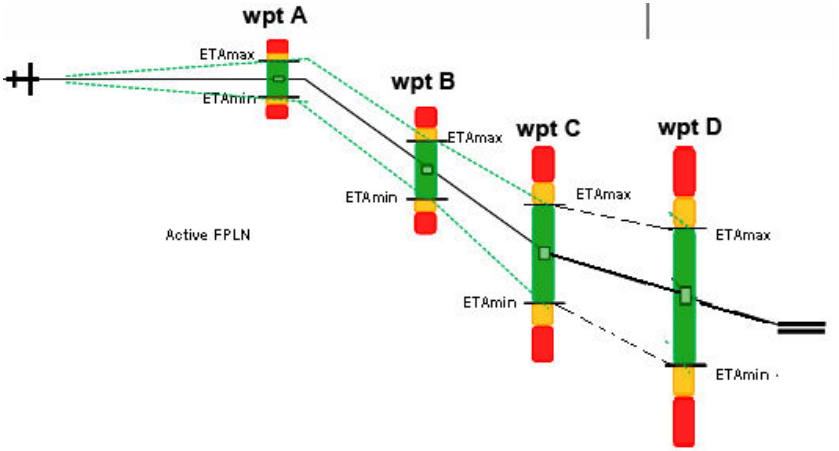


Рис. 6. Пример управления 4D-траекторией полета

Реализация такого подхода потребует оптимизации летно-технических характеристик полета по индексу стоимости с учетом всех ограничений и с учетом расширенной модели атмосферы (многоэшелонный ветер и температура) и построения 4D-траектории одновременно для каждого типа полетного плана (активного, измененного, дополнительного).

Одновременно на борту ВС должны решаться задачи комплексной обработки информации, идентификации характеристик ВС, оценки возмущающих векторов, прогнозирования и управления. Реализация данного подхода позволит добиться существенного снижения стоимости полетов [9].

8. Управление техническим состояниям воздушного судна

Современный самолет является сложнейшим техническим объектом, предназначенным для многолетнего интенсивного использования. Для поддержания на необходимом уровне технического состояния в настоящее время используются интегрированные системы управления техническим состоянием (ИСУТС). Особенностью ИСУТС ВС является не только контроль и диагностика состояния, но и прогнозирование оставшегося времени безотказной работы, что является основой для перехода эксплуатации по состоянию.

ИСУТС состоит из бортового и наземного сегментов (рис. 7) [8]. Бортовой сегмент ИСУТС осуществляет сбор и первичную обработку данных о состоянии элементов ВС. На борту современного ВС используется до ста тысяч различных датчиков. С использованием имеющихся в базе данных математических моделей и алгоритмов решаются задачи обнаружения, локализации и диагностики различных типов отказов. Необходимая информация о состоянии ВС сохраняется в бортовой БД, а также передается в наземный сегмент ИСУТС. Перечень и вид передаваемой информации определяется структурой наземной части. Также бортовой сегмент ИСУТС с использованием элементов экспертных систем осуществляет информационную поддержку экипажа в полете и технического персонала на земле при оперативных видах обслуживания. Перспективной задачей является реконфигурация информационной и управляющей подсистем ВС в случае отказов.

В наземном сегменте ИСУТС решается перечень задач, направленных на обеспечение безопасной, эффективной и экономичной эксплуатации ВС. Решение этих задач основывается как на данных одного самолета, так и на данных всего парка аналогичных самолетов. Необходимые данные формируются и хранятся в наземной части БД ИСУТС. Для прогноза технического состояния в настоящее время начинают широко внедряться подходы на основе обработки больших массивов данных.

Существенное расширение функциональности ИСУТС возможно за счет внедрения бортовых беспроводных распределенных систем наблюдения и управления ресурсами и процессами, построенных с использованием низкоэнергозатратных технологий. Такие системы могут включать в себя десятки тысяч относительно близкорасположенных миниатюрных интеллектуальных узлов, соединенных в сеть, которые способны измерять и регулировать различные физические параметры, осуществлять предварительную обработку и передачу информации.

Системы, построенные на основе беспроводных сенсорных и управляющих сетей, предназначены для решения следующих задач:

– контроль технического состояния элементов ВС;

– контроль нагрузок на конструкцию и элементы ВС, груз, пассажиров и экипаж;

– контроль микроклимата кабины экипажа и салона;

– контроль и управление обтеканием элементов ВС;

– управление распределенными исполнительными устройствами СУ ВС;

– контроль психофизиологического состояния экипажа и пассажиров и т.д.

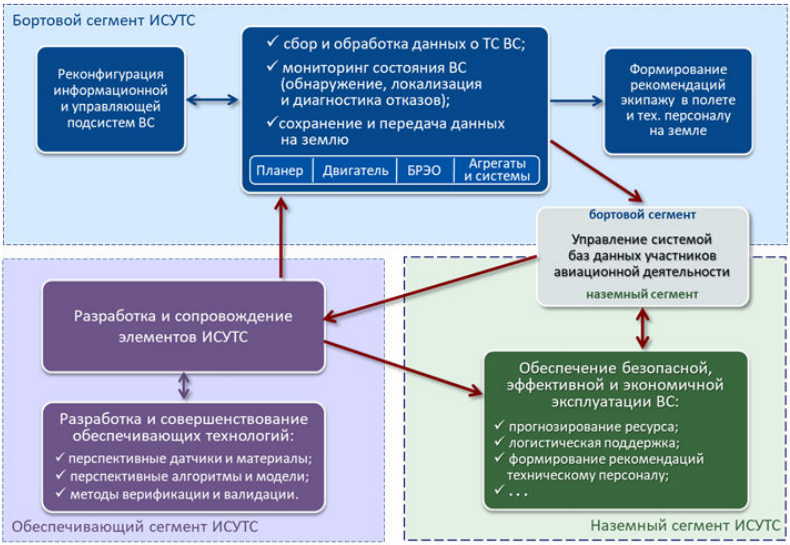


Рис. 7. Структура ИСУТС

Технологическую основу таких систем составят низкоэнергозатратные, необслуживаемые и не требующие специальной установки датчики (вибрационные, инфракрасные, электрохимические, электромеханические, акустические, волоконно-оптические), актуаторы (микро- и наноэлектромеханические), генераторы (термоэлектрические, вибрационные, кинетические, электромагнитные), накопители электроэнергии (суперконденсаторы). Построение таких распределённых самоорганизующихся отказоустойчивых систем сбора, обработки и передачи большого объема информации, образующих «нервную» систему ВС, может осуществляться с помощью различных технологий передачи данных с динамически перестраиваемой топологией и низким энергопотреблением.

9. Интеллектуальное взаимодействие в контуре пилот-ВС

В вопросах интеллектуального взаимодействия в контуре пилот-ВС выделяются два аспекта:

представление необходимой пилоту информации;

управление информацией.

В вопросах представления информации ключевой проблемой является оптимальное представление разнородной информации, воспринимаемой с использованием слуховых, зрительных и осязательных рецепторов, с учетом психофизиологического состояния экипажа. Решение проблемы видится в интеллектуальном взаимодействии в контуре пилот-ВС, придании человеко-машинному интерфейсу новых свойств, основанных на интеграции ситуационной осведомленности и выработке рекомендаций на основе анализа множества факторов полета (рис. 8).

Рис. 8. Интеграция ситуационной осведомленности и рекомендаций

При управлении информационным полем все большее значение приобретают подходы, позволяющие адаптироваться к потребностям пилота, его психофизиологическому состоянию, особенностям выполняемой задачи.

Для управления могут быть использованы как традиционные органы управления, так и новые подходы, основанные на речевом управлении, глазодвигательной активности, тактильности (рис. 9).

Рис. 9. Пример управления информационным полем

Экипаж современного ВС, как правило, состоит из двух пилотов, что обусловлено большой информационной загрузкой на ответственных этапах полетах и другими соображениями по обеспечению безопасности полета. Однако существующий уровень технологий обработки информации и методы построения интеллектуальных систем управления позволяют начать работы по созданию «интеллектуального помощника пилота» и в будущем перейти к одночленному экипажу с сохранением требуемого уровня безопасности полетов.

Заключение

Представленный материал не претендует на полноту описания всех аспектов интеллектуализации, он лишь затрагивает ключевые проблемы, решение которых в области авиации позволит существенно снизить нагрузку на экипаж и повысить уровень безопасности полетов.

Развитие авиационной техники всегда будет приоритетной задачей для нашей страны с ее огромной территорией и необходимостью высокой мобильности населения.

Основные требования, предъявляемые к авиационной технике связаны с увеличением ее безопасности и эффективности, при этом, возможности человека-оператора (пилота) приближаются к пределам психофизиологических лимитов. Поэтому на новый уровень безопасности авиационных перевозок и их эффективность можно выйти только за счет внедрения новых технологий «интеллектуализации» комплексов бортового оборудования ВС.

Технологии «интеллектуализации» бортового оборудования являются полем острого мирового соперничества наиболее развитых экономически стран. Поэтому конкурентных преимуществ можно достигнуть только при условии внедрения наиболее передовых, наукоемких разработок и технологий.

Список литературы

1. Федосов, Е.А. Проект создания нового поколения интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой / Е. А. Федосов // Авиационные системы. – 2016. – № 5. – С. 24-29.

2. Федосов, Е.А. Интегрированная модульная авионика / Е. А. Федосов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк // Радиоэлектронные технологии. – 2015. – № 1. – С. 66-71.

3. Федосов, Е.А. Перспективный облик и технологии разработки комплексов бортового оборудования воздушных судов / Е.А. Федосов, Г.А. Чуянов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк // Полет. – 2013. – №8. – С. 41-52.

4. Зыбин, Е.Ю. Аналитический синтез многосвязных отказоустойчивых систем управления с упрощенной схемной реализацией / Е.Ю. Зыбин, В.В. Косьянчук // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2010. – №1. – С. 108-117.

5. Зыбин, Е.Ю. Аналитическое решение задачи оптимальной реконфигурации системы управления летательного аппарата при отказе нескольких органов управления / Е. Ю. Зыбин, В. В. Косьянчук, А. М. Кульчак // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2014. - № 7. – С. 59-66.

6. Kosyanchuk, V.V. Aircraft control laws reconfiguration / V. V. Kosyanchuk, N.I. Selvesyuk, A.M. Kulchak // Aviation. – 2015. – V. 19 (1). – P. 14-18.

7. Желтов, С.Ю. Авиационные системы улучшенного и синтезированного видения закабинного пространства / С.Ю. Желтов, О.В. Выголов, Ю.В. Визильтер // Полет. – 2013. – №1. – С. 33-39.

8. Чуянов, Г.А. Направления совершенствования бортового оборудования для повышения безопасности полетов воздушного судна / Г.А. Чуянов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк, С.В. Кравченко // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 6 (155). – С. 219-229.

9. Чуянов, Г.А. Перспективы развития комплексов бортового оборудования на базе интегрированной модульной авионики / Г. А. Чуянов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 55-62.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-08-00463).

Математические подходы к описанию гистерезисных явлений: от теоретических основ к практической реализации

М. Е. Семенов, email: mkl150@mail.ru[1,2,3]
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru[1]
П. А. Мелешенко, email: melechp@yandex.ru[1,4]
А. М. Соловьев, email: darkzite@yandex.ru[5]
О. О. Решетова, email: o.o.reshetova@gmail.com[1]
Е. А. Карпов, email: believedream95@gmail.com[1]

[1]Воронежский государственный университет
[2]ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Воронеж
3Воронежский государственный технический университет, Воронеж
[4]ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж
[5]АО «Концерн «Созвездие», Воронеж

Аннотация. *В работе рассматривается общий подход, основанный на операторной трактовке, к описанию систем с ярко выраженными гистерезисными свойствами. В рамках указанного подхода рассматриваются проблемы стабилизации и управления классом неустойчивых механических систем. Также устанавливаются свойства простейших колебательных систем с гистерезисной вынуждающей силой, в частности показывается, что в условиях, обеспечивающих «срабатывание» гистерезисного звена на первом такте колебания решения соответствующей системы не ограничены. Также изучаются характеристики демпфирующих устройств, основанных на гистерезисных свойствах современных материалов, доказывается эффективность гистерезисного демпфера в сравнении с классическими демпфирующими устройствами, основанный на диссипации механической энергии посредством линейного и нелинейного вязкого трения.*

Ключевые слова: *гистерезис, перевернутый маятник, гистерезисный демпфер, материал Ишлинского, нелинейные колебания.*

Введение

Необходимость учитывать нелинейности гистерезисного типа отмечается во многих областях: в моделях систем автоматического регулирования [1], теории твердого тела, при описании экономических и

© Семенов М.Е., Матвеев М.Г., Мелешенко П.А., Соловьев А.М., Решетова О. О., Карпов Е.А., 2019

биологических систем. Первые работы, посвященные изучению систем с гистерезисными нелинейностями появились в 1946 году [2]. Формальное описание в рамках теории систем, гистерезисные явления получили в 1983 году в монографии М.А. Красносельского и А.В. Покровского [3]. Отметим ряд результатов, полученных в этом направлении, а именно работу Покровского А.В. [4], в которой рассматривается динамика осциллятора с сильной (в том числе и гистерезисной) нелинейностью, исследуется его фазовый портрет и геометрические свойства решений. Отметим также работу [5] посвященную диссипативности систем обыкновенных дифференциальных уравнений с гистерезисными нелинейностями, в которой доказывается, что в случае гармонического возбуждения осциллятора с гистерезисной силой, формализуемой посредством оператора Прейзаха, резонанс будет иметь место лишь для гармонических сил с достаточно большой амплитудой.

В настоящей работе проводится исследование ряда динамических систем с ярко выраженными гистерезисными свойствами.

1. Обратный маятник с гистерезисным управлением: вертикальная осцилляция точки подвеса

Рассмотрим модель перевернутого маятника с осциллирующей нижней точкой подвеса [6,7]. Впервые она была изучена П.Л. Капицей. Основание маятника представляет собой физическую систему (P, S), состоящую из цилиндра длины H и поршня P, которые перемещаются вдоль направления вертикальной оси (рис. 1).

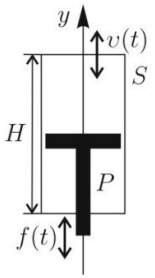


Рис. 1. Цилиндр в основании маятника

Координата $f(t)$ определяет положение поршня, а положение цилиндра определяет координата $v(t)$. Определим, что «ведущий» элемент в системе (P, S) – цилиндр P. Тогда в этом предположении

система *(P, S)* представляет преобразователь Г с входным сигналом $f(t)$ (положение поршня) и выходным сигналом $v(t)$ (положение цилиндра). Такой преобразователь называется люфтом.

Предположим, что ускорение поршня периодически изменяется от $-a\omega^2$ до $a\omega^2$ с частотой ω. Запишем линеаризованные уравнение движения такого маятника с безразмерными параметрами в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = p(\tau)x_1, \end{cases} \qquad (1)$$

$$x(0) = x_{10}, x(0) = x_{20}.$$

Матрица системы (1.1) имеет вид $\mathbf{P}(\tau) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ p(\tau) & 0 \end{pmatrix}$, где $p(\tau) = k - sG(\tau, H)\operatorname{sgn}(\sin\tau)$, k и s определяются параметрами системы, $\tau=\omega t$, а G – преобразователь-люфт. Матрица $\mathbf{P}(\tau)$, является периодической функцией времени с периодом 2π, так что для любого момента времени τ справедливо равенство $\mathrm{P}(\tau + 2\pi) = \mathrm{P}(\tau)$. Устойчивость по Лагранжу связана с *матрицами монодромии* и оценки ее собственных значений, называемых *мультипликаторами*. В частности, достаточно, чтобы все они находились внутри единичного круга $|\rho| < 1$. Как было показано в [8] это условие эквивалентно неравенству

$$\begin{aligned} &|(2ch\left(2\sqrt{k}\Delta\tau\right)ch(k_1\gamma) + (\frac{\sqrt{k}}{k_1} + \frac{k_1}{\sqrt{k}})sh\left(2\sqrt{k}\Delta\tau\right)sh(k_1\gamma))\cos(k_2\gamma) + \\ &+ ((\frac{\sqrt{k}}{k_2} - \frac{k_2}{\sqrt{k}})sh\left(2\sqrt{k}\Delta\tau\right)ch(k_1\gamma) + (\frac{k_1}{k_2} - \frac{k_2}{k_1})ch^2\left(\sqrt{k}\Delta\tau\right)sh(k_1\gamma) + \\ &+ (\frac{k}{k_1k_2} - \frac{k_1k_2}{k})sh^2\left(\sqrt{k}\Delta\tau\right)sh(k_1\gamma))\sin(k_2\gamma)| < 2 \end{aligned} \qquad (2)$$

Параметрам, удовлетворяющим неравенству (1.2), соответствуют почти периодические колебания маятника относительно верхнего положения.

Следует отметить, что периодические решения лежат на прямых определяемые следующими соотношениями $\varphi_{10} = \frac{a_{12}}{1-a_{11}}\varphi_{20}$, $\varphi_{20} = \frac{a_{21}}{1-a_{22}}\varphi_{10}$, где $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ параметры матрицы монодромии, как было показано в работе [8]. Непосредственный анализ показывает, что все периодические решения неустойчивые.

2. Неограниченные и диссипативные колебания в системах с релейными нелинейностями

Рассмотрим систему, динамика которой описывается уравнением (3) с заданными начальными условиями:

$$\ddot{x} + \omega^2 x = R[\alpha, \beta, \omega_0]x$$
$$x(0) = x_0, \ \dot{x}(0) = x_1 \qquad (3)$$

где $R[\alpha, \beta, \omega_0]$-оператор неидеального реле с отрицательным спином.

Теорема: Пусть $x_0 \notin [\alpha; \beta]$. Тогда отвечающее ему решение не ограничено.

Иными словами, если начальное значение таково, что гистерезисное звено, «срабатывает», то решение ему соответствующее не ограничено [9].

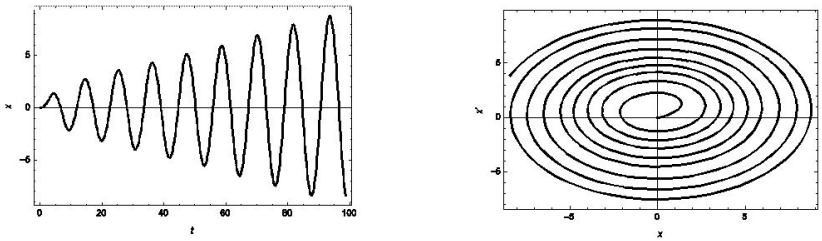


Рис. 2. Решение и фазовый портрет уравнения (3) с заданными начальными условиями

Замечание 1. Очевидно, что решение будет осциллировать и при этом скорость роста амплитуды будет пропорциональна $\sqrt{t}$.

Замечание 2. Очевидно, что теорема остается верной и для других гистерезисных нелинейностей. Единственное требование к ним заключается в положительной площади петли.

Если же начальное значение лежит на отрезке $[\alpha;\beta]$, то ему соответствует ограниченное на всем положительном временном интервале решение.

Приведем обобщение полученных результатов для систем с различными видами трения (сухого и вязкого). Вязкое трение описывается следующим соотношением:

$$\ddot{x} + 2b\dot{x} + \omega^2 x = R[\alpha, \beta, \omega_0]x$$
$$x(0) = x_0,\ \dot{x}(0) = x_1 \tag{4}$$

Динамика решения отвечает следующей закономерности: как только амплитуда решения становится достаточно велика, то работа силы трения уравновешивает энергию, полученную осциллятором от гистерезисного преобразователя.

Колебания осциллятора с сухим трением и гистерезисным внешним воздействием описывается соотношением

$$\ddot{x} + \eta\,\mathrm{sgn}(\dot{x}) + x = R[\alpha, \beta, \omega_0]x \tag{5}$$

$$\Delta E = -\eta \int_0^T |\dot{x}| dt + S_{петли} \tag{6}$$

Из соотношение (6) следует, что приращение энергии будет положительно, если работа сил трения будет меньше площади петли и отрицательна в противном случаи. То есть изучаемую систему можно трактовать, как систему с отрицательной обратной связью. Также верно будет выражение $2(x_{\max} - x_{\min})\eta = S_{петли}$, это значит, что амплитуда установившихся колебаний будет такова, что работа силы трения на периоде будет равна площади петли.

3. Вибрационный гистерезисный демпфер на основе материала Ишлинского

Рассмотрим механическую систему, находящуюся под действием вынуждающей периодической силы при наличии демпфирующего звена [10] (рис. 3). Механическая система состоит из цилиндра массой *M*, груза массой *m*, пружины с жесткостью *k* и демпфирующего звена *D*, двигающийся без трения в горизонтальной плоскости. К цилиндру приложена вынуждающая сила *f*(*t*) изменяющаяся по гармоническому закону.

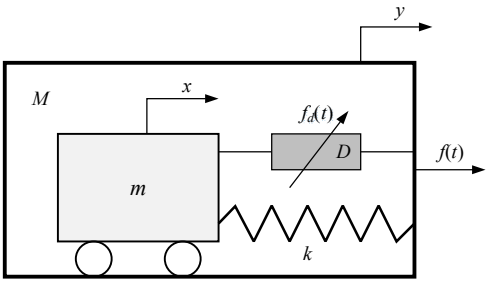


Рис. 3. Исследуемая механическая система

Пусть закон изменения силы $f(t)$, приложенной к цилиндру M:

$$f(t) = Y\omega^2 \sin(\omega t), \tag{7}$$

где Y – амплитуда, ω – частота воздействия.

Уравнение описывающее динамику исследуемой механической системы в относительных величинах будет иметь следующий вид:

$$\frac{d^2u}{d\tau^2} + \alpha \mathbf{W}\left[\tau, z_j(\tau)\right]u + u = A\Omega^2 \sin(\Omega\tau), \quad j = \overline{1,N}, \tag{8}$$

где коэффициент $\alpha = S/k$, S – площадь сечения демпфирующего материала, $\mathbf{W}$ – преобразователь Ишлинского, $u=y(\tau)-x(\tau)$, а $\tau=\omega t$. Проведем сравнительный анализ вязкого и гистерезисного демпферов. Сравнение указанных типов демпфирующих элементов наиболее репрезентативно может быть представлено в терминах передаточных функций, отражающих эффективность использования рассматриваемого демпфера в области резонанса системы и за ее пределами.

Передаточная функция силы:

$$T_{ff} = \frac{\max\limits_{\tau}\left|m\omega_0^2 \dfrac{d^2x}{d\tau^2}\right|}{Y\omega^2}. \tag{9}$$

Передаточная функция «перемещение-сила»:

$$T_{fd} = \frac{\max\limits_{\tau}\left|x(\tau)\right|}{Y\omega^2}. \tag{10}$$

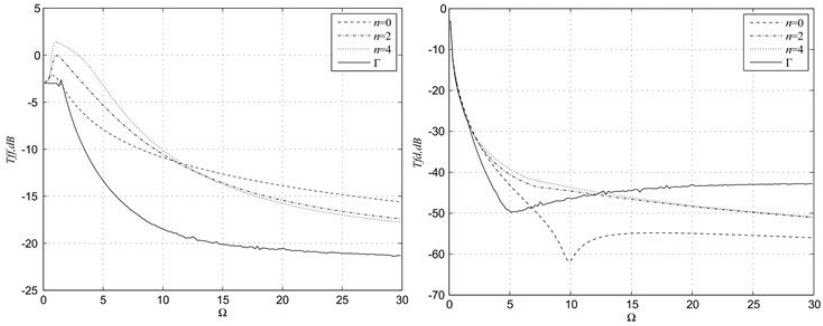


Рис. 4. Передаточные функции силы (слева) и «перемещение-сила» (справа) для гистерезисного (Г), линейного вязкого (n=0) и нелинейного вязкого (n>0) демпферов

Как видно из результатов моделирования, в случае использования гистерезисного демпфера на основе материала Ишлинского, возможно добиться высокой эффективности демпфирования как в области резонанса, так и за ее пределами, по сравнению с использованием линейного или нелинейного вязкого демпферов.

Заключение

В настоящей работе проводилось исследование обратного маятника с вертикально осциллирующим подвесом, управляемым посредством воздействия гистерезисной природы. В результате исследования получены явные критерии устойчивости для линеаризованных уравнений движения.

В результате исследования резонансных свойств системы с гистерезисной вынуждающей силой удалось установить, что в условиях, обеспечивающих «срабатывание» гистерезисного звена на первом такте колебания решения соответствующей системы не ограничены. Проведено обобщение для систем с различными видами трения.

В результате исследования колебательной системы с гистерезисным звеном было показано, что гистерезисный вибрационный демпфер на основе материала Ишлинского имеет ряд важных преимуществ по сравнению с демпферами, построенными на основе вязкого трения.

Список литературы

1. Зоны устойчивости и периодические режимы перевернутого маятника с гистерезисным управлением / Матвеев М. Г., Семенов М. Е.,

Шевлякова Д. В., Канищева О. И. // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012. – №11. – С. 8-14.

2. Андронов, А. А. Простейшие линейные системы с запаздыванием/ А. А. Андронов, А. Т. Майер //Автоматика и телемеханика. – 1946. – №7. – С. 95-106.

3. Красносельский, М. А. Системы с гистерезисом / М. А. Красносельский, А. В. Покровский. – М. : Наука, 1983. – 272 с.

4. Красносельский, М. А. Нелинейные почти периодические колебания / М. А. Красносельский, В. Ш. Бурд, Ю. С. Колесов. – М : Наука, 1970. – 304с.

5. Красносельский, А. М. Диссипативность нерезонансного маятника с ферромагнитным трением / А. М. Красносельский, А. В. Покровский //Автоматика и телемеханика. –2006. – №2. – С. 57-69.

6. Стабилизация обратного маятника на двухколесном транспортном средстве / В. И. Ряжских [и др.] // Вестник Южно-Ур. ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ. – 2017. – № 9. – С. 41-50.

7. Стабилизация обратного гибкого маятника с гистерезисными свойствами / М. Е. Семенов, М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, А. М. Соловьёв // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – №8. – С. 516-525.

8. Стабилизация обратного маятника на двухколесном транспортном средстве / В. И. Ряжских [и др.]// Вестник Южно-Ур. ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ. – 2017. – № 9. – С. 41-50.

9. Hysteretic nonlinearity and unbounded solutions in oscillating systems / A. M. Solovyov, M. E. Semenov, P. A. Meleshenko et al. // Procedia Engineering. –2017. – Vol. 201. – P. 578-583.

10. Nonlinear Damping: From Viscous to Hysteretic Dampers [Electronic resource] / M. E. Semenov, A. M. Solovyov, P. A. Meleshenko et al. // Proceedings in Physics. –2018. – Vol. 199. – Access mode : https://doi.org/10.1007/978-3-319-63937-6_15

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-01-00158, № 17-01-00251).

Секция № 1
Проблемы информатики как науки: программирование, алгоритмы

Алгоритм распознавания жестов руки в реальном времени

С.Р. Бенгезаль, e-mail: salim_bengezal@mail.ru
Н.В. Коваленко, e-mail: kovnata95@mail.ru

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *В данной статье рассматривается алгоритм распознавания жестов руки, который основывается на цветовой кластеризации кожи, поиске движения на видеопоследовательности и принципах контурного анализа.*

Ключевые слова: *алгоритм, распознавание, жесты, компьютерное зрение, opencv.*

Введение

Современные информационные технологии, алгоритмы и методы способствуют появлению новых интерфейсов взаимодействия пользователей и устройств. Одним из таковых перспективных направлений является разработка и исследование человеко-машинных интерфейсов, основанных на распознавании объектов. В этой статье рассматривается взаимодействие с помощью жестов. Для «захвата» жеста человека используются различные устройства, такие как, ультразвуковые локаторы, кинематографические датчики и т.д., но наиболее распространенным устройством для получения жестов является видеокамера. Исходя из вышеизложенного, речь в данной статье пойдет об алгоритме распознавания жестов на видеопоследовательностях.

Задача распознавания жеста состоит из нескольких основных подзадач, таких как: поиск целевого объекта, т.е. жеста на видеопоследовательности, выделение ключевых признаков локализованного жеста и сравнения этих признаков с эталонными значениями из базы данных.

1. Анализ существующих решений

Для локализации жестов на последовательности кадров часто используется алгоритм Виолы-Джонса. Этот подход основан на принципах интегрального представления изображений, построения классификаторов на основе адаптивного усиления и каскадного комбинирования классификаторов. Этот метод требует наличия обучающей выборки изображений и обладает низкой скоростью

© Бенгезаль С. Р., Коваленко Н. В., 2019

обучения классификаторов, однако отличается высокой скоростью работы, что позволяет его использовать в системах реального времени. В соответствии с обучающей выборкой применимость метода Виолы-Джонса ограничивается конечным множеством возможных жестов для распознавания. Алгоритм хорошо работает при небольшом угле отклонения (не более 30 градусов). Качество результатов сильно падает при отклонении угла более чем 30 градусов. В качестве альтернативы используют метод сегментации изображения на основе цветового кластера кожи, который обладает низкой вычислительной стоимостью, но не обеспечивает достаточной контрастности жестов при наличии близких по цвету объектов на исходной последовательности кадров. Также данный метод сильно зависит от условий окружающей среды.

Выделение ключевых признаков может осуществляться с помощью вельвет-преобразования. Этот подход показывает свою эффективность во многих задачах обработки изображений. В данной статье используется принцип нахождения центроида локализованного объекта и расчета расстояния до максимально удаленных от центра точек. Этот подход инвариантен к положению жеста, однако сильно ограничен набором жестов.

2. Алгоритм распознавания жестов

Классический вариант использования жестов предполагает захват изображения и анализ движения человеческого тела на статическом фоне, без каких-либо других движущихся объектов. Исходя из этого, а также в условиях работы в реальном времени для определения жестов предлагается комбинированный метод на основе сегментации исходного изображения с учетом цветового распределения кожи человека и нахождения разницы между элементами видеопоследовательности – простейшего детектора движения. Приемлемое качество распознавания достигается за счет комбинации данных методов, при этом не требующее предварительное обучение, а домен возможных объектов для локализации не является замкнутым, таким образом, можно задавать произвольные жесты, а также изменять их в дальнейшем. Выделение ключевых признаков основывается на принципах контурного анализа, что позволяет выделять характеристики, инвариантные к масштабу и положению локализованного жеста.

3. Сегментация изображения с учетом цветового кластера кожи человека

Принцип сегментации изображения на основе цветового кластера пикселей, образующих кожу человека, базируется на положении, что у людей различных рас составляющие цветового тона кожи меняются

незначительно. Изменения эмоционального и физического состояния также слабо влияют на цвет его кожи. Результаты не зависят от ракурса и расположения тела. Отсюда следует, что определение кожи по цвету является перспективным методом для применения в различных системах технического зрения.

Таким образом, цвет кожи человека при контролируемом освещении занимает ограниченное подмножество цветового пространства, эффективным и производительным решением является пороговый классификатор. В качестве цветовой модели будем использовать YCbCr. Границы цветового кластера кожи и показатель суммарной ошибки при контролируемом освещении для этой модели представлены в таблице.

Таблица

Показатели цветового кластера кожи

Цветовая модель	**Граничные значения**	**Показатель общей ошибки детектирования**
YCbCr	$25 \le Y \le 220$ $100 \le Cb \le 130$ $140 \le Cr \le 190$	0,074

Количество операций при таком подходе соизмеримо с количеством элементов на изображении, а результат работы алгоритма представляет собой двоичную маску локализации. В качестве фильтров пред и постобработки используется операция размытия.

4. Нахождение разницы между элементами видеопоследовательности

Алгоритм разности между двумя кадрами видеопоследовательности принимает на вход 2 кадра из цветного видео в формате RGB, представляющие собой две последовательности байт в формате одноканального изображения RGB. Оптимальным решением по производительности является приведение исходного полноцветного изображения RGB к изображению в градациях серого цвета. В качестве первичного фильтра выступает операция морфологического сужения (эрозия) исходного изображения. Далее производится вычисление попиксельных межкадровых разностей по следующей схеме:

$$D^*(i,j,n) = \left| D(i,j,0) - D(i,j,n) \right|,$$

где $D(i,j,n)$- значения яркости для текущего пикселя -го кадра видеоряда; $D(i,j,0)$ – значения яркости для текущего пикселя

эталонного кадра фона; $D^*(i,j,n)$ – результирующее значение яркости для текущего пикселя n-го кадра видеоряда.

Полученное изображение в результате межкадровой разницы подвергается пороговому преобразованию с заранее определенным параметром T:

$$M(i,j,n) = \begin{cases} 0, D^*(i,j,n) > T \\ 255, D^*(i,j,n) < T \end{cases},$$

где $M(i,j,n)$ – значение элемента изображения после преобразования; T – пороговый уровень преобразования .

Таким образом, на выходе алгоритма формируется двоичная маска. Детектор движения использует данные, предварительно сформированные системами обучения. В работе поиск движения базируется на данных о фоне сцены, на которой определяется перемещения целевых объектов – жестов руки человека. При получении нового кадра видеоряда происходит подсчет абсолютной разницы между текущим кадром и данными об усредненном фоне. На основании этого получается разностная карта двух кадров, которая содержит информацию об объектах движения. Разностная карта (изображение в серых тонах) подвергается пороговому преобразованию, в результате чего получается бинарная маска локализации движения.

5. Комбинирование результатов локализации кожи и движения

Результатом определения кожи по цвету, а также разностного детектора движения являются изображения, содержащие так называемую бинарную маску, при наложении которой на исходный кадр можно получить объект, который детектируется в рамках рассматриваемого подхода. Так как оба метода дают результат в одинаковом формате, то становится возможным объединение выходных изображений по принципу пересечения:

$$M_R = M_S \bigcap$$

Где M_S – бинарная маска, полученная в результате поиска кожи по цвету; M_M – бинарная маска, полученная в результате детектирования движения руки человека; M_R – результирующая маска.

а *б* *в*

а – сегментация с учетом цветового кластера кожи; б – разность между двумя кадрами видеоряда; в – результирующая маска локализации жеста

Рис. 1. Бинарные маски локализации жеста

6. Анализ по контуру

Контурный анализ позволяет описывать, хранить, сравнивать и производить поиск объектов представленных в виде своих внешних очертаний – контуров. Предполагается, что контур содержит всю необходимую информацию о форме объекта, внутренние точки объекта не рассматриваются. Это ограничивает область применимости алгоритмов контурного анализа, но позволяет снизить вычислительную и алгоритмическую сложность. Эффективным методом анализа контуров является анализ их моментов.

Момент – это суммарная характеристика контура, полученная интегрированием (или суммированием) всех пикселей контура. Для функции $f(x,y)$, которая представляет собой изображение в серых тонах, моменты определяются следующим образом:

$$m_{p,q} = \iint x^p y^q f(x,y)dxdy,$$

где p и q – порядок возведения в степень соответствующего параметра.

Использование моментов позволяет производить анализ и сравнение контуров, однако характеристики контура, найденные по вышеуказанной формуле, не пригодны для алгоритма распознавания, так как простые моменты являются зависимыми от площади локализованного жеста и ориентации его контура в системе координат. Для решения этих проблем необходимо рассчитать нормализованные центральные моменты:

$$v_{p,q} = \frac{\iint (x-x_c)^p (y-y_c)^q f(x,y)dxdy}{m_{00}^{\frac{p+q}{2}+1}}$$

где x_c, y_c – координаты центра тяжести изображения

Нормализованные центральные моменты используются для получения характеристик контуров, не зависящих от сдвигов и вращения, т.е. инвариантов.

Для каждого элемента видеопоследовательности выбирается контур локализованного жеста, после чего вычисляются его главные компоненты – инварианты. Процесс распознавания заключается в сравнении главных компонент неизвестного контура с компонентами всех возможных жестов для распознавания, которые могут задаваться параметрически на этапе первичной настройки алгоритма

7. Процесс распознавания жестов на видеопоследовательности

Работа алгоритма строится на 2 основных этапах:

1. Предварительная настройка
2. Распознавание жеста на элементе видеоряда

Этап распознавания состоит из локализации жеста на элементе видеоряда, выделения главных компонент жеста и сравнения с заранее заданными на этапе настройки компонентами эталонных жестов. Алгоритмы этапов представлены на рис. 2.

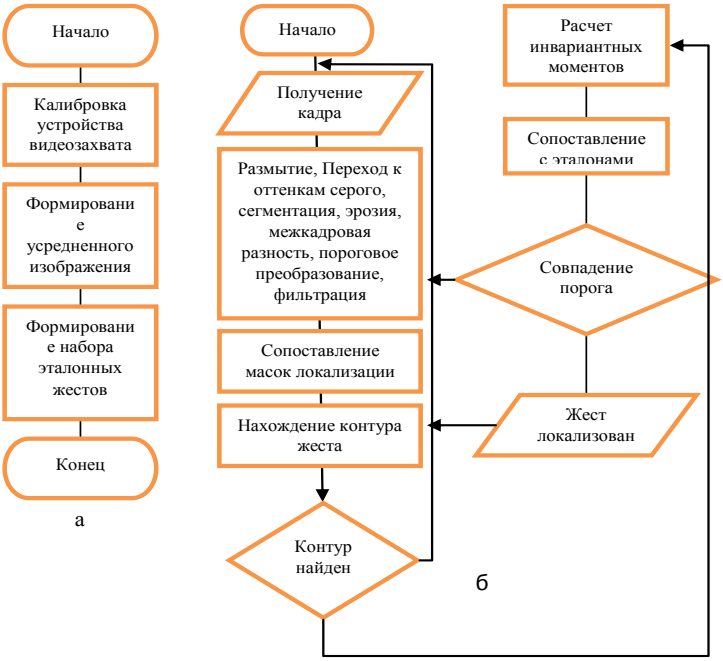
Средняя производительность системы рассчитывается исходя из времени, которое требуется для обработки одной сцены. Количество кадров в секунду высчитывается по следующей форме:

$$FPS_{avg} = \frac{1}{T_{avg}}$$

где FPS_{avg} – максимально возможное количество кадров в секунду; T_{avg} – время обработки одного кадра.

Заключение

Алгоритм распознавания жестов руки человека, описанный в рамках данной статьи основывается на цветовой кластеризации кожи, поиске движения на видеопоследовательности и принципах контурного анализа. Предложенный алгоритм решает задачи локализации целевого объекта на сцене, а также позволяет произвести анализ контекста его движения и формы, что позволяет распознать жест. В результате проделанной работы средняя частота кадров, на которой может функционировать разработанная система, составляет около 50 fps, что даже превышает способности восприятия органов человеческого зрения. Это позволяет сделать вывод о возможном применении как в настольном, так и в мобильном сегментах средств вычислительной техники.



а – предварительная настройка; б – обработка элементов видеопоследовательности (процесс распознавания)

Рис. 2. Алгоритмы этапов процесса распознавания жеста

Список литературы

1. Фан Н. Х. Распознавание жестов на видеопоследовательности в режиме реального времени на основе применения метода Виолы–Джонса, алгоритма Camshift, вейвлет преобразования и метода главных компонент / Н. Х. Фан, Т. Т. Буй, В. Г. Спицын // Управление, вычислительная техника и информатика: Вестник Томского государственного университета. – Томск, 2013. – № 2(23). – С. 102-111.

2. ИНТУИТ [Электронный ресурс]. – Национальный открытый университет. Академия Intel. Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP. – Режим доступа : http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info

3. Malima A. A Fast Algorithm for Vision-Based Hand Gesture Recognition for Robot Control / Malima A., Ozgur E., Cetin M./ Proc. of the IEEE 14th. - Анталья, 2006. С. 1–4.

4. Чудновский М. М. Исследование робастности принципа цветовой кластеризации объектов для построения систем человеко-машинного взаимодействия / Чудновский М. М., Русанова О. А./ Системный анализ и информационные технологии V Международная конференция САИТ – Красноярск, 2013, ИВМ СО РАН, С. 431–435.

5. Martinkauppi B. Detection of Skin Color under Changing Illumination: A Comparative Study // Proc. of the 12th Intern. Conf. on Image Analysis and Processing. – Мантуя, 2003, С. 652-657.

Создание информационной системы для авиакомпаний на основе технологий обработки больших данных

А. А. Верлин, e-mail: alexandrverlin@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В данной статье рассмотрена идея построения рекомендательной системы для осуществления детального анализа поведения пилота и его взаимодействия с летательным аппаратом во время обучения. Для этого используются инструменты, для обработки больших данных, экосистемы Hadoop. В ходе работы описаны варианты, которые позволяют делать обработку источников любой сложности.*

Ключевые слова: *MapReduce, Hadoop, Летательные аппараты, экосистема Hadoop, источники данных.*

Введение

В настоящее время информационные технологии активно проникают во все сферы деятельности: образование, медицина, документооборот и другие. Вся эта информация находится в цифровом виде и с каждым днем эти объемы становится все больше и больше. Так почему бы, например, не использовать эту информацию для предоставления услуг людям, следовательно, получать прибыль бизнесу?

Так появилась технология обработки больших объемов данных, которая называется BigData, эта область ИТ предоставляет удобные инструменты для сбора, обработки и анализа больших объемов данных. После проведения анализа, можно спрогнозировать какие-либо события или сделать определенные выводы.

Примерно, за 60 лет, самолетостроение-это и создание новых видов стали для корпусов самолетов, и разработка электронной начинки, а также обучение пилотов и техники пилотирования шагнули далеко вперед. Сейчас пилот, в большей степени, играет роль наблюдателя, который частично, принимает участие, в управлении летательным аппаратом через его бортовой компьютер. Следовательно, возникает проблема получения максимального коэффициента полезного действия от летательного аппарата, пилота, который управляет этим летательным аппаратом и совершенствование техники его пилотирования.

© Верлин А. А., 2019

Проектирование информационной системы

Начнем с проектирования данной системы, разделим задачу на этапы:

1) этап получение и сбор данных с датчиков (параметров летательного аппарата, пилота и траектории движения (пилотирование)).

Этот этап технический и предполагает размещение различных датчиков для сбора данных и записи их в специальное хранилище. Датчики размещаются на всех узлах летательного аппарата, а также на теле пилота.

2) этап обработка полученных данных. Здесь будут использоваться инструменты экосистемы Hadoop, которая предоставляет парадигму MapReduce для обработки больших объемов данных.

Этот этап программный, здесь все данные объединяются, агрегируются

и формируется результат в удобной форме для дальнейшей обработки.

Для реализации программной обработки необходимо специальное оборудование и установленное, на нем, программное обеспечение. Например, рациональная (минимальная) конфигурация — 2 шестиядерных процессора, 32-128 Гб памяти, 3-6 жестких дисков (1 или 2 Тб), подключенных напрямую через контроллер материнской платы. На этом оборудовании развертываем экосистему Hadoop (Cloudera Hadoop или аналогичную систему).

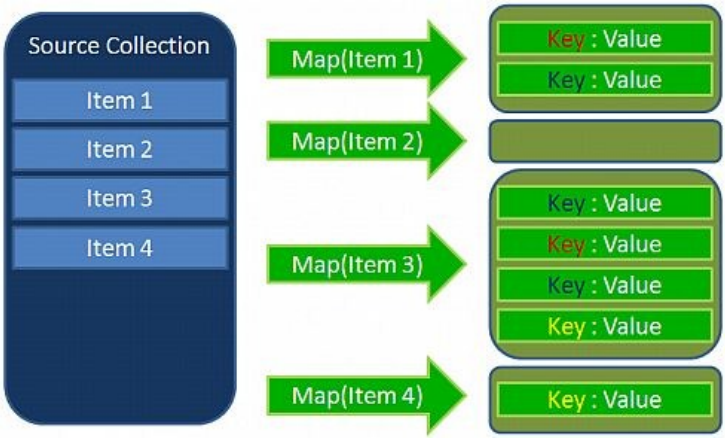


Рис. 1. Чтение источников и первичная обработка данных

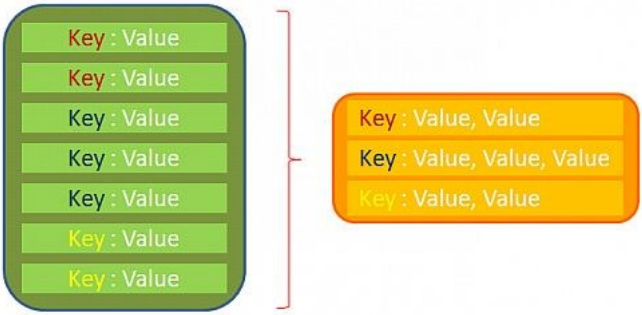


Рис. 2. Сортировка входных строк

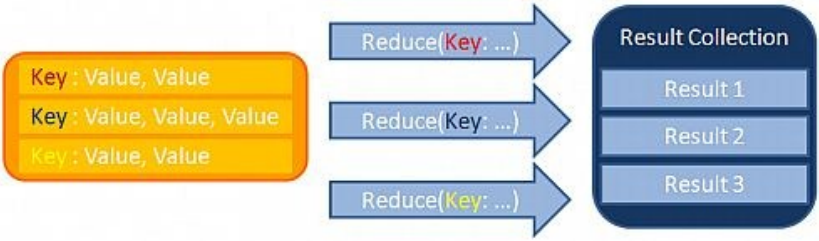


Рис. 3. Вычисление итоговой статистики и формирование результата для каждого показателя

3) этап анализ данных, полученный на этапе 2. Используя машинное обучение, можно построить модель, которая будет предоставлять полный анализ и возможность прогнозировать, дальнейшее поведение исследуемых параметров, а также получить, на основе этой информации, рекомендации по улучшению качества некоторых параметров.

Например, на теле пилота закрепляются датчики, после вылета данные с датчиков передаются в кластер для обработки (используя инструменты экосистемы Hadoop) данные обрабатываются, и формируется промежуточный результат в удобной для анализа форме. Далее полученную информацию пропускаем через модель и наглядно отражаем, полученные данные в виде графиков, которые будут отражать различные параметры и результаты

их взаимодействий. Например, психологическую устойчивость, эффективность управления летательным аппаратом, степень готовности пилота, а также ряд других параметров. Огромным преимуществом данной идеи является накопление данных за период, что даст наиболее

точный прогноз и возможность более детального анализа данных, который можно использовать для различных оценок поведения летательного аппарата, пилота и их взаимодействия.

Также можно применить технологию обработки больших данных в метеорологии, где на основании большого числа факторов можно сделать прогнозирование погодных условий или иных погодных факторов.

После реализации всех этапов, мы получаем систему, которая дает полезную информацию для инженеров, по модификации и устранению недостатков в анализируемой модели летального аппарата, пилоту, возможность наиболее быстро достигнуть единение с летательным аппаратом и оценить его возможности и поведение своего организма в различных режимах полета, а также руководителю полетов(наставнику), который, на основании полученной информации может сделать выводы о степени готовности пилота и его навыках управления летательным аппаратом.

Заключение

Таким образом, данная система решает ряд проблем, описанных в статье, и предоставляет возможности для более качественного обучения молодых пилотов, получение максимально возможной информации о поведении летательного аппарата в тех или иных условиях, следовательно, его модернизация и устранение проявившихся недостатков.

Литература

1. White T. Hadoop: The Definitive Guide. / T.White . – U.S.A. : O'Reilly Media, 2015. – 768 p.
2. Лем Ч. Hadoop в действии / Ч. Лем. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 424 с.
3. Исламов А.Ш. Обработка больших объемов данных на основе MapReduce / А.Ш. Исламов, М.А. Артемов [и др.] // Материалы XV международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – 2015. –Т. 1. – С. 78-80.

Программная реализация алгоритма квалификации преступного деяния

И. Е. Воронина, email: lypinam@rambler.ru
М. С. Ляпина, email: lypinam@rambler.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается программная реализация алгоритмов, необходимых для квалификации преступного деяния. А именно: алгоритмы первичной обработки текста, алгоритм поиска объекта преступления и алгоритм поиска субъекта преступления и потерпевшего.*

Ключевые слова: *квалификации преступного деяния, субъект, объект, субъективная сторона, объективная сторона.*

Введение

В области юриспруденции хотя и существуют попытки автоматизации той или иной отрасли права (например, введение электронной формы уголовного дела или создание правовых норм изначально в машиночитаемом виде), они носят скорее точечный, чем системный характер.

Представляется актуальной задача автоматизации процессов разрешения конкретных правовых задач таких, в частности квалификации преступного деяния. В рамках этого процесса необходимо, во-первых, выявить все элементы состава преступления, и, во-вторых, сопоставить данный состав с составами статей Уголовного кодекса Российской Федерации. На основе полученных знаний можно делать вывод о том, под какие статьи попадает данное преступление.

Исходя из того, что текст правонарушения сформулирован на естественном языке, его необходимо предварительно обработать для того, чтобы сделать его пригодным для дальнейшего использования. В работах [1,2] был сформулирован алгоритм первичной обработки текста, а также алгоритмы поиска объекта, субъекта преступления и потерпевшего. Рассмотрим практическую реализацию алгоритмов.

1. Средства реализации

Исходя из того, что разрабатываемое приложение должно быть доступно обширному кругу людей, было принято решение реализовать его в виде web-приложения. Для решения поставленной задачи был

© Воронина И. Е., Ляпина М. С., 2019

выбран язык программирования Java, а за основу взят Spring framework в сочетании с СУБД MySQL.

2. Первичная обработка текста

Для первичной обработки текста, представленного на естественном языке было принято решение использовать текстовый корпус «OpenCorpora» [1] – специальным образом подобранные, размеченные и структурированные коллекции текстов. Тот факт, что данный корпус представлен в виде XML файла позволяет с помощью таких java-инструментов, как JAXB, предназначенный для маршаллирования Java объектов в XML и обратно и JDBC, предназначенный для взаимодействия java-приложений и СУБД, сохранить всю имеющуюся информацию из морфологического корпуса в базу данных. После данной операции в базе данных имеется полная информация, необходимая для лемматизации словоформ и морфологической разметки.

На вход приложению подаётся текст противоправного деяния. Он разделяется на предложения (предполагается, что конец предложения – точка. Далее проверяется существуют ли предложения, состоящие из 1 слова. При положительном исходе данное предложение соединяется со следующим. Затем удаляются ненужные знаки препинания, пробелы (при условии, если два пробела стоят рядом) и все заглавные буквы заменяются строчными. Вышеуказанные процедуры входят в процесс сегментации текста, который заканчивается разделением предложений на слова.

После данной процедуры каждому слову находится соответствующая словоформа в базе данных, а каждой словоформе лемма. Так проходят процедуры поиска словоформ и лемматизация.

Следующим необходимым шагом является морфологическая разметка. В базе данных хранятся связи между леммами и граммемами подобно связям между словоформами и леммами. Таким образом каждой лемме ставится в соответствие ряд грамматический свойств, необходимых при реализации последующих алгоритмов.

3. Алгоритм поиска объекта преступления

Данный алгоритм работает с уже обработанным текстом и возвращает статью, подходящую для квалификации преступления. Рассмотрим его работу более детально.

В базе данных хранятся все объекты преступлений, указанные в УК РФ [2]. Каждому объекту преступления поставлены в соответствие леммы, при появлении в тексте которых можно гарантировать, что объектом преступления будет именно тот, с которым связана найденная

лемма. Поэтому следующим шагом полученные ранее леммы сравниваются с леммами, связанными с объектами. При первом равенстве процедура заканчивается и отыскивается объект преступления, связанный с данными леммами. Если же поиск не даёт положительных результатов, весь алгоритм заканчивается и на экране появляется предупреждение о том, что не удалось квалифицировать данное преступное деяние.

Как было указано в работах [1-2], все статьи можно сгруппировать по одному объекту преступления, поэтому на данном этапе невозможно отыскать единственную статью, подходящую для квалификации преступления. Для этого в базе данных для каждого состава преступления предусмотрены дополнительные, уточняющие леммы, при нахождении которых можно с точностью определить уникальный состав, а значит и уникальную статью. Поэтому на следующем шаге отыскиваются данные леммы. При отрицательном результате происходит поиск состава преступления, в котором нет данных уточняющих слов (лемм). При положительном результате также отыскивается состав, но уже имеющий в своей формулировке уточняющие слова. Данный алгоритм заканчивается поиском статьи с полученным составом преступления.

4. Алгоритм поиска субъекта преступления и потерпевшего

Данный алгоритм работает с данными, полученными в двух предыдущих алгоритмах, и требует данные о синтаксическом разборе предложений. Данный процесс не является основной задачей работы, поэтому было принято решение о привлечении сторонних сервисов для реализации данной задачи.

Проанализировав имеющиеся сервисы, осуществляющие синтаксический анализ предложений, был выбран основанный на машинном обучении «MaltParser» [3], так как у данного инструмента есть оболочка MP4RU [4], которая уже предварительно обучена на текстовом корпусе «СинТагРус» [5] и которую можно использовать в качестве библиотеки в языке Java.

«MaltParser» – инструмент для работы с деревьями зависимостей. Позволяет построить модель по размеченному корпусу и формировать деревья для новых данных, основываясь на ней. Для построения дерева используется грамматика зависимостей, которая представляет строй предложения в виде иерархии компонентов, между которыми установлено отношение подчинения. Вершиной дерева чаще всего является глагол-сказуемое.

В работе используется обертка над «MaltParser» на языке Java – «MP4RU». Такое решение агрегирует все этапы разбора – токенизацию, морфологическую разметку и построение дерева зависимостей. Существует несколько вариантов использования данного инструмента. Самый логичный для разрабатываемого приложения – использование обёртки как библиотеки.

Первым шагом алгоритма является поиск предложения, в котором встречаются леммы с помощью которых был определён состав преступления. Последующая работа ведётся лишь с этим предложением.

Следующим шагом является синтаксический разбор предложения. Для этого был использован «MaltParser» – инструмент для работы с деревьями зависимостей. Корнем дерева является сказуемое предложения и каждое слово зависимо от предыдущего. Таким образом, мы получаем бинарное дерево, узлы которого – это слова с соответствующими грамматическими характеристиками. Программно результатом данного процесса является коллекция массивов. Первым элементом каждого массива является порядковый номер слова в предложении. Вторым – словоформа, третьим – лемма, четвёртым номер, определяющий порядок слова в дереве зависимостей. И, наконец, последний элемент – синтаксическое отношение между данным словом и предыдущим. Для корня на данной позиции стоит отметка ROOT.

Далее с помощью грамматических свойств, полученных в первом алгоритме, происходит поиск лемм, которые являются одушевлёнными существительными и анализ залога сказуемого. Данное условие проверяется следующим образом: если сказуемое состоит в таких синтаксических отношениях, как:

- Сочинительное СинтО.
- Сентенцианально-сочинительное СинтО.
- Сочинительно-союзное СинтО.
- Подчинительно-союзное СинтО.

то его залог – действительный. Если же синтаксическое отношение сказуемого – пассивно-аналитическое, то залог – страдательный.

Далее из одушевлённых существительных выбирается подлежащее. Синтаксическое отношение подлежащего – предикативное.

Затем формируется список индексов, каждый элемент которого – позиция слова в предложении. Эти данные берутся из синтаксического разбора. Данный список делится пополам. В первой половине находятся подлежащее/ие, затем идёт флаг, определяющий в какой половине списка находится субъект, а в какой – потерпевший. Если залог сказуемого действительный, то субъектом преступления является

подлежащее, в обратном случае – дополнение. Далее из списка индексов формируется список словоформ, которые являются субъектом/ами и потерпевшим/и и алгоритм заканчивается.

Заключение

На основе проведённых исследований была выполнена программная реализация web-приложения поддержки принятия решения при квалификации преступного деяния на примере учебных задач. Для этого были решены следующие задачи:

1. Спроектирована схема хранения необходимой информации.
2. Импортированы данные из морфологического корпуса.
3. Реализованы алгоритмы сегментации, токенизации, лемматизации и морфологической разметки текста на основе импортированных данных лингвистического корпуса.
4. Реализованы алгоритмы нахождения объекта, субъекта преступления, а так же потерпевшего.
5. Реализовано приложение с использованием фреймворка Spring.

В дальнейшем планируется разработать алгоритмы поиска субъективной и объективной сторон. Также необходимо обработать те случаи, когда состав преступления является квалифицированным, привилегированным или сложным.

Список литературы

1. Ляпина М. С. Задача квалификации преступного деяния для обучающих программ / И. Е. Воронина // Математика, информационные технологии, приложения : сб. тр. Межвузовский научной конф. молодых ученых и студентов, (Воронеж , 23 апреля 2018 г.) : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2018. – С. 70-78.
2. Ляпина М. С. Автоматизация принятия решения при квалификации преступного деяния / И. Е. Воронина // Информатика: проблемы, методология, технологии, приложения (Воронеж , 8-9 февраля 2018 г.) : сб. тр. XVIII Международная конф.
3. Уголовный Кодекс Российской Федерации [Текст] : федер. закон от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ (в ред. от 13.06.2017 г.) // Собрание законодательства РФ. – 1996 г. – №25. – ст. 2954.
4. OpenCorpora [Электронный ресурс] : открытый корпус русского языка. – Режим доступа : http://opencorpora.org/
5. СинТагРус [Электронный ресурс] : национальный корпус русского языка. – Режим доступа : http://www.ruscorpora.ru/instruction-syntax.html

Язык обхода графов Gremlin и фреймворк Apache TinkerPop 3

И. А. Дмитриевцева, email: ird96@yandex.ru
В. Ю. Иванова, email: veronikaiva95@yandex.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрены возможности фреймворка Apache TinkerPop 3.*

Ключевые слова: *Gremlin, Apache TinkerPop 3, база данных, СУБД, графовая база данных.*

Введение

Gremlin – полный по Тьюрингу функциональный язык Apache TinkerPop - фреймворка, который позволяет работать с графовыми СУБД, такими как OrientDB, Neo4j, TitanDB и совершать обход графа с помощью специальных команд [1].

1. Основные команды языка Gremlin

Команда обхода графа в Gremlin может состоять из пяти фундаментальных шагов, каждый из которых является атомарной операцией.

Шаг *map* позволяет изменять исходные объекты, *mapFlat* – преобразовать исходный объект в коллекцию, *filter* – убирать объекты из коллекции, *sideEffect* – работать с объектом или коллекцией внутри основной ветки, не меняя исходные данные, а шаг *branch* – разбить исходную коллекцию объектов на несколько и работать с ними в параллельных ветках [2-3].

Преимуществом фреймворка TinkerPop является совместимость с различными графовыми СУБД, что позволяет в унифицированной форме работать с данными из разных источников.

Чтобы получить граф, достаточно выполнить команду в консоли TinkerPop:

```
var graph = TinkerGraph.open('URL', 'username', 'password');
```

После получения графа из графовой СУБД можно выполнять к нему различные запросы на языке Gremlin. Примеры таких запросов приведены в таблице 1.

© Дмитриевцева И. А., Иванова В. Ю., 2019

Таблица 1

Примеры команд на языке Gremlin

Команда	**Пояснение**
`graph.V()`	Получение всех узлов.
`graph.V().outE()`	Получение всех ребер, исходящих из всех узлов.
`graph.E()`	Получение всех ребер.
`graph.V().E()` `  .map(values('id', 'weight'))`	Получение *ID* и весов ребер.

`graph.V().E()`
`  .map(values('id',`
`  'weight'))`
`  .filter{`
`  it.get()`
`  .value('weight')>2`
`  }`
	Получение *ID* и весов ребер (поле *weight*), у которых вес больше 2.

`graph.V()`
`  .map(values('title'))`
`  .sideEffect(System.out.&println)`
	Печать всех названий узлов.

`graph.V().E().branch({`
`  it.get()`
`  .values('weight','id')}`
`  .option({`
`  it.get.value('weight')<10`
`  },'small' )`
`  .option({`
`  it.get.value('weight')>10`
`  },'big'))`
`.sideEffect(System.out.&println)`
	В случае, если вес ребра больше 10, напечатать его *ID* и слово *'small'*, иначе – *'big'*.

`graph.V(1)`
`  .repeat(bothE().bothV()`
`  .simplePath())`
`.until(hasId(2)).path().limit(100)`
	Получение 100 путей между узлами с *ID* 1 и 2.

`graph.V(1)`
`  .repeat(bothE().bothV()`
`  .simplePath())`
`  .until(hasId(P.within(2)))`
`  .path().as("path")`
`  .limit(100)`
`  .map(unfold()`
`  .coalesce(values("weight"),`
`  constant(0.0))`
`  .sum()).order().as("cost")`
`  .select("cost","path")`
	Получение 100 путей вместе с весом между узлами с *ID* 1 и 2, отсортированных по суммарному значению поля *weight*, принадлежащему ребрам, которые вошли в путь.

Gremlin позволяет не только получать данные для чтения, но и модифицировать их [3]. Примеры команд модификации графов показан в таблице 2.

Таблица 2

Команды модификации графов на языке Gremlin

Команда	**Пояснение**
`graph.addV(name)`	Добавление нового узла с идентификатором name

`graph.V(idA).as('a')`
`.out(idZ).as('z')`
`.addE(name)`
`.from('b').to('a')`
	Добавление ребра с идентификатором name между узлами с идентификаторами *aId* и *zId*

`graph.V(id)` `.property(name, value)`	Добавление значения value свойства с именем name узла с идентификатором *id*
`graph.E(id)` `.property(name, value)`	Добавление значения *value* свойства с именем *name* ребра с идентификатором *id*

2. Работа с Java Driver

Преимуществом TinkerPop является наличие драйвера для работы с фреймворком на языке программирования Java. Подключить Java Driver можно, добавив следующую зависимость в файл *pom.xml* проекта Java:

```
<dependency>
  <groupId>com.tinkerpop.gremlin</groupId>
  <artifactId>gremlin-java</artifactId>
  <version> 3.4.0</version>
</dependency>
```

Для работы с командами Gremlin через Java Driver необходимо получить экземпляр графа, с которым нужно работать. Для этого необходимо подключиться к какой-либо графовой СУБД, которую поддерживает Apache TinkerPop, или создать граф средствами самого Gremlin.

Примеры команд приведены в таблице 3.

Таблица 3

Способы получения экземпляров графов

Команда	Пояснение
`graph = OrientGraph.open(url, username, password);`	Получение экземпляра графа СУБД OrientDB
`graph = TitanFactory.open(url, properties);`	Получение экземпляра графа СУБД TitanDB
`graph = GraphFactory .open(configuration);`	Получение экземпляра графа в общем случае (для любых графовых СУБД, поддерживающих Gremlin)
`graph = graph(name).create();`	Создание нового графа средствами Gremlin
`graph.io("graph.xml") .write().iterate()`	Импорт графа в формате JSON
`graph.io("graph.json") .write().iterate()`	Импорт графа в формате GraphML

После получения графа можно получить так называемый конвейер Gremlin Pipeline. Сделать это можно с помощью следующей команды:
`graph.traversal();`

В конвейере можно выполнять любые команды Gremlin непосредственно в коде программы Java. Примером такого кода может служить метод *traverseWithOnlyNArray*, который возвращает все пути между двумя узлами с идентификаторами *aId* и *zId* графа *graph*, которые содержат в себе ровно *N* узлов из множества *verticesToPass* и ребер из множества *edgesToPass*. Такое поведение было бы невозможно реализовать только средствами Gremlin и более затруднительно только средствами Java. Метод *traverseWithOnlyNArray* приведен в листинге 1.

Листинг 1

Метод traverseWithOnlyNArray

```
public static List traverseWithOnlyNArray(OrientGraph graph,
String aId, final String zId, Set<String> verticesToPass,
Set<String> edgesToPass){
    long start = System.currentTimeMillis();
    int total = 0;
    int N=1;
    List list= new ArrayList();
    Set<Object> elements =new HashSet<>();
```

```
    elements.addAll(graph.traversal()
        .V(verticesToPass).toList());

    elements.addAll(
        graph.traversal().E(edgesToPass).toList());

    graph.traversal().V(aId)
        .repeat(bothE().bothV().simplePath())
        .until(hasId((within(zId)))).path()
            .filter(pathTraverser -> {
                int count = 0;
                for (Object element : elements) {
                    if (pathTraverser.path()
                          .objects().contains(element)) {
                        count++;
                        if (count > N)
                            return false;
                    }
                }
                return count==N;
            }).limit(1000).fill(list);
    return list;
}
```

Граф, с которым работает Gremlin, хранится in-memory. Это означает, что при завершении работы программы граф будет уничтожен [2]. Если необходимо сохранить граф, можно его экспортировать в один из необходимых форматов: GraphML или JSON. Графовые СУБД, такие как ArangoDb, OrientDB, TitanDB и др., могут импортировать такие графы. Команда для экспорта графа с помощью Gremlin приведена ниже:

```
graph.io(path_to_file).write().iterate();
```

Заключение

TinkerPop предоставляет возможность совершать обход графов посредством небольших команд, написанных на языке Gremlin и работать с различными графовыми СУБД в унифицированной форме.

Список литературы

1. Gremlin // Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Gremlin.
2. TinkerPop Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://tinkerpop.apache.org/docs/3.3.4/reference/
3. TinkerPop Traversal Recipes [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://tinkerpop.apache.org/docs/current/recipes/

Механизмы управления ресурсами высокопроизводительных систем

Дронов Р. О., e-mail: dronov.r96@gmail.com
Володина М. А., e-mail: volodina.surf@yandex.ru
Власов М. С., e-mail: vlasov_ms@list.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются механизмы управления ресурсами высокопроизводительных систем, приводятся примеры их реализации, а также анализируются достоинства и недостатки.*

Ключевые слова: *управление ресурсами, обработка ошибок, оператор goto, lifetime объекты.*

Введение

Управление ресурсами является сложной задачей при разработке больших систем даже на языках высокого уровня. При этом существуют высокопроизводительные системы, например, игры или микроконтроллеры, написанные на языках программирования без инструментов автоматического управления памятью (сборщика мусора), и требующие еще более аккуратного управления не только внешними ресурсами (сокетами, файлами), но и выделенной памятью [1, 4].

1. Управление ресурсами и обработка ошибок

Рассмотрим задачу управления ресурсами крупной системы на примере маленькой функции, которая может являться частью высокопроизводительного приложения наряду с другими модулями.

Предположим, что рассматриваемая функция запрашивает некоторый внешний ресурс (в приведенном коде это текстовый файл *input.txt*), размещает его данные в памяти, выделяемую для этих целей, а затем производит произвольную обработку данных (какую обработку именно – не имеет значения в контексте изучаемой проблемы). В конце своей работы подпрограмма освобождает ресурсы: очищает память, выделенную под массив, и закрывает файл.

```
FILE *f = fopen("input.txt", "r");
int n;
fscanf(f, "%d", &n);
```

© Дронов Р. О., Володина М. А, Власов М. С., 2019

```
int *xs = (int*)malloc(sizeof(int)*n);
for (int i = 0; i < n; ++i) {
    fscanf(f, "%d", &xs[i]);
}

do_extremely_useful_computation(&xs);
fclose(f);
free(xs);
return 0;
```

Проблемой такой подпрограммы является то, что в ней не обрабатываются ошибки. Во время отладки программист сам заметит, что у него отсутствует нужный ресурс, или то, что данные ресурса неправильного формата. Но при работе реального приложения на системе пользователя необходимо гарантировать стабильную его работу, или, хотя бы, корректное информирование об ошибках. Если вспомнить, что мы принимаем эту функцию не как целую программу, а как часть большой системы, то каждый повторный вызов этого блока кода будет приводить к повторению ошибки и утечек памяти, что при длительной работе чревато полной остановкой системы из-за нехватки оперативной памяти.

Поскольку приложение в некоторых случаях может продолжить работу при возникновении некритичных ошибок, достаточно гарантировать, что при возникновении этой ошибки не происходит утечки памяти. В контексте систем высокопроизводительных и работающих долгое время (игры, ПО микроконтроллеров) – это одно из основополагающих требований.

Добавим проверку исключительных ситуаций, при этом будем записывать в консоль данные об ошибке и возвращать из функции код ошибки. Это позволит модулю более высокого уровня, вызывающего функцию, быть информированным о том, что в ходе работы подпрограммы произошла исключительная ситуация. Если проблема возникла на этапе, когда какие-то ресурсы уже задействованы, следует освободить эти ресурсы. Так, в нашем примере их всего два, а значит при возникновении ошибки после открытия файла, следует обязательно закрыть этот файл. Если во время работы выделена память, но затем процесс столкнулся с неисправностью, следует также освободить и эту память.

```
FILE *f = fopen("input.txt", "r");
if (f == NULL) {
    perror("Could not open input.txt");
    return EXIT_FAILURE;
}
```

```
int n;
if (fscanf(f, "%d", &n) == EOF) {
    perror("Could not read from input.txt");
    fclose(f);
    return EXIT_FAILURE;
}

int *xs = (int*)malloc(sizeof(int)*n);
if (xs == NULL){
    perror("Could not allocate enought memory");
    fclose(f);
    return EXIT_FAILURE;
}

for (int i = 0; i < n; ++i) {
    if (fscanf(f, "%d", &xs[i]) == NULL) {
        perror("Could not read from input.txt");
        free(xs);
        fclose(f);
        return EXIT_FAILURE;
    }
}

do_extremely_useful_computation(&xs);
return 0;
```

На текущем этапе реализации мы уже видим ряд проблем. Так, если требования изменятся и во время работы подпрограммы потребуется использовать еще один ресурс, в каждом месте придется добавлять новые строки кода, гарантирующие освобождение этих ресурсов. При этом видно, что алгоритм обработки всех исключений одинаков и состоит из трех шагов: сообщить об ошибке в лог, освободить ресурсы, вернуть код ошибки. Это одна из главных проблем управления ресурсами: код, отслеживающий ошибки, смешивается с кодом, реализующим бизнес логику, и его количество возрастает пропорционально количеству задействованных ресурсов.

2. Оператор goto

Ниже представлен вариант реализации подпрограммы, использующий goto. Инструкция безусловного перехода goto критикуется и не рекомендуется с самой зари программирования, но все же это один из редких случаев, когда в языке Си использование goto является своего рода одобренным шаблоном. Идея заключается в том, чтобы поместить весь код, занимающийся освобождением памяти и ресурсов в качестве завершающих инструкций функции. Каждый блок кода, исполняемый при нештатной работе, должен содержать инструкцию goto, осуществляющую переход к той строчке кода, с

которой начнется освобождение ресурсов. Ресурсы должны возвращаться системе в порядке, обратном порядку их захвата. Так, если сначала был захвачен ресурс F (file), а затем выделена память под массив A (array), то инструкции должны располагаться в следующем порядке: free A, close F. Тогда, если исключительная ситуация произошла, например, когда файл уже открыт, но место в памяти под массив еще не выделено, следует осуществить безусловный переход на место в программе ровно между этими двумя инструкциями. В противном случае ошибочное освобождение памяти, которая не задействована программой, также привело бы к исключительной ситуации.

Если подпрограмма отработала без ошибок, то все ресурсы будут освобождены, когда исполнение кода естественным образом дойдет до блока с освобождением ресурсов.

```
int code = EXIT_SUCCESS;

FILE *f = fopen("input.txt", "r");
if (f == NULL) {
    perror("Could not open input.txt");
    code = EXIT_FAILURE;
    goto open_input_failure;
}

int n;

if (fscanf(f, "%d", &n) == EOF) {
    perror("Could not read from input.txt");
    code = EXIT_FAILURE;
    goto read_n_failure;
}

int *xs = (int*)malloc(sizeof(int)*n);
if (xs == NULL){
    perror("Could not allocate enought memory");
    code = EXIT_FAILURE;
    goto xs_malloc_failure;
}

for (int i = 0; i < n; ++i) {
    if (fscanf(f, "%d", &xs[i]) == NULL) {
        perror("Could not read from input.txt");
        code = EXIT_FAILURE;
        goto read_xs_failure;
    }
}

do_extremely_useful_computation(&xs);
```

```
read_xs_failure:
    free(xs);
xs_malloc_failure:
read_n_failure:
    fclose(f);
open_input_failure:
    return code;
```

Такое решение позволяет локализовать блок управления ресурсами в одном месте, но и у такого подхода существуют изъяны: если потребуется изменить порядок задействования ресурсов, программисту следует также изменять и порядок их освобождения. Необходимость редактировать код в двух местах потенциально приводит к ошибке.

3. Lifetime объекты

Это наталкивает на мысль инкапсулировать логику регистрации и освобождения ресурсов в некоторой единой абстракции. Предположим, что у нас реализован объект, регистрирующий задействованные ресурсы, а затем освобождающих их в порядке, обратном порядку регистрации этих ресурсов. Назовем эту абстракцию lifetime объектом [1]. Не касаясь пока что внутренней реализации, объявим следующий интерфейс этого модуля (API):

```
#define PUSH_LT(lt, resource, resource_destroy) \
    lt_push(lt, (void*)resource, (Lt_destroy)resource_destroy)

#define RETURN_LT(lt, result)               \
    do {                                    \
        destroy_lt(lt);                     \
        return result;                      \
    } while (0)

Lt *create_lt(void);
void destroy_lt(Lt *lt);
void *lt_push(Lt *lt, void *resource, Lt_destroy
resource_destroy);
```

Синтаксис макросов языка Си возлагает на препроцессор обязанности по формированию конечного исходного кода программы. Код, скрываемый за макросами, работает с lt объектом и определяет интерфейс его возможностей: создать lt объект, уничтожить lt объект или добавить в него ресурс.

Наиболее естественной структурой данных для реализации подобной логики является стек, работающий по принципу FILO (first in last out).

Таблица 1

Стек lt объектов

В будущем зарегистрированные ресурсы будут располагаться здесь	…
Указатель на ресурс 3	Деструктор ресурса 3
Указатель на ресурс 2	Деструктор ресурса 2
Указатель на ресурс 1	Деструктор ресурса 1

При запрашивании очередного ресурса, мы прежде всего регистрируем его в lifetime объекте, добавляя как сам ресурс, так и указатель на его деструктор. Если мы только что создали lt объект, или если на данный момент ресурсы не используются, то новый ресурс займет нижний слот стека. Каждый последующий будет регистрироваться выше. Это гарантирует правильный порядок освобождения ресурсов.

Таким образом, высокоуровневая абстракция, инкапсулированная в объекте и ряд его методов, позволяет избавиться от шаблонного кода и гарантировать единый способ управления ресурсами.

Ниже приведен код рассматриваемого примера, переписанного с использованием lt объекта.

```
lt_t *lt = create_lt(); // lifetime object
if (lt == NULL) {
    return 1;
}

FILE *f = PUSH_LT(lt, fopen("input.txt", "r"), fclose);
if (f == NULL) {
    perror("Could not open input.txt");
    RETURN_LT(lt, -1);
}

int n;
if (fscanf(f, "%d", &n) == EOF) {
    perror("Could not read from input.txt");
    RETURN_LT(lt, -1);
}

int *xs = PUSH_LT(lt, (int*)malloc(sizeof(int)*n, free);
if (xs == NULL){
    perror("Could not allocate enought memory");
    RETURN_LT(lt, -1);
}
```

```
for (int i = 0; i < n; ++i) {
    if (fscanf(f, "%d", &xs[i]) == NULL) {
        perror("Could not read from input.txt");
        free(xs);
        fclose(f);
        return EXIT_FAILURE;
    }
}

do_extremely_useful_computation(&xs);
RETURN_LT(lt, 0);
```

4. Достоинства lifetime объектов

Реализуемый подход, заключающийся в применении lifetime объекта, содержит ряд ключевых достоинств:

Единообразное управление ресурсами.

Возможность передавать ресурсы и управление ими в другие подпрограммы посредством передачи ссылки на lifetime объект [2].

Разделение бизнес-логики и низкоуровневых деталей управления ресурсами.

5. Инструкция defer языка Go

Современные высокопроизводительные языки программирования предлагают свои средства решения проблемы. Так, в языке Go существует инструкция *defer*, позволяющая зарегистрировать события, которые будут вызваны после завершения работы функции [3]. Исполнение подпрограммы может быть прервано в любой момент, но код будет скомпилирован таким образом, что все зарегистрированные события при завершении работы функции будут исполнены в порядке, обратном порядку их регистрации. Примером использования может служить следующий код, иллюстрирующий способ использования инструкции *defer*:

```
f, err := os.Open("/home/joeshaw/notes.txt")
if err != nil {
    return err
}
defer f.Close()
some_other_code_below()
```

Заключение

Задачей языков программирования и шаблонов проектирования является борьба со сложностью. Локализовав работу с памятью и ресурсами с помощью приведенной абстракции lifetime, можно получить более читаемый и легко модифицируемый код, что в конечном счете увеличивает его ценность и надежность. Включение такой

структуры в исходный код разрабатываемых библиотек позволит единообразно управлять ресурсами во всех модулях проекта, при этом к преимуществам высокопроизводительных низкоуровневых языков программирования добавится чистота и понятность кодовой базы.

Список литературы

1. Love R. Linux System Programming / Robert Love. – USA, Sebastopol : O'Reilly, 2013. – 455 с.

2. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / Р. Мартин. – СПб : Питер, 2018. – 352 с.

3. Сайт языка программирования Go [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://blog.golang.org/defer-panic-and-recover

4. Nystrom R. Game Programming Patterns / Robert Nystrom – GB, Genever Benning, 2014. – 354 с.

Автоматизация расчетной деятельности строительной компании

А. С. Застрожнова, e-mail: liedelfen@mail.ru
В. И. Безумова, e-mail: vikabezum@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработка приложения, обеспечивающего создание, удаление, редактирование и шифрование проектов компании, а также обмен и их хранение с использованием облачного хранилища.*

Ключевые слова: *Облачные хранилища, клиент-серверные приложения.*

Введение

Данная работа посвящена разработке клиентской части клиент-серверного приложения для реставрационно-строительной компании. Серверной частью которой, может выступать любое облачное хранилище.

В современном мире любой организации важно иметь возможность быстрого обмена данными проектов между членами компании, одним из способов предоставления таких возможностей является использование облачного хранилища.

Данное приложение создавалось для организации, являющейся представителем малого предприятия. Компания имеет узконаправленный профиль, работает только с православными храмами. Программа для данной организации должна уметь работать с проектами (создавать, редактировать), содержащими данные о размерах элементов храма и вычислять объемы кирпичных кладок, опалубок, лесов, площади заполнения проемов и площади обрабатываемых поверхностей.

1. Общий анализ задачи

Функционал, который необходимо предоставить пользователю для решения поставленной задачи:

- создание, изменение и удаление проектов;
- расчет объемов и площадей по введенным в проекты данным;
- защита проектов, по средствам контрольной суммы и шифрования;
- работа с облачным хранилищем;

© Застрожнова А. С., Безумова В. И., 2019

– авторизация и регистрация в системе;

– редактирование информации о существующих пользователях для администратора.

Клиентское приложение является прикладным приложением, позволяющим осуществлять строительные расчеты, в котором дополнительно необходимо реализовать возможность авторизации пользователя, для предоставления ему только той информации, доступ к которой был разрешен администратором.

Приложение состоит из трех частей:

• Серверная часть, обеспечивающая взаимодействие пользователя с облачным хранилищем.

• Клиентская часть, представляющая собой пользовательский интерфейс, который позволяет осуществлять удобное взаимодействие между пользователем и программой.

• Сервисная часть, обеспечивающая защиту файлов, загрузку и выгрузку данных.

2. Анализ существующих решений

В настоящий момент программ и сервисов, подобных разрабатываемому приложению, найдено не было, однако стоит уделить внимание строительным онлайн-калькуляторам и системам автоматизированного проектирования и черчения, созданных для упрощения строительных вычислений.

В интернете существует множество сайтов, содержащих разнообразные онлайн-калькуляторы, но ни один из них не способен рассчитать даже площади опалубок проемов и сводов.

Лучшими программами для автоматизированного черчения принято считать ArchiCAD и AutoCAD. Для расчетов объемов они предлагают схожие решения.

AutoCAD является одним из лучших представителей программ в сфере строительства, включает полный набор инструментов для комплексного моделирования [1].

Одной из его особенностей является AutoLISP – диалект языка Лисп, обеспечивающий широкие возможности для автоматизации работы в AutoCAD. Это самый старый из внутренних языков программирования AutoCAD, впервые был использован в 1986 году в AutoCAD 2.18. В AutoLISP реализовано тесное взаимодействие с командной строкой, что способствовало его популяризации среди инженеров, работающих с AutoCAD [2].

Однако, не смотря на все эти плюсы, AutoCAD обладает очень высокой стоимостью и предназначен для проектных организаций. Использование данной программы подрядными организациями,

занимающимися непосредственным строительством зданий и сооружений, является не рентабельным. Кроме того, программа AutoCAD сложна в использовании и требует специальной подготовки персонала.

3. Анализ существующих облачных хранилищ

Облачное хранилище данных представляет собой модель онлайн-хранилища, в котором данные содержатся на многочисленных распределенных в сети серверах, предоставляемых в пользование клиентам. Данные хранятся и обрабатываются в так называемом «облаке», которое, с точки зрения пользователя, представляет собой один большой виртуальный сервер.

В настоящее время имеется множество облачных хранилищ, и каждые из них имеют свою плюсы и минусы, поэтому, перед началом разработки, необходимо определить, использование какого из сервисов является наиболее выгодным, а также какой из них предоставляет больше возможностей разработчикам.

Для этого необходимо провести сравнение интересующих облачных хранилищ. Основная информация о хранилищах представлена в таблице.

Таблица

Информация о хранилищах

Хранилище	**Расположение серверов**	**Объем, предоставляемый бесплатно**	**Цена за 1 Тб в месяц**	**API**
Google Disk	РФ	15 Гб	11,4 $	+
Dropbox	США	2 Гб	8,25 $	+
Yandex Диск	РФ	10 Гб	200 руб.	+
Cloud mail.ru	РФ	8 Гб	699 руб.	-

Из данной таблицы видно, что использование Dropbox не выгодно, его сервера расположены в США, а объем, предоставляемый бесплатно, слишком мал. Облако Mail.ru так же не может быть использовано, так как не имеет набора готовых классов, процедур, функций, структур и констант для использования во внешних программных продуктах (API).

API определяет функциональность, которая предоставляется сервисом, приложением или модулем, при этом API позволяет абстрагироваться от конкретной реализации этой функциональности.

Преимущество облачных хранилищ, предоставляющих API очевидно:

– получение быстрого доступа и большей функциональности, нежели при развитии библиотеки с нуля;

– ускорение цикла разработки;

– приложение становится максимально расширяемым, с богатым набором функций по умолчанию;

– помогают в интеграции и взаимодействии с другими приложениями;

– помогают в управлении безопасностью приложения;

– предлагают набор инструментов, использующихся для аналитики работы приложения;

– по умолчанию предполагают наличие масштабирования и эластичности приложения.

Учитывая все это, по данным таблицы выгодным выбором стал бы Yandex Диск, однако при регистрации приложения на этом облачном хранилище необходимо отправить заявку на доступ к API, которая еще будет некоторое количество дней находится в рассмотрении, в то время как Google предоставляет доступ в 1 клик, да и объем, предоставляемый бесплатно несколько больше у Google Disk, выгодность чего проявила себя в процессе тестирования программы.

В итоге было принято решение использовать Google Disk на время внедрения программы. В дальнейшем облачное хранилище можно будет сменить, в зависимости от запросов компании.

4. Интерфейс пользователя

Так как целевая аудитория – это люди, имеющие малый опыт в использовании различных вычислительных программ и программ, созданных для работы с облачными хранили-щами, то интерфейс должен быть максимально простым и понятным в использовании.

Схема взаимодействия окон программы представлена на рис. 1.

Рис. 1. Схема взаимодействия окон

5. Реализация

При создании приложения было необходимо реализовать работу с облачным хранилищем, работу с аккаунтами пользователей, работу со строительными проектами, обеспечить безопасность и целостность файлов, а также написать класс, объединяющий реализованные возможности в единые методы.

Диаграмма разработанных классов представлена на рис. 2.

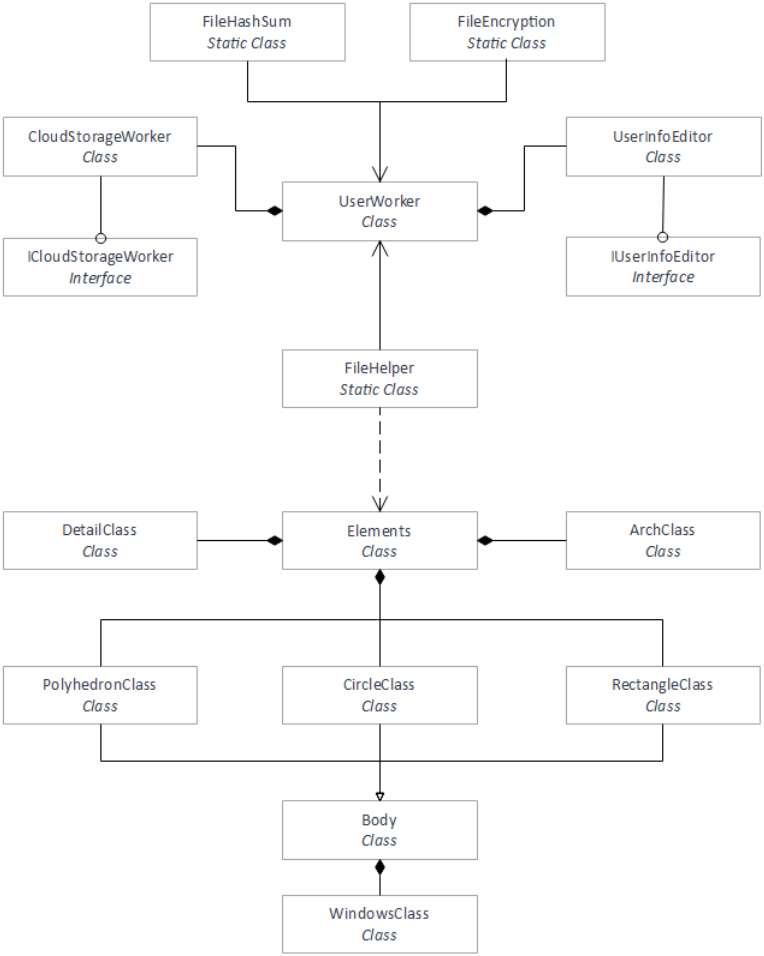


Рис. 2. Диаграмма классов

Заключение

Результатом работы стало прикладное приложения для реставрационно-строительной компании.

Программа умеет работать с проектами, содержащими данные о размерах элементов храма и вычисляет объемы кирпичных кладок, площади опалубок, площади лесов, площади обрабатываемых поверхностей и площади заполнения проемов. Гибридная система шифрования и контрольная сумма, реализованные в программе, обеспечивают надежное надежное хранение файлов (проектов). Для авторизованных в системе пользователей программа предоставляет удобное использование облачного хранилищ. Программа так же обладает удобным интерфейсом для администратора, позволяет управлять аккаунтами пользователей системы и разделами облачного хранилища.

В дальнейшем разработанное приложение планируется развивать. В списке планируемых функций: возможность расчетов необходимых стройматериалов, возможность добавления изображений в проект с отметкой, какая бригада занимается данной его частью; архивирование проектов на облачном хранилище для обеспечения администратору возможности просмотра изменений, внесенных в проект, и возможности вернуться к предыдущему состоянию проекта

Литература

1. Полещук Н. Н. AutoCAD. Разработка приложений, настройка и адаптация / Н. Н. Полещук – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 992 с.
2. Полещук Н. Н. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD / Н. Н. Полещук, П. В. Лоскутов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 960 с.

Выработка подхода к алгоритмизации почерковых признаков как инструмента определения авторства рукописного текста

С. В. Зиновьев, email: servzin@gmail.com
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Анализируется проблема компьютерного анализа почерка. Приведён обзор современных исследований и автоматизации. Предложен собственный подход к алгоритмизации для решения задачи.*

Ключевые слова: *алгоритмы, криминалистика, компьютерная экспертиза.*

Введение

Проблема компьютерного анализа почерка остаётся актуальной, вызывая интерес у психологов, криминалистов, медиков, судебных экспертов.

В психологии анализ почерка используется в персональных и профессиональных консультациях, при приёме на работу и при аттестации кадров.

Развитие технических средств, позволяющих изменять или подделывать рукописные документы, обосновывает растущий спрос в криминалистической экспертизе. В криминалистике анализ почерковых объектов широко используется для борьбы с правонарушениями.

Научным сообществом проведено много исследований, связанных с изучением почерка и рукописного текста. Существующие исследования можно условно разделить на две категории. В одних случаях исследователи опираются на предварительно выделенные в результате субъективного анализа признаки почерка, в то время как другие исследования направлены на классификацию образцов рукописного текста посредством применения алгоритмов машинного обучения.

Например, в [1] проводится анализ почерка с точки зрения движения руки, а не пишущего предмета. Это позволяет различать написанный левой рукой текст от написанного правой с помощью направленности горизонтальных штрихов и наклонов, что и является выделенным исследователями признаком. В [2] приводятся результаты исследований в области имитации рукописных реквизитов,

© Зиновьев С.В., Воронина И.Е., 2019

построенных с помощью компьютера и графопостроителя с вмонтированной в него шариковой ручкой. В [3] рассматриваются компьютерные средства, помогающие графологам проводить анализ почерка. Эти средства включают в себя сканирование рукописного образца, предобработку полученного изображения, выделение признаков почерка и их дальнейший анализ. Работы [4, 5] посвящены аутентификации экземпляра почерка и подписи от их имитации.

1. Анализ проблемы

Вышеупомянутые исследования так или иначе опираются на субъективный анализ на основе выявленных критериев [6], которые относят к двум группам:

- общие критерии почерка – признаки, которые выражают наиболее общие черты, присущие всем однородным объектам или характеризующие почерк в целом;
- частные или структурные критерии почерка – признаки, которые проявляются в строении частей и элементов письменных знаков [7].

Из этого следует зависимость признаков от письменной системы, что усложняет применение одних и тех же алгоритмах для разных языков.

Учёный из Казахстана С.Ю. Алесковский разработал программу компьютерного психолого-почерковедческого анализатора «МастерГраф» [8], ориентированную на кириллическую письменность. Заявлено, что в ней заложен алгоритм действий пользователя, самостоятельно выделяющий значимые для него признаки почерка из более 70, заложенных в программу. Однако поиск описания задействованных алгоритмов результата не дал.

Образцы рукописного текста или подписи могут быть собраны двумя способами – статическим и динамическим. При статическом (оффлайн) способе образец представлен в виде изображения, в то время как динамический (онлайн) способ подразумевает использование устройства для считывания образца в момент написания.

С точки зрения криминалистики наиболее интересен анализ рукописного текста или подписи на уже существующем источнике. Для решения проблемы авторства подписи используются два вида систем:

- системы, независимые от автора (writer-independent, WI), в которых модели обучают для всех пользователей из пространства несходства;
- системы, зависимые от автора (writer-dependent, WD), в которых модели обучают для каждого конкретного пользователя.

В случае использования WD систем авторские образцы тестируемого пользователя расцениваются как положительные объекты, а образцы других пользователей – как отрицательные. Затем бинарный классификатор обучают для каждого пользователя. При этом требование классификатора для каждого пользователя усложняет и удорожает операцию выявления авторства по мере увеличения количества пользователей в системе [9].

При использовании WI систем на вход классификатора подаются векторы несходств, представляющие собой разность между признаками изучаемого экземпляра подписи и хранящегося аутентичного образца. Таким образом WI системы проще, чем WD системы, но результаты их работы показывают худшие результаты.

В [10] предлагается подход к работе со статическим распознаванием авторства подписи, использующий концепты обоих систем. Он заключается в обучении признакам почерка со статических изображений в WI формате, используя глубокие свёрточные нейросети (CNN) SigNet. После тренировки CNN используется для извлечения показательных признаков из образцов рукописного текста или подписи, которые используются для тренировки WD классификатора метода опорных векторов для каждого автора. Полученные результаты превосходили по производительности предыдущие методы.

На основании выделенных признаков этого исследования [9] провели своё, в котором применили эти признаки для WI контекста распознавания аутентичности подписи. Они предложили использовать метод дихотомии [11], комбинированный с методом опорных векторов, в качестве WI классификатора верификации подписи.

Отдельно стоит отметить, что криминалистическая экспертиза не может полагаться на алгоритм «чёрной коробки» для исключения вероятности ошибки и прозрачности преобразований исходных данных в конечный результат. Поэтому важно на выходе получить не только бинарный классификатор, определяющий принадлежность авторства рукописного текста, но и объективные критерии, повлиявшие на формирование решения.

В результате анализа вышеперечисленных источников и методов был сформулирован подход к алгоритмизации почерковых признаков как инструмента верификации авторства русскоязычного рукописного текста, заключающийся в последовательном выполнении шагов, представленных на рисунке.

Рисунок. Схема проведения исследований

Заключение

Результатом проделанных исследований должен являться разработанный программный модуль, содержащий в себе алгоритмы для выявления наиболее значимых признаков в зависимости от изучаемого объекта рукописного текста, позволяющий отойти от субъективного метода анализа или дополнить его прозрачной объективной составляющей.

Список литературы

1. Saran, V. Differentiation of Handedness of Writer Based on their Strokes and Characteristic Features / V. Saran, S. Kumar, S. Ahmad // J Forensic Res. – 2013. – № 4. – С. 204-206.

2. Панова, Т. О. Комплексное исследование имитации рукописных реквизитов (случай из экспертной практики) / Т. О. Панова, О. Ю. Миловидова, Е. С. Карпухина // Теория и практика судебной экспертизы. – 2008. – № 3 (11). – С. 118-121.

3. Sheikhoaslami, G. Progress in Handwriting Recognition / G. Sheikhoaslami, S. N. Srihari, V. Govindaraju // World Scientific Publishers. – 1997. – С. 503-509.

4. Mann, M. A Study to Ascertain and Differentiate between Genuine and Transplanted Documents/Signatures. / M. Mann, SK. Shukla, S. Gupta // J Forensic Res. – 2015. – № 6. – С. 293-298.

5. Brugnatelli, F. The Variability Measurement of Shape Independent Features to Establish a New Method to Differentiate Genuine Signatures from Simulated Ones. / F. Brugnatelli // J Forensic Res. – 2013. – № 4. – С. 206-219.

6. Воронина, И. Е. Задача компьютерного анализа почерка / И. Е. Воронина, С. В. Зиновьев, В. А. Мещеряков // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции "Информатика: проблемы, методология, технологии" (Воронеж, 8-9 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – Т. 1. – С. 45-49.

7. Винберг, Л. А. Почерковедческая экспертиза : учебник для вузов МВД СССР / Л. А. Винберг, М. В. Шванкова, под ред. Р. С. Белкина. – Волгоград : Высшая следственная школа МВД СССР. – 1977. – 174 с.

8. Алесковский, С. Ю. Программа МастерГраф – расширение возможностей полиграфолога / С. Ю. Алесковский // Материалы международной научно-практической конференции Академии экономики и права и Евразийской ассоциации полиграфологов "Первые итоги и основные направления использования полиграфа в Казахстане" (Алматы, 17 марта 2014 г.). – Алматы, 2014. – С. 63-72.

9. Souza, V. L. F. A writer-independent approach for offline signature verification using deep convolutional neural networks features / V. L. F. Souza, A. L. I. Oliveira, R. Sabourin [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. жур. / Cornell University. – Электрон. журн. – Режим доступа: https://arxiv.org/pdf/1807.10755.pdf

10. Hafemann L. G. Learning features for offline handwritten signature verification using deep convolutional neural networks / L. G. Hafemann, R. Sabourin, L. S. Oliveira. // Pattern Recognition. – Elsevier Science, 2017. – Т. 70. – С. 163-176.

11. Rivard D. Multi-feature extraction and selection in writer-independent off-line signature verification / D. Rivard, E. Granger, R. Sabourin. // International Journal on Document Analysis and Recognition. – Springer-Verlag, 2013. – Т. 16. – №1. – С. 83–103.

Анализ производительности корпоративных информационных систем на основе flame-диаграмм

В. А. Золотарёва, e-mail: zolotareva.veronica@yandex.ru
М. В. Матвеева, e-mail: marie.matveeva@gmail.com

«Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Разработан алгоритм для приложения, предназначенного для анализа производительности корпоративных информационных систем на основе flame-диаграмм.*

Ключевые слова: *flame-диаграммы, информационная система, JSON-файл.*

Введение

Корпоративные информационные системы (КИС) – это определенная совокупность методов и решений, используемых для создания единого информационного пространства управления и обеспечения деятельности компании [1].

КИС – сложная система и для обеспечения ее надежности требуется анализ состояния системы, который включает в себя:

- анализ архитектуры баз данных;
- анализ алгоритмов;
- анализ статистики;
- журнал выполненных операций.

В данной работе под анализом производительности понимается анализ журналов выполненных операций, который требует не мало времени и сил, если его производить вручную. Для устранения этой проблемы было принято решение автоматизировать данный процесс с помощью приложения, которое позволило наглядно продемонстрировать результаты анализа с помощью диаграммы, на которой показаны такие данные как: название события, время начала выполнения, продолжительность выполнения конкретного события, дополнительная информация.

1. Анализ задачи

Решение задачи анализа производительности корпоративных информационных систем на основе flame-диаграмм сводилось к подзадачам:

1. Разработать и реализовать алгоритм разбиения файла журнала

© Золотарёва В. А., Матвеева М. В., 2019

на java-объекты [2].

2. Преобразовать объекты в trace event различных видов. Под trace event понимается формат, описывающий события, которые будут представлены на диаграмме для анализа.
3. Сформировать JSON.
4. Произвести анализ производительности.

2. Разбор файла

Работа с файлом основывалась на поиске и разборе клиентских и серверных сообщений. Клиентским считается сообщение, которое начинается на дату в формате «dd.MM.yyyy HH:mm:ss,SSS Z», серверным – «yyyy MM dd HH:mm:ss,SSS Z». Сообщения могли состоять как из одной, так и из нескольких строк. Пример клиентских сообщений, состоящих из одной строки, представлен на рис. 1.

```
13.11.2017 18:05:26,260 +0300 ru.ot.wevelns.client.NSClientLoggingDialog INFO: GWT version: 2.5.1
13.11.2017 18:05:26,261 +0300 ru.ot.wevelns.client.NSClientLoggingDialog INFO: Build version: 611.200.211
```

Рис. 1. Пример однострочных клиентских сообщений

В состав клиентских сообщений входят серверные, которые состоят не только из строк, начинающихся с даты и несущих в себе информацию для анализа, но и имеют дополнительную информацию. Пример такого клиентского сообщения представлен на рис. 2.

3. Chrome Tracing

В качестве средства для визуализации анализа данных использовался Chrome Tracing – встроенный профилировщик браузера Google Chrome, который строит flame-диаграммы на основе JSON файла в формате trace event. Порядок действий при его использовании выглядит таким образом:

1. Создать JSON файл определенного формата, содержащий данные о профилируемых событиях.
2. Открыть в Chrome страницу chrome://tracing.
3. Загрузить JSON файл.

Результатом выполнения этих действий будет построение flame-диаграммы, пример которой представлен на рис. 3.

4. Формирование объектов в формате «JSON»

«JSON» (JavaScript Object Notation) основан на двух структурах данных:

1. Коллекция пар ключ/значение.
2. Упорядоченный список значений.
3. Структура JSON показа на рис. 4.

```
13.11.2017 18:05:29,649 +0300 time.ru.ot.gwt.sdo.client.RPCSession FINE: 2017-11-13 18:05:29,250 +0300: SDOServiceImpl.bulkloaddata : 53 ms
2017-11-13 18:05:29,250 +0300: SDOServiceImpl.loadData("ATOLL.AvailableFunction") = 21 : 53 ms (lock = 0 ms, serialize = 1, workflow = 0)
Закрытие курсора id = "ATOLL.AvailableFunction"
Выполняется запрос id = "ATOLL.AvailableFunction", class = com.otoil.ot_040_7_0010.server.entities.AvailableFunction
Запрос:
/*
 * id = ATOLL.AvailableFunction
 * class = com.otoil.ot_040_7_0010.server.entities.AvailableFunction
 */
SELECT
        ADMAPPFUNC_ID,
        IDENTIFIER,
        NAME,
        CLASS_NAME
FROM   (

SELECT ADMAPPFUNC_ID,
       IDENTIFIER,
       NAME,
       CLASS_NAME
FROM   ADM_ALL_AVAIL_USER_FUNCTIONS
WHERE  CLASS_NAME = :TOKEN
OR     IDENTIFIER = :FUNCTION_IDENTIFIER
UNION ALL
SELECT -1,
       'token not found',
       'token not found',
       :TOKEN
FROM   DUAL
WHERE  NOT EXISTS (SELECT 1
  FROM   ADM_ACOM_VER_IMPLEMENTATION
  WHERE  IMPLEMENTATION_NAME = :TOKEN)
       ) T_SDO_1$1
Параметры:
FUNCTION_IDENTIFIER = OT.126.APP.SF.006
TOKEN = operation-monitoring:

Время запроса id = "ATOLL.AvailableFunction": prepare = 0 ms, execute = 33 ms
Время подкачки запроса id = "ATOLL.AvailableFunction", кол-во = 10: 0 ms
Время подкачки запроса id = "ATOLL.AvailableFunction", кол-во = 10: 0 ms
Время подкачки запроса id = "ATOLL.AvailableFunction", кол-во = 1: 0 ms
Время подкачки запроса id = "ATOLL.AvailableFunction", кол-во = 0: 0 ms
```

Рис. 2. Пример клиентского сообщения в состав которого входит серверное

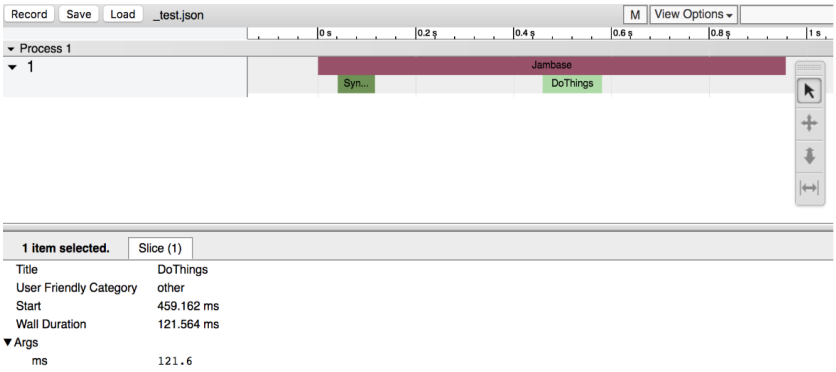


Рис. 3. Flame-диаграмма в профилировщике Chrome

```
{
  "traceEvents": [
    {
      "ph": "i",
      "name": "INFO: GWT version: 2.5.1",
      "pid": 1,
      "tid": 1,
      "ts": 1000
    },
    {
      "dur": 48000,
      "ph": "X",
      "name": "FINE: 2017-11-13 18:05:26,282 +0300: Remote call Settings.loadSettings: 48",
      "pid": 1,
      "tid": 1,
      "ts": 72000
    }
  ]
}
```

Рис. 4. Пример JSON

События, которые были использованы для анализа представляют собой коллекцию пар ключ/значение.

В качестве ключа выступали атрибуты, необходимые для описания конкретного типа события формата trace event. В данной работе были использованы два типа событий: завершенное и мгновенное.

Для завершенного события необходимо было найти значения следующих атрибутов:

- ph – тип события;
- pid – идентификатор процесса, tid – идентификатор потока;
- name – имя события;
- ts – время начала события;
- dur – продолжительность события;
- args – атрибут для хранения дополнительной информации.

Для мгновенного события необходимо было найти все выше описанные атрибуты, кроме продолжительности.

Значением для соответствующего ключа являлось содержание полей, найденных в клиентских и серверных сообщениях. Такими полями являлись:

- дата, с помощью которой было найдено время начала выполнения события;
- имя события;
- продолжительность события;
- дополнительная информация, которая содержится в серверном сообщении.

В trace event формате завершенное событие принято обозначать как «X», а мгновенное – «i».

Идентификатор процесса для клиентских и серверных сообщений следовало задать разный, чтобы для каждого процесса была построена своя диаграмма. Идентификатор потока был задан одинаковый.

Таким образом происходило преобразование java объектов в объекты JSON для их дальнейшей загрузки в профилировщик.

Заключение

Для автоматизации трудоемкого процесса «ручного» анализа был реализован алгоритм, позволяющий производить анализ производительности корпоративных информационных систем на основе flame-диаграмм и включающий в себя следующие этапы:

- разбор файла на java объекты;
- формирование JSON;
- сохранение результата в файл;
- анализ полученных данных с помощью профилировщика Chrome.

Список литературы

1. Олейник П. П. Корпоративные информационные системы. Учебное пособие / П. П. Олейник // Шахтинский ин-т (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Шахты: ШИ(ф) ЮРГТУ, 2010. – 56 с. – 500 экз.

2. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство. 6-е издание. / Д. Флэнган; пер. с англ. – СПб.: Символ Плюс, 2012. – 1080 с.

Поиск оптимальных путей между узлами графа средствами графовых СУБД

В. Ю. Иванова, email: veronikaiva95@gmail.com
И. А. Дмитриевцева, email: ird96@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются средства графовых СУБД, позволяющие найти оптимальный путь между двумя узлами.*

Ключевые слова: *ArangoDB, OriendDB, Neo4j, AQL, OQL, TinkerPop, TraversalAPI, СУБД, графовая база данных.*

Введение

Графовые базы данных – разновидность баз данных с реализацией сетевой модели в виде графа и его обобщений [1]. Одними из наиболее популярных являются ArangoDB, OrientDB и Neo4j. Данные СУБД предоставляют специальные средства для обхода графа и поиска оптимальных путей между двумя узлами.

1. Кратчайшие пути между узлами графа с помощью реализации алгоритма Дейкстры

Найти кратчайший путь между двумя узлами можно с помощью специальных запросов, написанных на языке, поддерживаемом данной СУБД: для OrientDB это OQL, ArangoDB – AQL, Neo4j – Cypher [2-4].

Для анализа скорости выполнения запросов был использован один и тот же граф, содержащий 30.000 узлов и 120.000 дуг.

Наиболее простым способом найти оптимальный (по весам или по расстоянию между двумя узлами) путь является вызов функции поиска кратчайшего пути. Такая функция есть во всех рассматриваемых СУБД и представляет собой реализацию алгоритма Дейкстры. В качестве параметров к данным функциям можно передать необязательный аргумент – поле, по которому рассчитывается вес. Если такое поле не указано, то будет найден минимальный по количеству промежуточных узлов путь.

Вызов данной функции для рассматриваемых СУБД показан в табл. 1 и 2.

© © Иванова В. Ю., Дмитриевцева И. А., 2019

Таблица 1

Поиск кратчайшего пути без учета весов

СУБД	Запрос	Время выполнения
ArangoDB	`FOR p IN shortestPath(aId, zId)` `RETURN p;`	1,29 с

OrientDB	`SELECT expand(p) FROM (`
	`  SELECT shortestPath($from, $to)`
	`AS p`
	`  LET`
	`  $from = aId,`
	`  $to = zId`
	`UNWIND p)`
		1,02 с

Neo4j	`MATCH (from: aId), (to: zId),`
	`path = shortestPath((from)-`
	`[:CONNECTED_TO*]->(to))`
	`RETURN path`
		0,89 с

Таблица 2

Поиск кратчайшего пути с учетом весов

СУБД	Запрос	Время выполнения

ArangoDB	`FOR p IN shortestPath(aId, zId,`
	`  {weight: 'weight_field'})`
	`RETURN P`
		1,31 с

OrientDB	`SELECT expand(p) FROM (`
	`  SELECT dijkstra($from, $to,`
	`'weight_field') AS p`
	`  LET`
	`  $from = 1021,`
	`  $to = 30129`
	`  UNWIND p)`
		0,98 с

Neo4j	`MATCH (start:aId), (end:zId),`
	`(cost: 'weight_field')`
	`CALL shortestPath(start, end, cost)`
	`YIELD nodeId, cost`
	`RETURN nodeId.name AS name, cost`
		0,76 с

2. Обход графа и поиск нескольких путей между узлами

Недостатком рассмотренных в предыдущем разделе запросов является то, что функции возвращают только один путь. Чтобы найти

все пути между двумя точками в пределах указанного расстояния (глубины поиска), можно воспользоваться специальными средствами обхода графов, реализованными для рассматриваемых СУБД: для OrientDB – TinkerPop, Neo4j – TraversalAPI, ArangoDB – Traversal [2-4]. Заметим, что данные пути не всегда будут оптимальны по весу.

В табл. 3 показан пример запросов с обходом графа в ширину (breadth first strategy) с максимальным расстоянием между конечными точками – 10 узлов.

Таблица 3

Обход графа и поиск нескольких путей

СУБД	**Запрос**	**Время выполнения**

ArangoDB	`TraversalOptions options =`
	`  new TraversalOptions()`
	`.startVertex("nodes/"+aId)`
	`.verticesUniqueness(`
	`  TraversalOptions`
	`  .UniquenessType.path`
	`)`
	`.strategy(`
	`  TraversalOptions`
	`  .Strategy.breadthfirst`
	`)`
	`.filter({`
	`  if (vertex._id !=`
	`'nodes/"+zId+"')`
	`  return 'exclude';`
	`  return;}`
	`)`
	`.maxDepth(10);`
		28 с

Neo4j	`TraversalDescription td =`
	`db.traversalDescription()`
	`  .breadthFirst()`
	`  .uniqueness(Uniqueness.NODE_PATH)`
	`.evaluator(`
	`Evaluators.includingDepths(0,10)`
	`  );`
	`Traverser tr = td.evaluator(`
	`  Evaluators`
	`  .includeWhereEndNodeIs(`
	`  db.findNode(aId)`
	`  .traverse(zId)`
	`  );`
		7,5 с

Окончание табл. 3

СУБД	Запрос	Время выполнения

OrientDB	`Graph`
	`  .traversal().V(aId)`
	`  .repeat(bothE().bothV()`
	`  .simplePath())`
	`  .until(hasId(zId)).path()`
	`  .limitDepth(10).fill(list);`
		17 с

Такое решение может быть полезно, когда необходимо найти путь через некоторые промежуточные узлы. Если такие точки расположены от стартовой дальше заданной глубины, они не будут включены в путь. Пример таких запросов показан в таблице 4.

Таблица 4

Обход графа и поиск путей через промежуточные узлы

СУБД	Запрос	Время выполнения

ArangoDB	`TraversalOptions options =`
	`  new TraversalOptions()`
	`.startVertex("nodes/"+aId)`
	`.verticesUniqueness(`
	`  TraversalOptions`
	`  .UniquenessType.path )`
	`.strategy(`
	`  TraversalOptions`
	`  .Strategy.breadthfirst`
	`)`
	`.filter({`
	`  let flag=0;`
	`  let length = array.length;`
	`  if (nodes._id!=zId){`
	`  return 'exclude';}`
	`  for (i=0; i<nodes.length &&`
	`  flag<length; i++){`
	`if(array.includes(nodes[i]._id)`
	`  flag++;`
	`  }`
	`  for (var i=0; i< edges.length &&`
	`  flag < length; i++){`
	`  if`
	`(array.includes(edges[i]._id)`
	`  flag++;`
	`  }`
	`  if (flag ===0) return 'exclude';`
	`  return;  }`
	`.maxDepth(10);`
		31 с

Окончание табл. 4

СУБД	Запрос	Время выполнения

OrientDB	`graph.traversal()`
	`  .V(aId)`
	`  .repeat(`
	`  bothE().bothV().simplePath()`
	`  )`
	`  .until(hasId((within(zId))))`
	`  .path()`
	`  .filter(`
	`  pathTraverser->pathTraverser`
	`  .path().objects()`
	`  .containsAll(elements)`
	`  )`
	`  .limitDepth(10).fill(list);`
		17,8 с

Neo4j	`TraversalDescription td =`
	`  db.traversalDescription()`
	`.breadthFirst().uniqueness(`
	`Uniqueness.NODE_PATH)`
	`  .evaluator(`
	`  Evaluators`
	`  .includingDepths(0,10)`
	`  );`
	`Traverser tr =`
	`  td.evaluator(`
	`  Evaluators`
	`  .includeWhereEndNodeIs(`
	`  db.findNode(aId))`
	`  )`
	`  .evaluator(`
	`  Evaluators`
	`  .includeIfContainsAll(`
	`db.findNodes(setOfNodes)`
	`  )`
	`  .traverse(db.findNode(zId));`
		7,2 с

Заключение

Графовые СУБД предоставляют мощный набор инструментов для обхода графов и поиска кратчайших путей между узлами. Во всех рассмотренных базах данных реализованы свои языки запросов и средства для обхода графов, и среди них самые быстрые результаты показали инструменты СУБД Neo4j.

Список литературы

1. Графовая база данных // Википедия [Электронный ресурс] – URL: http:/ru.wikipedia.org/wiki/Графовая_база_данных
2. Documentation of ArangoDB [Электронный ресурс] – URL: https://arangodb.com/documentation/
3. OrientDB Manual [Электронный ресурс] – URL: https://orientdb.com/docs/3.1/orientdb.wiki
4. Neo4j Developer's Manual [Электронный ресурс] – URL: https://neo4j.com/docs/developer-manual/current/

Разработка web-приложения для создания дизайнов в стиле пэчворк

А. А. Капранчикова, email: kapranchikova_al@mail.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *Разработано web-приложение, предназначенное для создания проектов в стиле пэчворк.*

Ключевые слова: *web-приложение, пэчворк, отрисовка дизайна.*

Введение

В данной работе описывается процесс проектирования web-приложения для создания проектов в стиле пэчворк.

Пэчворк, он же лоскутное шитье, – одно из направлений декоративно-прикладного искусства. В этом виде рукоделия создается цельное полотно путем сшивания кусочков ткани разного размера и цвета. Готовое изделие может быть как лоскутным одеялом, так и арт-квилтом. Одной из первых стадий при создания полотна является построение дизайна.

В результате изучения существующих средств решения данной задачи было найдено только одна программа для создания дизайн проектов в стиле пэчворк. ElectricQuilt(EQ) представляет собой программу на английском языке, с большим количеством возможностей для построения дизайнов. Например, она позволяет использовать готовые шаблоны для пэчворка, загружать образцы собственных тканей, для более точного конечного результата, а также есть возможность рисование собственного уникального дизайна.

Несмотря на все плюсы данного решения, имеется огромный минус для русскоязычных пользователей: программа поддерживает только английский язык, что заметно усложняет работу с ней.

В описываемом в этой статье web-приложении была решена главная проблема имеющегося решения, а именно отсутствие русского языка. Также плюсом приложения является доступность, в отличие от EQ оно не требует платы.

1. Анализ приложения

Для того, чтобы мастерам было удобнее создавать свои работы было решено создать web-приложение для отрисовки универсальных

© Капранчикова А. А., Матвеева М. В., 2019

проектов, в том числе и создание дизайнов в технике барджелло. Суть этой техники в создании орнаментальных рисунков путем формирования ступенчатых зигзагообразных линий или изгибов с переходом цвета, чтобы воспроизвести подобный эффект мастера лоскутного шитья сдвигают полоски ткани относительно друг друга (рис.1).

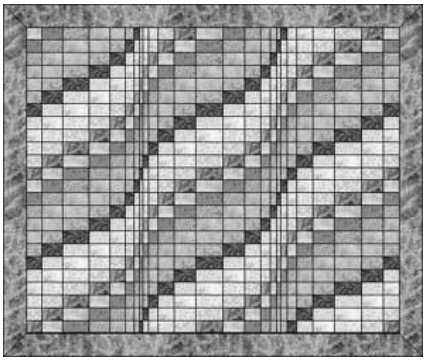


Рис. 1. Пример барджелло

Функциональные возможности приложения должны включать в себя:

- рисование фигур;
- заливка фигур цветом и текстурой;
- изменение цвета и размера контура фигур;
- изменение фигур(удаление, перемещение, изменение размера, поворот);
- копирование и вставка фигур и группы фигур;
- вставка стандартных фигур;
- режим построения барджелло;
- сохранение получившегося изображения.

2. Требования к программному и аппаратному обеспечению

Для корректной работы приложения достаточно иметь установленный браузер на устройстве. Так как в приложении используется функциональность HTML 5 версии, в частности svg тэг, для корректного отображения установлены следующие минимальные версии браузеров:

GoogleChrome 4.0;
Opera 10.1;
Safari 3.2;

InternetExplorer 9.0;

MozilaFirefox 3.0.

В качестве языка программирования на стороне клиента был выбран язык JavaScript, на клиентской части проекта использовался стандарт ES5. Возможности данного языка предоставляют все необходимые инструменты для реализации поставленных в данной работе целей и задач. При реализации проекта использовалась такая среда разработки как WebStorm 2016.3.4.

3. Реализация

Проект состоит из нескольких скриптов, отвечающих за обработку действий пользователя и одного html-файла, а также файлов стилей для приложения.

– Главный скрипт проекта – main.js содержит в себе основные функции приложения:

– clickFig() – функция обработки события нажатия на фигуру;

– redoSvg() – функция, отвечающая за перерисовку канваса на шаг вперед, если такое действие возможно;

– undoSvg() – функция, отвечающая за откат рабочей области на шаг назад, если такое действие возможно;

– mouseDown() – обработка события нажатия мыши на канваскопирование и вставка фигур и группы фигур;

– documentMouseUp() – обработка отпускания мыши в приложении;

– mouseMove() – обработка движения мыши на рабочей области;

– synch() – функция, необходимая для синхронизации свойств фигуры с панелью, для изменения этих свойств.

Так же проект содержит следующиеjs-библиотеки:

– jQuery – библиотека, упрощающая обращение к dom-элементам;

– svg.js – содержит в себе большое количество функций=helper'ов для работы с svg;

– svg.select.js – позволяет выбирать элементы;

– svg.dragable.js – позволяет перетаскивать элементы;

– svg.resize.js – позволяет изменять размеры элементов;

– FileSaver – библиотека для сохранения полученного изображения;

– Colorpicker – библиотека, добавляющая палитру с выбором цвета.

Стили проекта реализованы в одном файле style.css. Они отвечают за внешний вид программы.

Проект также содержит стили библиотеки colorPicker, для правильного отображения палитры.

Пример режима построения барджелло можно увидеть на рис.2. В этом режиме изначально создается таблица с полосками разных цветов или разных текстур, а затем для создания эффекта волны с помощью указателя производятся сдвиги.

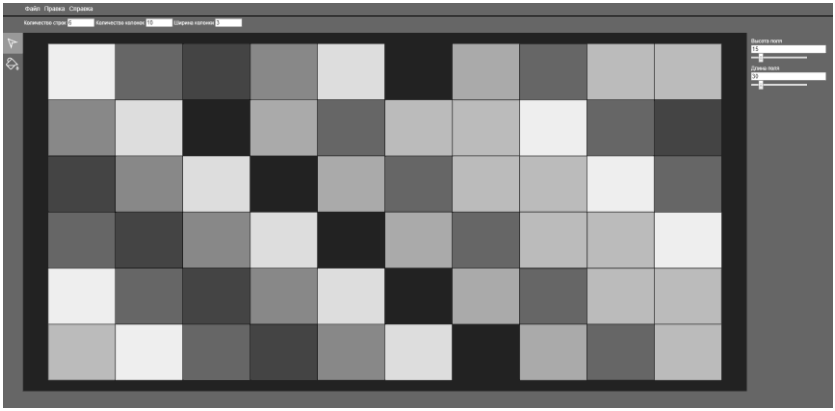


Рис. 2. Пример работы приложения

Заключение

В результате проделанной работы было успешно реализовано и протестировано web-приложение для создания дизайнов, функциональные возможности которого включают:

– рисование фигур;
– заливка фигур цветом и текстурой;
– изменение цвета и размера контура фигур;
– изменение фигур(удаление, перемещение, изменение размера, поворот);
– копирование и вставка фигур и группы фигур;
– вставка стандартных фигур;
– режим построения барджелло;
– сохранение получившегося изображения.

Список литературы

1. Онлайн учебник JavaScript [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://learn.javascript.ru/
2. Справочник HTML, CSS [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://htmlbook.ru/

Алгоритм укладки иерархического графа с портами

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
Т. А. Золотухин, email: tzolotuhin@gmail.com

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Аннотация. *В докладе рассмотрен алгоритм укладки на плоскости иерархических графов с портами, реализованный в системе визуализации атрибутированных иерархических графов Visual Graph и ориентированный на визуализацию графов программ.*

Ключевые слова: *графы с портами, визуализация графов, иерархические графы, системы визуализации графов, укладка графов.*

Введение

Визуализация информации на основе графовых моделей является ключевой компонентой во многих приложениях в науке и технике, а методы визуализации графов представляют собой теоретическую основу методов визуализации абстрактной информации [1, 2, 4, 6].

Поскольку информация, которую желательно визуализировать, постоянно увеличивается и усложняется, возникает все больше ситуаций, в которых классические графовые модели перестают быть адекватными. Требуются более мощные теоретико-графовые формализмы для представления информационных моделей, обладающих иерархической структурой. Одним из таких формализмов являются иерархические графовые модели [3]. Иерархический граф помимо вершин некоторого графа, называемого базисным, содержит также вершины, представляющие некоторые части базисного графа (фрагменты), множество которых образует иерархию (дерево) фрагментов по вложенности и содержит весь граф (корень дерева).

Изображение (или укладка) графа на плоскости — это отображение вершин и ребер графа в множество точек плоскости [1, 2, 4, 6]. При изображении иерархического графа требуется, чтобы вложенность его элементов отражалась во вложенности их изображений, в частности, изображение каждого его фрагмента должно содержать изображения всех вложенных в него вершин и фрагментов [7].

В некоторых приложениях множества ребер, инцидентных одной и той же вершине, распадаются на подклассы, различающиеся по тому аспекту модели, выраженному данной вершины, который связан отношениями, выраженными ребрами. Например, в схеме Лаврова

© Касьянов В. Н., Золотухин Т. А., 2019

вершины, представляющие операторы программы, связаны ребрами через операнды вершин: аргументы и результаты операторов. Возникает необходимость, чтобы изображения графов отражали это свойство и разные ребра соединялись с разными частями (портами) изображений вершин, которым они инцидентны.

В докладе будет рассмотрен эффективный алгоритм укладки на плоскости иерархических графов с портами, который реализован в системе визуализации атрибутированных иерархических графов Visual Graph и ориентирован на наглядное изображение графов программ.

1. Общая схема алгоритма

Алгоритм укладки на плоскости исходного графа включает шаги предварительной и окончательной обработки графа, если исходный граф не ориентированный ациклический граф (дэг).

Суть и цель предобработки заключается в обратимом преобразовании исходного графа, так чтобы после размещения полученного дэга на плоскости, было возможно безболезненно для качества получаемого изображения восстановить структуру исходного графа и, тем самым, построить его изображение. При предобработке граф обходится в глубину и приводится к дэгу путем задания и/или смены ориентации у части его ребер.

Алгоритм укладки дэга состоит в последовательном выполнении шагов построения изображений содержимого фрагментов исходного графа, начиная с самого внутреннего, на каждом из которых происходит укладка некоторого фрагмента с использованием размеров и расположений непосредственно вложенных в него вершин. Мы будем называть те полюса вершины, в которые заходят дуги, его входами, а те полюса, из которых исходят дуги, - выходами.

Само построение изображения одного текущего фрагмента базируется на методике так называемого поуровневого подхода к построению укладки ациклического ориентированного графа, которая была предложена К. Сугиямой (K. Sugiyama), и состоит из следующих трех основных этапов [1, 2, 6]: (1) распределение вершин по уровням так, чтобы дуги следовали одному направлению, т. е. определение *y*-координат для вершин: (2) выбор порядка вершин на уровне с целью минимизации пересечений дуг: (3) определение *x*-координат вершин на уровне с целью минимизации общей длины дуг и количества сгибов.

2. Распределение вершин по уровням

Задачей данного шага является присваивание каждой вершине дэга ее конечной вертикальной *y*-координаты. Для этого исходный дэг $G = (V, E)$ должен быть приведен к *поуровневому* представлению,

которое есть разбиение V на подмножества $L_1, L_2, \ldots, L_h$, так что для каждой дуги $(u,v) \in E$, где $u \in L_i$ и $v \in L_j$, верно то, что $i > j$. Подразумевается, что все вершины одного уровня будут расположены на одной горизонтальной прямой. *Зазором* дуги (u,v), где $u \in L_i$ и $v \in L_j$, называется разность $i - j$. Представление называется *сжатым*, если не существует дуги с зазором, большим единицы.

Выполнение данного этапа связано с обработкой дэга $G = (V, E)$, представляющего некоторый фрагмент F, в котором V состоит из полюсов фрагмента F и вершин, непосредственно содержащихся в F. Пусть t — длина самого длинного пути по G. Тогда будет построено поуровневое представление $L_1, L_2, \ldots, L_{t+1}$, в котором L_1 — все входы F, а L_{t+1} — все выходы F, следующим образом.

Сначала из полюсов фрагмента строятся L_1 и L_{t+1} и эти полюса вместе с инцидентными дугами удаляются из G. Процесс продолжается по шагам, на каждом из которых одна из вершин, не имеющая заходящих дуг в текущем состоянии G, включается в множество L_{i+1}, где i — максимальный номер множества L_i, содержащего ее предшественника в исходном графе G, с одновременным удалением этой вершины из G вместе со всеми исходящими из нее дугами. Причем, среди вершин, не имеющих заходящих дуг в текущем состоянии G, выбирается и включается в соответствующее множество та вершина, у которой было наименьшее число входящих дуг и наибольшее число исходящих дуг в исходном графе G (эти числа предварительно подсчитываются для всех вершин исходного графа). Этот процесс продолжается пока текущий граф G не станет пустым. После этого проводится приведение построенного представления графа G к сжатому виду, используя технику фиктивных вершин. Для каждой дуги (u, v), $u \in L_i$ и $v \in L_j$, с зазором $k = i - j > 1$ добавляются так называемые фиктивные вершины $u_1, \ldots u_{k-1}$, где $u_m \in L_{i-m}$, а также дуги (u_l, u_{l+1}).

3. Выбор порядка вершин на уровне

Задачей данного этапа является нахождение порядка вершин на каждом уровне, с целью минимизации количества пересечений дуг. Следует отметить, что количество пересечений дуг в поуровневом представлении графе не зависит от конечных горизонтальных координат вершин, а зависит только от их относительного положения внутри каждого уровня (их порядкового номера на данном уровне). Таким образом, задача данного этапа является не геометрической, а всего лишь комбинаторной. Однако эта задача является NP-полной уже для графа, имеющего всего лишь два уровня.

Выполнение данного этапа для заданного фрагмента осуществляется следующим образом:

1. Если у фрагмента есть входные и/или выходные порты, размещенные на уровне L_1 и/или L_h соответственно, то следует приписать этим портам соответствующие им порядковые номера.

2. Рассматриваем вершины уровня L_1 в их упорядоченности, если у фрагмента нет портов, или L_2, если порты у него есть, и осуществляем обход в глубину содержимого фрагмента, начиная с этих вершин, с использованием стека.

3. Если стек пуст, то либо продолжаем шаг 2, либо данный этап завершен. В противном случае рассматриваем вершину, находящуюся на верху стека, но не удаляем ее из стека. Если не получивших номеров преемников у рассматриваемой вершины нет, то присваиваем вершине текущий номер порядка, удаляем ее из стека и переходим на шаг 3. Если же такие преемники у вершины есть, то добавляем одну из них в стек и переходим на шаг 3; при выборе преемника для размещения в стек учитываем следующее: если все преемники данной вершины соединены дугами, исходящими из разных портов, то порядок включения этих вершин не противоречит порядку портов; если среди преемников есть вершины, связанные с теми, которые уже получили порядковые номера, то они включаются раньше других; если среди преемников есть фиктивные вершины, то они выбираются в таком порядке, чтобы они разместились на уровне посередине.

4. Определение координат вершин на уровне

После определения порядка вершин на уровне необходимо определить их реальные координаты. Дуги графа изображаются в виде ломанных с точками излома, находящимися в фиктивных вершинах, поэтому задача определения окончательных координат всех вершин одновременно является и задачей проведения дуг. Если же дуги графа имеют какую-либо другую форму и / или способ проведения, то соответствующие критерии должны быть рассмотрены при решении задачи об определении координат вершин.

На входе данного этапа имеем разбиение вершин по уровням $L_1, L_2, \ldots, L_h$, вершины на каждом уровне имеют порядок от 1 до w_i, где i изменяется от 1 до h. Причем самое большое количество вершин находится на уровне L_1 (или на уровне L_{h-1}, если выходных портов нет).

Начиная с последнего уровня, используя метод барицентров в сочетании с ограничениями на порядок вершин, полученными на предыдущем шаге, определяем x-координату на предыдущем уровне.

Вершины последнего уровня распределяются равномерно на некотором отрезке горизонтальной прямой, выделенной под вершины

этого уровня. Затем для каждого следующего уровня координаты его вершин последовательно определяются как среднее арифметическое координат их соседей из уже поставленных уровней. При этом, не допускается нарушение изначального порядка вершин на уровне.

Если на каком-то шаге происходит наслоение, т. к. двум вершинам присвоится одна *x*-координата, то следует немного раздвинуть последний уровень.

Заключение

Рассмотренный в докладе алгоритм укладки графов с портами имеет квадратичную временную сложность и позволяет строить наглядные изображения графов программ. Его реализация в рамках системы Visual Graph также достаточно эффективна, поскольку она позволяет на обычном ПК за реальное время (без видимых задержек) визуализировать произвольного вида иерархические графы с портами, содержащие порядка 10000 элементов (вершин и дуг).

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 18-07-00024).

Список литературы

1. Di Battista, G. Graph Drawing: Algorithms for Vizualization of Graphs / G. Di Battista, P. Eades, et al. – Prentice Hall, 1999. – 408 p.
2. Sugiyama, K. Graph drawing and applications. For software and knowledge engineers. – World Scientific. 2002. – 230 p.
3. Касьянов, В. Н. Иерархические графы и графовые модели: вопросы визуальной обработки // Проблемы систем информатики и программирования. – Новосибирск, 1999. – С. 7-32.
4. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев. — СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
5. Касьянов, В. Н. Visual Graph – система для визуализации сложно структурированной информации большого объема на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Т. А. Золотухин // Научная визуализация. – 2015. – Том. 7. – N 4. – С. 44-59.
6. Касьянов, В. Н. Визуализация информации на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Научная визуализация. – 2014. – Т. 6. – N 1. – С. 31-50
7. Касьянова, Е. В. О плоских укладках иерархических графов / Е. В. Касьянова, В. Н. Касьянов // Материалы XV Международной конференции "Информатика: проблемы, методология, технология". – Воронеж : ВГУ, 2015. – Т. 2. – С. 114-118.

Системы поддержки применения теоретико-графовых методов для конструирования эффективных и надежных программ

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Аннотация. *Теория графов из академической дисциплины все более превращается в средство, владение которым становится решающим для успешного применения компьютеров во многих прикладных областях. В докладе рассматриваются работы по созданию электронного словаря WikiGRAPP по теории графов и её применениям в информатике и программировании и электронной энциклопедии WEGA теоретико-графовых алгоритмов решения задач информатики и программирования.*

Ключевые слова: *вики-системы, конструирование эффективных и надежных программ, теоретико-графовые методы, электронный словарь, электронная энциклопедия.*

Введение

Современное состояние программирования нельзя представить себе без графов и графовых алгоритмов. Хорошо известно, что многие задачи повышения качества трансляции с точки зрения улучшения рабочих характеристик транслятора и повышения качества получаемых машинных программ формулируются и решаются как задачи на графах и графовых моделях. К ним относятся, в первую очередь, задачи, связанные с представлением программ в виде схем программ и синтаксических деревьев. Кроме того, необходимо указать на такие области применения граф-моделей, как эффективное использование ресурсов вычислительной системы (оптимизация использования регистров, уменьшение обменов между оперативной и внешней памятью и т.д.), организация больших массивов информации (деревья и, вообще, графы данных для повышения эффективности информационного поиска), увеличение степени параллелизма программы, повышение эффективности работы многопроцессорных и многомашинных систем (распределение загрузки процессоров, обмен сообщениями между процессами, синхронизация, конфигурация сетей связи между процессорами и т.д.). Решение этих и подобных задач

© Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., 2019

привело к появлению множества граф-моделей, связанных как с программами и структурами данных, так и с вычислительными системами, в том числе параллельными (см., например, [3, 4]).

Существует большое количество открытых веб-систем, аккумулирующих знания по различным предметным областям, связанным с теоретико-графовыми методами. Среди них всем известная Википедия, а также более специализированные системы, посвященные отдельным прикладным областям, такие как MathWorld или AlgoWiki. MathWorld — это наиболее обширный математический ресурс паутины, предоставляемый в качестве бесплатной услуги компанией Wolfram Research, создавшей хорошо известную систему Mathematica. С 1995 сайт MathWorld активно развивается и поддерживается. В настоящее время MathWorld — это открытая энциклопедия по математике, которая содержит почти 13600 статей и считается не только самым ярким и самым читаемым интернет-ресурсом по математике, но и одним из самых надежных. Её статьи широко упоминается в журналах и книгах. MathWorld продолжает расти и развиваться при поддержке тысяч активных пользователей. AlgoWiki — это открытая энциклопедия по свойствам алгоритмов и особенностям их реализации на различных программно-аппаратных платформах от мобильных платформ до экзафлопсных суперкомпьютерных систем с возможностью коллективной работы всего мирового вычислительного сообщества, которая разрабатывается с 2014 в НИВЦ МГУ как вики-система и в настоящее время содержит порядка 200 статей, посвященных в основном алгоритмам линейной алгебры.

Доклад посвящен методам и средствам поддержки применения теоретико-графовых методов для конструирования эффективных и надежных программ, работа над которыми ведется в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 18-07-00024). В нем рассматриваются работы по созданию электронного словаря WikiGRAPP по теории графов и её применениям в информатике и программировании и электронной энциклопедии WEGA теоретико-графовых алгоритмов решения задач информатики и программирования.

1. Словарь WikiGRAPP

Проблема терминологии, без сомнения, является одной из основных проблем в применении теоретико-графовых методов в программировании и информатике. Терминология в прикладной теории графов далеко не устоялась и постоянно развивается, в том числе, в связи с активным развитием теоретико-графовых методов решения

задач программирования, а также из-за постоянного расширения их применения на новые предметные области, такие как Web-графы, социальные сети, семантический Web, базы знаний, сети белок-белковых взаимодействий, библиографические сети и т. д.

В 1999 г. в издательстве «Наука» вышел в свет наш толковый словарь по теории графов и её применении [1], который охватывал основные связанные с графами термины из монографий, вышедших на русском языке. Это был первый словарь по графам в информатике, и он вызвал большой интерес среди читателей. Электронная версия словаря получила название GRAPP (GRaphs and their APPlications).

Новое исправленное и пополненное издание словаря [2], работа над которым была завершена в 2009 г., представляет собой расширение первого словаря и включает в себя более 1000 новых терминов из статей, рефераты которых публиковались в РЖ «Математика» в разделе «Теория графов», а также из томов ежегодных конференций «Graph-Theoretic Concepts in Computer Science» и книг серии «Graph Theory Notes of New York».

На его базе была подготовлена новая версия электронного словаря, которая стала расширяемой. Новый электронный словарь WikiGRAPP уже является вики-системой и поддерживает удобный поиск и интерактивное взаимодействие с пользователями по своему пополнению и развитию. Описания терминов в словаре сопровождаются рисунками и гиперссылками.

К настоящему времени завершена работа по наполнению словаря WikiGRAPP до начального уровня, покрывающего наши печатные издания.

2. Энциклопедия WEGA

Несмотря на наличие обширной специальной литературы по решению задач на графах, широкое применение в практике программирования полученных математических результатов затруднено в силу отсутствия систематического их описания, ориентированного на программистов. Поэтому значительный класс практических задач, по существу сводящихся к простому выбору подходящего способа решения и к построению конкретных формулировок абстрактных алгоритмов, для многих программистов все еще остается полем для интеллектуальной деятельности по «переоткрытию» методов.

Выполнен цикл работ по изучению и систематизации алгоритмов обработки, визуализации и применения графовых моделей в программировании. Впервые издана книга [4], которая содержит систематическое и полное изложение фундаментальных основ современных компьютерных технологий, связанных с применением

теории графов. Ведётся работа по созданию на базе этой книги вики-системы WEGA, являющейся расширяемой интерактивной электронной энциклопедией теоретико-графовых алгоритмов решения задач информатики и программирования.

В отличие от Д. Кнута, мы при создании данной энциклопедии, как и в книге [4], ориентируемся на абстрактную модель современных компьютеров (равнодоступная адресная машина — РАМ) и высокоуровневое описание алгоритмов в терминах специального языка высокого уровня — ВУ-язык. Этот язык является псевдоязыком (лексиконом) программирования и содержит в качестве базовых традиционные конструкции математики и языков программирования. Наряду с обычными для современных языков типами простых и составных данных он допускает такие более сложные структуры данных, как, например, деревья, графы и т.д. Для каждой базовой конструкции ВУ-языка фиксируется класс её допустимых реализаций на РАМ. Предполагается, что ВУ-язык позволяет наряду с базовыми использовать любые необходимые конструкции, если очевидны или заранее зафиксированы оценки их сложности, а также те реализации этих конструкций на РАМ, которые допускают такие оценки. Такой подход позволяет формулировать алгоритмы в естественной форме, допускающей прямой анализ их корректности и сложности, а также простой перенос алгоритмов на реальные языки программирования и компьютеры с сохранением полученных оценок сложности.

Еще одной важной особенностью создаваемой энциклопедии WEGA является её ориентация на поддержку анимационного исполнения представленных в ней графовых алгоритмов. На наш взгляд, анимация является удобным средством демонстрации работы любых алгоритмов, в том числе алгоритмов на графах. Она помогает человеку понять на конкретных примерах смысл и последовательность работы алгоритма, делая это гораздо более доходчиво, чем любые текстовые описания, пояснения и отдельные рисунки.

Разрабатываются методы и средства поддержки полноценной динамической визуализации графовых алгоритмов, представленных в энциклопедии. Визуализация информации — это процесс преобразования больших и сложных видов абстрактной информации в интуитивно понятную визуальную форму. Универсальным средством такого представления структурированной информации являются графы. Графы применяются для представления любой информации, которую можно промоделировать в виде объектов и связей между объектами. Поэтому визуализация графовых моделей является ключевой компонентой во многих приложениях в науке и технике, а методы

визуализации графов представляют собой теоретическую основу методов визуализации абстрактной информации [5].

Создана начальная версия вики-энциклопедии WEGA, которая включает электронный тезаурус по теории графов для программистов и содержит порядка 5000 статей.

Заключение

В докладе мы рассмотрели работы по созданию вики-систем поддержки применения методов теории графов в программировании: электронного словаря WikiGRAPP по теории графов и её применениям в информатике и программировании и электронной энциклопедии WEGA теоретико-графовых алгоритмов решения задач информатики и программирования.

К настоящему времени завершена работа по наполнению словаря WikiGRAPP и энциклопедии WEGA до начального уровня. Понятно, что обе системы нуждаются в развитии. Происходит постоянная работа по улучшению статей словаря и энциклопедии и по их пополнению новыми терминами и алгоритмами.

Разработаны методы и создан программный комплекс Wiki2TeX, поддерживающий работу со словарем и энциклопедией. Он автоматизирует процесс построения набора TeX-документов, образующих оффлайн версию вики (базы данных, построенной с помощью MediaWiki), а также позволяет выполнять и обратную операцию (преобразовывать TeX документы в статьи MediaWiki и добавлять их к заданной вики в виде правок к её существующим статьям либо как её новые статьи).

Список литературы

1. Евстигнеев, В. А. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов. – Новосибирск : Наука, 1999. – 288 с.

2. Евстигнеев, В. А. Словарь по графам в информатике / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов. – Новосибирск : Сибирское Научное Издательство, 2009. – 300 с.

3. Касьянов, В. Н. Применение графов в программировании // Программирование. – 2001. – N 3. – С.51-70.

4. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.

5. Касьянов, В. Н. Визуализация информации на основе графовых моделей / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2014. – 149 с.

Пример формирования исходной информации для построения модели объекта с использованием реверсного подхода

И. И. Каширская, email: irkashir@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложено описание подхода к формированию информации, необходимой для создания множеств начальных и конечных атрибутов объекта, а также множества переходов от одного атрибута к другому. Данные множества используются для создания начальной и конечной модели объекта. Реверсный подход предполагает формирование набора переходов, необходимых для получения конечной модели объекта, начиная в обратном порядке.*

Ключевые слова: *модель, атрибуты, объект, переходы, реверсный подход.*

Введение

При моделировании деятельности обычно используются технологии структурного моделирования системного анализа. Для описания бизнес-процессов можно использовать динамическую событийную модель. Она описывает процесс функционирования системы в виде последовательности событий и представляется в виде правил, описывающих изменение состояний системы. Каждое правило – это набор из начального состояния, события и реакции на это событие, а также конечного состояния [1].

Обычно предлагается прямая последовательность переходов от начального состояния системы до целевого состояния системы. Для определенных предметных областей и определенных видов задач (в частности, при проектировании траекторий обучения для получения новых профессиональных навыков) была предложена реверсная последовательность [2]. Предлагается сначала описать конечное состояние системы, а затем, пройдя в обратном направлении по цепочкам возможных переходов, получить исходное состояние системы, набор необходимых переходов и набор промежуточных состояний системы.

© Каширская И. И., 2019

1. Подготовка набора атрибутов

Чтобы осуществить данную процедуру, необходимо создать набор A всех возможных атрибутов объекта. Затем сформировать переходы одного атрибута в другой. Переход i-го атрибута в j-й представляет собой некоторое действие dij. На основе этих переходов можно сформировать набор цепочек переходов атрибутов набора A из одного в другой: одна из таких цепочек будет представляться как a1 → … → aN, где атрибуты aj (j=1..N) принадлежат множеству A и не дублируют друг друга (каждый атрибут подмножества встречается в цепочке переходов ровно один раз). Таким образом, каждая такая цепочка не содержит циклических ссылок.

Например, при использовании данной процедуры в профессиональной переподготовке исходный объект – это обучающийся в начале обучения, базовые атрибуты объекта – набор его исходных знаний и компетенций; конечный объект – обучающийся по завершению обучения, а его атрибуты – набор знаний и компетенций, которые он должен получить в процессе обучения.

Каждый переход одного атрибута в другой (формирование навыка или компетенции) осуществляется с помощью некоторого модуля некоторой дисциплины. Каждый атрибут (знание, навык или компетенция) будет характеризоваться качественной характеристикой (степень освоения).

Основной целью этой процедуры будет получение перечня действий для преобразования исходного объекта в конечный объект – в данном случае траекторию обучения, представляющую собой упорядоченный набор модулей дисциплин, которые необходимо освоить обучающемуся [3-8].

Процедура получения конечной модели объекта из начальной должна включать в себя формирование наборов атрибутов и цепочек перехода атрибутов один в другой.

Набор базовых атрибутов описывает исходное состояние объекта. Набор получаемых атрибутов включает все возможные атрибуты, описывающие и конечное состояние объекта, и все его переходные состояния. Формирование цепочек перехода атрибутов ведется только после завершения процессов создания наборов атрибутов.

2. Уровни детализации атрибутов

Атрибуты могут быть созданы с использованием разных уровней детализации.

Например, конечный объект – человек, могущий выполнять функции полиграфиста. Атрибуты здесь будут представлять собой знание чего-либо. Конечный набор атрибутов может быть

сформулирован как владение следующими знаниями: типографика, верстка в издательской программе, обработка графики, допечатная подготовка, полиграфический процесс.

Другой уровень детализации может представлять собой следующий набор знаний: правила верстки текста, выбор шрифтов, верстка одностраничных листовок, верстка книги, верстка буклетов, выбор нужного цветового профиля, проверка и решение проблемы прозрачности, цветоделение, лакировка и вырубка, выбор бумаги, выбор способа переплета книги. Еще один уровень детализации может быть, например, таким: использование пробельных символов, использование различных видов тире, создание стилей, создание обтравочных контуров, импорт объектов, создание цветоделенного макета, внедрение профилей ICC, сборка спусковых полос и т.п.

Уровни детализации разных атрибутов могут комбинироваться. Например, для вышеописанного третьего уровня детализации могут быть добавлены следующие знания: обработка растровых объектов в редакторе растровой графики, предварительная обработка внедряемого видеообъекта.

Если же данная процедура проводится с целью формирования траектории обучения сотрудника специальности полиграфиста, то уровень детализации должен быть максимально возможным.

Например, атрибут «обработка растровых объектов в редакторе растровой графики» может быть расширен до следующего набора: изменение размеров изображения, его разрешения и цветовой модели, тоновая и цветовая коррекция, ретуширование, устранение муара и прочих посторонних артефактов, замена или удаление фона, создания коллажа из изображений, создание альфа-канала, создание векторных контуров, создание обтравочного контура.

Для каждого атрибута с помощью экспертов может быть задан перечень всех возможных количественных (точное значение или диапазон) и качественных (перечисление, шкалы или градации) характеристик данного атрибута.

При высоких уровнях детализации новые объекты формируются разными наборами атрибутов. Для начальных уровней детализации новые объекты можно получать, просто меняя количественные и качественные характеристики одного и того же объекта.

Например, в вышеописанном примере можно объект «верстальщик» описать как: типографика (средний уровень), верстка в издательской программе (высокий уровень), обработка графики (высокий уровень), допечатная подготовка (средний уровень), полиграфический процесс (начальный уровень).

Используя тот же набор атрибутов, объект «инженер-полиграфист» может быть описан как типографика (начальный уровень), верстка в издательской программе (начальный уровень), обработка графики (начальный уровень), допечатная подготовка (высокий уровень), полиграфический процесс (высокий уровень).

Объект «дизайнер-полиграфист» будет представлен следующим набором: типографика (высокий уровень), верстка в издательской программе (начальный уровень), обработка графики (высокий уровень), допечатная подготовка (начальный уровень), полиграфический процесс (начальный уровень) с добавлением дополнительных знаний: цветоведение (высокий уровень), композиция (высокий уровень), дизайн полиграфической продукции (высокий уровень).

Заключение

Результатом предлагаемого реверсного подхода является желаемая начальная модель объекта, перечень действий, необходимых для перехода от начального объекта к конечному, и перечень всех атрибутов, формирующихся в процессе перехода.

Перечень действий содержит весь набор переходов от исходной модели к конечной. Сравнение полученной исходной модели объекта и реальной исходной модели производится экспертами и используется для оценки целесообразности проведения процесса.

Список литературы

1. Гайсарян С. С. Объектно-ориентированные технологии проектирования прикладных программных систем [Электронный ресурс]. — Центр информационных технологий // IT-портал CITForum.ru. 2012. — Режим доступа : http://citforum.ru/programming/oop_rsis/

2. Каширская, И. И. Реверсный подход к процедуре построения объекта с заданными атрибутами / И. И. Каширская // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17–19 декабря 2018 г. — Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. — С. 1572–1575.

3. Долгополов М. А. Реверсивная модель: использование системного подхода к обучению на примере проектирования курса «Интернет-технологии для учителя-предметника» систем [Электронный ресурс] / М. А. Долгополов, И. И. Каширская, С. Е. Ландсберг // Международный конгресс конференций «Информационные технологии

в образовании» («ИТО–2003»). 16–20 ноября 2003 г., Москва. — Режим доступа : http://ito.edu.ru/2003/VII/VII-0-2052.html

4. Каширская, И. И. Разработка учебных программ курсов по информационным технологиям в условиях конфликта, порожденного модернизацией образования / И. И. Каширская — Материалы XLIII отчетной научной конференции за 2004 год, Воронеж, Воронежская государственная технологическая академия, 2005.

5. Каширская, И. И. Проектирование образовательных программ непрерывного образования, поддерживающих индивидуальную траекторию обучения / И. И. Каширская, С. Е. Ландсберг // Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции «Информатизация учебного процесса и управления образованием. Сетевые и интернет-технологии», Воронеж, ВОИПКРО, 2005.

6. Каширская, И. И. Реверсивная модель проектирования программы дополнительного профессионального образования с использованием системного подхода / И. И. Каширская, С. В. Зиновьев // Вестник факультета прикладной математики, информатики и механики. — Воронеж, 2015 .— Вып. 10. — С. 69-72.

7. Каширская, И. И. Построение и реализация программы обучения трехмерному моделированию и 3D-печати / И. И. Каширская, Т. Г. Богомолова // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы 16-й международной научно-методической конференции, Воронеж 11–12 февраля 2016 г. — Воронеж, 2016. — VII Международная школа-конференция «Информатика в образовании». — С. 316-319.

8. Каширская, И. И. Проектирование программы начального обучения педагогических работников мультимедийным технологиям с использованием реверсивной модели / И. И. Каширская // Информатика : проблемы, методология, технологии : материалы 16-й международной научно-методической конференции, Воронеж 11–12 февраля 2016 г. — Воронеж, 2016. — VII Международная школа-конференция «Информатика в образовании». — С. 319-322.

Пример формирования исходной информации для построения модели объекта с использованием реверсного подхода

И. И. Каширская, email: irkashir@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложено описание подхода к формированию информации, необходимой для создания множеств начальных и конечных атрибутов объекта, а также множества переходов от одного атрибута к другому. Данные множества используются для создания начальной и конечной модели объекта. Реверсный подход предполагает формирование набора переходов, необходимых для получения конечной модели объекта, начиная в обратном порядке.*

Ключевые слова: *модель, атрибуты, объект, переходы, реверсный подход.*

Введение

При моделировании деятельности обычно используются технологии структурного моделирования системного анализа. Для описания бизнес-процессов можно использовать динамическую событийную модель. Она описывает процесс функционирования системы в виде последовательности событий и представляется в виде правил, описывающих изменение состояний системы. Каждое правило – это набор из начального состояния, события и реакции на это событие, а также конечного состояния [1].

Построение модели объекта с использованием реверсного подхода

Обычно предлагается прямая последовательность переходов от начального состояния системы до целевого состояния системы. Для определенных предметных областей и определенных видов задач (в частности, при проектировании траекторий обучения для получения новых профессиональных навыков) была предложена реверсная последовательность [2]. Предлагается сначала описать конечное состояние системы, а затем, пройдя в обратном направлении по цепочкам возможных переходов, получить исходное состояние системы, набор необходимых переходов и набор промежуточных состояний системы.

Чтобы осуществить данную процедуру, необходимо создать набор A всех возможных атрибутов объекта. Затем сформировать

© Каширская И. И., 2019

переходы одного атрибута в другой. Переход i-го атрибута в j-й представляет собой некоторое действие dij. На основе этих переходов можно сформировать набор цепочек переходов атрибутов набора A из одного в другой: одна из таких цепочек будет представляться как

$$a1 \rightarrow \ldots \rightarrow aN,$$

где атрибуты aj (j=1..N) принадлежат множеству A и не дублируют друг друга (каждый атрибут подмножества встречается в цепочке переходов ровно один раз). Таким образом, каждая такая цепочка не содержит циклических ссылок.

Например, при использовании данной процедуры в профессиональной переподготовке исходный объект – это обучающийся в начале обучения, базовые атрибуты объекта – набор его исходных знаний и компетенций; конечный объект – обучающийся по завершению обучения, а его атрибуты – набор знаний и компетенций, которые он должен получить в процессе обучения.

Каждый переход одного атрибута в другой (формирование навыка или компетенции) осуществляется с помощью некоторого модуля некоторой дисциплины. Каждый атрибут (знание, навык или компетенция) будет характеризоваться качественной характеристикой (степень освоения).

Основной целью этой процедуры будет получение перечня действий для преобразования исходного объекта в конечный объект – в данном случае траекторию обучения, представляющую собой упорядоченный набор модулей дисциплин, которые необходимо освоить обучающемуся [3-8].

Процедура получения конечной модели объекта из начальной должна включать в себя формирование наборов атрибутов и цепочек перехода атрибутов один в другой.

Набор базовых атрибутов описывает исходное состояние объекта. Набор получаемых атрибутов включает все возможные атрибуты, описывающие и конечное состояние объекта, и все его переходные состояния. Формирование цепочек перехода атрибутов ведется только после завершения процессов создания наборов атрибутов.

Атрибуты могут быть созданы с использованием разных уровней детализации.

Например, конечный объект – человек, могущий выполнять функции полиграфиста. Атрибуты здесь будут представлять собой знание чего-либо. Конечный набор атрибутов может быть сформулирован как владение следующими знаниями: типографика, верстка в издательской программе, обработка графики, допечатная подготовка, полиграфический процесс.

Другой уровень детализации может представлять собой следующий набор знаний: правила верстки текста, выбор шрифтов, верстка одностраничных листовок, верстка книги, верстка буклетов, выбор нужного цветового профиля, проверка и решение проблемы прозрачности, цветоделение, лакировка и вырубка, выбор бумаги, выбор способа переплета книги. Еще один уровень детализации может быть, например, таким: использование пробельных символов, использование различных видов тире, создание стилей, создание обтравочных контуров, импорт объектов, создание цветоделенного макета, внедрение профилей ICC, сборка спусковых полос и т.п.

Уровни детализации разных атрибутов могут комбинироваться. Например, для вышеописанного третьего уровня детализации могут быть добавлены следующие знания: обработка растровых объектов в редакторе растровой графики, предварительная обработка внедряемого видеообъекта.

Если же данная процедура проводится с целью формирования траектории обучения сотрудника специальности полиграфиста, то уровень детализации должен быть максимально возможным.

Например, атрибут «обработка растровых объектов в редакторе растровой графики» может быть расширен до следующего набора: изменение размеров изображения, его разрешения и цветовой модели, тоновая и цветовая коррекция, ретуширование, устранение муара и прочих посторонних артефактов, замена или удаление фона, создания коллажа из изображений, создание альфа-канала, создание векторных контуров, создание обтравочного контура.

Для каждого атрибута с помощью экспертов может быть задан перечень всех возможных количественных (точное значение или диапазон) и качественных (перечисление, шкалы или градации) характеристик данного атрибута.

При высоких уровнях детализации новые объекты формируются разными наборами атрибутов. Для начальных уровней детализации новые объекты можно получать, просто меняя количественные и качественные характеристики одного и того же объекта.

Например, в вышеописанном примере можно объект «верстальщик» описать как: типографика (средний уровень), верстка в издательской программе (высокий уровень), обработка графики (высокий уровень), допечатная подготовка (средний уровень), полиграфический процесс (начальный уровень).

Используя тот же набор атрибутов, объект «инженер-полиграфист» может быть описан как типографика (начальный уровень), верстка в издательской программе (начальный уровень), обработка графики

(начальный уровень), допечатная подготовка (высокий уровень), полиграфический процесс (высокий уровень).

Объект «дизайнер-полиграфист» будет представлен следующим набором: типографика (высокий уровень), верстка в издательской программе (начальный уровень), обработка графики (высокий уровень), допечатная подготовка (начальный уровень), полиграфический процесс (начальный уровень) с добавлением дополнительных знаний: цветоведение (высокий уровень), композиция (высокий уровень), дизайн полиграфической продукции (высокий уровень).

Заключение

Результатом предлагаемого реверсного подхода является желаемая начальная модель объекта, перечень действий, необходимых для перехода от начального объекта к конечному, и перечень всех атрибутов, формирующихся в процессе перехода.

Перечень действий содержит весь набор переходов от исходной модели к конечной. Сравнение полученной исходной модели объекта и реальной исходной модели производится экспертами и используется для оценки целесообразности проведения процесса.

Список литературы

1. Гайсарян С. С. Объектно-ориентированные технологии проектирования прикладных программных систем [Электронный ресурс]. — Центр информационных технологий // IT-портал CITForum.ru. 2012. – Режим доступа : http://citforum.ru/programming/oop_rsis/

2. Каширская, И. И. Реверсный подход к процедуре построения объекта с заданными атрибутами / И. И. Каширская // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17–19 декабря 2018 г. — Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. — С. 1572–1575.

3. Долгополов М. А. Реверсивная модель: использование системного подхода к обучению на примере проектирования курса «Интернет-технологии для учителя-предметника» систем [Электронный ресурс] / М. А. Долгополов, И. И. Каширская, С. Е. Ландсберг // Международный конгресс конференций «Информационные технологии в образовании» («ИТО–2003»). 16–20 ноября 2003 г., Москва. — Режим доступа : http://ito.edu.ru/2003/VII/VII-0-2052.html

4. Каширская, И. И. Разработка учебных программ курсов по информационным технологиям в условиях конфликта, порожденного модернизацией образования / И. И. Каширская — Материалы XLIII

отчетной научной конференции за 2004 год, Воронеж, Воронежская государственная технологическая академия, 2005.

5. Каширская, И. И. Проектирование образовательных программ непрерывного образования, поддерживающих индивидуальную траекторию обучения / И. И. Каширская, С. Е. Ландсберг // Материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции «Информатизация учебного процесса и управления образованием. Сетевые и интернет-технологии», Воронеж, ВОИПКРО, 2005.

6. Каширская, И. И. Реверсивная модель проектирования программы дополнительного профессионального образования с использованием системного подхода / И. И. Каширская, С. В. Зиновьев // Вестник факультета прикладной математики, информатики и механики. – Воронеж, 2015 . – Вып. 10. – С. 69-72.

7. Каширская, И. И. Построение и реализация программы обучения трехмерному моделированию и 3D-печати / И. И. Каширская, Т. Г. Богомолова // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы 16-й международной научно-методической конференции, Воронеж 11–12 февраля 2016 г. – Воронеж, 2016. — VII Международная школа-конференция «Информатика в образовании». – С. 316–319.

8. Каширская, И. И. Проектирование программы начального обучения педагогических работников мультимедийным технологиям с использованием реверсивной модели / И. И. Каширская // Информатика : проблемы, методология, технологии : материалы 16-й международной научно-методической конференции, Воронеж 11–12 февраля 2016 г. – Воронеж, 2016. – VII Международная школа-конференция «Информатика в образовании». – С. 319–322.

Реализация алгоритма решения задачи планирования работ в системе XR

Н. А. Кожевников, e-mail: nikita061095@yandex.ru[1]
Е. С. Барановский, e-mail: esbaranovskii@gmail.com[2]
Н. В. Огаркова, e-mail: nataly.ogarkova@gmail.com[2]

[1]ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ»
[2]Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматривается применение алгоритма решения задачи о планировании работ в системе вспомогательной и дополненной реальностей XR.*

Ключевые слова: *дополненная реальность, вспомогательная реальность, XR, AR, алгоритм, планирование работ, задача о назначении.*

Введение

Программная платформа XR, разработанная специалистами ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ», предназначена для построения гибких решений с применением устройств и технологий вспомогательной и дополненной реальностей.

Вспомогательная реальность (assisted reality, AR) – это отображение перед глазами любого заранее определенного графического контента без привязки к объектам физического мира.

Дополненная реальность (augmented reality, AR) – это результат введения цифрового графического контента при наведении камеры на физический объект из реального мира с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации.

Платформа XR разделена на три основных компонента:

– серверная часть платформы отвечает за создание собственных произвольных сценариев бизнес-процессов, а также за вывод результатов их выполнения;

– клиентская часть – за работу этих сценариев в Android-приложении на «умном устройстве»: в «умных очках», смартфоне или планшете;

– сервер аудио-видео связи – за организацию видео-звонков между операторами и экспертом во время осуществления сценариев.

Общая архитектура системы представлена на рисунке.

© Кожевников Н. А., Барановский Е. С., Огаркова Н. В., 2019

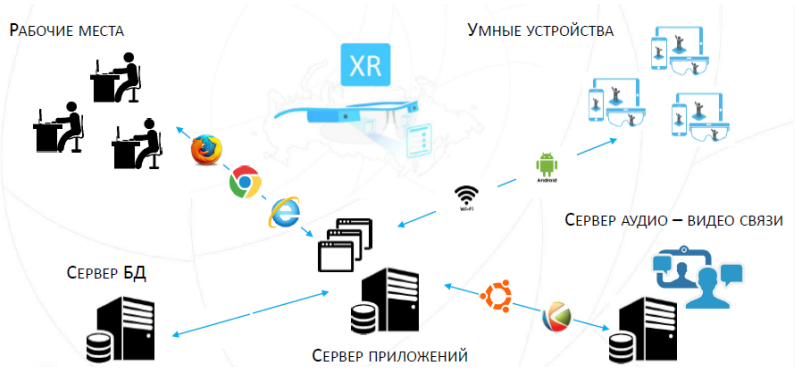


Рисунок. Архитектура программной платформы XR

В системе присутствует модуль планирования работ. Пользователь, ответственный за назначение задач, формирует план выполнения сценариев, сделанных заранее в редакторе процессов XR, и распределяет эти задания между операторами.

Помимо этого, в приложении присутствует возможность интеграции с SAP: динамически формируются сценарии процессов на основе заранее подготовленного шаблонного процесса и заказов, пришедших на сервер из SAP.

Таким образом, помимо создания плана выполнения работ на определенный срок вперед, есть необходимость выдачи заданий в режиме реального времени на основе текущей занятости сотрудников и сложности процесса.

Ввиду большого количества процессов и работников возникает задача наиболее эффективного распределения нагрузки между ними.

Анализ задачи

Для сбора статистических данных в системе XR используется следующий цикл действий:

1. Создание произвольных процессов в редакторе.
2. Выполнение этих процессов операторами с помощью Android-устройств.
3. Передача результатов выполнения на сервер.
4. Сохранение информации и формирование отчетов на основе результатов аналитическим модулем платформы.

Как следствие, после прохождения этих этапов накапливается следующая информация:

– среднее время выполнения конкретного процесса;
– среднее время выполнения шага процесса;

– среднее время выполнения определенного класса функций шага;

– среднее время выполнения тем или иным оператором разных процессов, шагов, функций;

– отклонение от нормативного времени выполнения.

Имея эти данные, для нахождения максимально эффективного создания плана работ между сотрудниками можно воспользоваться распределительной задачей о назначении. Задача о назначении есть полностью вырожденная форма транспортной задачи.

Общий вид такой задачи можно представить в виде таблицы.

Таблица

Общий вид задачи о назначении

Ресурсы R / Работы J	J_1	…	J_n	Имеющиеся ресурсы
R_1	C_{11}	…	C_{1n}	b_1
…	…	…	…	…
R_m	C_{m1}	…	C_{mn}	b_m
Требуемые ресурсы	a_1	…	a_n	

Элементы C_{ij}, стоящие в клетках матрицы, соответствуют затратам или доходу, отвечающим выделению одной единицы ресурса R_i на работу J_j.

В нашем случае величины C_{ij} представляют собой затраты времени каждого работника на выполнение каждой из работ, а величины a_j, b_i равны 1 или 0, причем 1, если работник i назначен на работу j, и 0 во всех остальных случаях.

Таким образом, задача сводится к минимизации функционала

$$Z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_{ij} \tag{1}$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1, j = \overline{1,n} \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1, i = \overline{1,m} \tag{3}$$

$$x_{ij} = 0 \text{ или } 1 (\Leftrightarrow x_{ij} = x_{ij}^2) \quad (4)$$

В полученной матрице C может быть разное количество строк и столбцов, а для алгоритма используется квадратная матрица, поэтому в этом случае в матрицу добавляются «фиктивные» работники или задачи (т.е. для них все $x_{ij} = 0$).

Метод решения задачи о назначении основан на следующих утверждениях:

1. Решение не изменится, если прибавить к любому столбцу или строке матрицы некоторую константу или вычесть ее из них.

2. Решение оптимально, если все коэффициенты C_{ij} положительные и можно отыскать набор $x_{ij} = X_{ij}$ такой, что

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_{ij} x_{ij} = 0 \quad (5)$$

Алгоритм сводится к прибавлению констант к строкам и столбцам и вычитанию их из строк и столбцов до тех пор, пока достаточное число величин не обращается в нуль, что дает решение, равное нулю:

3. Вычитаем наименьший элемент из каждой строки исходной матрицы.

4. Вычитаем минимальный элемент из каждого столбца.

5. Для правильной оценки любого решения необходимо прибавить к результату количество суммарно вычтенных единиц.

6. Пытаемся найти решение, включающее лишь те клетки, в которых стоят нулевые элементы.

7. Если удалось, то это решение является наилучшим, иначе – получили допустимое решение, близкое к наиболее эффективному.

8. Для того чтобы определить, возможно ли улучшение решения, переходим к пунктам 7–11.

9. Проводим минимальное число горизонтальных и вертикальных прямых, пересекающих по крайней мере один раз все нули.

10. Если количество линий равно размерности матрицы, то оптимальным является нулевое решение, иначе переходим к пункту 9.

11. Выбираем наименьший элемент, через который не проведена линия.

12. Вычитаем этот элемент из всех элементов, через которые не проведена ни одна линия, и прибавляем его ко всем элементам, через которые проведены две линии.

13. Определяем, имеется ли решение среди нового набора нулей. Если решение не найдено, то необходимо вернуться к шагу 7 и выполнять цикл до тех пор, пока не будет найдено решение.

Заключение

Результат применения рассматриваемого алгоритма в системе XR увеличивает эффективность выполнения бизнес-процессов, поскольку подсказывает планировщику заданий наиболее рациональный вариант распределения задач между сотрудниками, тем самым ускоряя работу как и самого планировщика, так и операторов устройств. Кроме того, платформа позволяет в режиме реального времени наиболее эффективно выдавать новые задания или перераспределять уже существующие.

Список литературы

1. Платформа XR [Электронный ресурс]: новости и события / ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ». – Режим доступа: http://inlinegroup.ru/events/news/697/

2. Хемди, А. Т. Исследование операций / А.Т.Хемди. – 2-е изд., перераб.и доп. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 901 с.

3. Urman, S. ORACLE 8. PL/SQL Programming / S.Urman – Osborne : McGraw-Hill, 1997. – 608 с.

4. Gault, D. Beginning Oracle Application Express 5 / D.Gault – New York : Springer Science, Business Media, 2015. – 476 с.

5. Wesley, S. Pro jQuery in Oracle Application Express / S.Wesley – New York : Springer Science, Business Media, 2015. – 221 с.

Алгоритм распределения премиального фонда профессорско-преподавательского состава

Л. А. Кукарских, email: kukarskih.liubov@yandex.ru
Е. А. Демидова

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Фонд премирования распределяется по сотрудникам, подразделениям и организации в целом. Дана последовательность расчета сумм премии сотрудников. Размер премии зависит от некоторых факторов: ставки, оклада, расчетной суммы, количества отработанного времени.*

Ключевые слова: *фонд, ставка, размер премии, алгоритм.*

Введение

Работа по модернизации системы кадровых служб и органов управления в России ведется постоянно и на самом высоком уровне.

Обеспечить нужный уровень кадровой, финансовой работы сегодня нельзя без применения современных возможностей вычислительной техники и телекоммуникаций.

Использование средств автоматизации в значительной степени определяет вероятность сокращения временных, материальных и трудовых затрат сотрудников подразделений при значительном улучшении качества работы в целом самих подразделений [1].

Существующие программные системы («ПАРУС», «1С») для отдела кадров и бухгалтерии не всегда учитывают все индивидуальные особенности бюджетных учреждений, особенно военных. Они постоянно требуют доработки со стороны разработчиков, то есть дополнительных материальных затрат. Поэтому программный комплекс, разработанный самой организацией, явно преимущественен.

В данной работе предлагается математическая модель, алгоритм и программный комплекс распределения фонда премии организации. Основной задачей разработанного алгоритма является достаточно верное и быстрое (с точки зрения времени выполнения) начисление премии профессорско-преподавательского составу.

© Кукарских Л. А., Демидова Е. А., 2019

1. Разработка математической модели

Математическая модель распределения премиального фонда заключается в правильном определении количества работников, подлежащих премированию, и размера их премии.

Предлагается три варианта распределения премиального фонда.

Первый вариант – исходя из определенной расчетной суммы на сотрудника, вернее на его основную ставку.

Расчетная сумма на одну полную ставку по основной должности

$$Pc = \frac{\Phi}{\sum_{i=1}^{N_o} C\text{т}_i} \tag{1}$$

где Φ – общий распределяемый премиальный фонд, $C\text{т}_\text{i}$ – размер ставки по основной должности каждого i-того сотрудника организации, учитывающий отработанное i-тым сотрудником время, N_o – общая численность сотрудников.

В общую численность сотрудников профессорско-преподавательского состава организации включаются, прежде всего, работники, у которых основная ставка равна единица, то есть полная. Если у сотрудника основная ставка не единица, но есть внутреннее совместительство по этой же категории должности, то основная ставка увеличивается за счет ставки внутреннего совместительства, суммарный размер ставки сотрудника не должен превышать единицы, сотрудники по внешнему совместительству не учитываются [2].

Размер премии j-ого сотрудника

$$Пр_{comj} = Pc \cdot C\text{т}_j \tag{2}$$

где $C\text{т}_j$ – размер ставки по основной должности j-того сотрудника подразделения.

Фонд премии k-ого подразделения

$$\Phi_{\text{подк}} = \sum_{j=1}^{\text{N}_{\text{подк}}} C\text{т}_\text{j} \cdot Pc \tag{3}$$

где $N_{\text{подк}}$ – численность сотрудников k-ого подразделения.

Фонд премии организации

$$\Phi = \sum_{k=1}^{\text{K}_{\text{под}}} \Phi_{\text{подк}} \tag{4}$$

где $K_{\text{под}}$ – количество подразделений.

Общий премиальный фонд, который распределяется, должен быть равен сумме фондов премий всех подразделений.

Второй вариант – для организации определяется расчетная сумма премии на единицу ставки сотрудника по формуле (1), находится фонд подразделений по формуле (3), а внутри подразделений фонд делится пропорционально окладам сотрудников подразделения.

Стоимость одного рубля оклада

$$Ср = \frac{Ф_{\text{подк}}}{\sum_{\text{j=1}}^{\text{N}_{\text{подк}}} Окл_j} \tag{5}$$

где $Окл_j$ – оклад j-того сотрудника подразделения, учитывающий отработанное этим сотрудником время.

Размер премии j-того сотрудника подразделения

$$Пр_{comj} = Ср \cdot Окл_j \tag{6}$$

Премиальный фонд подразделения равен сумме премий сотрудников этого подразделения, а сумма премиальных фондов всех подразделений равна общему премиальному фонду организации.

Третий вариант – премиальный фонд организации делится исходя из окладов сотрудников и отработанного этими сотрудниками времени.

Определяется стоимость одного рубля оклада

$$Ср = \frac{Ф}{\sum_{\text{i=1}}^{N_o} Окл_i} \tag{7}$$

где $Ф$ – общий распределяемый премиальный фонд, $Окл_{\text{i}}$ – оклад по основной должности каждого i-того сотрудника организации, учитывающий отработанное этим сотрудником время, N_o – общая численность сотрудников.

Размер премии i-того сотрудника организации

$$Пр_{comi} = Ср \cdot Окл_i \tag{8}$$

Фонд премии k-ого подразделения

$$Ф_{\text{подк}} = \sum_{j=1}^{\text{N}_{\text{подк}}} Окл_{\text{j}} \cdot Ср \tag{9}$$

где $Окл_j$ – оклад по должности j-того сотрудника k-ого подразделения.

Фонд премии организации рассчитывается как сумма премиальных фондов подразделений (формула 4).

2. Алгоритм распределения премиального фонда

Алгоритм математической модели распределения премиального фонда следующий:

– устанавливается номер месяца, за который премируется личный состав организации;

– из штатно-должностной книги (шдк) на конец установленного периода выбираются сотрудники, которым положена выплата премии, и их должностные оклады;

– сотрудники, должности которых с учетом учебной нагрузки перераспределены в другие подразделения, переносятся в это подразделение;

– определяется расчетная сумма на сотрудника (ставку);

– по расчётной сумме рассчитывается фонд премии подразделения и каждого человека в нем пропорционально отработанному времени; при этом фамилия, имя, отчество и должность указываются полностью в именительном падеже;

– фонд премии подразделения доводится начальнику подразделения;

– полученный фонд распределяется начальником структурного подразделения среди сотрудников пропорционально их должностным окладам или с учетом вклада работника внутри каждого подразделения и по организации в целом;

– поданные в отдел кадров списки сотрудников с суммами премии проверяются на правильность заполнения;

– проверенные на корректность списки сравниваются со списками сотрудников, выбранными из шдк;

– найденные ошибки исправляются: двойники исключаются, пропущенные работники добавляются;

– формируется рабочий список;

– устанавливаются коды должностей и подразделений для удобства сортировки;

– в рабочих списках корректируются суммы сотрудников;

– формируется файл с суммами премий сотрудников для выгрузки данных в 1С;

– список сотрудников сортируется по иерархии должностей и алфавиту для формирования проекта приказа.

Программный комплекс разработан на языке программирования Using Visual Basic for Applications в среде Microsoft Excel пакета Microsoft Office. Файл имеет расширение продукта Microsoft Excel, содержит 14 листов. Комплекс программ состоит из десяти программных модулей.

Программный комплекс по распределению премиального фонда представлен на рисунке.

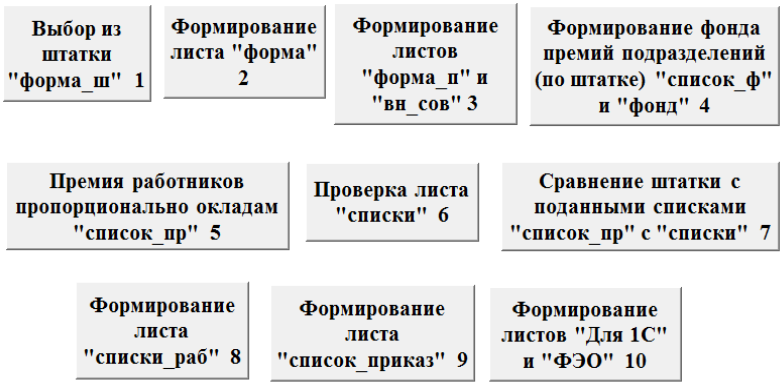


Рисунок. Порядок выполнения алгоритма

Заключение

Эффективность созданного комплекса программ заключается в улучшении качества работы кадрового, финансового органов и значительном облегчении труда сотрудников этих служб.

Пакет Microsoft Office является распространенным и доступным программным приложением, легко устанавливается и не конфликтует с операционными системами. Среда Microsoft Excel понятна для пользователей и проста в работе, стандартные функции и встроенный язык программирования Visual Basic позволяют решать определенный круг задач сотрудникам, не имеющим специального в области программирования образования. Программы, разработанные в среде Microsoft Excel, могут взаимодействовать с другими программными приложения [3].

Важно отметить, что разработанный алгоритм способствует наиболее оптимальному распределению премиального фонда организации.

Список литературы

1. Винокуров, М. А. Компьютерные технологии в кадровых службах / М. А. Винокуров, Р. Д. Гутгарц, В. А. Пархомов. – И. : ИГЭА, 1997. – 198 с.

2. Приказ Федеральной службы государственной статистики от 28 октября 2013 г. № 428.

3. Культин, Никита Visual Basic. Освой самостоятельно / Н. Б. Культин. – СПб : БХВ – Петербург, 2009. – 478 с.

Разработка iOS приложения, состоящего из развивающих игр для детей и позволяющего родителям вести контроль достижений

Д. А. Куроян, email: k.julia_13@mail.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *Разработано мобильное приложение "MindBlower", предназначенное для детей разных возрастов и родителей, желающих контролировать занятия ребенка.*

Ключевые слова: *iOS разработка, развивающее приложение для детей.*

Введение

В современном обществе мобильные устройства прочно вошли в повседневную жизнь. Взрослые люди используют смартфоны для различных целей: работы, общения, развлечения. Однако, дети не менее заинтересованы мобильными устройствами.

В ходе исследования института современных медиа (MOMRI – Modern Media Research Institute) выяснилось, что 71% детей в возрасте от 3 до 10 лет играет в игры и использует обучающие приложения на смартфоне или планшете.

Таким образом, возможность контроля родителями времени, проводимого ребенком в приложении, и изучения статистики его достижений актуальна и важна.

1. Анализ приложения

Наиболее удобным решением является разработка клиент-серверного приложения, состоящего из следующих развивающих мини-уроков, позволяющих в игровой форме усвоить материал по различным направлениям:

– "multiplication" – игра, помогающая детям научиться выполнять умножение чисел в уме;

– "find the path" – игра, предназначенная для развития памяти и внимания детей, в которой необходимо запомнить последовательность соединения точек и воспроизвести ее;

© Куроян Д. А., Матвеева М. В., 2019

– “compose words” – игра, направленная на развитие словарного запаса ребенка и закрепление правописания, в которой необходимо составить слова из заданных букв;

– “select the sign” – игра, в которой необходимо выбрать арифметические операции, при которых равенства обращаются в верные;

– “memory” – игра, предназначенная для развития концентрации, памяти и внимания, в которой необходимо запомнить пары карточек с одинаковыми рисунками.

Приложение также поддерживает авторизацию через социальную сеть «ВКонтакте» и возможность просмотра общего рейтинга по каждой игре для всех авторизованных пользователей.

Как сам ребенок, так и родители имеют возможность просматривать статистику его достижений.

2. Требования к программному и аппаратному обеспечению

Приложение предназначено для использования на смартфонах iPhone с версией операционной системы iOS 10 и выше.

В качестве языка программирования был выбран Swift [1]. Возможности данного языка предоставляют все необходимые инструменты для реализации поставленных в работе целей и задач. При реализации проекта использовалась среда разработки Xcode 9.3, содержащая средство построения интерфейса и редактор кода. Кроме того, в систему включены эмуляторы всех устройств. В дополнение Xcode содержит графические инструменты для анализа производительности приложения.

3. Реализация

В приложении реализован механизм кэширования. Оно применяется для увеличения быстродействия за счет временного сохранения результатов запросов к серверу и последующего их использования, тем самым снижая нагрузку на сервер и уменьшая в среднем скорость получения запроса на клиенте. Для хранения запросов к серверу требуется локальная база данных на мобильном устройстве. Используем для этого инструмент Realm [2] – кросс-платформенную мобильную базу данных. API сервера построено на REST архитектуре. Запросы к нему осуществляются через HTTP-запросы.

На рис. 1 представлена диаграмма основных классов, в которые входят:

– GameListViewController – класс начального экрана, на котором представлен список игр;

– GameEndViewController – класс экрана, отображающего результат игры и турнирную таблицу, если пользователь аутентифицирован, и кнопку входа в противном случае;

– GameInfoViewController – класс экрана описания игры и выбора её сложности;

– ProfileViewController – класс экрана профиля пользователя;

– ChildInfoViewController – класс экрана, отображающего информацию о достижениях ребенка;

– Backend – класс, предоставляющий единый интерфейс работы с данными в проекте.

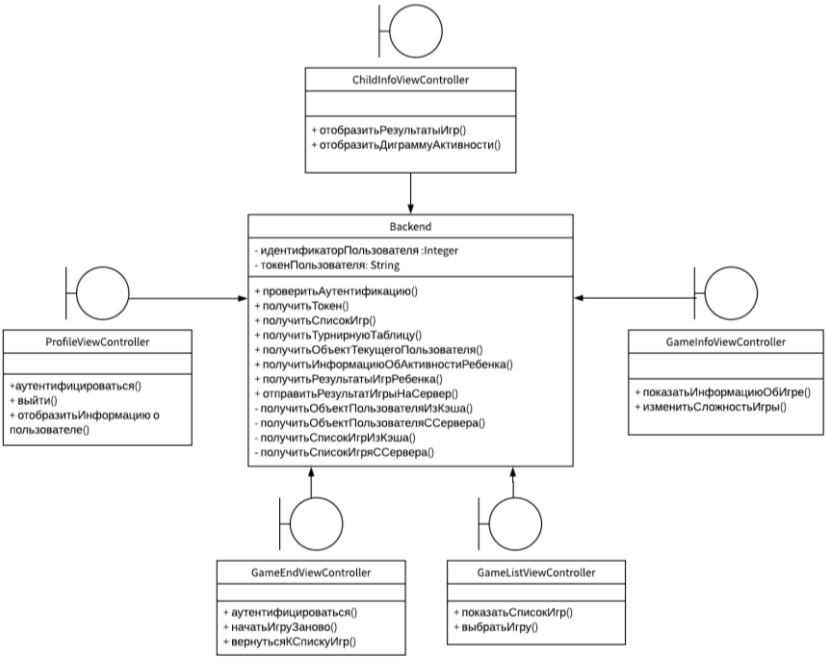


Рис. 1. Диаграмма основных классов

На рис. 2 представлена логическая модель организации базы данных. В нее входят следующие сущности:

– пользователь – сущность, содержащая основную информацию об игроке: идентификатор, имя, фамилию и адрес электронной почты;

– игра - сущность, содержащая идентификатор, название, описание и адрес иконки игры;

– сложность – сущность, содержащая идентификатор и название сложности игры;

– лучший результат – сущность, содержащая идентификаторы игры, сложности и пользователя, а также максимальное количество набранных очков.

Рис. 2. Логическая модель базы данных

Управление программой происходит при помощи интуитивно понятного и простого в использовании интерфейса. На рис. 3 представлен интерфейс приложения.

а б

а – экран выбора игры, б – экран контроля достижений ребенка

Рис. 3. Интерфейс приложения

Заключение

В результате решения поставленной задачи было создано и протестировано мобильное приложение “MindBlower”, предназначенное для детей разных возрастов и родителей, желающих контролировать занятия ребенка. Кроме того, в рамках данной работы были приобретены знания о мобильных клиент-серверных приложениях для платформы iOS, а также углублены знания об особенностях работы API «ВКонтакте» [3].

Список литературы

1. App Development with Swift [Электронный ресурс] : интернет-учебник / Apple Education. – Режим доступа : https://itunes.apple.com/ru/book/app-development-with-swift/ id1219117996?mt =11

2. Документация Realm [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://docs.realm.io/platform/getting-started-1

3. API «ВКонтакте» [Электронный ресурс] : документация. – Режим доступа : https://vk.com/dev/first_guide

Метод классификации изображений

А. С. Мирошниченко, email: 963565@bsu.edu.ru
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru
Е.С. Коняева, email: 1122015@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *В статье представлен метод классификации изображений. Идея метода заключается в формировании признаков, основанных из простейших линий контура изображения. Тестирование на различных наборах данных. Оценка точности алгоритма.*

Ключевые слова: *Классификация изображений, машинное обучение.*

Введение

В настоящее время все больше становится задач с использованием изображений, в частности задачи классификации и распознавания. В статье описан метод, который представляет новый подход классификации изображений с помощью представления изображения в виде графа, с последующим сегментированием графа и выявлением базовых примитивов. Далее использование принципов обучения нейронных сетей по признакам, для повышения качества метода.

Актуальность работы состоит в том, что в настоящее время изображения окружают нас повсюду, следовательно, количество изображений растет быстро и приходится обрабатывать данные быстрее. Данный метод позволяет произвести классификацию изображений, а также медицинских снимков, подобная задача описана в работе «Метод распознавания объектов на снимках МРТ на основе сверточной нейронной сети» [1].

Реализация метода выполнена на языке Python с использованием библиотек: OpenCV, Multiprocessing, Cuda и др.

1. Алгоритм с использованием базовых примитивов

1. На вход алгоритма поступает изображение (рис.1 левый). С помощью функции canny() OpenCV [2] строим контур изображения (рис.1 правый).

2. Для построения графа основной идеей является метод описанный в статье [3]. Основное отличие данного метода заключается

© Мирошниченко А. С., Михелев В. М., Коняева Е.С., 2019

в том, что при формировании графа используется контуры изображений, следовательно, значение цвета пикселя для дальнейшей работы не является определяющим.

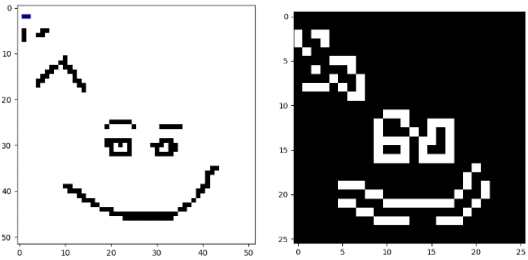


Рис. 1. Исходное изображение и построенный контур

3. После сформированного контура изображения необходимо пройти по всему контуру и выявить «значимые точки» вершины и присвоить им вес значимости.

4. Вес присваивается следующим образом, чем больше точек контура находится в ближайшей окрестности, тем выше вес, т.е. свое рода задача кластеризации.

5. Далее производим аппроксимацию вершин графа для отображения более значимых вершин. Аппроксимация производится по весу вершин с определенным порогом.

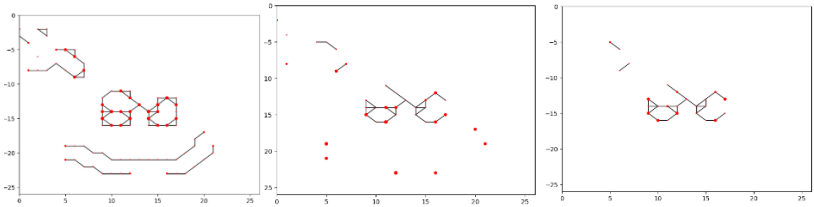


Рис. 2. Аппроксимация вершин с различным порогом

Стоит отметить важное замечание – при использовании изображений с малым разрешением около 100x100 px алгоритм работает достаточно быстро, но как только размер изображения превышает 600x600 px алгоритм отрабатывает на порядок дольше. Отсюда следует, что необходимо ускорить процесс формирования вершин графа и определения веса вершин. Для решения данной задачи было принято решение использовать технологию параллельного программирования

CUDA, как одно из самых эффективных. Для изображения размером fullHD 1920x1080 время сократилось с 325 секунд до 11.5 секунд.

6. Шаги 1-5 применяется не для всего изображения, а для сегментированных «кусков», приблизительным размеров 5x5 px (выбран эмпирическим методом), похожий алгоритм сегментации описан в работе [4]. В результате использования сегментированных изображений, на каждом выходном изображении получаем несколько простых графов (они же примитивы, см. рис.3).

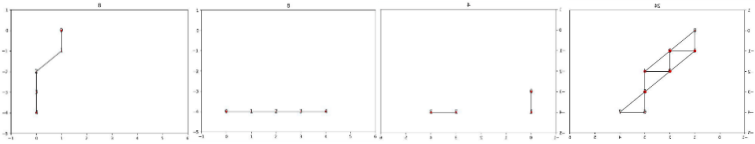


Рис. 3. Базовые примитивы

7. Далее полученные «простые графы» аналитическим путем описываем для представления в виде математических функций. После производится классификация базовых примитивов с последующей записью в вектор. Важное замечание: данные примитивы выполняют роль признаков изображений, которые в дальнейшем можно использовать для задач классификации и распознавания, очень похоже на признаки в нейронных сетях (см. Рис.4).

Рис. 4. Все базовые примитивы

2. Тестирование и оценка алгоритма

Для оценки алгоритма используем точность (precision) и полноту (recall). Также для оценки используем F-меру (F-measure), представляющая гармоническое среднее между точностью и полнотой.

Полнота — это также доля из объектов positive класса которые алгоритм предсказал верно, а FPR показывает, какую долю из объектов negative класса алгоритм предсказал неверно.

TPR нам уже известна, это полнота, а FPR показывает, какую долю из объектов negative класса алгоритм предсказал неверно.

Тестирование на различных наборах данных.

Для начала рассмотрим пример с базовыми объектами. В качестве эталонной выборки будут цифры одного шрифта. В качестве тестовой набор с различными преобразованиями: размер, наклон, толщина линий

(табл. 1). Размер исходного изображения одинаковый и равен 100x100 пикселей.

Таблица 1

Выборка с цифрами

№ класса	precision	recall	F-measure	tpr	fpr	tp	tn	fp	fn
0	0.667	0.5	0.578	0.5	0.033	2	29	1	2
1	0.9	0.5	0.667	0.5	0	3	28	0	3
2	0.667	0.9	0.8	0.9	0.031	2	31	1	0
3	0.667	0.4	0.5	0.4	0.034	2	28	1	3
4	0.9	0.75	0.857	0.75	0	3	30	0	1
5	0.75	0.9	0.857	0.9	0.032	3	30	1	0
6	0.5	0.9	0.667	0.9	0.062	2	30	2	0
7	0.5	0.667	0.572	0.667	0.065	2	29	2	1
8	0.333	0.5	0.4	0.5	0.062	1	30	2	1
9	0.5	0.667	0.572	0.667	0.065	2	29	2	1

Следующий тест — это классификация изображений по группам. В роли изображений выступают буквы русского алфавита (табл. 2). Также размеры 100x100 пикселей.

Таблица 2

Выборка с русским алфавитом

№ класса	precision	recall	F-measure	tpr	fpr	tp	tn	fp	fn
1	0.962	0.962	0.981	0.962	0.009	25	109	1	1
2	0.99	0.909	0.952	0.909	0	10	125	0	1
3	0.968	0.968	0.968	0.968	0.01	30	104	1	1
4	0.944	0.895	0.919	0.895	0.009	17	116	1	2
5	0.971	0.917	0.943	0.917	0.01	33	99	1	3
6	0.938	0.833	0.882	0.833	0.008	15	117	1	3

В ходе исследования были сформированы следующие выводы:

1. При использовании метода граф сегментации изображения с последующим построением базовых примитивов для задачи классификации на простейших изображениях (черно белые, цифры) с большим количеством классов, точность классификатора больше 60%. Для повышения точности классификатора на простейших изображениях необходим большой набор данных, а именно количество данных на класс превышало общее количество классов.

2. При использовании метода граф сегментации изображения с последующим построением базовых примитивов для задачи классификации на простейших изображениях (черно белые, буквы русского алфавита одного шрифта), где класс состоит из нескольких букв точность классификатора примерно 93%.

Заключение

В статье описан метод, который позволяет произвести классификацию изображений с помощью формирования вектора признаков в виде базовых примитивов. Метод достаточен для решения конкретно поставленной задачи, так как для каждого набора данных и задачи необходимо корректировать параметры метода, а также многое зависит от набора данных. Если датасет недостаточен, то метод будет иметь низкий показатель точности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-07-00133_А.

Список литературы

1. Мирошниченко А.С. Метод распознавания объектов на снимках МРТ на основе свёрточной нейронной сети / А. С. Мирошниченко, В. М. Михелев // «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2018), 8-9 февраля 2018г. г. Воронеж. Т. 1 – С. 55-61.

2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений // Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Москва : Техносфера, 2005. – 1072 с.

3. Построение графа по изображению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/post/81279/

4. Белим С. В. Сегментация изображений на основе алгоритма выделения сообществ на графе / С. В. Белим, С. Б. Ларионов // Математические структуры и моделирование. – 2016. – №3(39). – С. 74-85.

Реализация механизма контроля значений показателей отчетов Платформы АТОЛЛ IV.3

С. А. Писарева, email: sa.pisareva@yandex.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Данная работа посвящена разработке механизма контроля значений отчетных показателей Платформы АТОЛЛ IV.3. Основными задачами являются заполнение журнала значениями показателей, не соответствующих граничным условиям и встраивание механизма в smoke-тестирование отчетов.*

Ключевые слова: *Платформа АТОЛЛ, показатели отчетов, smoke-тестирование отчетов, журнал показателей.*

Введение

«OT-OIL» – разработчик корпоративных информационных решений на основе собственной линейки продуктов АТОЛЛ IV. Среди ИТ-решений Платформы АТОЛЛ существует модуль сервиса отчетов. Одним из индикаторов качества функционирования ИТ-решения являются корректно сформированные отчеты, которые содержат информацию, касающуюся значений показателей.

Была поставлена задача – реализовать механизм для отлавливания ошибок в значениях показателей отчетов, который осуществляет проверку, на удовлетворение значений показателей определенным граничным условиям, если такие имеются.

Механизм контроля значений показателей отчетов Платформы АТОЛЛ IV.3 должен обладать следующей функциональностью:

– проверять на соответствие значений показателей граничным условиям;

– если в результате проверки показателей возникает ошибка, то создается запись в журнале;

– все ошибки из данного журнала должны быть показаны на отдельном листе excel-документа в сервисе автоматического тестирования отчетов системы администрирования АТОЛЛ.

1. Заполнение журнала показателей

Для решения поставленной задачи была реализована PL/SQL процедура [1-3], в которую передается идентификатор запуска отчета.

© Писарева С. А., Матвеева М. В., 2018

В ней проверяются все показатели отчета данного запуска и, если их значения имеют граничные условия, то происходит проверка на соответствие. В случае неудачной проверки, произойдет вставка в журнал идентификатора последнего запуска отчета, атрибута и информации о показателе, в котором произошла ошибка.

Существует механизм проверки отчетов на запуск в виде одного отчета (smoke-тестирование), который позволяет проверять работоспособность отчетов на наличие ошибок. Для встраивания реализованной процедуры в механизм расчета показателей, её вызов выполнен при запуске smoke-отчета. Все запуски отчетов создаются на форме запуска отчетов.

Для проверки на существование строк в журнале показателей отчетов создана функция. В ней происходит поиск записей в журнале по идентификатору запуска отчета. Если запись имеется (есть ошибки), то функция возвращает «1» , иначе «0».

2. Внедрение механизма в smoke-тестирование отчетов

Последним действием выполнена доработка сервиса автоматического тестирования отчетов. Для этого в одном из классов smoke-отчета был создан метод, в который передается текущая сессия и идентификатор запуска отчета. В методе реализован SQL-запрос, определяющий имеются ли ошибки в показателях отчета (строки в журнале). Для обработки ошибок в значениях показателей, создан пакет с маппингом java [4, 5] класса на сущность в базе данных и пакет, который содержит java классы «AttributesBlock», «AttributesModel», «AttributesView» (рис. 1).

Диаграмма классов:

– AttributesModel.java содержит функцию с обращением к маппингу и приведением к типу Multimap (для поиска Attributes по ключу);

– AttributesView.java отвечает за вывод данных в excel-документ;

– AttributesBlock.java отвечает за связь AttributesModel.java и AttributesView.java.

Далее в шаблоне excel-документа созданы тэги, которые отвечают за копируемый блок документа и вставку значений по названию колонки, а также был задан формат текста и ячеек для будущей страницы. В классе, отвечающем за общий вид excel-документа, реализовано добавление нового листа (данного шаблона), в котором и будут выводиться ошибки из журнала показателей.

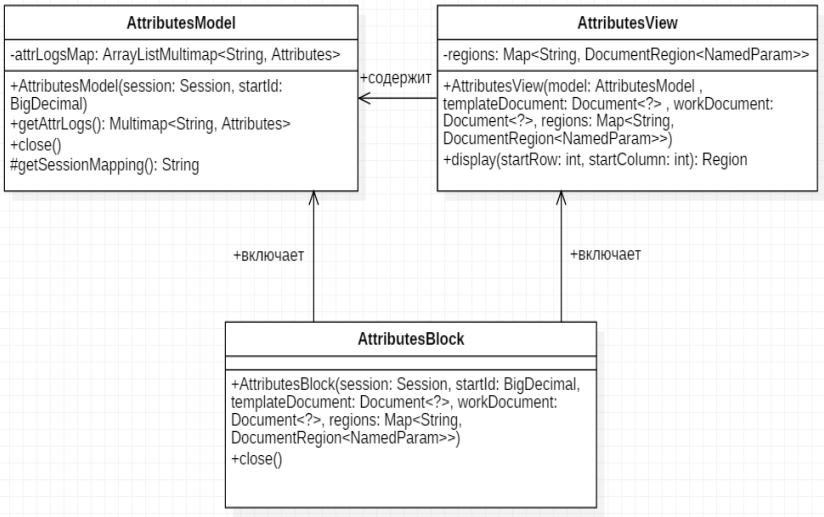


Рис. 1. Диаграмма классов

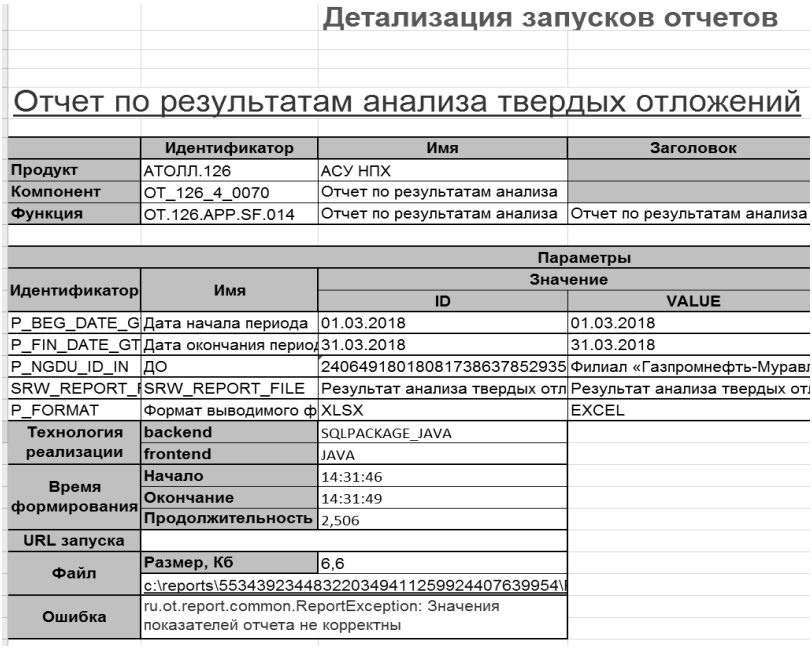
3. Пример работы реализованного механизма

Результат работы smoke-тестирования отчетов с заданным параметрами из формы запуска отчетов, представлен на рис. 2 и рис. 3. Так как выбранный отчет был не успешным, то вкладка «Детализация неуспешных запусков» содержит информацию об этом (рис. 2). В колонке «Ошибка» показана ошибка отчета, в данном случае это не корректные значения показателей. Значит показатели, и информация по ним, представлена во вкладке «Анализ показателей» (рис. 3). На ней отображено название показателя и стек ошибки.

Заключение

В результате работы в smoke-тестирование был встроен механизм контроля значений отчетных показателей. Его использование позволило проверять отчеты не только на запуск, но и на качество, а также автоматизировало тестирование отчетов на ошибки в расчете значений показателей.

На данном этапе механизм внедрен и используется в Платформе АТОЛЛ IV.3.



Детализация запусков отчетов

Отчет по результатам анализа твердых отложений

	Идентификатор	Имя	Заголовок
Продукт	АТОЛЛ.126	АСУ НПХ	
Компонент	OT_126_4_0070	Отчет по результатам анализа	
Функция	OT.126.APP.SF.014	Отчет по результатам анализа	Отчет по результатам анализа

		Параметры	
Идентификатор	**Имя**	**Значение**	
		ID	**VALUE**
P_BEG_DATE_G	Дата начала периода	01.03.2018	01.03.2018
P_FIN_DATE_GT	Дата окончания перио	31.03.2018	31.03.2018
P_NGDU_ID_IN	ДО	2406491801808173863785293 5	Филиал «Газпромнефть-Муравл
SRW_REPORT_F	SRW_REPORT_FILE	Результат анализа твердых отл	Результат анализа твердых отл
P_FORMAT	Формат выводимого ф	XLSX	EXCEL
Технология реализации	**backend**	SQLPACKAGE_JAVA	
	frontend	JAVA	
Время формирования	**Начало**	14:31:46	
	Окончание	14:31:49	
	Продолжительность	2,506	
URL запуска			
Файл	**Размер, Кб**	6,6	
	c:\reports\5534392344832203494112599244076399 54\		
Ошибка	ru.ot.report.common.ReportException: Значения показателей отчета не корректны		

Рис. 2. Детализация неуспешных запусков

	Название показателя	Log показателя
2		**Отчет по результатам анализа твердых отложений - OT_126_4_0070**
3	Cl-	Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335403071637878948764305 60, Cl-, CL_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(5603993003732146887545365170910147 1, 5109463888007498230206820046671983 72) имеет неверное значение = 40767,5. Значение показателя должно входить в границы от 5000 до 30000. Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335403071637878948764305 60, Cl-, CL_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(2494688811511436492622295594252662 35, 5110143978810604826910182911494149 06) имеет неверное значение = 2304,25. Значение показателя должно входить в границы от 5000 до 30000.
4	HCO3-	Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335355847973050252312168 64, HCO3-, HCO_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(2494688811517481121720368740126194 13, 5176281458934936045007076202776370 97) имеет неверное значение = 1342. Значение показателя должно входить в границы до 1000. Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335355847973050252312168 64, HCO3-, HCO_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(2494688694516554137831676462456082337, 5081922746200762385149454013732530 82) имеет неверное значение = 1311,5. Значение показателя должно входить в границы до 1000. Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335355847973050252312168 64, HCO3-, HCO_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(2494688836526000655689032361560222 184, 5089742534165628779425418672138302 58) имеет неверное значение = 1220. Значение показателя должно входить в границы до 1000. Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335355847973050252312168 64, HCO3-, HCO_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(2494688811534812206712500338060458 45, 5127891138592389288073072839393747 13) имеет неверное значение = 1021,75. Значение показателя должно входить в границы до 1000. Показатель (ID, NAME, IDENTIFIER)=(1425328308335355847973050252312168 64, HCO3-, HCO_VALUE) для строки (WI_WL_ID, SMPSRV_ID)=(2494688692605790205768351255160499 94, 5163358250965939648464207258170270 59) имеет неверное значение = 1037. Значение показателя должно входить в границы до 1000.

Рис. 3. Анализ показателей

Список литературы

1. Гринвальд, Р. Oracle 11g. Основы / Р. Гринвальд, Р. Стаковьяк, Дж. Стерн ; пер. с англ. – 4-е изд. – СПб. : СимволПлюс, 2009. – 464 с., ил.

2. Кайт, Т. Oracle для профессионалов : архитектура и методики программирования / Т. Кайт, Д. Кун ; пер. с англ. – 3-е изд. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2016. – 960 с.: ил. – Парал. тит. англ.

3. PL/SQL [Электронный ресурс] : расширение языка программирования SQL Oracle. – Режим доступа : https://oracle-patches.com/блоги/91-sql-pl/3167-введение-в-язык-программирования-pl-sql

4. Шилдт, Г. Java 8 : руководство для начинающих / Г. Шилдт ; пер. с англ. – 6-е изд. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2015. – 720 с.: ил. – Парал. тит. англ.

5. Хорстманн, К. Java. Библиотека профессионала: Т. 1. Основы / К. Хорстманн ; пер. с англ. – 10-е изд. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2016. — 864 с. : ил. – Парал. тит. англ.

Проблемы интеграции приложений и Apache Camel

В. В. Проскурякова, email: proskuryakova1996@gmail.com
А. А. Шипилов, email: sasha361322@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы, возникающие при интеграции корпоративных приложений, а также их решение с помощью Apache Camel.*

Ключевые слова: *Интеграция, проблемы интеграции, шаблоны интеграции корпоративных приложений, EIP, Apache Camel.*

Введение

Программное обеспечение редко, если такое вообще бывает, существует в информационном вакууме. По крайней мере, это предположение, которое мы можем сделать для большинства приложений, которые мы разрабатываем.

В любом масштабе каждый компонент программного обеспечения – так или иначе – обменивается данными с каким-либо другим программным обеспечением по различным причинам: для получения справочных данных откуда-то, для отправки сигналов мониторинга, для связи с другими службами, будучи частью распределенной системы и многое другое.

В этой статье вы узнаете, каковы некоторые из самых больших проблем интеграции большого программного обеспечения и как Apache Camel легко их решает.

1. Проблема: проектирование архитектуры для системной интеграции

Вы могли делать то, что описано ниже, по крайней мере, один раз в своей жизни разработки программного обеспечения:

- Определить фрагмент вашей бизнес-логики, который должен инициировать отправку данных.
- На том же прикладном уровне записать преобразования данных в соответствии с тем, что ожидает получатель.
- Обернуть данные в структуру, которая подходит для передачи и маршрутизации по сети.
- Открыть соединение с целевым приложением, используя соответствующий драйвер или клиентский SDK.

© Проскурякова В. В., Шипилов А. А., 2019

– Отправить данные и обработать ответ.

Почему это плохая последовательность действий? Пока у вас есть только несколько соединений такого рода, это остается управляемым. В связи с растущим числом взаимосвязей между системами бизнес-логика приложения смешивается с логикой интеграции, которая заключается в адаптации данных, компенсации технологических различий между двумя системами и передаче данных во внешнюю систему с помощью SOAP, REST или более экзотических запросов. Если бы вы интегрировали несколько приложений, было бы невероятно сложно проследить всю картину зависимостей в таком коде: где создаются данные и какие сервисы их потребляют? У вас будет много мест, где логика интеграции дублируется, для загрузки. При таком подходе, хотя задача технически выполнена, мы сталкиваемся с огромными проблемами, связанными с удобством обслуживания и масштабируемостью интеграции. Быстрая реорганизация потоков данных в этой системе практически невозможна, не говоря уже о более глубоких проблемах, таких как отсутствие контроля, обрыв цепи, трудоемкое восстановление данных и т.д.

Это все особенно важно при интеграции программного обеспечения в рамках достаточно крупного предприятия. Работа с корпоративной интеграцией означает работу с набором приложений, которые работают на широком спектре платформ и существуют в разных местах. Обмен данными в таком программном ландшафте довольно сложен. Он должен соответствовать высоким стандартам безопасности отрасли и обеспечивать надежный способ передачи данных. В корпоративной среде системная интеграция требует отдельного, тщательно разработанного архитектурного проекта.

Эта статья познакомит вас с уникальными трудностями, с которыми сталкиваются при интеграции программного обеспечения, а также предоставит некоторые ориентированные на опыт решения для задач интеграции. Мы познакомимся с Apache Camel, полезной платформой, которая может облегчить худшие моменты головной боли разработчика интеграции.

2. Трудности интеграции

Широко используемый подход к решению проблемы состоит в том, чтобы отделить уровень интеграции в вашем приложении. Он может существовать в одном и том же приложении или как независимо работающий выделенный фрагмент программного обеспечения – в последнем случае он называется промежуточным программным обеспечением.

С какими проблемами вы обычно сталкиваетесь при разработке и поддержке промежуточного программного обеспечения? В общем, у вас есть следующие ключевые элементы:

- Все каналы передачи данных ненадежны в некоторой степени. Проблемы, возникающие из-за этой ненадежности, могут не возникать, если интенсивность данных низкая или умеренная. Каждый уровень хранения от памяти приложения до нижних кэшей и оборудования под ним подвержен потенциальному отказу. Некоторые редкие ошибки возникают только с огромными объемами данных. Даже у зрелых продуктов, готовых к производству, есть нерешенные проблемы с отслеживанием ошибок, связанные с потерей данных. Система промежуточного программного обеспечения должна быть в состоянии информировать вас об этих потерях данных и своевременно доставлять сообщения.
- Приложения используют разные протоколы и форматы данных. Это означает, что система интеграции является занавесом для преобразования данных и адаптера для других участников и использует различные технологии. Они могут включать в себя простые вызовы REST API, но также могут иметь доступ к посреднику очереди, отправлять CSV-заказы по FTP или групповые данные извлечения в таблицу базы данных. Это длинный список, и он никогда не станет короче.
- Изменения в форматах данных и правилах маршрутизации неизбежны. Каждый шаг в процессе разработки приложения, который меняет структуру данных, обычно приводит к изменениям в форматах интеграции данных и преобразованиям. Иногда необходимы изменения инфраструктуры с реорганизованными потоками данных предприятия. Например, эти изменения могут произойти при введении единой точки проверки справочных данных, которая должна обрабатывать все записи основных данных по всей компании. С N системами у нас может получиться не более N^2 соединений между ними, поэтому число мест, где должны применяться изменения, растет довольно быстро. Это будет как лавина. Чтобы поддерживать удобство обслуживания, уровень промежуточного программного обеспечения должен обеспечивать четкое представление о зависимостях с помощью универсальной маршрутизации и преобразования данных.

Эти идеи следует учитывать при разработке интеграции и выборе наиболее подходящего промежуточного программного обеспечения.

Одним из возможных способов справиться с этим является использование корпоративной сервисной шины (ESB). Но ESB, предоставляемые крупными поставщиками, как правило, слишком тяжелые и часто доставляют больше хлопот, чем они того стоят: почти невозможно быстро начать работу с ESB, у него довольно крутая кривая обучения, а его гибкость принесена в жертву длинному списку функций и встроенных инструментов. Облегченные интеграционные решения с открытым исходным кодом намного превосходят их, они более гибки, просты в развертывании в облаке и легко масштабируются.

Интеграцию программного обеспечения не так просто сделать. Сегодня, когда мы строим архитектуры микросервисов и имеем дело с множеством небольших сервисов, мы также возлагаем большие надежды на то, насколько эффективно они должны взаимодействовать.

3. Шаблоны интеграции корпоративных приложений(EIP)

Как и следовало ожидать, как и при разработке программного обеспечения в целом, разработка маршрутизации и преобразования данных включает в себя повторяющиеся операции. Опыт в этой области был обобщен и систематизирован профессионалами, которые занимаются проблемами интеграции в течение достаточно долгого времени. В результате есть набор извлеченных шаблонов, называемых шаблонами корпоративной интеграции, которые используются для проектирования потоков данных. Эти методы интеграции были описаны в одноименной книге Грегора Хофе и Бобби Вулфа, которая очень похожа на книгу «Банды четырех», но в области склеивания программного обеспечения.

EIP помогают в написании архитектурного проекта, который не углубляется в уровень кода, но описывает потоки данных достаточно подробно. Такая нотация для описания маршрутов интеграции не только делает проект кратким, но также задает общую номенклатуру и общий язык, которые очень важны в контексте решения задачи интеграции с членами команды из различных областей бизнеса.

4. Apache Camel

Apache Camel можно охарактеризовать как «посреднический маршрутизатор», инфраструктуру промежуточного программного обеспечения, ориентированного на сообщения, реализующую список EIP. Он использует эти шаблоны, поддерживает все распространенные транспортные протоколы и включает в себя широкий набор полезных адаптеров. Camel позволяет обрабатывать несколько процедур интеграции без необходимости написания собственного кода.

Помимо этого, можно выделить следующие возможности Apache Camel:

- Маршруты интеграции записываются в виде конвейеров из блоков. Это создает полностью прозрачную картину, чтобы помочь отследить потоки данных.
- Camel имеет адаптеры для многих популярных API. Например, получение данных от Apache Kafka, мониторинг экземпляров AWS EC2, интеграция с Salesforce – все эти задачи могут быть решены с помощью компонентов, доступных «из коробки».

Маршруты Apache Camel могут быть написаны на Java или Scala DSL. (Конфигурация XML также доступна, но становится слишком многословной и имеет худшие возможности отладки.) Это не накладывает ограничений на технологический стек коммуникационных сервисов, но если вы пишете на Java или Scala, вы можете вместо этого встроить Camel в приложение запускать его автономно.

Нотация маршрутизации, используемая Camel, может быть описана следующим простым псевдокодом:

```
from(Source)
.transform(Transformer)
.to(Destination)
```

Source, Transformer и Destination являются конечными точками, ссылающимися на компоненты реализации по их URI.

Что позволяет Camel решать проблемы интеграции, которые были описаны ранее? Давайте посмотрим. Во-первых, логика маршрутизации и преобразования теперь существует только в выделенной конфигурации Apache Camel. Во-вторых, благодаря сжатым и естественным DSL в сочетании с использованием EIP, появляется картина зависимостей между системами. Он сделан из понятных абстракций, а логика маршрутизации легко настраивается. И, наконец, нам не нужно писать кучи кода преобразования, потому что соответствующие адаптеры, вероятно, уже включены.

Следует добавить, что Apache Camel является зрелой платформой и регулярно обновляется. У него есть большое сообщество и значительная совокупная база знаний.

Есть свои недостатки. Camel не должен восприниматься как комплексный пакет интеграции. Это набор инструментов без высокоуровневых функций, таких как инструменты управления бизнес-процессами или мониторы активности, но его можно использовать для создания такого программного обеспечения.

Альтернативными системами могут быть, например, Spring Integration или Mule ESB. Для Spring Integration, хотя он и считается легковесным, его сборка и написание множества файлов конфигурации XML могут оказаться неожиданно сложным. Mule ESB – это надежный и очень функциональный набор инструментов, но, как следует из названия, это корпоративная сервисная шина, поэтому он относится к другой весовой категории. Mule можно сравнить с Fuse ESB, аналогичным продуктом на основе Apache Camel с богатым набором функций. Использование Apache Camel для склеивания услуг сегодня не представляет никакой сложности. Он прост в использовании и дает четкое описание того, что и где происходит, и в то же время достаточно функционален для построения сложных интеграций.

Список литературы

1. Ibsen, C. Camel in Action / Claus Ibsen, Jonathan Anstey. – 1-е изд. – Manning Publications, 2010. – 912 с.

2. Introduction To Apache Camel [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://www.baeldung.com/apache-camel-intro

3. Streamline Software Integration: An Apache Camel Tutorial [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://www.toptal.com/apache/apache-camel-tutorial

4. Hohpe, G. Enterprise Integration Patterns / Gregor Hohpe, Bobby Woolf. – 1-е изд. – Addison-Wesley, 2003. – 726 с.

Базовые принципы сетевого взаимодействия по протоколу UDP на Java посредством сокетов

В. Д. Сотников, e-mail: sotnikov_v@amm.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматриваются основы сетевого взаимодействия приложений по протоколу UDP в локальной сети. Так же продемонстрировано построение простейшего клиент-серверного приложения на языке программирования Java с использованием сокетов (DatagramSocket) из библиотеки java.net.*

Ключевые слова: *Java, UDP, java.net, DatagramSocket.*

Введение

Современные информационные технологии невозможно себе представить без взаимодействия программ. Один из наиболее распространенных способов – взаимодействие по сети. Оно осуществляется посредством определенного набора правил – протоколов.

1. Протоколы UDP и TCP

Эталонная модель взаимодействия открытых систем (OSI – Open Systems Interconnection) состоит из семи уровней. На четвертом снизу (Транспортном) уровне наиболее часто встречаются протоколы TCP (Transmission Control Protocol) и UDP (User Datagram Protocol).

TCP называют протоколом с гарантией доставки, так как в нем отсутствуют дублирование и потери пакетов, нарушение их порядка, задержки. Для этих целей он требует предварительную установку соединения. В свою очередь протокол UDP допускает все названные «погрешности», гарантируя только целостность полученных пакетов, именуемых датаграммами. Предварительная установка соединения, а также подтверждения доставки датаграмм ему не нужны.

2. Взаимодействие по протоколу UDP на Java

Язык Java имеет достаточно мощный инструментарий для сетевого программирования. Для прикладного Java-программиста сетевое программирование — это работа с сокетами. Сокет – абстрактное понятие, пришедшее из мира UNIX, конечная точка соединения, характеризующаяся IP-адресом и портом.

© Сотников В.Д., 2019

Ниже приводится пример, в котором в рамках одного компьютера эмулируется простое взаимодействие двух сторон по протоколу UDP, с использованием классов из библиотеки `java.net`. На основе библиотек `java.awt` и `javax.swing` реализован простейший графический интерфейс (рисунок), позволяющий пользователю выбирать IP-адреса и порты обеих сторон, вводить сообщения для отправки серверу. Так же на экране выводятся полученные от сервера ответы и различные сообщения о состоянии сторон.

Рисунок. Интерфейс пользователя
приложения клиент-серверного взаимодействия

3. Сервер

Класс сервера (`DatagramServer`) включает в себя два поля: `DatagramSocket MyServerSocket` – собственно взаимодействующий сокет и `DatagramPacket incoming` – для хранения пакета, полученного от клиента и ответного сообщения.

В конструкторе данного класса мы создаем наш `MyServerSocket`, указав значения IP-адреса и порта, к которым он будет привязан, и `incoming`, передав ему в конструкторе буфер для входящих данных.

Листинг

```
public DatagramServer(String aSIp, int aSPort) {
      MyServerSocket = new DatagramSocket(aSPort,
      InetAddress.getByName (aSIp));
      byte[] IncBuf = new
byte[ClientSInformation.BUFFER_SIZE];
      incoming = new DatagramPacket(IncBuf, IncBuf.length);
}
```

В основной рабочей функции в бесконечном цикле идет прием входящих пакетов – `MyServerSocket.receive(incoming)` и их разбор – `byte[] data = incoming.getData()`. В ответном сообщении клиенту отправляется строка, символы которой идут в обратной

последовательности. Отправка пакета осуществляется методом `send` объекта `MyServerSocket`. По окончанию работы сокет сервера закрывается вызовом метода `close`.

Листинг

```
private void ServerRun() {
      try {
              String message, replay;
              while (true) {
                      MyServerSocket.receive(incoming);
                      byte[] data = incoming.getData();
                      int len = incoming.getLength();
                      message = new String(data, 0, len);
                      replay = "";
                      int i = -1;
                      while (i < len - 1)
                              replay += data[len - i - 1];
                      incoming = new
DatagramPacket(replay.getBytes(), len, incoming.getAddress(),
incoming.getPort());
                      MyServerSocket.send(reply);
              }
      } catch (Exception e) {
              System.exit(-1);
      }
      finally {
              MyServerSocket.close();
      }
}
```

4. Клиент

Реализация класса клиента во многом схожа с тем, что было написано для сервера. Помимо полей `DatagramSocket MyClientSocket` и `DatagramPacket outcoming`, аналогичных соответствующим полям класса `DatagramServer`, он хранит значения IP-адреса и порта сервера в полях `String ServerIP` и `int ServerPort`.

В конструкторе мы не создаем заранее пакет, так как его размер будет зависеть от длины отправляемого сообщения.

Листинг

```
public DatagramClient(String aCIp, int aCPort, String aSIP,
int aSPort) {
     MyClientSocket = new MyIoDatagramSocket(aCPort,
InetAddress.getBy-Name(aCIp));
     ServerIP = aSIP;
     ServerPort = aSPort;
}
```

Во время работы программа будет ожидать на экране ввод пользователем сообщения для отправки серверу. Введенная строка

преобразуется в массив байт – `byte[] OutBuf = message.getBytes()` и затем отправляется в сформированном пакете `outcoming` ранее упомянутой функцией `send`. Далее пакет формируется заново для приема ответа, и прием осуществляется аналогичным образом, как в случае с сервером, посредством функций `receive` и `getData`. При завершении работы с сокетом клиента его необходимо закрыть.

Листинг

```
private void ClientRun() {
      String message;
      try {
             while (true) {
                    GUI.AddMessage("Введите сообщение
серверу: ");
                    message = GUI.WaitEnterTextMessage();
                    byte[] OutBuf = message.getBytes();
                    outcoming = new DatagramPacket(OutBuf,
OutBuf.length, InetAddress .getByName(ServerIP), ServerPort);
                    MyClientSocket.send(outcoming);
                    byte[] IncBuf = new byte[65536];
                    outcoming = new DatagramPacket(IncBuf,
IncBuf.length);
                    MyClientSocket.receive(outcoming);
                    byte[] data = outcoming.getData();
                    message = new String(data, 0,
outcoming.getLength());
             }
      } catch (Exception e) {
             System.exit(-1);
      }
      finally {
             MyClientSocket.close();
      }
}
```

5. Основная функция программы

В главной функции программы идет создание экземпляров классов `DatagramServer` и `DatagramClient`, а также двух потоков `MyServerThread` и `MyClientThread`, в которые помещаются наши клиент и сервер. Затем ожидается нажатие пользователем на форме кнопки «Запустить» – `while (GUI.WhileNotRun) ;`, и после этого обе стороны сетевого взаимодействия включаются в работу.

Листинг

```
public static void main(String[] args) {
      GUI.createGUI();
      DatagramServer MyServer = new
DatagramServer(GUI.ServerIP, GUI.ServerPort);
      Thread MyServerThread = new Thread(MyServer);
```

```
        DatagramClient MyClient = new
DatagramClient(GUI.ClientIP, GUI.ClientPort, GUI.ServerIP,
GUI.ServerPort);
        Thread MyClientThread = new Thread(MyClient);
        while (GUI.WhileNotRun) ;
        MyServerThread.start();
        MyClientThread.start();
}
```

Заключение

Таким образом, была продемонстрирована основная последовательность действий при построении сетевых приложений, базирующихся на протоколе UDP. В нее входят: создание сокетов с привязкой к конкретному IP-адресу и порту, формирование сообщения и его отправка, прием данного сообщения и отправка ответа согласно некоторой логике, прием сообщения-ответа, закрытие сокета. Из-за своей простоты и бесконтрольности, UDP доставляет пакеты данных гораздо быстрее, нежели TCP, потому используется в приложениях, рассчитанных на широкую пропускную способность и быстрый обмен.

Список литературы

1. Java-course.ru [Электронный ресурс] : раздел, посвященный сетевому взаимодействию. – Режим доступа: http://java-course.ru/begin/networking/.

2. Java-online.ru [Электронный ресурс] : раздел, посвященный библиотеке swing. – Режим доступа: http://java-online.ru/libs-swing.xhtml.

3. Pyatilistnik.org [Электронный ресурс] : статья «Чем отличается протокол TCP от UDP, простым языком». – Режим доступа: http://pyatilistnik.org/chem-otlichaetsya-protokol-tcp-ot-udp/.

4. Васильев А.Н. Java. Объектно-ориентированное программирование: Учебное пособие / А.Н. Васильев. – СПб.: Питер, 2013. – 400 с.

Распределенная трассировка в мире микросервисов

А. А. Шипилов, email: sasha361322@gmail.com
В. В. Проскурякова, email: proskuryakova1996@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы, возникающие при использовании микросервисной архитектуры в части нахождения сбоев, а также их решение с помощью распределенной трассировки.*

Ключевые слова: *Распределенная трассировка, микросервисная архитектура, журналирование, состояние распределенной системы.*

Введение

Что такое распределенная трассировка и почему она так важна в среде микросервисов?

Микросервисы стали выбором по умолчанию для новых приложений. В конце концов, по мнению практиков, микросервисы обеспечивают тип развязки, необходимый для полного цифрового преобразования, позволяя отдельным командам внедрять инновации с гораздо большей скоростью, чем когда-либо прежде.

Микросервисы – это не что иное, как обычные распределенные системы, только в большем масштабе. Поэтому они усугубляют общеизвестные проблемы, с которыми сталкивается любая распределенная система, такие как отсутствие видимости бизнес-транзакции через границы процесса.

Принимая во внимание тот факт, что очень часто в рабочей среде одновременно работают несколько версий одного сервиса, можно предположить, что мы имеем хаос. Почти невозможно отобразить взаимозависимости и понять путь бизнес-транзакции между сервисами и их версиями.

Хорошо, когда мы можем наблюдать за тем, что происходит, и диагностировать проблемы, которые в конечном итоге произойдут.

1. Возможность наблюдения

Система считается наблюдаемой, когда мы можем понять ее состояние на основе метрик, журналов и трасс, которые она излучает. Учитывая, что мы говорим о распределенных системах, знание состояния одного экземпляра одного сервиса недостаточно; нам нужно

© Шипилов А. А., Проскурякова В. В., 2019

иметь возможность агрегировать метрики для всех экземпляров данного сервиса, возможно, сгруппированные по версии. Метрические решения, такие как Прометей, очень популярны в решении этого аспекта проблемы наблюдаемости. Точно так же нам нужно хранить журнал в центральном месте, так как невозможно проанализировать журналы из отдельных экземпляров каждой службы. Здесь обычно применяется Logstash в сочетании с резервным хранилищем, таким как Elasticsearch. И, наконец, нам нужно получить сквозные трассировки, чтобы понять путь, по которому прошла данная транзакция. Именно здесь вступают в игру решения распределенной трассировки.

2. Распределенная трассировка

В монолитных веб-приложениях каркасы журналов предоставляют достаточно возможностей для базового анализа первопричин в случае сбоя. Разработчик просто должен поместить операторы журнала в коде. Такая информация, как «контекст» (обычно «поток») и «временная метка», автоматически добавляется в запись журнала, что упрощает понимание выполнения данного запроса и корреляцию записей.

```
Thread-1 2018-09-03T15:52:54+02:00 Request started
Thread-2 2018-09-03T15:52:55+02:00 Charging credit card x321
Thread-1 2018-09-03T15:52:55+02:00 Order submitted
Thread-1 2018-09-03T15:52:56+02:00 Charging credit card x123
Thread-1 2018-09-03T15:52:57+02:00 Changing order status
Thread-1 2018-09-03T15:52:58+02:00 Dispatching event to
inventory
Thread-1 2018-09-03T15:52:59+02:00 Request finished
```

Мы можем с уверенностью сказать, что вторая запись в журнале выше не связана с другими записями, так как она выполняется в другом потоке.

В архитектурах микросервисов ведение журнала само по себе не дает полной картины. Является ли эта услуга первой в цепочке вызовов? А что случилось в службе инвентаризации (куда мы, очевидно, отправили событие)?

Обычной стратегией для ответа на этот вопрос является создание идентификатора в самом первом строительном блоке нашей транзакции и распространение этого идентификатора по всем вызовам, возможно, путем отправки его в виде HTTP-заголовка при каждом удаленном вызове.

В центральном сборщике журналов мы могли видеть записи, подобные приведенным ниже. Обратите внимание, как мы можем записать идентификатор корреляции (первый столбец в нашем примере), поэтому мы знаем, что вторая запись не связана с другими записями.

```
abc123 Order     2018-09-03T15:52:58+02:00 Dispatching event
to inventory
def456 Order     2018-09-03T15:52:58+02:00 Dispatching event
to inventory
abc123 Inventory 2018-09-03T15:52:59+02:00 Received `order-
submitted` event
abc123 Inventory 2018-09-03T15:53:00+02:00 Checking inventory
status
abc123 Inventory 2018-09-03T15:53:01+02:00 Updating inventory
abc123 Inventory 2018-09-03T15:53:02+02:00 Preparing order
manifest
```

Этот метод является одной из концепций, лежащих в основе любого современного решения распределенной трассировки, но он не совсем новый; корреляция записей журнала насчитывает десятилетия, вероятно, столько же, сколько и сами «распределенные системы».

Что отличает распределенную трассировку от обычной регистрации, так это то, что структура данных, которая содержит данные трассировки, является более специализированной, поэтому мы также можем определить причинную связь. Глядя на записи журнала, приведенные выше, трудно сказать, был ли последний шаг вызван предыдущей записью, выполнялись ли они одновременно или они используют одного и того же абонента. Наличие выделенной структуры данных также позволяет распределенной трассировке записывать не только сообщение в один момент времени, но также время начала и окончания данной процедуры.

Большинство современных инструментов распределенной трассировки основаны на статье 2010 года о Dapper, распределенном решении для отслеживания, используемом в Google. В этой статье структура данных, описанная выше, была названа диапазоном, и вы можете увидеть девять из них на изображении выше. Этот конкретный «лес» пролетов называется трассировкой и эквивалентен коррелированным записям журнала, которые мы видели ранее.

Рисунке представляет собой снимок экрана с трассировкой, отображаемой в Jaeger, решении распределенной трассировки с открытым исходным кодом, размещенном в Cloud Native Computing Foundation (CNCF). Каждый сервис помечается цветом, чтобы было легче видеть границы процесса. Информация о сроках может быть легко визуализирована, как на временной шкале макросов в верхней части экрана, так и на отдельных отрезках, дающих представление о том, сколько времени занимает каждый отрезок и насколько он эффективен в данном конкретном выполнении. Также легко наблюдать, когда процессы асинхронны и поэтому могут пережить первоначальный запрос.

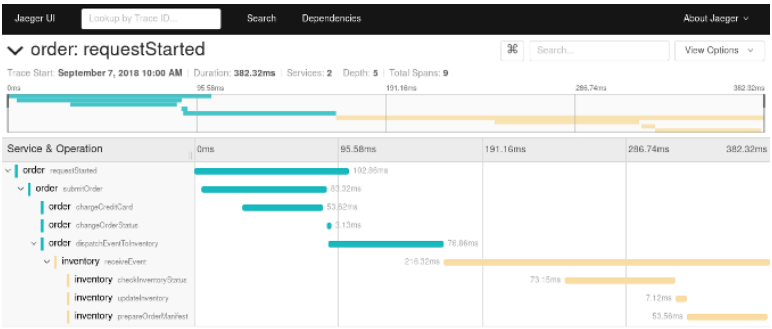


Рисунок. Снимок экрана с трассировкой

Как и при ведении журнала, нам нужно аннотировать или снабжать наш код данными, которые мы хотим записать. В отличие от регистрации, мы записываем промежутки вместо сообщений и делаем некоторую разграничение, чтобы знать, когда промежуток начинается и заканчивается, чтобы мы могли получить точную информацию о времени. Поскольку нам, вероятно, хотелось бы, чтобы наш бизнес-код был независимым от конкретной реализации распределенной трассировки, мы можем использовать такой API, как OpenTracing, оставляя решение о конкретной реализации в качестве пакета или среды выполнения. Ниже приведен псевдо-Java-код, показывающий такое разграничение.

```
try (Scope
scope = tracer.buildSpan("submitOrder").startActive(true)) {
    scope.span().setTag("order-id", "c85b7644b6b5");
    chargeCreditCard();
    changeOrderStatus();
    dispatchEventToInventory();
}
```

Учитывая природу концепции распределенной трассировки, ясно, что код, выполняемый «между» нашими бизнес-сервисами, также может быть частью трассировки. Например, мы могли бы включить интеграцию распределенной трассировки для Istio, решения с сеткой услуг, которое помогает в обмене данными между микросервисами, и мы неожиданно получим лучшее представление о задержке в сети и решениях о маршрутизации, принятых на этом уровне. Другим примером является работа, проделанная в сообществе OpenTracing по предоставлению инструментария для популярных стеков, каркасов и API, таких как Java JAX-RS, Spring Cloud или JDBC. Это позволяет

нам увидеть, как наш бизнес-код взаимодействует с остальным промежуточным программным обеспечением, понять, где может происходить потенциальная проблема, и определить наилучшие области для улучшения. Фактически, инструментарий промежуточного программного обеспечения настолько богат, что работать с распределенной трассировкой можно, используя только так называемые «инструментарий фреймворка», оставляя бизнес-код свободным от кода, связанного с трассировкой.

Заключение

В то время как архитектура микросервисов в настоящее время практически неизбежна для устоявшихся компаний, быстрее стремящихся к инновациям, и для амбициозных стартапов, стремящихся достичь масштабирования в сети, легко чувствовать себя беспомощным, проводя анализ первопричин, когда что-то в конечном итоге дает сбой, а подходящие инструменты недоступны. Хорошая новость заключается в том, что такие инструменты, как Prometheus, Logstash, OpenTracing и Jaeger, предоставляют инструменты, которые помогут сделать ваше приложение более наблюдаемым.

Список литературы

1. Distributed tracing in a microservices world [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://opensource.com/article/18/9/distributed-tracing-microservices-world

2. Pattern: Distributed tracing [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://microservices.io/patterns/observability/distributed-tracing.html

3. Microservices distributed tracing with Zipkin and Micronaut tracing [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : http://guides.micronaut.io/micronaut-microservices-distributed-tracing-zipkin/guide/index.html

Секция № 2
Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Математическое и программное обеспечение для прогнозирования экологического состояния атмосферы промышленных регионов

Н. Равшанов, email: ravshanzade-09@mail.ru
Ф. Мурадов, email: farruh1981@umail.uz
Д. Ахмедов, email: a.dilshot@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий

Аннотация. *В данной работе рассматривается математическая модель процесса переноса и диффузии аэрозольных частиц в приземном слое атмосферы. Верификация модели была выполнена на примере прогнозирования концентрации мелкодисперсных частиц, выбрасываемых из существующего производственного объекта в Самаркандской области Узбекистана.*

Ключевые слова: *модель, алгоритм, атмосфера, загрязняющее вещество, качество воздуха, ГИС.*

Введение

Перенос и диффузия вредных веществ в приземном слое атмосферы, а также их осаждение на подстилающую поверхность – это весьма сложный процесс, подверженный влиянию многих факторов, в том числе, погодно-климатических и географических условий, характерных для того или иного рассматриваемого региона.

Проблемы математического моделирования данного процесса являются темой множества исследований как прикладного, так и фундаментального характера. Особый практический интерес имеют задачи краткосрочного прогнозирования, связанные с контролем предельно-допустимой нормы концентрации вредных примесей в приземном слое атмосферы.

Как показывает опыт многих исследователей и реальная практика, при анализе и прогнозировании процесса распространения вредных веществ в атмосфере необходим учет скоростей перемещения аэрозольных выбросов в атмосфере по трем направлениям; изменений коэффициента диффузии и коэффициента турбулентного перемешивания по вертикали при устойчивой и неустойчивой стратификации; особенностей ветрового режима по времени и в зависимости от орографии местности; фазового перехода субстанции за счет изменения температурного режима в слоях атмосферы. Причем,

© Равшанов Н., Мурадов Ф., Ахмедов Д., 2019

здесь важно учитывать тот факт, что метеорологические условия изменяются в течение суток и по временам года.

1. Материал и методы

В настоящей работе предлагается математическая модель, учитывающая указанные факторы и ориентированная на выполнение экспресс прогнозов концентрации загрязняющих веществ в пограничном слое атмосферы в промышленных регионах. Для решения задачи также был разработан эффективный численный алгоритм и программное средство для проведения вычислительных экспериментов.

Разработанная математическая модель, основанная на законе сохранения массы и импульса, описывается следующим уравнением переноса и диффузии

$$\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial t}+u\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial x}+v\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial y}+\left(w-w_g\right)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}+$$

$$+\sigma\theta(x,y,z,t)=\mu\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial x^2}+\mu\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial y^2}+$$

$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}\right)+\delta(x,y,z)Q$$

с соответствующими начальными и краевыми условиями

$$\theta(x,y,z,t)\big|_{t=0}=\theta_0(x,y,z),$$

$$\left.\begin{aligned}
&-\mu\frac{\partial\theta}{\partial x}\bigg|_{x=0}=\xi(\theta_n-\theta);\ \mu\frac{\partial\theta}{\partial x}\bigg|_{x=L_x}=\xi(\theta_n-\theta);\\
&-\mu\frac{\partial\theta}{\partial y}\bigg|_{y=0}=\xi(\theta_n-\theta);\ \mu\frac{\partial\theta}{\partial y}\bigg|_{y=L_y}=\xi(\theta_n-\theta);\\
&-\kappa\frac{\partial\theta}{\partial z}\bigg|_{z=0}=\left(\beta\theta-f(x,y)\right);\ \kappa\frac{\partial\theta}{\partial z}\bigg|_{z=H}=\xi(\theta_n-\theta).
\end{aligned}\right\}$$

Здесь θ, θ_n – концентрация вредных веществ в атмосфере в рамках рассматриваемой области решения задачи; θ_0 – первичная концентрация; x, y, z – система координат; u, v, w – скорость ветра по трем направлениям; w_g – скорость осаждения частиц; σ – коэффициент поглощения вредных веществ в атмосфере; μ, κ –

коэффициенты диффузии и турбулентности; $\delta(x,y,z)$ – функция Дирака; f – источник выброса с постилающей поверхности земли.

При численном решении задачи с целью повышения порядка аппроксимации введем следующие обозначения

$\overline{w} = w - w_g$,

$$\theta(x,y,z,t) = e^{\frac{ux+vy}{2\mu}+\frac{\overline{w}z}{2\kappa}}\overline{\theta}(x,y,z,t).$$

Тогда вместо уравнения (1), опуская чёрточку над переменной $\theta(x,y,z,t)$ получим:

$$\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial t}+\sigma_1\theta(x,y,z,t)=\mu\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial x^2}+\mu\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial y^2}+$$

$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(\kappa(z)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}\right)+e_1\delta(x,y,z,t)Q,$$

где $$\sigma_1=\frac{\kappa u^2+\kappa v^2+\mu\overline{w}^2+4\sigma\mu\kappa}{4\mu\kappa};$$

$$e_1=e^{-\left(\frac{ux+vy}{2\mu}+\frac{\overline{w}z}{2\kappa}\right)}.$$

Из уравнения (4) и краевых условий (2)-(3) видно, что получить аналитическое решение задачи затруднительно. Для её численного интегрирования была использована неявная схема, основанная на конечно-разностном методе. Заменив прерывную область на сеточную, получили систему алгебраических уравнений относительно прямых 0x, 0y, 0z. А для решения полученных систем алгебраических уравнений был использован метод прогонки [1, 2].

На основе разработанного математического обеспечения создано программное средство для мониторинга, анализа и прогнозирования процесса распространения вредных веществ в атмосфере с учетом погодно-климатических факторов, коэффициентов поглощения, турбулентности, изменения скорости осаждения мелкодисперсных частиц.

В число возможностей приложения входят: автоматическая загрузка и позиционирование карты-подложки; импорт пространственных данных; интерактивный ввод данных об источнике выброса на карте; автоматический поиск метеоусловий по географическим координатам месторасположения источника; расчет

концентрации вредных веществ в атмосфере в рамках области решения задачи; визуализация результатов расчета в виде полупрозрачных слоев на карте; сохранение истории вычислительных экспериментов в базе данных.

2. Результаты и обсуждение

С помощью разработанного математического и программного обеспечения была проведена серия вычислительных экспериментов по прогнозированию распределения концентрации вредных выбросов в окрестностях нового цементного завода в Нурабадском районе Самаркандской области Узбекистана (рис. 1).

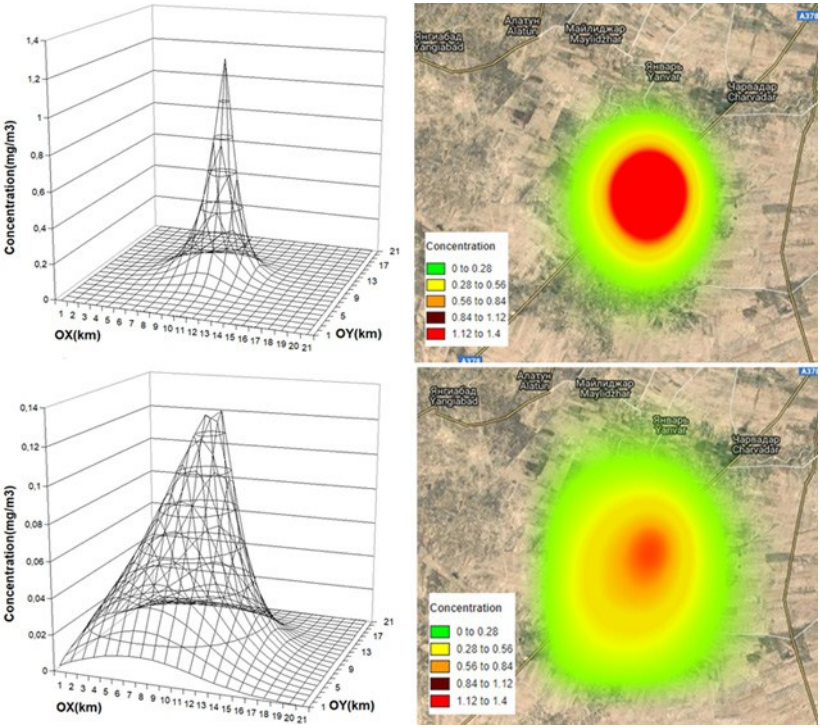


Рис. 1. Распределение концентрации цементной пыли

Координаты предполагаемого места строительства данного объекта 39°7′37″ северной широты , 66°3′8″ восточной долготы к югу от населенных пунктов Чарвадар, Куру-сай, Майлиджар.

Среднегодовая температура на рассматриваемой территории составляет +16,50 среднегодовое количество осадков 310-330 мм. Ветровой режим отличается преобладанием слабых ветров до 4-5 м/с, дующих преимущественно с северо-западного направления.

Мощность источника 50 мг/м3 в сек. Высота устья выбросной трубы – 25 м над поверхностью земли. Величина ПДК для цементной пыли, согласно принятым санитарным нормам, составляет 0,3 мг/м^3 – максимальная разовая концентрация и 0,1 мг/м3 – среднесуточная концентрация.

На рис. 1 представлена визуализация результатов расчетов по распределению концентрации цементной пыли на высоте $z = 200$ м при скорости ветра $u = 1$ и $u = 7$ м/с, направлении ветра $\alpha = 135^0$, коэффициенте поглощения $\sigma = 0,0014 / \text{с}$ и времени расчета $t = 2$ ч.

При расчетах было учтено и то обстоятельство, что частицы пыли цемента имеют различные диаметры. Это существенно влияет на скорость осаждения частиц, и соответственно, на объем их выпадения на подстилающую поверхность, которая при сухой и ветреной погоде сама превращается в источник выброса.

Анализ проведенных численных расчетов показал, что максимальные значения концентрации вредных частиц наблюдаются в осевой части шлейфа атмосферного переноса, вблизи поверхности земли, при изменении z в интервале от 200 до 350м. Значение концентрации θ экспоненциально убывает по мере удаления от источника выброса.

Заключение

В заключение можно отметить следующее. На процесс переноса мелкодисперсных частиц главным образом влияют: составляющие горизонтальные скорости ветра и их направление, с ростом этого показателя пропорционально растет область распространения вредных частиц по направлению ветра; коэффициента поглощения, при росте его значений уменьшается концентрация вредных веществ в атмосфере. В свою очередь этот параметр зависит от влажности воздушной массы атмосферы; вертикальная скорость ветра и коэффициент турбулентности, от которых зависят скорость осаждения мелкодисперсных частиц и объем выноса осевших частиц с подстилающей поверхности. Данные параметры имеют наиболее высокие значения в приземном слое на высотах от 10 до 250 м. Максимальное накопление концентрации вредных веществ в атмосфере происходит в летнее время года, когда коэффициент поглощения стремится к нулю.

Разработанное математическое и программное обеспечение позволяет осуществлять наглядный мониторинг и прогнозирование исследуемых процессов, выполнять оценку влияния вредных выбросов на окружающую среду, оценивать эффективность проводимых природоохранных мероприятий. Что, в конечном счете, позволяет достаточно точно оценить социально-экономические последствия распространение загрязнений в атмосфере.

Список литературы

1. Равшанов Н. Численное моделирование процесса переноса и диффузии активных аэрозольных частиц в пограничном слое атмосферы / Н. Равшанов, Ф. А. Мурадов, Л. М. Набиулина // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2016. – № 2. – С. 47-58.

2. Компьютерное моделирование процесса распространения вредных аэрозольных частиц в пограничном слое атмосферы / Н. Равшанов [и др.] // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2017. – №2. – С. 20-29.

Моделирование частотной зависимости диссипации энергии дислокационной пары

И. Л. Батаронов, ibat@mail.ru
Т. А.Надеина, nadtana@mail.ru

Воронежский Государственный Технический Университет

Аннотация. *Проанализирован характер радиационной диссипации энергии дислокационного скопления. Установлен осциллирующий характер частотной зависимости коэффициента затухания, связанный с интерференцией упругих волн дислокаций.*

Ключевые слова: *дислокация, малые колебания, радиационное затухание.*

Введение

Радиационное затухание колебаний в кристалле становится существенным при низких температурах. Вопрос о радиационном торможении был оставлен без внимания. Вместе с тем, ввиду явления интерференции упругих волн здесь следует ожидать проявления специфических эффектов.

1. Радиационная диссипация энергии колебаний

Система уравнений малых колебаний дислокационного скопления в диссипативном кристалле имеет вид:

$$K_\alpha \xi_\alpha + \sum_\beta \left[\tilde{G}_{\alpha\beta} - i\omega \int \frac{dq_\perp}{(2\pi)^2} \eta_{\alpha\beta} \exp\left(i\vec{r}^{\alpha\beta}\vec{q}_\perp\right) \right] \xi_\beta = f_\alpha \qquad (1)$$

где Фурье-образ функции Грина диссипативного кристалла имеет вид:

$$\tilde{G}_{\alpha\beta}\left(q_z,\omega\right) = -\iint q_i \tilde{\lambda}^{\alpha}_{ik} G_{kl} \tilde{\lambda}^{\beta}_{lm} q_m \exp\left(i\vec{q}_\perp \vec{r}^{\alpha\beta}\right) \frac{d\vec{q}_\perp}{(2\pi)^2} \qquad (2)$$

а $\vec{r}^{\alpha\beta} = \vec{r}^{\alpha} - \vec{r}^{\beta}$ – радиус-вектор, соединяющий α – и β -дислокации в плоскости, перпендикулярной их линиям, f_α – внешняя сила, действующая на дислокацию.

Величина K_α в системе (1) включает в себя выражения, содержащие статические упругие поля дислокаций в дислокационном ансамбле.

© Батаронов И. Л., Надеина Т. А., 2019

Главная линейная по ω часть диссипативной функции Грина характеризуется матрицей коэффициентов динамического торможения:

$$B_{\alpha\beta} = -\lim_{\omega\to 0}\frac{1}{\omega}\mathrm{Im}\left(\widetilde{G}_{\alpha\beta} - \frac{i\omega}{2\pi}\int \eta_{\alpha\beta}J_0(rq_\perp)q_\perp dq_\perp\right) \qquad (3)$$

При низких температурах, когда линейные по ω составляющие функции $\widetilde{G}_{\alpha\beta}$ вымораживаются, при этом сила торможения пропорциональна $\omega|\omega|$.

Рассмотрим колебание пары дислокаций под действием плоской упругой волны с частотой ω, проекцией $\vec{q}$ волнового вектора на дислокационную линию и амплитудой τ. В этом случае $f_\alpha = b_\alpha\tau$ и решение системы уравнений малых колебаний [1] дислокационного скопления имеет вид:

$$\xi_\alpha = \sum_\beta \widetilde{G}_{\alpha\beta}b_\beta\tau \qquad (4)$$

Здесь $\vec{b}$ – вектор Бюргерса дислокации.

С учетом этого результата Фурье-образ работы, производимой силами f_α на смещениях ξ_α дислокаций, равен

$$\sum_\alpha f_\alpha\xi_\alpha = \tau^2\sum_{\alpha\beta} b_\alpha\widetilde{G}_{\alpha\beta}b_\beta \qquad (5)$$

Мнимая часть этого выражения численно равна диссипации энергии D за один период колебаний, которую выразим в виде:

$$D = \mathrm{Im}\frac{2\tau^2}{P+\sigma(F-P_0)} = 2\tau^2\frac{\mathrm{Im}\,\Delta^*}{|\Delta|^2} \qquad (6)$$

где P – диагональная составляющая матрицы функции Грина кристалла, $\vec{\tau}$ – вектор, касательный к линии дислокации, . $\Delta = P+\sigma(F-P_0)$. Поскольку в рассматриваемой постановке задачи торможение дислокации обусловлено только излучением упругих волн ускоренно движущихся дислокаций, то диссипация (6) целиком связана с радиационными потерями при колебаниях пары дислокаций.

2. **Предельные случаи зависимости энергии диссипации**

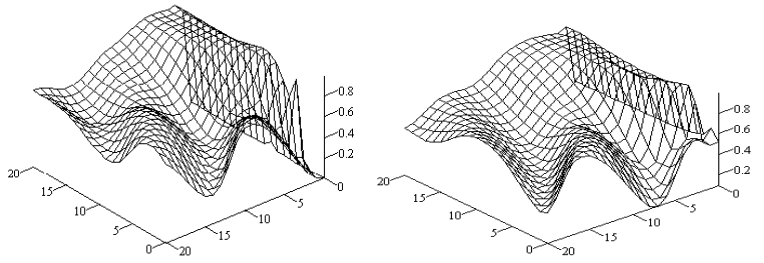
Характер радиационной диссипации энергии колебаний зависит от соотношения частоты и волнового вектора и характеристических

параметров $\omega_r = c_t / r$ и r^{-1}. В предельном длинноволновом низкочастотном случае для дислокационного диполя получаем выражение $\Delta = P - P'$, в котором члены, содержащие множитель $\ln\left(q^2 - \omega^2 / c^2\right)$, ответственный за появление мнимой части в (6), сокращаются, и радиационное затухание в нулевом приближении отсутствует. Для пары же дислокаций одного знака будем иметь $\Delta = P + P'$, что совпадает с выражением для единичной «супердислокации», имеющий «радиус ядра» $\sqrt{r_0 r}$, с соответствующими выводами в отношении величины диссипации (6).

В другом предельном коротковолновом высокочастотном случае $\left(\omega >> \omega_r,\ rq_z >> 1\right)$ функция $F \to 0$, и мы получаем систему из двух динамически невзаимодействующих дислокаций, так что выражение (6) переходит в сумму величин диссипации для двух индивидуальных дислокаций. При этом влияние одной дислокации на другую сказывается только статически в наличии постоянного слагаемого P_0, что физически эквивалентно колебанию дислокации в потенциальной яме.

В промежуточной области $\left(\omega \sim \omega_r,\ rq \sim 1\right)$ не представляется возможным провести аналитическое исследование зависимости $D(q,\omega)$. В то же время, из выражения для функции F следует, что она представляется через бесселевы функции аргумента $(qr)^2 - (\omega/\omega_r)^2$ и, следовательно, может иметь осциллирующую частотную зависимость. Для проверки этого предположения были выполнены численные расчеты для функции $|\Delta| \cdot D$, представленные на рис. 1 и 2 которые подтверждают осциллирующий характер зависимости $D(q,\omega)$ в промежуточной области.

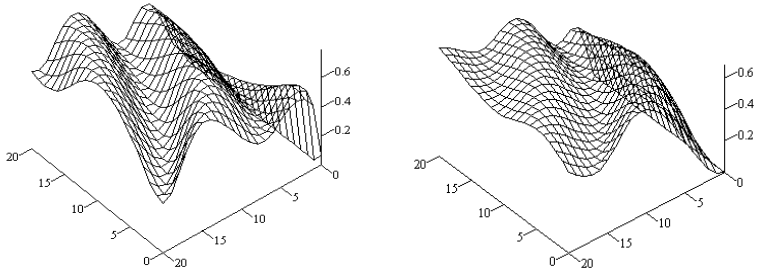
На графиках по оси X отложено произведение $r^2 q^2$, по оси Y – $\left(r^2\omega^2\right) / c_t^2 - r^2 q^2$.



а) б)

а) диполь, б) дислокации одного знака.

Рис. 1. Частотные зависимости диссипации энергии винтовой пары



а) диполь, б) дислокации одного знака.

Рис. 2. Частотные зависимости энергии краевой пары

Заключение

В работе получено выражение для диссипации энергии дислокационной пары, которая обусловлена радиационными потерями при колебаниях. Физической причиной появления осцилляций является выполнение условий резонанса (антирезонанса) дислокационных колебаний, приводящее к увеличению (уменьшению) амплитуды колебаний, что, в конечном итоге, обусловлено интерференцией упругих волн колеблющихся дислокаций

Литература

1. Обобщенная восприимчивость дислокаций в диссипативном кристалле / А.М. Рощупкин, И.Л. Батаронов, В.В. Дежин // Изв. АН. Сер.Физ. – 1995. – Т.59. – №10. – С.12-17.

Математическое моделирование и построение расчетных схем физических процессов устойчивости подземных трубопроводов

Е. В. Ан, email: ekaterinaan@mail.ru

Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз

Аннотация. *Настоящая работа посвящена математическому моделированию и алгоритмизации устойчивости подземных трубопроводов с учетом упругой модели взаимодействия при продольном нагружении. Разработан алгоритм и составлена программа на языке Borland Delphi Enterprise version 7.0. в среде Windows для персональных компьютеров.*

Ключевые слова: *подземный трубопровод, устойчивость, прогиб трубопровода, начальные напряжения сжатия, математическая модель и алгоритм решения, интерфейс программы.*

Введение

Потеря устойчивости любой конструкции является опасным явлением, и поэтому при оценке ее несущей способности помимо расчетов на прочность и жесткость необходим расчет на устойчивость как системы в целом, так и ее отдельных элементов. Это в первую очередь очень важно и актуально для строительной отрасли, поскольку явление потери устойчивости возникает внезапно. Процесс потери устойчивости протекает очень быстро и часто задолго до исчерпания прочности материала, он может сопровождаться большими разрушениями.

По исследованию выпучивания стержней в настоящее время существует много работ, опубликованных как в нашей стране, так и за рубежом. Это свидетельствует о высокой степени актуальности с точки зрения развития теории устойчивости, а также с точки зрения совершенствования расчета конкретных конструкций и их элементов.

В рамках гранта ЁФА-Атех-2018-11 «Оценка влияния силы инерции в задачах сейсмостойкости подземных трубопроводов» нами разрабатываются прикладные программы численного расчета различных подземных трубопроводов при действии сейсмической нагрузки.

© Ан Е. В., 2019

1. **Построение математической модели**

Рассмотрим продольно-поперечный изгиб трубопровода в пределах конечных деформаций и определим характеристики устойчивости равновесных состояний [1].

Трубопровод рассматривается как гибкая балка на жестком основании, находящаяся под действием продольного усилия, изменяющегося с ростом прогиба.

Для решения используем энергетический критерий устойчивости, сводящийся к определению энергетических состояний отклоненного положения системы.

Полная энергия системы при деформациях трубопровода равна

$$Э = U - W\,, \qquad (1)$$

где U – энергия деформации трубопровода, состоящая из энергии деформации изгиба U_1 и энергии деформации сжатия U_2; W – работа внешних сил на перемещениях трубопровода.

Начальные напряжения, действующие в трубопроводе, уменьшаются при его изгибе, поэтому сжимающее усилие на концах изогнутого участка в каждый момент деформации будет равно

$$N = P - \frac{\Delta EF}{L_n}\,,$$

где P – сжимающее усилие, действующее на трубопровод до потери устойчивости; E, F и L_n – модуль упругости материала, площадь поперечного сечения трубопровода и длина трубопровода, участвующая в выпучивании; Δ – увеличение длины трубопровода,

Потенциальная энергия изгиба равна

$$U_1 = \frac{EJ}{2}\int_0^l \left(\frac{d^2v}{ds^2}\right)^2 \left[1 + \left(\frac{dv}{ds}\right)^2\right] ds\,,$$

где l – длина изогнутого участка; v – поперечные перемещения трубы.

Для энергии деформации сжатия трубопровода имеем

$$U_2 = \frac{1}{2EF}\int_0^{L_n} \overline{N}^2 ds\,,$$

где $\overline{N}$ – усилие, действующее в сечении деформированной трубы

Работа внешних сил производится поперечной нагрузкой q на обратных ей по знаку перемещениях v и равна

$$W = -\int_0^l qv\,ds\,.$$

Граничные условия:

$$v = v' = 0 \text{ при } s = 0 \text{ и } s = l\,. \qquad (2)$$

Упругую ось трубопровода при потере устойчивости аппроксимируем функцией

$$v = A\sin^2 \lambda s\,,\ \left(\lambda = \frac{\pi}{l}\right), \qquad (3)$$

т.е. решение ищем в виде (3), удовлетворяющее геометрическим граничным условиям (2).

Подставляя в (1), варьируем полную энергию системы по параметрам A и λ и составляем уравнения

$$\frac{\partial Э}{\partial A} = 0\,;\ \frac{\partial Э}{\partial \lambda} = 0\,.$$

Окончательно получим

$$P = \beta\sqrt[3]{q^2 EJ}\,,$$

где $\beta = \dfrac{\varphi^2\left(6.67 + 3\kappa^2\right)}{\left(1 + 0.4375\kappa^2\right)} + \dfrac{n\kappa^2}{\varphi}\dfrac{\left(0.25 + 0.15625\kappa^2\right)}{\left(1 + 0.4375\kappa^2\right)}$; $n = \dfrac{\pi EF}{L_n q}$;

$$\varphi = \sqrt[3]{\frac{1}{\kappa\left[\dfrac{\left(6.67 + 3\kappa^2\right)\left(1 + 0.375\kappa^2\right)}{\left(1 + 0.4375\kappa^2\right)} - \left(4 + 2\kappa^2\right)\right]}}\,;\quad A\lambda = \kappa\,,\quad \lambda = \varphi\sqrt[3]{\frac{q}{EJ}}\,.$$

Уравнение (4) для полной энергии перепишется в следующем виде:

$$Э = \frac{EJ}{2}\pi^3\sqrt{\frac{q}{EJ}}\,\widetilde{Э}\,,$$

где $\widetilde{Э} = \kappa^2\varphi\left(2 + \dfrac{\kappa^2}{2}\right) - \dfrac{\beta\kappa^2}{\varphi}\left(\dfrac{1}{2} + \dfrac{3\kappa^2}{32}\right) + \dfrac{n}{16}\dfrac{\kappa^4}{\varphi^2}\left(1 + \dfrac{3\kappa^2}{8}\right) + \dfrac{\kappa}{\varphi^2} + \dfrac{\beta^2}{n}$.

2. **Вычислительный алгоритм и прикладная программа**

На основе математической модели разрабатывается вычислительный алгоритм, который реализует построенную модель на компьютере. Вычислительный алгоритм исследования устойчивости подземных трубопроводов представляет собой следующие шаги:

– влияние грунтовых условий через упругий коэффициент взаимодействия трубы с окружающим грунтом;

– решение разрешающих уравнений;

– вычисление значений искомых параметров;

– определение значений поперечных перемещений подземного трубопровода;

– оформление результатов расчета и их анализ.

Разработанная прикладная программа имеет удобный интерфейс, на котором задаются следующие входные данные – длина, радиус и толщина трубопровода, коэффициент взаимодействия трубы с окружающим грунтом и т.д. (см. рис. 1). Результатом работы является файл с численными результатами в безразмерных величинах (рис. 2).

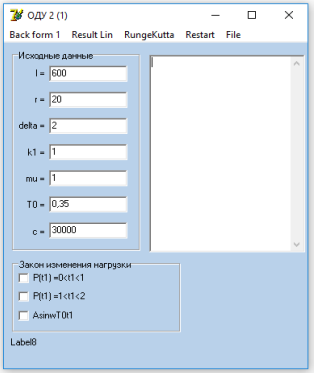


Рис. 1. Интерфейс программы для расчета подземных трубопроводов на устойчивость

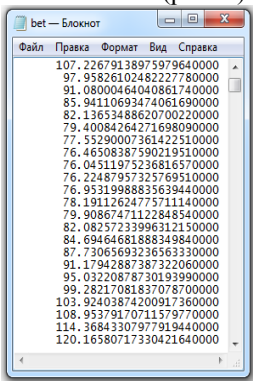


Рис. 2. Файл с численными результатами

Дальнейшее рассмотрение файла позволяет провести анализ полученных результатов.

3. **Анализ результатов**

Проведены многовариантные вычислительные эксперименты по расчету подземных трубопроводов на устойчивость с заданными шарнирно закрепленными краями.

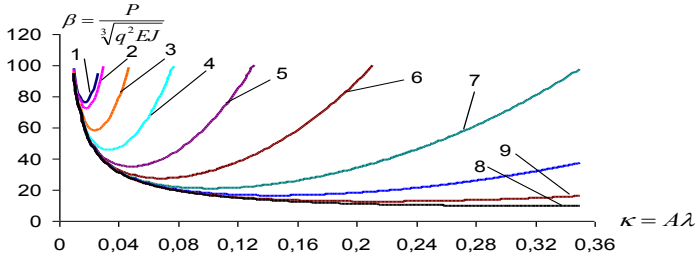


Рис. 3. Кривые «начальные напряжения сжатия – прогиб» для прямолинейного трубопровода:
1 – $n=1\cdot10^6$; *2* – $n=0.8\cdot10^6$; *3*– $n=0.3\cdot10^6$; *4* – $n=1\cdot10^5$; *5* – $n=0.3\cdot10^5$; *6* – $n=1\cdot10^4$; *7* – $n=0.3\cdot10^4$; *8* – $n=0.3\cdot10^3$; *9* – $n=1\cdot10^2$

Построены диаграммы «начальные напряжения сжатия – прогиб» для различных значений параметра n. При любом значении n отличном от нуля кривые имеют минимум. Каждому значению безразмерного коэффициента начальных напряжений сжатия (сжимающего усилия) β выше минимума отвечают два различных состояния равновесия изогнутого трубопровода.

Характер равновесия этих форм прогиба может быть исследован по виду экстремумов функции полной энергии

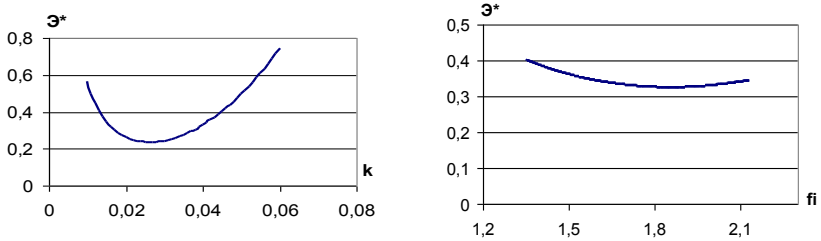


Рис. 4. Энергетические уровни в равновесных состояниях трубопровода при потере устойчивости

Из рис. 4 видно, что экстремум достигается в точках, относящихся соответственно к левой и правой ветвям кривых $\beta - \kappa$ (см. рис. 3).

Таким образом, равновесные состояния, определяемые левыми ветвями кривых, неустойчивы, правым ветвям кривых соответствуют устойчивые состояния равновесия трубопровода. Таким образом, при значении начальных напряжений, отвечающем минимумам кривых,

основная форма равновесия трубопровода перестает быть единственно возможной.

Заключение

Ценность разработанной программы в том, что при заданных параметрах и характеристиках объекта, выбранных условий закрепления и нагружения, все процедуры выполняются на персональном компьютере, вплоть до получения результатов в виде файловых и графических представлений. При различных геометрических характеристиках трубопровода, грунтовых условий (определяемых через коэффициенты взаимодействия) и сжимающую силу можно провести соответствующий анализ полученных результатов.

Список литературы

1. Ясин, Э.М., Черникин, В.И. Устойчивость подземных трубопроводов. – М. : Изд-во «Недра», 1967. – 120 с.

Моделирование переноса пылевых частиц в пограничном слое атмосферы

В. В. Андронников
Л. Н. Костылева, email: kostyleva12@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Статья посвящена разработке более совершенных методов прогноза пыльных и песчаных бурь и видимости в них, что является одной из важнейших задач для практической авиации. Построена математическая модель переноса пылевых частиц ветром в пограничном слое атмосферы и метеорологической дальности видимости с учетом микрофизических и оптических характеристик пылевых частиц.*

Ключевые слова: *Моделирование, турбулентная диффузия, сальтация, твердые частицы, пограничный слой, пыльная буря.*

Введение

Пыльные и песчаные бури оказывают существенное влияние на взлет и посадку воздушных судов, состояние аэродромов, эксплуатацию авиационной техники и средств обеспечения полетов, выполнение полетного задания, работу личного состава. Одним из подходов решения проблемы прогноза пыльных (песчаных) бурь является математическое моделирование пыльной бури (перенос пылевых частиц ветром и их турбулентная диффузия) в пограничном слое атмосферы (ПСА) и метеорологической дальности видимости (МДВ) с учетом микрофизических и оптических характеристик пылевых частиц.

Результаты исследования и их результаты

Вследствие того, что сальтационный (подскок и падение частиц) перенос более тяжелых частиц имеет место лишь в тонком приповерхностном слое (ветропесчаном потоке, толщиною не более 0,5 м), а диффузия более легких частиц может распространяться на весь пограничный слой и даже тропосферу, встает вопрос о критериях разделения процессов диффузии и сальтации. Определяющей величиной здесь служит отношение динамической 1 U_* скорости к скорости гравитационного оседания частиц w_g [1]. Условием сальтации можно считать

© Андронников В. В., Костылева Л. Н., 2019

$$\frac{U_*}{w_g} < 1 \tag{1}$$

Условием возможности взвешивания твердых частиц в воздухе является равенство:

$$\chi \frac{U_*}{w_g} > 1, \tag{2}$$

где χ – постоянная Кармана.

Для описания турбулентной диффузии твердых частиц в ПСА вне ветропесчаного потока, для которых выполняется условие (2), воспользуемся известным полуэмпирическим уравнением диффузии

$$u(z)\frac{\partial c}{\partial z} + \left[w(z) - w_g\right]\frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}\kappa(z)\frac{\partial c}{\partial z}. \tag{3}$$

здесь *u, w* – компоненты скорости ветра вдоль осей X и Z соответственно; k – вертикальная составляющая коэффициета турбулентности; w_g – скорость оседания частиц; c – концентрация диффундирующих частиц.

$$c(x, \mathrm{H}) = 0. \tag{4}$$

Для физически обоснованного решения уравнения (3) нижнее граничное условие зададим на уровне $z = h_n$, т.е. на верхней границе приповерхностного ветропесчаного потока в виде (5)

$$k\frac{\partial c}{\partial z} + \left[w(z) - w_g - b\right]c = F_U\Big|_{z=h_П} \tag{5}$$

где константа $b \geq 0$.

При $b = 0$ имеем случай полного отражения частиц от верхней границы ветропесчаного потока, а при $b \to \infty$ - полное поглощение их ветропесчаным потоком. В общем случае величина b определяется, как некоторая функция скоростей w_g и U_*. В расчетах $b = 0$, т.е. принималось условие полного отражения диффундирующих частиц.

Величина F_u – мощность площадного источника песчинок, определяется равенством [1]

$$F_U = m_r N\omega_0 = a\left(U_*^S\right)^n m_r, \tag{6}$$

где m_r - масса частиц; N – число частиц, срываемых с единичной поверхности; w_0 - начальная вертикальная скорость отрыва частиц; U_*^S

- динамическая скорость касательного трения; α - подгоночный параметр задачи, определяемый экспериментальным путем; n – показатель степени (изменяется от 2 до 3) [1].

Источник $F_u(x, y)$ можно заменить мощностью совокупности линейных источников, расположенных как на нижней, так и на верхней границе ветропесчаного потока на расстоянии Δx друг от друга вдоль оси X. Тогда граничное условие для уравнения (3) при $x = 0$ запишется в виде

$$C(0, z) = F_u \delta(z - h_n), \tag{7}$$

где δ – дельта функция Дирака.

Для определения неизвестных компонент скорости ветра $u(z), w(z)$ и коэффициента турбулентности $k(z)$, входящих в уравнение (3), воспользуемся моделью пограничного слоя атмосферы в условиях горизонтальной неоднородности, в которой замыкание системы уравнений осуществлено с помощью уравнения баланса кинетической энергии турбулентных вихрей и соотношений Колмогорова [2]:

$$\begin{cases} U\dfrac{\partial V}{\partial x} + W\dfrac{\partial V}{\partial z} = \dfrac{\partial}{\partial z} k \dfrac{\partial V}{\partial z} - f(U - G); \\ U\dfrac{\partial U}{\partial x} + W\dfrac{\partial U}{\partial z} = \dfrac{\partial}{\partial z} k \dfrac{\partial U}{\partial z} + fV; \\ \dfrac{\partial U}{\partial x} + \dfrac{\partial V}{\partial z} = 0; \\ U\dfrac{\partial \theta}{\partial x} + W\dfrac{\partial \theta}{\partial z} = \dfrac{\partial}{\partial z} k_Q \dfrac{\partial \theta}{\partial z}; \\ U\dfrac{\partial q}{\partial x} + W\dfrac{\partial q}{\partial z} = \dfrac{\partial}{\partial z} k_q \dfrac{\partial q}{\partial z}, \end{cases} \tag{8}$$

где k, k_Q, k_q - коэффициенты турбулентного обмена для количества движения, тепла и влаги соответственно; U, V, W - компоненты скорости ветра вдоль осей *X, Y, Z;* θ – потенциальная температура; q – массовая доля водяного пара.

В уравнениях притока тепла и влаги члены, описывающие фазовые притоки тепла и влаги не учитываются. Радиационный приток тепла отсутствует. Завершают постановку задачи и замыкают систему (8) уравнение баланса кинетической энергии турбулентности (9), соотношение Колмогорова (10) и масштаб турбулентности (11):

$$U\frac{\partial b}{\partial x}+W\frac{\partial b}{\partial z}=k\left[\left(\frac{\partial U}{\partial z}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2-\beta\frac{\partial\theta}{\partial z}-\beta_1\frac{\partial q}{\partial z}\right]-\varepsilon+\frac{\partial}{\partial z}k_b\frac{\partial b}{\partial z},\quad(9)$$

$$k=l\sqrt{b},\quad \varepsilon=\frac{cb^2}{k},\quad(10)$$

$$l=-\chi c^{\frac{1}{4}}\frac{b/k}{\frac{\partial}{\partial z}\left(b/k\right)}.\quad(11)$$

В уравнениях (9-11) b - кинетическая энергия турбулентности; ε - скорость диссипации турбулентной энергии в тепло; χ - постоянная Кармана; c,β,β_1 – эмпирические константы.

В начале решения задачи по методике [3] определяются реальные вертикальные профили компонент скорости ветра, температуры, коэффициента турбулентности и кинетической энергии. Полученные профили метеорологических величин и являются исходными данными при $X = 0$ для решения системы уравнений (9-11), из которой на каждом шаге по X определяются искомые функции $u(z), w(z), k(z),$ входящие в уравнение турбулентной диффузии (3).

Численное решение уравнения турбулентной диффузии твердых частиц (3) и системы гидродинамических уравнений ПСА (9-11) осуществляется совместно на каждом шаге по X методом обыкновенной и матричной прогонки [2]. Интегрирование уравнений осуществляется до тех пор, пока разность значений пространственной концентрации $C(X, Z)$ на предыдущем и последующем шаге по X будет не более некоторой наперед заданной величины.

Далее по уравнению (12) рассчитывается МДВ

$$S_M=\frac{\ln 1/\varepsilon}{\alpha_\lambda}=\frac{3}{\alpha_\lambda},\quad(12)$$

где пороговое значение различаемого глазом контраста ε принято равным 0,05 (5 %); α_λ – коэффициент аэрозольного ослабления видимого излучения (света).

Уравнение связи между коэффициентом аэрозольного ослабления света и массовой концентрацией пылевого аэрозоля запишется следующим образом [4]:

$$\alpha_\lambda = c\frac{3}{4}\frac{\int_0^\infty r^2 Q(\mu, n) f(r) dr}{\rho_r \int_0^\infty r^3 f(r) dr}, \qquad (13)$$

здесь α_λ – коэффициент аэрозольного ослабления излучения; c – весовая концентрация аэрозоля; r – радиус частиц; $Q\ (\mu,\ n)$ – фактор эффективности ослабления излучения частицей; $\mu = 2\pi r/\lambda$ – параметр *Mu*; λ - длина волны излучения; $f(r)$ - функция распределения частиц по размерам, задавалась в виде логарифмически нормального закона; $m = n - j\chi$ – комплексный показатель преломления; n – показатель преломления вещества аэрозоля; χ – характеристика поглощательной способности аэрозоля; ρ_r – плотность вещества частицы.

Значения МДВ рассчитаны по выше приведенной модели с экспериментальными данными видимости, полученными в [5].

Заключение

Этот подход позволяет рассчитывать на ПЭВМ не только метеорологическую дальность видимости, но и все оптические характеристики пыльных (песчаных) бурь: коэффициент рассеяния и ослабления излучения, оптическую толщину аэрозольного пылевого слоя, индикатриссу рассеяния и другие. Это дает возможность дальнейшей модернизации поставленной задачи.

Литература

1. Бютнер. Э. К. Динамика приповерхностного слоя воздуха. – Л. : Гидрометиздат, 1978. – 254 с.

2. Вагер, Б. Г. Пограничный слой атмосферы в условиях горизонтальной неоднородности / Б.Г. Вагер, Е.Д. Надежина. – Л. : Гидрометиздат, 1979. – 135 с.

3. Шнайдман, В. А. Моделирование пограничного слоя и макротурбулентного обмена в атмосфере по данным первого глобального эксперимента ПИГАП / В.А. Шнайдман, О.В. Фоскарино. – Л. : Гидрометеоиздат, 1990. – 160 с.

4. Зуев, В. Е. Оптические модели атмосферы / В. Е. Зуев, Г. М. Креков. – Л. : Гидрометиздат, 1986. – 620 с.

5. Жиллет, Д. А. Результаты советско-американского эксперимента по изучению аридного аэрозоля и его воздействия на местные метеорологические условия и климат / Д.А. Жиллет, Б.А. Бодейн. – С-Петербург : Гидрометеоиздат, 1992. – 180 с.

Модель распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и источником радиоизлучения

Р. В. Антипенский
А. П. Алимов, e-mail: Alimov21@mail.ru
А. А. Волков, e-mail: Volkov_aa@autorambler.ru

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Разработана математическая модель распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и источником радиоизлучения, расположенного на плоскости прямоугольной формы.*

Ключевые слова: *алгоритм, источник радиоизлучения, плотность вероятности, средство радиоразведки.*

Введение

Локальные и региональные конфликты последних лет подтверждают возросшую роль радиоэлектронной борьбы. В связи с этим возрастают требования к средствам и комплексам радиоэлектронного подавления (РЭП). При этом, особая роль отводится подсистеме радиоразведки комплекса РЭП, так как полученная информация об источниках радиоизлучения (ИРИ) является основой их боевого применения.

1. Математическая модель распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ

Эффективность подсистемы радиоразведки определяется не только техническими характеристиками ИРИ и средствами радиоразведки, но и их взаимным расположением на местности.

Расположение ИРИ на местности носит случайный характер и находится в некоторой предполагаемой зоне, размеры которой определяются типовым размещением в полосе дивизии (бригады, батальона и т.д.). Следовательно, расстояние между средством радиоразведки и ИРИ носит случайных характер.

Поэтому, цель работы заключается в разработке модели распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ.

© Антипенский Р. В., Алимов А. П., Волков А. А., 2019

Для расчета плотности вероятности расстояния r выбрана система координат XY, начало координат которой совмещено со средством радиоразведки.

Геометрия решения задачи представлена на рис. 1, где обозначено: r – расстояние между средством радиоразведки и ИРИ; $\varphi_{\min}$ $\varphi_{\max}$ – значения полярного угла, определяющие угловой размер предполагаемой зоны размещения ИРИ; $x_{\min}$, $x_{\max}$, $y_{\min}$, $y_{\max}$ – координаты границ зоны; ЛВС – линия соприкосновения войск.

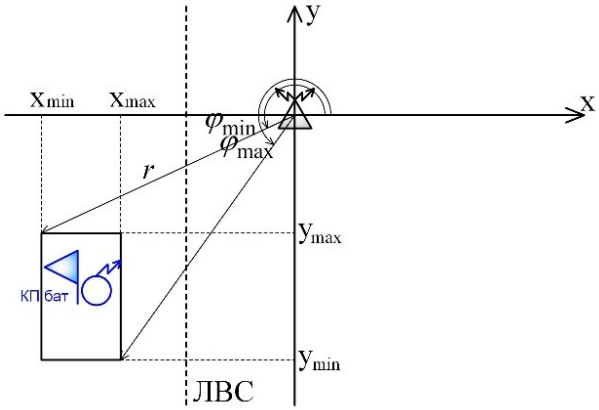


Рис. 1. Взаимное расположение средства радиоразведки и ИРИ

Для решения задачи примем следующие допущения:

- прямоугольные координаты *x, y* равномерно распределены в зоне размещения ИРИ и независимы;
- границы предполагаемой зоны размещения ИРИ параллельны осям прямоугольных координат.

С учетом принятых допущений плотности вероятностей случайных величин *x, y* определяются выражениями:

$$\omega_x(x) = \begin{cases} 0, & при \quad x \prec \\ \dfrac{1}{x_{\max} - x_{\min}}, & при \quad x_{\min} \le x \le x_{\max} \\ 0, & при \quad x \succ \end{cases}, \qquad (1)$$

$$\omega_y(y)=\begin{cases}0, & при \quad y \prec \\ \dfrac{1}{y_{\max}-y_{\min}}, & при \quad y_{\min} \le y \le y_{\max} \\ 0, & при \quad y \succ\end{cases}, \tag{2}$$

При переходе от прямоугольных координат к полярным плотности вероятностей преобразуются согласно общему закону преобразования плотностей вероятностей функционально связанных величин [1]:

$$\omega_{r,\varphi}(r,\varphi)drd\varphi=\omega_{x,y}(x,y)dxdy \tag{3}$$

где $\omega_{x,y}(x,y)=\omega_x(x)\omega_y(y)$ – плотность вероятности совместного распределения прямоугольных координат ИРИ при условии, что координаты *x, y* независимы, $\omega_{r,\varphi}(r,\varphi)$ – плотность вероятности совместного распределения полярных координат ИРИ.

Учитывая взаимосвязь прямоугольных и полярных координат выражение (3) примет вид:

$$\omega_{r,\varphi}(r,\varphi)=\omega_x\left(r\cdot\cos\varphi\right)\cdot\omega_y\left(r\cdot\sin\varphi\right)\cdot\left\|\frac{\partial x\partial y}{\partial r\partial\varphi}\right\|, \tag{4}$$

где $\left\|\dfrac{\partial x\partial y}{\partial r\partial\varphi}\right\|$ – якобиан преобразования, равный *r* [2].

Плотность вероятности распределения случайной величины *r* определяется путем интегрирования выражения (4) по φ :

$$\omega(r)=r\int_{\varphi_{\min}}^{\varphi_{\max}}\omega_x(r\cdot\cos\varphi)\omega_y(r\cdot\sin\varphi)d\varphi \tag{5}$$

Вычисление интеграла (5) в аналитическом виде представляет значительные трудности, поэтому результаты получены численным моделированием в программной среде Mathcad.

2. Алгоритм автоматизированного расчета плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ

На основе полученных математических выражений разработан алгоритм автоматизированного расчета распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ. Структурная схема алгоритма представлена на рис. 2.

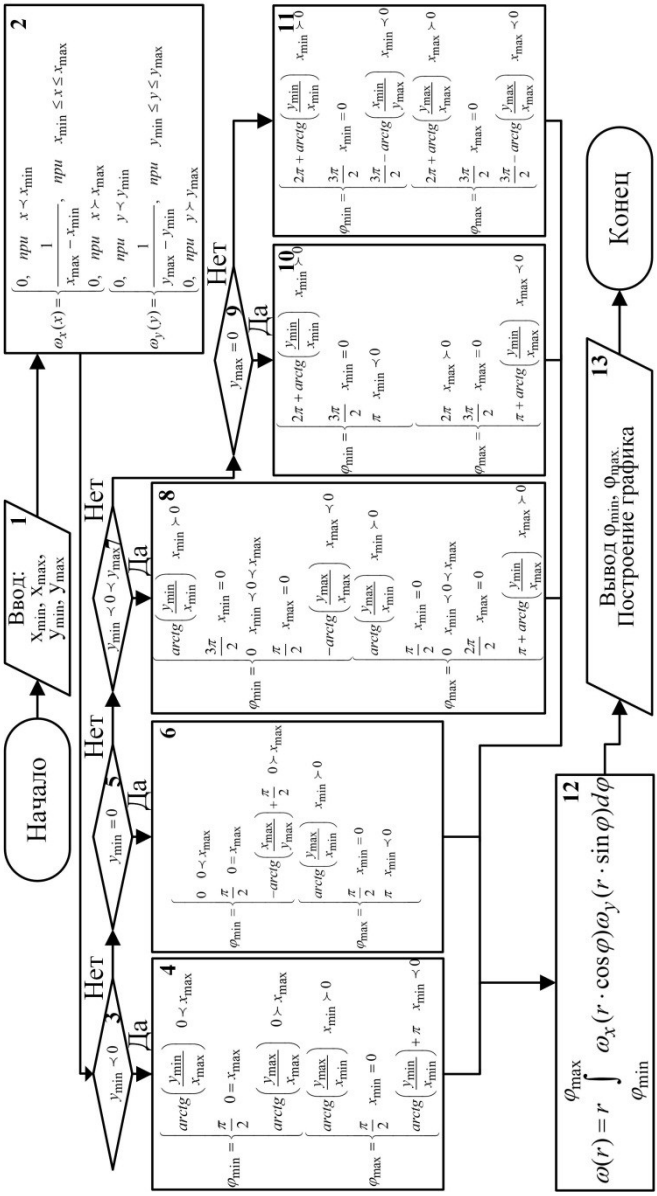


Рис. 2. Алгоритм расчета плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ

На рис. 3 представлен график распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ расположенного в предполагаемой зоне с координатами: $x_{\min} = -8$ км, $x_{\max} = -10$ км, $y_{\min} = -4$ км, $y_{\max} = -8$ км.

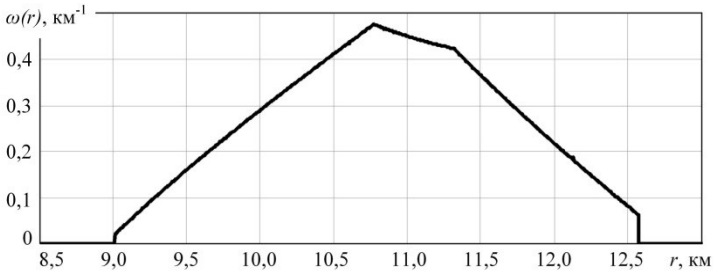


Рис. 3. Распределение плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ расположенного в предполагаемой зоне

Из графика, представленного на рис. 3 следует, что плотность вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ представляет собой кусочно-непрерывную функцию, вид которой зависит от координат предполагаемой зоны размещения ИРИ.

Заключение

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет с использованием программы Mathcad моделировать распределение плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и ИРИ. Полученные результаты могут быть использованы для оценки показателей эффективности подсистемы радиоразведки комплекса РЭП при обнаружении ИРИ.

Список литературы

1. Тихонов, В. И. Статистическая радиотехника [Текст] / В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.: ил.

2. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Н. Корн. – М.: Наука, 1973. – 832 с.

Моделирование и определение характеристик оптимальной мелассы в производстве сахара

Д. В. Арапов, email: arapovdv@gmail.com

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы моделирования и расчета оптимальных характеристик «нормальной мелассы», являющейся оптимальной для конкретного сахарного производства. Описана методика математической обработки результатов ускоренного насыщения сахаром производственной мелассы с целью определения оптимальных параметров нормальной мелассы, позволяющих минимизировать потери сахара.*

Ключевые слова: *математическая модель, производство сахара, параметры оптимальной мелассы.*

Введение

Меласса является конечным отходом сахарного производства. Степень её обессахаривания определяет эффективность работы завода в целом. Главными показателями обессахаривания служат доброкачественность (или чистота *Ч*) и концентрация сухих веществ (*СВ*) в нормальной мелассе (НМ) [1,2], под которой понимают такую мелассу, которая является насыщенным раствором с долей *СВ*, отвечающих вязкости 7,1 $Па \cdot с$ при температуре центрифугирования утфеля равной 40 °С. Проверка степени истощения реализуется по чистоте НМ обычным или ускоренным способом [1, 2], при этом задаются средним, равным 82 % значением концентрации *СВ*. Измерения проводят без разбавления пробы водой рефрактометрическим методом. При ускоренном методе определения доброкачественности НМ используют известную корректирующую формулу Силина [2]. Стандартные способы определения чистоты НМ имеют следующие недостатки: 1) концентрация *СВ* в НМ, равная 82%, является приблизительной среднестатистической величиной; 2) из-за использования поправочной формулы чистота НМ вычисляется с существенной погрешностью; 3) не учитывается напрямую задание по вязкости НМ при определении ее доброкачественности. Поэтому актуальна задача уменьшения погрешности и времени определения оптимальных характеристик НМ методом математического моделирования и использования способа ее ускоренного насыщения.

© Арапов Д. В., 2019

Материалы и методы

Для решения задачи разработана методика, заключающаяся в следующем. Определяют содержание сухих веществ CB_1 и сахарозы CX_1 в заводской мелассе и рассчитывают по формуле (1) отношение в ней концентрации несахаров к воде:

$$HCX / B = \left(CB_1 - CX_1\right) / \left(100 - CB_1\right). \quad (1)$$

Заводская меласса при температуре 40 °С имеет коэффициент пересыщения близкий к 1,1 [3]. С целью перевода в ненасыщенное состояние ее помещают в термостат и нагревают до 50-55 °С, затем неполно растворяют в ней в колеблющемся слое определенное количество навески сахарного песка. Навеска получается рассеиванием сахарного песка и отделением фракции с размером кристаллов 1,0-1,2 мм. Фракцию насыпают в сетчатый цилиндр с отверстиями 0,45-0,5 мм в соотношении к мелассе по объему 1/5, который помещают в мелассу и обеспечивают при возвратно-поступательных перемещениях сетчатого цилиндра фильтрацию мелассы через взвешенный колеблющийся слой кристаллов. Амплитуда колебаний цилиндра равна $6 \cdot 10^{-3}$ *м,* частота колебаний - $3\,c^{-1}$. Таким образом интенсифицируют гидродинамическую обстановку на границе раздела твердой и жидкой фазы и достигают достаточно высокой относительной скорости течения мелассы. Это позволяет увеличить скорость растворения кристаллов и способствует быстрому уменьшению их размеров. Раствор мелассы при этом ускоренно насыщается сахарозой [4]. Найденная взаимосвязь времени насыщения мелассы от температуры насыщения такова: 120 мин. – 60 °С; 140 мин. – 55 °С; 160 мин. – 50 °С; 190 мин. – 45 °С; 240 мин. – 40 °С; 320 мин. – 35 °С [5]. По истечении времени насыщения стандартным способом определяют концентрацию в насыщенной мелассе сухих веществ CB_2 и измеряют её вязкость при температуре насыщения μ, $Па \cdot с$. Количество сахара, растворившегося в мелассе, вычисляют по формуле:

$$CX^P = 100(CB_2 - CB_1) / \left(100 - CB_2\right) \quad (2)$$

Доброкачественность насыщенной мелассы равна:

$$Ч = 100(CX_1 + CX^P) / \left(CB_1 + CX^P\right) \quad (3)$$

Коэффициент насыщения при температуре нагревания в термостате определяют следующим образом:

$$\alpha_H = (CX_1 + CX^P) \cdot (100 - H_t) / \left((100 - CB_1) \cdot H_t\right) \quad (4)$$

где H_t –растворимость сахарозы (%) в чистой воде, зависящая от температуры t, °С:

$$H_t = 64,5 + 0,065962633 \cdot t + 0,0022430636 \cdot t^2 - 0,10572867 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 \quad (5)$$

Оценивают коэффициенты модели вязкости НМ [6]:

$$\begin{aligned} \lg(\mu) = &\left(0,00292 \cdot 10^{-4} \cdot CB \cdot Ч + a_1 \cdot 10^{-4}(100 - Ч) \cdot CB + \right. \\ &+ a_2 \cdot 0,05556 \cdot 10^{-2}(100 - CB)\Big) / \Big(0,00292 \cdot 10^{-4} \cdot CB \cdot Ч + \\ &\left. + 0,05556 \cdot 10^{-2}(100 - CB) + a_3 \cdot 10^{-4}(100 - Ч) \cdot CB\right)\left(a_4 + \frac{a_5 t}{(a_6 + t)^2}\right) + a_7, \end{aligned} \quad (6)$$

где μ – динамическая вязкость, $Па \cdot с$; $a_1 - a_7$ – регрессионные коэффициенты, подлежащие оценке для каждой конкретной мелассы. Их начальные оценки равны:

$$\begin{aligned} &a_1^o = 0,2755 \cdot 10^{-2};\ a_2^o = -0,28556 \cdot 10^{-2};\ a_3^o = 0,27526 \cdot 10^{-2}; \\ &a_4^o = 33,6607;\ a_5^o = -22086,8454;\ a_6^o = 207,9151;\ a_7^o = -3 \end{aligned} \quad (7)$$

Для идентификации модели (6) используется квадратичный критерий:

$$R_1(a_1 - a_7) = \sum_{K=1}^{N}\left(1 - \mu_K^M / \mu_K^Э\right)^2, \quad (8)$$

где $\mu_K^Э$, $CB_K^Э$, $Ч_K^Э$, $t_K^Э$ –экспериментальные значения вязкости, концентрации СВ, $Ч$ и температуры мелассы; K, N - соответственно номер и число опытов по насыщению; μ_K^M – рассчитанное по формуле (6) значение вязкости.

Оптимизационная модель расчета $a_1^* - a_7^*$ формируется из (8):

$$R_1(a_1 - a_7) = \sum_{K=1}^{N}\left(1 - \mu_K^M\left(a_1^* - a_7^*, CB_K^Э, Ч_K^Э, t_K^Э\right) / \mu_K^Э\right)^2 \xrightarrow[a_1^* - a_7^*]{} \min \quad (9)$$

Математическая модель [7] коэффициента насыщения имеет вид:

$$\alpha_H = 1 + b_1 \cdot (HCX / B)\left(1 + b_2 \cdot (HCX / B)\right) \cdot \left(b_3 t + b_4 / \mathrm{t} + b_5 \ln(t) + t^2\right), \quad (10)$$

где $b_1 - b_5$ – регрессионные коэффициенты модели, определяемые составом мелассы. Их начальные оценки равны:

$$b_1^0 = 2,53 \cdot 10^{-5};\ b_2^0 = 2,034;\ b_3^0 = -204,76;\ b_4^0 = -6,64 \cdot 10^4;\ b_5^0 = 2761,6. \quad (11)$$

Критерий адекватности модели (10) экспериментальным данным равен:

$$R_2\left(b_1-b_5\right)=\sum_{K=1}^{N}\left(\alpha_{HK}^{Э}-\alpha_{HK}^{M}\right)^2 \qquad (12)$$

где $\alpha_{HK}^{Э}, \alpha_{HK}^{M}$ – соответственно экспериментальная (4) и расчетная (10) величины коэффициента насыщения мелассы.

Оптимальные значения параметров $b_1^*-b_5^*$ обеспечивают минимум (12):

$$R_2\left(b_1-b_5\right)=\sum_{K=1}^{N}\left(\alpha_{HK}^{Э}-\alpha_{HK}^{M}\left(b_1^*-b_5^*,\left(HCX/B\right)_K^{Э},t_K^{Э}\right)\right)^2 \xrightarrow[b_1^*-b_5^*]{} \min . \qquad (13)$$

После идентификации моделей (6) и (10) рассчитываются оптимальные величины концентрации СВ и чистоты НМ. Параметры НМ для утфеля последнего продукта определяются по алгоритму:

1. Рассчитывают максимально-возможную концентрацию $СВ$ в мелассе на основе задания на минимально-возможное значение $Ч$ насыщенной мелассы, которое достигается в производстве, а также из заданий по ее вязкости и температуре фуговки утфеля:

$$\begin{aligned} &СВ^{\max}=5,556\cdot\left(A^*\left(t^{ч}\right)\cdot a_2^*-(\lg(\mu^*)-a_7^*)\right)/\\ &\left((\lg\mu^*-a_7^*)\cdot 0,00292\cdot Ч^{\min}\cdot 0,01+\lg(\mu^*-a_7^*)\cdot a_3^*(1-Ч^{\min}\cdot 0,01)-\right.\\ &-A^*\left(t^{ч}\right)\cdot 0,00292\cdot Ч^{\min}\cdot 0,01-A^*\left(t^{ч}\right)\cdot a_2^*\cdot 0,05556-\\ &\left.-A^*\left(t^{ч}\right)\cdot a_1^*\cdot(1-Ч^{\min}\cdot 0,01)\right),\ A^*\left(t^{ч}\right)=\left(a_4^*+a_5^*\cdot t^{ч}/\left(a_6^*+t^{ч}\right)^2\right), \end{aligned} \qquad (14)$$

где $t^{ч}$ –температура разделения утфеля на центрифугах; μ^* –задание по вязкости НМ, $Па\cdot с$; $Ч^{\min}$ – минимально-возможная $Ч$ насыщенной мелассы, достигаемая на кристаллизаторе, например равная 52 %.

2. При $t^{ч}$ определяют доброкачественность насыщенной мелассы:

$$Ч_{тц}^{НАС}=\left(\frac{H(t^{ч})}{100-H(t^{ч})}\cdot\alpha_{HK}^{тц}\cdot 100\%\right)/\left(\frac{H(t^{ч})}{100-H(t^{ч})}\cdot\alpha_{HK}^{тц}+\left(\frac{HCX}{B}\right)_K^{Э}\right), \qquad (15)$$

где $\alpha_{HK}^{тц}$ –коэффициент насыщения при температуре фуговки утфеля $t^{ч}$:

$$\alpha_{HK}^{тц}=1+b_1^*\left(\frac{HCX}{B}\right)_K^{Э}\cdot\left(1+b_2^*\left(\frac{HCX}{B}\right)_K^{Э}\right)\left(b_3^*t^{ч}+\frac{b_4^*}{t^{ч}}+b_5^*\ln(t^{ч})+(t^{ч})^2\right). \qquad (16)$$

3. Для заданной температуры центрифугирования определяют оптимальные значения концентрации $СВ^*$ и $Ч^*$ в НМ. В качестве начальных приближений используются рассчитанные по формуле (14) значения $СВ^{\max}$ и по формулам (15), (16) – доброкачественности $Ч_{тц}^{НАС}$:

$$R_3\left(t, CB, Ч\right) = \left(\mu^M\left(t^ч, CB^*, Ч^*\right) - \mu^*\right)^2 \xrightarrow[CB^*, Ч^*]{} \min . \qquad (17)$$

Таким образом, при оптимальных величинах CB^* и $Ч^*$ вязкость нормальной мелассы равна заданной вязкости μ^*. Оптимизационные модели (9), (13), (17) решены генетическим алгоритмом [8].

Заключение

Предлагаемая методика нахождения параметров нормальной мелассы дает возможность с высокой точностью, используя заданные малые величины δ_1, δ_2, δ_3 при решении задач (9), (13), (17), оперативно определять оптимальные характеристики НМ, исходя из текущих параметров технологического оборудования, а также принимать верные решения по снижению потерь сахара с мелассой.

Список литературы

2. Силин, П. М. Технология сахара / П. М. Силин. –М. : Пищевая промышленность, 1967. – 625 с.
3. Силин, П.М. Новый экспресс-метод определения нормальной доброкачественности мелассы / П. М. Силин, Чень И-Сянь // Сахарная промышленностьсть. – 1963. – №3. – С. 17-21.
4. Акиндинов, И. Н. Оптимальный технологический режим кристаллизации увариванием и охлаждением утфелей последнего продукта (обзор). / И. Н. Акиндинов, И. А. Люсый, Б. Ф. Колесников. – М. : ЦНИИТЭИПищепром, 1976. -45 с.
5. Пат. 2196984 Российская Федерация, МПК7 G 01 N 33/02. Способ определения чистоты насыщенной мелассы [Текст] / Петров С. М., Подгорнова Н. М., Арапов Д.В. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. техн. академия. – № 2001129225 ; заявл. 29.10.01; опубл. 20.01.03, Бюл. №2, –5 с.
6. Алгоритм определения оптимальных параметров нормальной мелассы / С. М. Петров [и др.] // Сахар. –2005. –№ 2. –С. 45-48.
7. Петров, С.М. Модель вязкости водных сахарных растворов / С. М. Петров, В. А. Курицын, Д. В. Арапов // Сахар. –2004. –№2. –С. 31-33.
8. Оптимальный режим водоблока ТЭЦ сахарного завода / Д. В. Арапов [и др.] // Сахар. –2009. –№ 6. –С. 50-56.
9. Моделирование процесса пиролиза прямогонного бензина с использованием генетического алгоритма / В.К. Битюков [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. –2015. –№ 3 (65). –С. 79-84.

Нелинейная динамическая модель потерь живучести беспилотных летательных аппаратов при обслуживании наземных объектов в условиях противодействия

В.А. Асадудин, email: tau_301@mail.ru
Г.Н. Лебедев, email: kaf301@mai.ru
Д.А. Михайлин, email: tau_301@mail.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В работе предложена нелинейная динамическая модель потери живучести беспилотных летательных аппаратов, позволяющая учитывать на этапе моделирования возможности выполнения задач разведки в условиях вероятных потерь.*

Ключевые слова: *нелинейная динамическая модель, беспилотный летательный аппарат, живучесть.*

Введение

С учетом растущей сложности групповых действий БЛА известный подход к планированию работы как наземных, так и разведывательных сил без учета их потерь имеет существенные недостатки. Для их устранения необходимо использовать адекватную математическую модель потери живучести обеих сторон с целью прогнозирования последствий снижения наших возможностей при следующих исходных данных:

– каждый наблюдаемый наземный объект или их группа характеризуются текущим значением y_j живучести располагаемых сил, которая снижается, и после ее нормирования это соответствует неравенству:

$$0 \le y_j \le 1 \qquad (1)$$

а при $y_j = 0$ объект считается нефункционирующим;

– каждая наша наблюдающая единица БЛА или их группа [1] имеет свою живучесть x_j, которая при противодействии тоже снижается, а после нормирования также соблюдается неравенство:

$$0 \le x_j \le 1 \qquad (2)$$

© Асадудин В.А., Лебедев Г.Н., Михайлин Д.А., 2019

– при равенстве противодействующих сторон скорости их снижения различны и характеризуются коэффициентами k_1 для наших сил и k_2 для противника;

– критерием эффективности назначенной альтернативы является максимизируемая разность общего ущерба противника и нашего общего ущерба, взвешенных по важности, и эту количественную оценку необходимо предварительно получить перед началом полетов.

2. Формирование первой версии динамической модели потерь живучести при планировании маршрутов полета

Начнем рассуждения об изменении живучести с помощью дискретной модели движения, учитывая два обстоятельства:

1. Потери живучести отсутствуют, если хотя бы одна из величин x или y равна нулю, так как при этом один из противников не представляет никакого вреда. Поэтому начальная рекуррентная форма изменения живучести наших сил может быть представлена в виде:

$$x_{m+1} = x_m - cx_m y_m \Delta t,$$

где Δt – дискрет времени перехода наших сил в новую ячейку маршрута, c – некоторый коэффициент пропорциональности произведению $x_m y_m$.

В непрерывной форме динамика потерь живучести как наших, так и чужих сил описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -c_1 xy, \\ \dot{y} &= -c_2 xy, \end{aligned} \tag{3}$$

2. При явном перевесе сил, когда , $|x_i - y_i| > 0$, скорость снижения потерь живучести у одной из сторон явно возрастает, а у другой – уменьшается, что соответствует условиям:

$$\begin{aligned} c_1 &= k_1(d) + k_0(y - x) \\ c_2 &= k_2(d) + k_0(y - x) \end{aligned} \tag{4}$$

Поэтому в целом получим систему нелинейных дифференциальных уравнений, содержащих в их правой части мультипликативные члены:

$$\dot{x} = -xy\left[k_1(d) + k_0(y - x)\right] \tag{5}$$

$$\dot{y} = -xy\left[k_2(d) + k_0(y - x)\right]$$

где нормированные значения x и y удовлетворяют неравенствам (1) и (2).

Уравнения (5) не имеют строгого аналитического решения в квадратурах, поэтому попробуем их упростить.

3. Приближенная количественная оценка эффективности при различных исходах противодействия

Рассмотрим первый случай $(l = 1)$ успешного поведения при явном перевесе наших сил на m-том шаге $(x_m > y_m; k_2 > k_1)$. Согласно принятому допущению $\frac{y_{m+1}}{y_m} = 0.1$ о подавляющем снижении живучести противника можно записать:

$$\frac{y_{m+1}}{y_m} = 0.1 = \exp\{-2.5\} = \exp\{-x_m\left[k_2 + k_0(x_m - y_m\right]t_1\} \qquad (6)$$

где t_1 – потребное время взаимодействия обеих сторон для достижения нужного результата, которое согласно (6) равно:

$$t_1 = \frac{2.5}{x_m\left[k_2 + k_0(x_m - y_m)\right]} \qquad (7)$$

Для оценки нашей живучести получим:

$$\frac{x_{m+1}}{x_m} = \exp\left\{\frac{-2.5y_m\left[k_1 + k_0(y_m - x_m)\right]}{x_m\left[k_2 + k_0(x_m - y_m)\right]}\right\} \qquad (8)$$

Рассмотрим теперь второй случай $(l = 2)$ взаимодействия с более сильным противником $(y_m > x_m)$ и при условии развития событий не в нашу пользу из-за $k_2 > k_1$.

Тогда с учетом вынужденной кратковременности противодействия 30% наших сил, которые потеряют свою живучесть, для ухода остальной части из зоны активных действий можно допустить такие оценки:

$$\frac{x_{m+1}}{(0.3x_m)} = 0.1; t_2 = \frac{2.5}{y_m\left[k_1 + k_0(y_m - x_m)\right]}; \qquad (9)$$

$$\frac{y_{m+1}}{y_m} = \exp\left\{\frac{-2.5*0.3x_m\left[k_2 + k_0(0.3x_m - y_m)\right]}{\left[k_2 + k_0(x_m - y_m)\right]}\right\}$$

В третьем случае $(l = 3)$ возможного выравнивания сил, которые вначале были не в нашу пользу $(y_m > x_m)$, но при превышения скорости потерь чужих сил по сравнению с нашими потерями считается достаточным неполное противодействие. Условие возникающего равновесия сил обеих сторон можно отобразить формулой:

$$\begin{aligned} y_{m+1} &= y_m \exp\left\{-x_m\left[k_2 + k_0(y_m - x_m\right]t_3\right\} = \\ &= x_{m+1} = x_m \exp\left\{-y_m\left[k_1 + k_0(x_m - y_m\right]t_3\right\} \end{aligned} \tag{10}$$

Отсюда можно найти искомое время t_3 достижения равновесия при известных значениях x_m, y_m, k_0, k_1, k_2:

$$t_3 = \frac{\ln\left(\dfrac{x_m}{y_m}\right)}{y_m\left[k_1 + k_0(x_m - y_m)\right] - x_m\left[k_2 + k_0(y_m - x_m)\right]} \tag{11}$$

Далее, зная время t_3, легко найти соответствующие ему новые оценки живучести

$$\begin{aligned} x_{m+1} &= x_m \exp\left\{-y_m\left[k_1 + k_0(x_m - y_m\right]t_3\right\}; \\ y_{m+1} &= y_m \exp\left\{-x_m\left[k_2 + k_0(y_m - x_m\right]t_3\right\}. \end{aligned} \tag{12}$$

Полученные формулы (6–12) позволяют произвести расчеты эффективности групповых действий во множестве чередующихся эпизодов на пути движения по назначенному маршруту [2]. Для иллюстрации этой возможности, приведем показанный на рисунке пример измерения живучести группы БЛА при сближении с тремя группами наземных объектов.

Заключение

Предложенная модель потери живучести БЛА при противодействии позволяет более адекватно учесть возможности выполнения задач разведки с учетом вероятных потерь.

В работе изучен вариант многократного использования БЛА, другой вариант их однократного действия либо с ограниченными потерями живучести требуют дополнительных исследований.

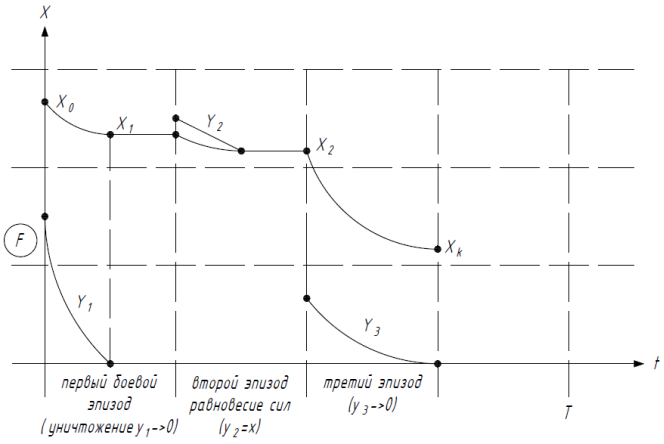


Рисунок. Оценка эффективности активных действий в различных эпизодах и их отображение на экране

Список литературы

1. Лебедев Г.Н., Михайлин Д.А. Экспертная система распределения целей с помощью нейронной сети // Сборник тезисов докладов III Всероссийской научно-технической конференции «Моделирование авиационных систем». – М. : ГосНИИАС. – 2018. – С. 330.

2. Лебедев Г.Н., Михайлин Д.А., Царева О.Ю., Гончаренко В.И. Решение задачи маршрутизации полета группы беспилотных летательных аппаратов при соблюдении заданного графика наблюдения наземных пунктов // Сборник трудов XXVII Международной научно-технической конференции «Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации». г. Алушта. 2018. – С. 143.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 17-29-03185).

Методика поддержки принятия метеозависимых решений на применение авиации

Г. Н. Бакаев, e-mail: bakaev074@gmail.com
И. В. Круссер

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе представлена возможность повышения эффективности применения авиационных подразделений на основе разработки методики принятия метеозависимых решений на применение авиации на базе метода линейного программирования в исследовании операций.*

Ключевые слова: *повышение эффективности, качества, оптимальное целераспределение, боевой потенциал.*

Введение

В настоящее время существующий подход к распределению авиации по задачам не в полной мере удовлетворяет требованиям лиц принимающих решение в связи с отсутствием учета метеорологических факторов. Данный факт оказывает негативное воздействие на уровень эффективности и безопасности боевого функционирования авиационных подразделений. Выход из этого положения в работе найден путем применения прогностических метеорологических данных как входных параметров динамической модели принятия решений. При организации и выполнении поставленных задач необходимо осуществить предварительную оценку вероятности их выполнения, связанных с воздействием внешних факторов, и на базе полученной информации спланировать мероприятия, которые способны обеспечить снижение величины данного риска.

Вопросы повышения эффективности применения авиации рассматриваются в работах Е.С. Вентцель [1]. Данные расчеты выполнялись без учета влияния метеорологических условий, то есть для применения авиационных подразделений в простых метеорологических условиях.

© Бакаев Г. Н., Круссер И. В., 2019

1. Постановка задачи

Из анализа опыта поддержки принятия метеозависимых решений при ведении боевых действий в локальных войнах и вооруженных конфликтах на применение авиации возникает противоречие между возможностями, определяемыми тактико-техническими характеристиками современных авиационных комплексов, которые определены для стандартных условий атмосферы и возможностями их применения в реальных метеорологических условиях. Разрешение данного противоречия требует решения научной задачи по разработке способа поддержки принятия метеозависимых решений на применение авиации. В прямой задаче оптимального целераспределения оптимизируется аддитивная целевая функция ущерба (1).

$$F(x) = \sum_{j=1}^{S} A_j (1 - \xi_j^{P_{nj} x_j}), \qquad (1)$$

при учете основного ограничения в виде: $N = \sum_{j=1}^{S} x_j$, в (1) $\xi_j = 1 - w_j$, трактуется как вероятность непоражения j-го объекта одним ударным самолетом. $A_j = b_j m_j$ – носители боевой мощи, где b_j – коэффициент боевого потенциала элементарной цели j- го типа; m_j – количество таких целей, составляющих j- й групповой объект удара.

Результатом оптимизации (1) на основе классического метода условного экстремума, является аналитическое выражение вида:

$$x_1 = \frac{1}{\sum_{j=1}^{S} \frac{P_{n_1} K_1}{P_{n_1} K_1}} \left[N - \sum_{j=2}^{S} \frac{1}{P_{n_i} K_i} \ln \frac{B_i}{B_1} \right],$$

$$x_j = \frac{P_{n_1} K_1}{P_{n_j} K_j} \left(x_1 - \frac{1}{P_{n_1} K_1} \ln \frac{B_j}{B_1} \right), \qquad \text{для } (j = 2,S) \qquad (2)$$

В системе формул (2) $K_j = \ln(1 - w_j) = \ln \xi$; $B_j = A_j K_j P_{n_j}$.

2. Методические аспекты принятия метеозависимых решений

Планируется удар полком самолетов в количестве $N = 32$ самолетов по трем групповым целям противника: танкам, самоходной артиллерии и мотопехоте на БТР, составляющим часть оперативного резерва.

Задача. Получить оптимальный вариант распределения самолетов по трем объектам удара, т.е. вектор и оценить его эффективность по математическому ожиданию поражаемой силы противника, выражаемой в единицах боевого потенциала. Числовые исходные данные задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1

Данные задачи за группировку противника и ударную группировку своей авиации

№ п/п	Гр. цель	К-во целей (m)	Коэф. боевого потенциала	Вероятность преодоления ПВО (Pn)	Ударные самолеты	
					Боевая зарядка (K)	Вероятность поражения (Pp)
1	Танки	30	2,4	0,94	4	0,32
2	САУ	36	1,6	0,92	4	0,42
3	БТР	50	0,9	0,95	4	0,54

По формуле $w_j = \frac{m_j}{m_j} 1 - (1 - \frac{P_j}{m_j})^K$ определяем относительные ущербы, наносимые одним самолетом с заданной боевой зарядкой каждой из групповых целей: $w_1 = 0{,}0419$; $w_2 = 0{,}0458$; $w_3 = 0{,}0425$.

По формуле $A_j = b_j m_j$ определяем важности групповых целей, выраженные в единицах боевой силы, носителями которой они являются: $A_1 = 72$; $A_2 = 57{,}6$; $A_3 = 45$.

По формуле $K_j = \ln(1 - w_j)$ находим условные коэффициенты эффективности: $K_1 = -0{,}0428$; $K_2 = -0{,}0469$; $K_3 = -0{,}0434$.

По формуле $B_j = A_j K_j P_{n_j}$. определяем обобщенные важности целей: $B_1 = -2{,}903$; $B_2 = -2{,}487$; $B_3 = -1{,}856$.

По первой формуле системы (2) вычисляем оптимальный наряд ударных самолетов по 1-й групповой цели (скопление танков, САУ, БТР): $x_1 = 15{,}94$; $x_2 = 11{,}3$; $x_3 = 4{,}74$.

Искомый вектор оптимального целераспределения имеет следующий вид: $X = \{16{,}4; 11{,}35; 4{,}5\} = \{16; 11; 5\}$

При таком использовании бомбардировщиков величина ущерба наносимого объектам удара, рассчитанная по формуле (1) максимальна и равна:

$$\max F = 72 \times \left(1 - 0{,}977^{0{,}94 \times 16}\right) + 57{,}7 \times \left(1 - 0{,}963^{0{,}92 \times 11}\right) +$$
$$45 \times \left(1 - 0{,}974^{0{,}95 \times 5}\right) = 64{,}947 \approx 65$$

65 единицам боевого потенциала, что составляет 37,2 % от суммарной боевой мощи группировки войск противника. От ущерба в единицах боевого потенциала по формуле: $m_j = \frac{f_j}{b_j}$. Таким образом, можно перейти к ущербу в исходных боевых единицах: $m_1 = 14{,}5$; $m_2 = 13{,}64$; $m_3 = 9{,}22$. Ущерб в единицах боевой техники составит: танков – от 14 до 15 единиц; САУ – от 13 до 14 единиц; БТР – 9 единиц. Эффективность удара, оцениваемая приведенными значениями ущерба, является максимальной и никаким другим вариантом целераспределения увеличена быть не может. Для оптимизации распределения авиационного ресурса в зависимости от метеорологических условий необходимо определить вероятность визуального обнаружения объектов воздействия в зависимости от значений высоты нижней границы облачности и горизонтальной (полетной) видимости.

Зависимость вероятности визуального обнаружения объектов воздействия от этих метеорологических факторов выражается экспоненциальным законом распределения, с функциональной зависимостью (для высоты нижней границы облаков $y = \left(1 - e^{-((x-200)/100)}\right)$, с заданными граничными условиями $200 \le x \le 700$; для полетной дальности видимости $y = \left(1 - e^{-((x-2000)/1000)}\right)$, с заданными граничными условиями $2000 \le x \le 7000$ ограничения задаются исходя из типа применяемых авиационных средств поражения и значений расчета длинны боевого пути по формуле:

$$S_{бп} = A_0(D_n) + V \times t_{пр}$$

где $A_0(D_n) = V \times T - 0.2H$ – дальность относа АБ (дальность пуска), V – скорость полета, H – высота полета, $t_{пр}$ – время принятия решения, $T = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ – время падения АБ.

Оценив зависимость вероятности обнаружения воздействия от значений высоты нижней границы облачности и горизонтальной (полетной) видимости объектов (графическое представление на рисунке 1 и 2) по формуле:

$$P_{HV} = P_H \times P_V = \left(1 - e^{-((H-200)/100)}\right) \times \left(1 - e^{-((H-2000)/1000)}\right)$$

определяется значения вероятности обнаружения. Оценив высоту

нижней границы облачности и дальность видимости в районах целей определяется вероятность их поражения в районах с определенными метеорологическими условиями: №1 –300×4.0; №2 – 400×5.0; №3 – 300×6.0. Для района №1. P_{HV} = 0,55. Для района №2. P_{HV} = 0,82. Для района №3. P_{HV} = 0,62.

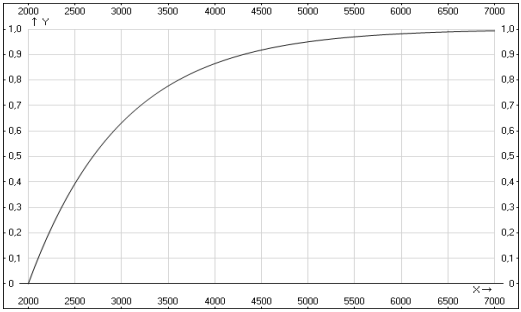


Рис. 1. Вероятность визуального обнаружения объекта воздействия от значений горизонтальной (полетной) видимости

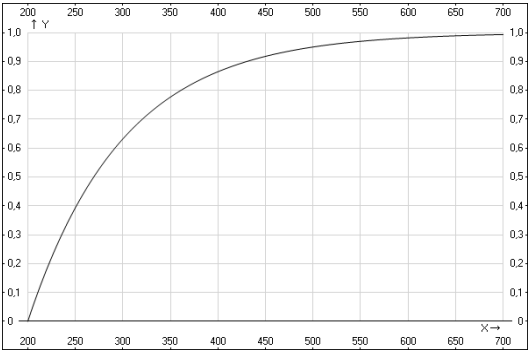


Рис. 2. Вероятность визуального обнаружения объекта воздействия от значений высоты нижней границы облачности

С учетом метеорологических условий определяются исходные числовые данные, представленные в табл. 2. Вероятность поражения с учетом влияния метеорологических условий определяется как произведение вероятностей: $P_{MУ} = P_{HV} \times P_P$. Значения $P_{MУ}$ в каждом районе: №1. $P_{MУ}$ = 0,17, №2. $P_{MУ}$ = 0,34, №3. $P_{MУ}$ = 0,33. Задача определения эффективного целераспределения самолетом с заданной боевой зарядкой каждой из групповых целей: w_1 = 0,023; w_2 = 0,037; w_3 = 0,026. Важности групповых целей: A_1 = 72; A_2 = 57,6; A_3 = 45.

Таблица 2

Данные задачи за группировку противника и ударную группировку своей авиации с учетом метеорологических условий

№ п / п	Гр. цель	К-во целей (m)	Коэф. боевого потенциала	Вероятность преодоления ПВО (Pn)	Ударные самолеты		МУ/P_{HV}
					Боевая зарядка (К)	Вероятность поражения (Pp)	
1	Танки	30	2,4	0,94	4	0,32	300x 4/0,55
2	САУ	36	1,6	0,92	4	0,42	400x 5/0,82
3	БТР	50	0,9	0,95	4	0,54	300x 6/0,62

Условные коэффициенты эффективности: K_1 = -0,0235; K_2 = -0,0386; K_3 = -0,027. Обобщенные важности целей: B_1 = -1,594; B_2 = -2,045; B_3 = -1,156. Оптимальный наряд самолетов по групповой цели в первом районе: x_1 = 15,07; x_2 = 16,41; x_3 = 0,5. Искомый вектор оптимального целераспределения с учетом метеорологических условий в различных районах имеет следующий вид: $X = \{15,7;16,41;0,5\} = \{15;16;1\}$. Наиболее оптимальным распределение будет таким (15;16;1). С учетом заданных метеорологических условий ущерб наносимый объектам удара равен:

$$\max F = 72 \times \left(1 - 0,977^{0,94 \times 15}\right) + 57,7 \times \left(1 - 0,963^{0,92 \times 16}\right) +$$
$$45 \times \left(1 - 0,974^{0,95 \times 1}\right) = 46,46$$

Ущерб в единицах боевой техники составит: m_1 = 8,5; m_2 = 15,9; m_3 = 0,64. Танков – от 8 до 9 единиц. САУ – от 15 до 16 единиц. БТР – до 1 единицы.

Заключение

Таким образом, сравнив полученные значения можно сделать вывод о необходимости учета влияния метеорологических условий при распределении авиационного ресурса по объектам удара. Количество выделяемого наряда сил зависит от важности цели и метеорологических условий в районе ее поиска. Если не учитывать метеорологические условия, то ущерб уменьшится на 13,3 %.

Список литературы

1. Вентцель, Е.С. Введение в исследование операций : учебник для вузов / Е.С. Вентцель.: М. : Советское радио, 1964. – 386 с.

Моделирование размерной зависимости колебательного спектра дислокационного сегмента

И. Л. Батаронов, e-mail: ibat@mail.ru
В. В. Дежин, e-mail: viktor.dezhin@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Выполнено компьютерное построение поверхностей уровня действительной и мнимой частей обобщенной восприимчивости дислокационных осцилляторов. Найдены зависимости нормированных значений собственных частот и коэффициентов затухания колебаний дислокационного сегмента от его длины.*

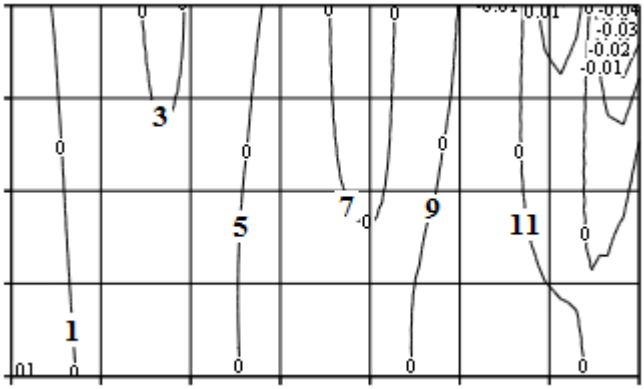
Ключевые слова: *моделирование, дислокационный сегмент, обобщенная восприимчивость, колебательный спектр.*

Для описания колебаний дислокационного сегмента была предложена модель струны [1], которая получила дальнейшее развитие в работах [2, 3]. Однако эта модель имеет некоторые недостатки, в частности, как отмечено в [4], параметры модели струны фактически не являются локальными характеристиками дислокации. В работе [5] с использованием лагранжевого формализма выведены нелокальные уравнения, описывающие малые колебания упругой среды с дислокацией произвольного вида. Эти уравнения в дальнейшем были использованы авторами для нахождения матричных элементов обобщенной восприимчивости дислокационного сегмента [6, 7] и исследования ориентационной зависимости его колебательного спектра [8]. В настоящей работе исследуется зависимость колебательного спектра дислокационного сегмента от его длины.

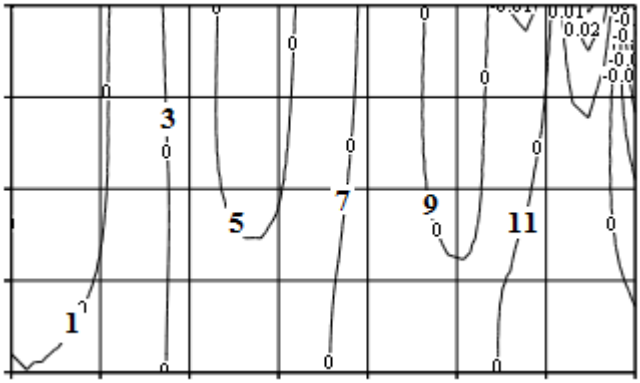
Действительная часть колебательного спектра $\mathrm{Re}(\omega - i\gamma) = \omega$ представляет собой собственные частоты колебаний дислокационного сегмента, а мнимая часть колебательного спектра $-\mathrm{Im}(\omega - i\gamma) = \gamma$ – коэффициенты затухания колебаний дислокационного сегмента. В работе исследованы нормированные частоты колебательного спектра: $\widetilde{\omega}_n = \mathrm{Re}(\omega_n - i\gamma_n)L/c_t = \omega_n L/c_t$ и $\widetilde{\gamma}_n = -\mathrm{Im}(\omega_n - i\gamma_n)L/c_t = \gamma_n L/c_t$, где L – длина дислокационного сегмента, c_t – скорость поперечных звуковых волн. Использовались нормированные длины сегмента $\widetilde{L} = \ln(e^C L/\lambda)^2$, где λ – полуширина дислокации, $C \approx 0{,}577$ –

© Батаронов И. Л., Дежин В. В., 2019

постоянная Эйлера. Значения $\widetilde{\omega}$ и $\widetilde{\gamma}$ для различных номеров частот находились из решения уравнения $B(\widetilde{\omega}-i\widetilde{\gamma})=0$, где $B(z)$ – матрица обратных обобщенных восприимчивостей дислокационного сегмента. На рис. 1, 2 изображены поверхности уровня матрицы $B(z)$ для винтовой дислокации и числами обозначены номера полюсов обобщенной восприимчивости.



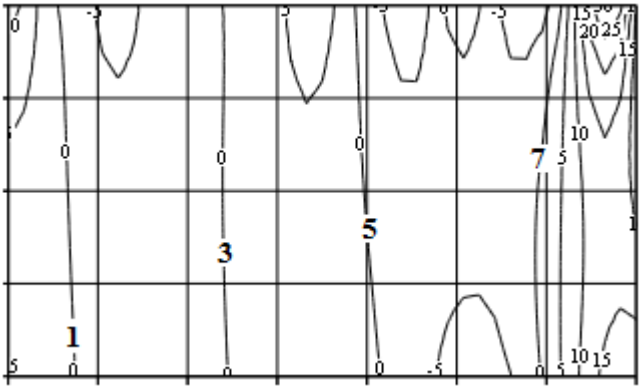
а



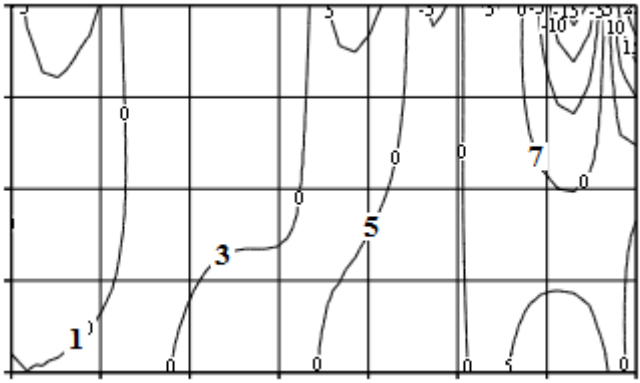
б

действительная (а) и мнимая часть (б)

Рис. 1. Обратная обобщенная восприимчивость при $\widetilde{L}\approx 10{,}4$



а



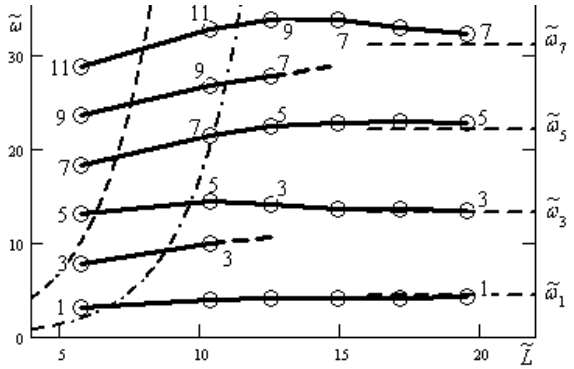
б

действительная (а) и мнимая часть (б)

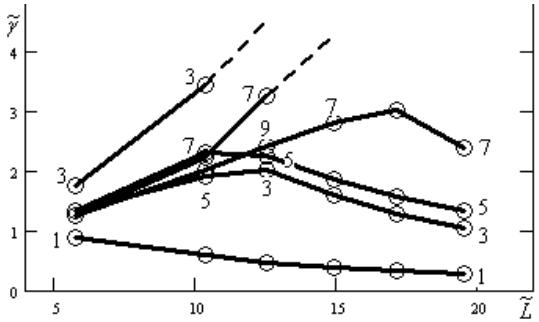
Рис. 2. Обратная обобщенная восприимчивость при $\widetilde{L} \approx 15$

Для четных номеров полюсов обобщенной восприимчивости получены аналогичные графики. Из рисунков видно, что происходит трансформация полюсов обобщенной восприимчивости дислокационных осцилляторов. Полюс, отвечающий третьей частоте, уходит в область высокого затухания, а на его место приходит полюс, отвечающий пятой частоте. Для следующих частот происходит соответствующий сдвиг. Затем уходит полюс, отвечающий седьмой частоте, и опять происходит сдвиг полюсов. Всего были исследованы 6

различных значений нормированной длины дислокационного сегмента, получены 6 рисунков (рис. 1 и 2 – два из них) и на их основе построены зависимости нечетных частот колебаний и соответствующих коэффициентов затухания от длины сегмента (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Зависимость собственных частот колебаний (а) и коэффициентов затухания колебаний (б) сегмента винтовой дислокации от его длины

Из рис. 3,а видно, что частоты при $L \to \infty$ стремятся к предельным значениям $\widetilde{\omega}_n = \sqrt{2}n\pi$, так как $c_d / c_t = \sqrt{2}$ для винтовой дислокации [9], при этом коэффициенты затухания стремятся к нулю (рис. 3,б). Штриховая кривая на рис.3,а определяет границу дебаевских частот, поэтому точки, расположенные левее этой кривой не имеют реального физического смысла. В данной работе они оставлены в качестве

начальных. Между штриховой и штрихпунктирной кривыми расположена область, в которой следовало бы учитывать сильную дисперсию упругих колебаний кристалла.

В заключение отметим, что трансформация полюсов обобщенной восприимчивости дислокационных осцилляторов, обнаруженная в данном исследовании, наблюдалась в случае винтовой дислокации. Для краевой (90º-й) и смешенной (45º-й) дислокаций трансформации полюсов не наблюдалось. Это согласуется с результатами исследования ориентационной зависимости колебательного спектра [8]. Авторы предполагают, что эти отличия связаны с наличием квазилокальных ветвей колебаний винтовой дислокации [9].

Список литературы

2. Koehler, J. S. The influence of dislocations and impurities on the damping and the elastic constant of metal single crystals / J. S. Koehler // Imperfections in Nearly Perfect Crystals. – N. Y.: Wiley, 1952. – P. 197-216.
3. Granato, A. Theory of mechanical damping due to dislocations / A. Granato, K. Lücke // J. Appl. Phys. – 1956. – V. 27. – P. 583-593.
4. Granato, A. Application of dislocation theory to internal friction phenomena at high frequencies / A. Granato, K. Lücke // J. Appl. Phys. – 1956. – V. 27. – P. 789-805.
5. Косевич, А. М. Дислокации в теории упругости / А. М. Косевич. – Киев: Наук. думка, 1978. – 220 с.
6. Батаронов, И. Л. Влияние центров пиннинга и рельефа Пайерлса на обобщенную восприимчивость дислокаций в реальных кристаллах / И. Л. Батаронов, В. В. Дежин, А. М. Рощупкин // Изв. РАН. Сер. Физическая. – 1993. – Т. 57, № 11. – С. 97-105.
7. Батаронов, И. Л. О колебаниях дислокационного сегмента / И. Л. Батаронов, В. В. Дежин // Вестник Тамбовского университета. Сер: Естеств. и техн. науки. – 2013. – Т. 18, вып. 4, ч. 2. – С. 1566-1567.
8. Bataronov, I. L. The generalized susceptibility of dislocation segment in nondissipative crystal / I. L. Bataronov, V. V. Dezhin // J. of Physics: Conf. Ser. – 2016. – V. 738. – 012108.
9. Bataronov, I. L. Orientation dependence of the dislocation segment vibration spectrum / I. L. Bataronov, V. V. Dezhin // J. of Physics: Conf. Ser. – 2018. – V. 1141. – 012070.
10. Bataronov, I. L. On the natural small vibrations of dislocation in an isotropic medium / I. L. Bataronov, V. V. Dezhin // J. of Physics: Conf. Ser. – 2017. – V. 936. – 012035.

Разработка модели влияния облачных образований на дальность обнаружения воздушных целей наземным оптико-визуальным наблюдателем

С. Н. Башлыков e-mail: bashlykov.sergey@mail.ru
В. В. Андронников
Б. В. Мозиков

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *На основе вероятностного подхода разработана модель обнаружения объекта при энергетическом ослаблении отраженного сигнала излучения на маршруте "объект-наблюдатель" и влияния опасных явлений погоды на формирование освещенности объекта, рассеянного облаками и дымкой.*

Ключевые слова: *облачные образования, видимый контраст, альбедо.*

Введение

На основе теории переноса излучения в двухпотоковом приближении исследование влияния наиболее характерных для европейской территории облачных образований, формируемых в нижней тропосфере на возможности обнаружения самолета наземным оптико-визуальным наблюдателем (ОВН). Показано, что облака нижнего яруса типа (Sc, Ns) и вертикального развития (Cu), расположенные между самолетом и ОВН, полностью исключают возможность его обнаружения. Дальность обнаружения самолета, совершающего полет внутри облаков, при изменении высоты полета от нижней границы облачности от 3 до 30 метров уменьшается по сравнению с дальностью его обнаружения при отсутствии облаков в среднем от 2 до 5 раз.

Одним из факторов, влияющих на безопасность полетов самолетов, являются облака, туманы, осадки и др., которые, с одной стороны, ухудшают видимость взлетно-посадочной полосы, а, с другой стороны, уменьшают дальность обнаружения самолета наземными ОВН.

Целью данной статьи является исследование влияния наиболее характерных для европейской территории облачных образований, формируемых в нижней тропосфере на возможности обнаружения самолета наземным ОВН.

© Башлыков С. Н., Андронников В. В., Мозиков Б. В., 2019

1. **Разработка модели**

Механизм влияния ОЯП на возможности обнаружения самолета заключается в энергетическом ослаблении отраженного от объекта излучения на трассе "объект-наблюдатель" и влиянии на формирование освещенности объекта излучения, рассеянного облаками и дымкой.

В соответствии с [1] вероятность обнаружения объекта определяется из соотношения

$$P_0 = F(q - q_n), \tag{1}$$

где

$$F(x) = 1/\sqrt{2\pi}\int_{-\infty}^{x} e^{-t^2/2}dt$$

$$F(x) = 1/\sqrt{2\pi}\int_{-\infty}^{x} e^{-t^2/2}dt,$$

q – отношение сигнал/шум, q_n – порог обнаружения.

При наблюдении самолета ОВН отношение сигнал/шум определяется как [1]

$$q^2 = \frac{Ad^2(L)SK^2Q^2T}{\left(1+62d^2\left(B_\phi\right)tB_\phi\right)D^2}, \tag{2}$$

где $\tau_1^{'}, \tau_1^{''}$; d – диаметр зрачка глаза; T – время накопления глаза; S – площадь видимой проекции поверхности самолета, K – максимальное по абсолютной величине значения видимого контраста самолета; Q – параметр формы объекта $(Q \approx 1)$, B_ϕ – видимая яркость фона; t – постоянная времени глаза; D – дальность между самолетом и наземным ОВН.

Из (2) следует, что характеристикой, зависящей от ОЯП, является видимый контраст самолета, формируемый на входе ОВН и определяемый в виде

$$K = \frac{B_{об} - B_\phi}{B_\phi}, \tag{3}$$

где $B_{об}$, – видимая (в плоскости наблюдателя) яркость объекта.

Вертикальные профили интенсивности излучения в каждом из слоев определяются при условии их непрерывности излучения на облачных границах. Интенсивности излучения в подоблачном слое

определяются из решения уравнения переноса для безоблачной атмосферы [2] при условии, что снизу она ограничена системой "облачный слой + подстилающая поверхность". Восходящие и нисходящие потоки радиации в облачном слое определяются на основе двухпотокового приближения [3, 4].

Расчет потоков в подоблачном слое проводится при условии, что сверху он освещается диффузным излучением облачного слоя, а снизу ограничен подстилающей поверхностью с альбедо, равным $A_з$.

Оценки влияния ОЯП на возможности обнаружения самолета применительно к рассматриваемым ситуациям проводились для облачных образования, оптико-геометрические характеристики которых приведены в таблице [4].

Таблица

Оптико-геометрические характеристики облаков

Основные характеристики	Типы облаков		
	Слоисто-кучевые (Sc)	Слоисто-дождевые (Ns)	Кучевые (Cu)
Средняя оптическая толщина, τ_2	18	30	70
Средняя высота НГО, м	600	400	600
Геометрическая толщина облака, м	400	1200	1000
Коэффициент рассеяния излучения, σ, км$^{-1}$	45	29	70

Альбедо подстилающей поверхности (A_3) в летних условиях принималось равным 0,2, а в зимних условиях – 0,8.

Считалось, что обнаружение самолета осуществляется визуальным наблюдателем, имеющим следующие характеристики:

$$-d = 2\times10^{-3}$$ м; -T=0,2 с; -t=0,07 с.

В качестве объекта рассматривался самолет, окрашенный серой однотонной краской с коэффициентом отражения ρ=0,5 и размерами: – длина фюзеляжа – 27 м; – размах крыла – 14,7 м.

В результате получено, что при полете самолета над облаками всех рассматриваемых типов вероятность его обнаружения наземным ОВН близка к нулю независимо от угла визирования. Это обусловлено значительной оптической толщиной облаков, ослабляющих отраженное от самолета излучение более, чем на порядок.

При полете самолета в подоблачном слое дальность его обнаружения ОНВ (при вероятности обнаружения, равной 0,9) составила в летний период (облака Cu, Sc) 4-5 км а в зимний период (облака Ns) ~ 3 км.

При наличии дождя дальность снижается до 3,5-4,5 км, а при снегопаде ~ до 2,3 км.

При полете самолета внутри облачного слоя дальность его обнаружения зависит от высоты полета над нижней границей облачности. Так, при высоте полета над нижней границей облаков, составляющей 3 м, дальность его обнаружения ОВН составила ~ 3,5 км, а при подъеме на высоту 30 м от нижней границы облачности ~ 1,5 км.

Для сравнения влияния ОЯП на возможности обнаружения самолета наземным ОВН была оценена дальность его обнаружения совершающего при полете на высотах 400-600 м в безоблачную погоду. В результате получено, что средняя дальность обнаружения в отсутствии ОЯП составила ~ 7 км.

Заключение

Таким образом, в зависимости от степени воздействия ОЯП на ОВН возможности его по обнаружению самолета изменяются следующим образом.

1 Облака нижнего яруса типа (Sc, Ns) и вертикального развития (Cu), расположенные между самолетом и ОВН, полностью исключают возможность его обнаружения.

2 Дальность обнаружения самолета, совершающего полет под облаками рассматриваемых типов в условиях плотной подоблачной дымки, дождя или снега по сравнению с дальностью его обнаружения при отсутствии облаков в среднем уменьшается ~ в два раза.

3 Дальность обнаружения самолета, совершающего полет внутри облаков, при изменении высоты полета от нижней границы облачности от 3 до 30 метров уменьшается по сравнению с дальностью его обнаружения при отсутствии облаков в среднем от 2 до 5 раз.

Список литературы

1. Обнаружение и распознавание пространственно-протяженных объектов по их изображениям. // Научно-методические материалы. – 5 ЦНИИИ МО РФ, 2001. – 184 с.

2. Соболев В.В. Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет. – М. : Гостехиздат, 1956. – 391 с.

3. Потоки солнечного излучения и облака / Фейгелсон Е.М. [и др.] – Л. : Гидрометеоиздат, 1978. – 280 с.

4. Оптическая погода / Зуев В.Е., Белан Б.Д. [и др.] – М. : Наука, 1988. – 289 с.

Методическое обеспечение построения непрерывной шкалы количественных и качественных измерений в системе поддержки принятия метеозависимых решений

С. Н. Башлыков, e-mail: bashlykov.sergey@ mail.ru
А. В. Самсонов, e-mail: sinoptik78@mail.ru1,
Д. С. Степанов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Для обеспечения поддержки принятия метеозависимых решений в условиях метеорологической неопределенности разработана методика согласования результатов количественных и качественных измерений, что позволяет строить системы нечетких продукционных правил, выступающих инструментом управления выполнения авиационных задач.*

Ключевые слова: *Поддержка принятия решений, функция принадлежности, продукционные правила.*

Введение

В настоящее время выполнение авиационных задач в любой сфере деятельности связано с двумя группами факторов: характеристиками авиационной системы (уровнем подготовки летного состава, техническое оснащение летательного аппарата, оборудование аэродромов) и метеорологическими условиями (высота облачности, видимость, сила ветра и т.п.) [1].

Обозначим метеорологические условия как вектор x, характеристики авиационной системы как вектор u. Существуют определенные нормативы соответствия между x и u, позволяющие обеспечить допустимость выполнения авиационной задачи. Для гражданской авиации понятие допустимости связано с гарантией безопасности пассажиров. В военной авиации допустимость связана с вероятностью выполнения поставленной задачи.

Уровень заданной вероятности P является компромиссом между безопасностью полета и необходимостью выполнения задач. Задача лица, принимающего решение (ЛПР) состоит в выборе таких значений

© Башлыков С. Н., Самсонов А. В., Степанов Д. С., 2019

компонент вектора u, которые при текущих метеоусловиях x обеспечивают достижение заданной вероятности P. Символически модель выбора можно представить в виде соответствия

$$F : X \times U \to P, \tag{1}$$

где X и U – множества значений характеристик метеорологических условий и авиационной системы соответственно.

Построение математической модели соответствия (1) практически нереализуемая задача вследствие наличия высокого уровня неопределенности значений характеристик обоих типов. В таких условиях адекватным представлением отображения (1) может быть система нечетких продукционных правил, составленная на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики [3]:

$$\begin{array}{l} \textit{если } x_1 \in \tilde{\ } \quad \tilde{\ } \quad \tilde{\ } \\ \textit{то } y^j \in \tilde{\ } \quad), \quad \textit{для всех} \quad j = 0,...,n \end{array} \tag{2}$$

С точки зрения организации вывода бывает необходимо представлять функцию принадлежности на непрерывном несущем множестве. Это позволяет не только повысить качество измерений, но и дает возможность получения аналитических решений.

Несущим множеством характеристик метеорологических условий является тот или иной отрезок числовой оси. Построение такой непрерывной функции принадлежности не вызывает затруднений. Иначе обстоит дело с построением непрерывной функции для дискретных характеристик авиационной системы. Например, основные и запасные аэродромы подразделяются на классы в зависимости от инженерно-технического оснащения, квалификация летного состава задается четырьмя классами и отсутствием классности и т.д. В этом случае для перехода от дискретных классов к непрерывному аргументу можно использовать метод парных сравнений [4].

Таким образом, построение непрерывной функции принадлежности дискретных характеристик авиационной системы – задача предлагаемого исследования.

Теоретический анализ

Понятие классификации объекта – нечеткое понятие (нечеткое подмножество, нечеткий класс) в том смысле, что к каждому классу относится множество объектов, причем реальная степень соответствия классу каждого из этих объектов различна и может быть задана функцией принадлежности таким образом, что допускается пересечение со смежными классами (рис. 1).

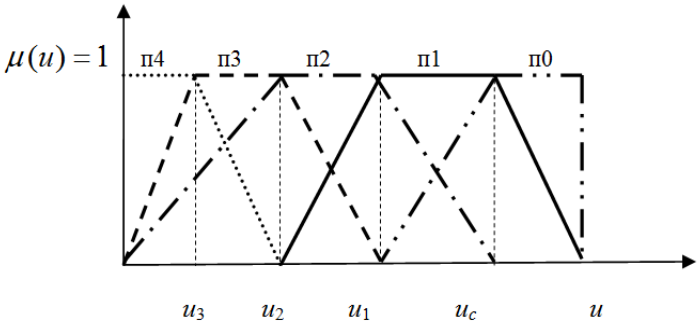


Рис. 1. Пример функции принадлежности классов объектов

Здесь u_i – значение классификации, определяющее нижнюю границу i -го четкого класса.

Как известно, шкала классификаций не определяет расстояние между классами, которое необходимо для построения непрерывной шкалы. Задать расстояние между классами можно с помощью метода парных сравнений, превратив классификационную шкалу квалификаций в непрерывную числовую шкалу квалификации. Реализация метода парных сравнений позволит получить, например, нижние границы четких классов квалификации на непрерывной шкале в виде отрезка $[0;1]$ и получить численные значения u_i (рис. 1) [4].

Для размещения обобщенной сравнительной оценки классов на шкале [0;1] необходимо оценить расстояния между классами. Для этого строится иерархия целей ранжирования. В качестве промежуточных целей выбираются признаки классов (рис.2). В качестве шкалы сравнений выбирается шкала Саати [4]. Далее строятся матрицы парных сравнений, желательно с привлечением группы экспертов для большей обоснованности оценки. Также матрица парных сравнений строится для выбранных признаков классификации с точки зрения их значимости для классификации.

Проверяется согласованность мнений экспертов с точки зрения сохранения свойства транзитивности. Для этого вычисляется индекс согласованности

$$I = (\lambda_{\max} - n)/(n-1), \qquad (3)$$

где n – размерность квадратной матрицы. Если индекс согласованности $I \le 0{,}1$, то считается что матрица обеспечивает транзитивность сравнений.

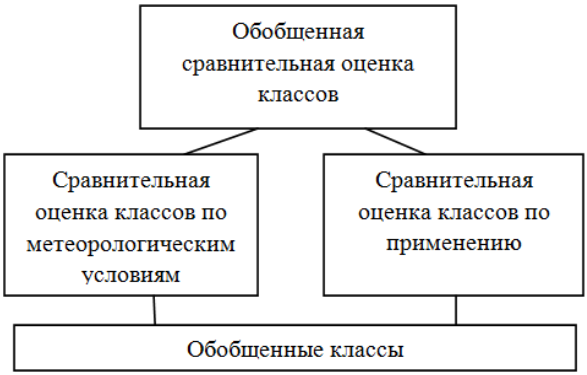


Рис. 2. Иерархия сравнительных оценок классов

Обобщенный собственный вектор, определяющий порядок и расстояние между классами, вычисляется по формуле

$$x = \left\| x_{нал}\ x_{му} \right\| \cdot x_к , \qquad (4)$$

где где $x_{нал}; x_{му}; x_к$ – собственные вектора соответствующих матриц.

Компоненты полученного собственного вектора необходимо нормализовать по формуле $u_i = (x_i - x_{i\min}) / x_{i\max}$.

Нормализованные компоненты полученного обобщенного собственного вектора рассматриваются как оценки нижних границ классов – u_i (рис.1). Это позволяет эксперту расположить функции принадлежности нечетких классов на шкале $[0;1]$ обоснованно, не противореча государственным классам.

Далее необходимо уникальному идентификатору (табельный номер или № п/п) каждого объекта поставить в однозначное соответствие его числовое значение на непрерывной шкале квалификации u, что позволит вычислять значение функции принадлежности $\mu_A(u)$ к нечетким классам квалификации A. Построение этого соответствия осуществляется методом парных сравнений. Однако составить одну общую матрицу парных сравнений для всех объектов невозможно из-за

ограничений дискретности ранжирования на шкале сравнений Саати. Необходим алгоритм парного сравнения для отдельных групп объектов, с последующим «сшиванием» результатов сравнения смежных классов.

Предлагается следующий алгоритм размещения объектов классификации на шкале u. Пусть множество элементов авиационной системы сегментировано в виде пересекающихся групп образованных объединением смежных классов: $\{n_1, n_2\}$; $\{n_2, n_3\}$; $\{n_3, n_4\}$; $\{n_4, n_5\}$. Для каждой группы элементов составляется своя матрица парных сравнений, вычисляется индекс согласованности, I и собственный вектор $x = (x_1, ..., x_m)$, m – количество элементов в группе, задающий порядок квалификации этих объектов. Примем наибольшую координату вектора в качестве верхней границы шкалы, на которой задан искомый порядок. Нижней границей шкалы естественно принять ноль. Тогда размещение координат вектора приоритетов на произвольной шкале будет задаваться параметрами α_j следующей выпуклой линейной комбинации границ шкалы:

$$x_j = x_{\min} + \alpha_j (x_{\max} - x_{\min}); \quad j = 1, ..., m. \tag{5}$$

В нашем случае $x_j = 0 + \alpha_j (x_{\max} - 0); \quad j = 1, ..., m$.

Зная координаты вектора приоритетов – x_j, можно вычислить значения α_j по простой формуле

$$\alpha_j = x_j / x_{\max}. \tag{6}$$

Фиксированное значение α_j обеспечит неизменность расположения j-ой координаты относительно других координат, при переходе к новой шкале [5].

Теперь порядок квалификации в каждой группе можно переносить на соответствующий сегмент шкалы u. Границы сегмента будут определяться значениями, полученными после нормализации результатов парных сравнений классов по формуле (5).

Перекрытие классов $\{n_1, n_2\}$; $\{n_2, n_3\}$; $\{n_3, n_4\}$; $\{n_4, n_5\}$ позволит более обоснованно произвести их «сшивку» на общей шкале, например, вычислением среднего арифметического значений приоритетов. Основные шаги и результаты алгоритма удобно представлять в форме таблицы.

Таблица

Результаты переноса координат векторов приоритетов

М-во объектов	Векторы приоритетов на шкале [0;1]				
	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	Итоговые координаты
$А_1$	u_{11}				u_{11}
…	…				
$Сп_2$	u_{1n}	u_{2n}			$u_{12}=\frac{u_{1n}+u_{2n}}{2}$
…		…			
$Iп_3$		u_{2k}	u_{3k}		$u_{23}=\frac{u_{2k}+u_{3k}}{2}$

Заключение

Полученная методика классификации объектов авиационной системы на непрерывной шкале измерений позволяет получать классы характеристик авиационной системы согласованные с нормативно-правовыми документами. Это позволяет строить системы нечетких продукционных правил, как инструмент управления выполнением авиационных задач в различных метеорологических условиях. В частности, управление состоит в выборе такого ресурса авиационной системы при фактически наблюдаемых метеорологических условиях, который обеспечит максимум вероятности выполнения поставленной авиационной задачи.

Список литературы

2. Системы метеорологического, экологического и аэрокосмического мониторинга. Монография / Под ред. В.В. Михайлова. – М.: Радиотехника, 2015. – 184 с.

3. Матвеев М.Г., Михайлов В.В. Управление организационно-технической системой в условиях метеорологической неопределенности. Монография. – Воронеж: ВВАИУ, 2006. – 147 с.

4. Нечеткие модели и сети /В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов / – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.

5. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с анг. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

6. Радкевич Я.М., Схиртладзе А.Г. Метрология, стандартизация и сертификация. – М.: Юрайт, 2014. – 813 с.

Вероятностная модель обнаружения зон повышенной электрической активности атмосферы при обеспечении полетов авиации

А. С. Белинский, email: bas1405@yandex.ru
И. Е. Кузнецов, e-mail: vaiumet@mail.ru
М. А. Логвиненко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Получена вероятностная модель возможности диагностирования и прогнозирования зон с повышенной электрической активностью в атмосфере, которая позволяет дистанционно оценивать величину заряда при проведении радиолокационных наблюдений, для обеспечения безопасности функционирования авиационной системы.*

Ключевые слова: *авиационная система, электрически активные зоны, радиолокационная отражаемость.*

Введение

Актуальность проблемы обнаружения зон с повышенной электрической активностью в атмосфере, при метеорологическом обеспечении полётов авиации, на современном этапе обусловлена внедрением композитных материалов в конструкцию планеров и двигателей воздушных судов (ВС). Композиционные материалы, благодаря своим качествам (высокая удельная прочность, возможность комбинирования с различными материалами, малая радиозаметность, снижение общей массы ВС) позволят улучшить летные и эксплуатационные характеристики самолета. Однако повышенная электрическая активность атмосферы все равно будет оказывать влияние на радиоэлектронное оборудование воздушного судна, что может привести к искажению навигационной информации, нарушению работы других агрегатов ВС, и соответственно может привести к аварийным или катастрофическим последствиям.

Целью данной работы является разработка вероятностной модели обнаружения зон с повышенной электрической активностью атмосферы на основе количественной информации для обеспечения безопасности функционирования авиационной системы в метеорологическом отношении.

© Белинский А. С., Кузнецов И.Е., Логвиненко М.А., 2019

1. Вероятность обнаружения электрически активных зон по радиолокационным данным

Наибольшую опасность для функционирования авиационной системы представляют облака конвективного происхождения и связанными с ними опасными для авиации явлениями погоды, но также в последние десятилетия значительно увеличилось число случаев поражения воздушных судов электрическими разрядами в облаках слоистообразных форм [1].

Возможность оценки заряда электрически активных зон будет определяться возможностью обнаружения метеорологических целей существующими метеорологическими радиолокационными станциями (МРЛС).

Вероятность обнаружения метеорологической цели на заданном удалении будет зависеть от следующих факторов:

5. от соотношения мощности отраженного сигнала и мощности шума станции (определяется вероятностью превышения порога чувствительности МРЛ);

6. от вероятности появления в облаках или осадках минимального значения радиолокационной отражаемости, регистрируемой МРЛ на заданном расстоянии;

7. от высоты верхней границы облачности (определяет максимальную дальность проводимых наблюдений из-за наличия радиогоризонта).

Таким образом, вероятность обнаружения электрических активных зон (ЭАЗ) будет определяться выражением:

$$P_{обн}(R) = P_{обн_{зад}}(R) \cdot P_{обн_Z}(R) \qquad (1)$$

8. $P_{обн_{зад}}(R)$ – заданная вероятность обнаружения метеорологической цели на расстоянии R, обеспечиваемая ТТХ РЛС, при условии, что радиолокационная отражаемость метеорологической цели равна $Z\min(R)$;

9. $Z\min(R)$ – минимальное значение отражаемости метеорологической цели, необходимое для ее обнаружения на данном расстоянии R;

10. $P_{обн}\ Z(R) = \int_{Z\min(R)}^{\infty} f(Z)dZ$ - вероятность появления $Z\min(R)$ в облаках данной формы;

1 $F(Z)$ – закон распределения радиолокационной отражаемости в облаках данной формы [2].

Рассмотрим вероятность обнаружения метеорологической цели, обусловленную техническими характеристиками МРЛС и особенностями приема отраженных от метеорологических целей сигналов на фоне внутренних шумов приемников. Эти шумы маскируют отраженный сигнал, который тоже имеет шумовой характер. В связи с этим мощность смеси отраженного от метеорологической цели сигнала и внутренних шумов должна быть больше внутренних шумов, а вероятность превышения порога этой смесью выбирают исходя из практических требований (например $Робн_{зад} = 0{,}99$) [2,3].

Величину минимально обнаруживаемой радиолокационной отражаемости на расстоянии R можно оценить, используя известное уравнение радиолокации

$$P = \frac{5{,}127 \cdot 10^{-17}\, Pt \cdot G^2 \Theta_{\Gamma}^0 \cdot \Theta_B^0 \cdot \tau \cdot Z \cdot K_з}{\lambda^2 \cdot L \cdot R^2} \qquad (2)$$

11. P – величина отраженного сигнала (мВт);
12. Pt – мощность излучения передатчика (кВт);
13. G – коэффициент усиления антенны;
14. τ – длительность импульса (мкс);

2 Θ_{Γ}^0 и Θ_B^0 – ширина луча в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

3 $Кз$ – коэффициент заполнения облучаемого объема метеообъектом, принимаемый равным единице для МРЛ;

15. L – затухание в приемо-передающем тракте МРЛ (км);

4 Z – отражаемость метеоцелей (мм^6/м^3);

16. R – расстояние до цели (км);
17. λ - длина излучаемой волны (см).

Величину отраженного сигнала представляется в виде:

$$P = P_{\min} \cdot 10^{0.1n} \qquad (3)$$

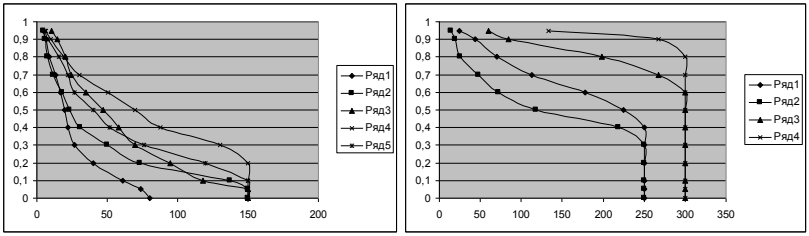
5 $P_{\min}$ – чувствительность приемного тракта МРЛ,

6 n – превышения (в дБ) сигнала уровня собственных шумов приемника с заданной вероятностью.

2. **Результаты исследования**

Зная минимальное значение радиолокационной отражаемости, обнаруживаемое на удалении R (при $\lambda_1 = 3.14$ *см* , $Z_{\min} = 6.1 \cdot 10^{-5} \cdot R^2$; при $\lambda_1 = 10.15$ *см* , $Z_{\min} = 1.4 \cdot 10^{-4} \cdot R^2$) и вероятность ее превышения для данной формы облаков с электрически активными зонами, можно

рассчитать вероятность обнаружения электрических активных зон для любой конкретной местности на различных удалениях от места расположения МРЛС [4].



а) б)

Рисунок. Вероятность обнаружения ЭАЗ зон в облаках различных форм облачности в зависимости от удаления R:
а) Ряд 1 – St, ряд 2 – Sc, ряд 3 – Ci, ряд 4 – Ac, ряд 5 – As,
б) Ряд 1 – Cu cong, ряд 2 – Ns, ряд 3 – Cb▼, ряд 4 – CbR

Таблица

Значения радиолокационной отражаемости Z и вероятности их превышения для различных форм облаков

№	P ,%	St	Sc	Cu cong	Ac	As	Ci	Ns	Cb	Гроза
1	95	0,01	0,002	0,085	0,01	0,01	0,02	0,03	0,5	2,5
2	90	0,005	0,004	0,271	0,01	0,01	0,03	0,05	1	10
3	80	0,01	0,007	0,7	0,05	0,04	0,06	0,09	5,5	178,2
4	70	0,02	0,018	1,79	0,09	0,07	0,08	0,39	10	569,5
5	60	0,04	0,046	4,44	0,36	0,1	0,17	0,73	52,8	960,8
6	50	0,05	0,075	7,09	0,68	0,34	0,34	1,95	95,71	3531,
7	40	0,07	0,131	9,74	1	0,57	0,51	6,68	353,1	6343,
8	30%	0,08	0,44	50,5	4	0,81	0,68	26,4	634,3	9156,
9	20	0,09	0,751	95,5	7	2	0,85	80,9	915,6	3864
10	10	0,53	2,636	526,3	10	7	1,9	550	5500	7955
11	5	0,76	6,73	763,1	55	9,5	6,4	896,1	8714,	10000

Анализ расчетов, представленный на рисунке и таблице показывает, что конвективные облака с повышенной электрической активностью (мощно-кучевые, кучево-дождевые с ливнем и грозой, слоисто-дождевые) обнаруживаются на удалениях до 250-300 км с высокой вероятностью. Слоистообразные облака со слабой электрической активностью атмосферы можно обнаружить на экране МРЛС на удаленьях до 150 км с меньшей вероятностью. Данные удаления позволяют своевременно классифицировать область

атмосферы как электрически опасную, и выработать предложения по недопущению попадания ВС в ЭАЗ.

Заключение

Особенностью радиолокационной отражаемости электрически активных зон является ее зависимость от ослабления мощности электрического поля облучающих электромагнитных волн при различных значениях зарядов капель. Используя особенности ослабления электрического сигнала возможно рассчитать вероятность обнаружения и определения местоположения электрически активных зон атмосферы.

Список литературы

1. Характеристики электрически активных зон в слоистообразных облаках / Брылев Г.Б., Гашина [и др.]: Гидрометеоиздат, 1989. – 159 с.

2. Белинский А.С., Кузнецов И.Е. Методические аспекты повышения безопасности и эффективности полетов воздушных судов в условиях электризации в облаках. / Сб. науч. ст. по материалам Международн. НТК «Проблемы техносферной безопасности». – Воронеж, ВГТУ. – 2017. – С. 83-88.

3. Модель радиолокационной оценки электрической активности метеорологических объектов в атмосфере/ Билетов М.В., Кузнецов И.Е. [и др.] // Сб. науч. ст. по материалам Международн. НТК «Проблемы техносферной безопасности». Воронеж, ВГТУ, 2015. – С. 115-116.

4. Кузнецов И.Е. Моделирование радиолокационных характеристик облаков и осадков в условиях электрической активности атмосферы. Воронеж: Вестник ВГТУ. – 2012. – № 8. – С. 36-41.

Математическое моделирование состояния вращающегося диска

Г. Г. Бердзенишвили[1], e-mail: gg.berdzenishvili@gmail.com
Н. А. Пеньков[2], e-mail: myth_np_nikit@mail.ru
Э. В. Сёмка[2], e-mail: semka_elya@mail.ru
Д. Б. Фатхудинов[1], e-mail: denis.fatkhudinov@gmail.com

[1]Воронежский государственный университет
[2]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *В рамках парадигмы континуального представления материальных тел решается задача об определении напряженного и деформированного состояния быстро вращающегося диска постоянной толщины. Рассматривается модель однородного идеального упругопластического тела. Для определения связи напряжений и пластических деформаций используется ассоциированный закон. Приведены графики, отражающие состояние диска. Обсуждается вопрос об использовании кусочно-гладких функций пластичности.*

Ключевые слова: *вращающийся диск, кусочно-линейный пластический потенциал, ассоциированный закон пластического течения, упругопластическое тело.*

Введение

Вопросы математического моделирования состояния быстро вращающихся дисков рассматривались в ряде работ, например, [1-13]. В работе [6] рассматривался режим пластичности условия Треска, когда внешний контур диска свободен от усилий. Было показано, что в рамках теории пластического течения для идеального упругопластического тела выбор данного условия пластичности приводит к разрыву перемещений на упругопластической границе. Эта особенность обусловлена использованием ассоциированного закона пластического течения и условием Треска. В более поздних работах U.Gamer [7,8] применяет условие пластичности Треска, учитывающее изотропное упрочнение. В рамках деформационной теории Генки поля перемещений и напряжений решение при решении задачи о вращающемся диске будут непрерывны. Для условия пластичности Треска решение задачи о диске по теории Генки приведено в [2, 3], а для условия Мизеса, учитывающего изотропное упрочнение в [4]. Для кусочно-гладких пластических

© Бердзенишвили Г.Г., Пеньков Н., Сёмка Э.В., Фатхудинов Д.Б., 2019

потенциалов для модели идеального упругопластического тела, когда в пластической области выполняются не один режим пластичности, выполнение сингулярных режимов приводит к разрыву пластических деформаций на границе смены режимов [14]

1. Постановка задачи

В приближении плоского напряженного состояния рассматривается задача о вращающемся тонком диске постоянной толщины [1]. Выбирается цилиндрическая система координат $\rho\theta z$, ось z которой проходит через центр диска $\rho = 0$, а плоскость $z = 0$ является средней плоскостью. На внешний контур диска $\rho = b$ действует давление p_b. Выбирается модель изотропного идеального упругопластического тела.

2. Безразмерные величины

Приводимые в статье соотношения записываются в безразмерном виде. Все величины, имеющие размерность длины отнесены к радиусу диска b, все величины, имеющие размерность напряжений, отнесены к пределу пластичности при одноосном растяжении k. Обозначения безразмерных величин совпадают с обозначениями соответствующих размерных величин, такой подход улучшает читаемость формул.

3. О выборе условия пластичности

Использование кусочно-линейных функций пластичности приводит к линейным уравнениям для определения напряжений. Соотношения ассоциированного закона пластического течения интегрируются и получаем соотношения ассоциированного закона пластического деформирования.

4. Определение напряжений и деформаций в пластической области

Условие пластичности запишем в виде

$$\begin{cases} F = \alpha\sigma_\theta + \beta\sigma_\rho + \gamma\sigma_z = 2k, \\ \sigma_z = 0. \end{cases} \tag{1}$$

где F – функция пластичности, $\sigma_\rho, \sigma_\theta, \sigma_z$ – главные напряжения, k – предел пластичности.

Уравнение равновесия

$$\rho\frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta + m\rho^2 = 0, \tag{2}$$

где параметр m характеризует инерциальное воздействие [1].

В зависимости от значения параметров m и p_b пластическая область может быть в центральной части диска $0 \le \rho \le c_1$, или во внешней областью $c_2 \le \rho \le b$, или и в центральной и во внешней областях. Границы раздела упругой и пластических областей $\rho = c_1$, $\rho = c_2$ определяются в ходе решения задачи. Ниже рассматривается случай, когда имеется только внутренняя пластическая область. В качестве кривой пластичности выбирается двенадцатиугольник, расположенный между шестиугольниками Треска и Шмидта [2]. В центре диска

$$\sigma_\rho |_{\rho=0} = \sigma_\theta |_{\rho=0} . \tag{3}$$

Для определенности полагаем, что в области $0 \le \rho \le c_1$ реализуется режим пластичности, для которого

$$\alpha = 2/3, \beta = 1/3 . \tag{4}$$

Решение задачи (1), (2) для условий (3), (4) имеет вид

$$\sigma_\rho = 2k - \frac{2m\rho^2}{7}, \quad \sigma_\theta = 2k + \frac{m\rho^2}{7} . \tag{5}$$

Упругие деформации в области $0 \le \rho \le c_1$ определяются через напряжения согласно закону Гука

$$E\varepsilon_\rho^e = 2(1-\nu)k - \frac{(2-\nu)m\rho^2}{7}, \quad E\varepsilon_\theta^e = 2(1-\nu)k + \frac{(1+2\nu)m\rho^2}{7} . \tag{6}$$

Здесь E - модули Юнга, ν - коэффициент Пуассона.

Принимая гипотезу естественного состояния [15], интегрируя соотношения ассоциированного закона пластического течения, используя аддитивное представление полных деформаций через упругие и пластические и закон Гука, получаем уравнение для определения перемещения в пластической области

$$\frac{dEu}{d\rho} = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{Eu}{\rho} - \sigma_\theta + \nu\sigma_\rho\right) + \sigma_\rho - \nu\sigma_\theta . \tag{7}$$

В центре диска должно выполняться условие непрерывности перемещение

$$u |_{\rho=0} = 0 \tag{8}$$

Решая систему уравнение (6) - (8), находим

$$Eu = 2(1-\nu)k\rho - \frac{(5+4\nu)m\rho^3}{35} + C\sqrt{\rho} .$$

Деформации в области $0 \le \rho \le c_1$ определяются по формулам

$$E\varepsilon_\rho = \frac{dEu}{d\rho} = 2(1-\nu)k - 3\frac{(1+4\nu)m\rho^2}{35} + \frac{C}{\sqrt{\rho}},$$
$$E\varepsilon_\theta = \frac{Eu}{\rho} = 2(1-\nu)k - 3\frac{(1+4\nu)m\rho^2}{35} + \frac{C}{2\sqrt{\rho}}. \qquad (9)$$

Учитывая ассоциативную связь полных упругих и пластических деформаций

$$\varepsilon_\rho = \varepsilon_\rho^e + \varepsilon_\rho^p,\ \varepsilon_\theta = \varepsilon_\theta^e + \varepsilon_\theta^p$$

из (6), (8) находим пластические деформации

$$E\varepsilon_\rho^p = -\frac{(5+7\nu)m\rho^2}{35} + \frac{C}{2\sqrt{\rho}},$$
$$E\varepsilon_\theta^p = -\frac{2(5+7\nu)m\rho^2}{35} + \frac{C}{\sqrt{\rho}}. \qquad (10)$$

На упругопластической границе $\rho = c_1$ пластические деформации равны нулю. Учитывая это, находим, что

$$C = 2\left(\frac{1}{7} + \frac{\nu}{5}\right)mc^{5/2}.$$

5. **Задача определения напряжений в упругой области**

В области упругого состояния диска напряжения определяются по формулам [1]

$$\sigma_\rho = -\frac{3+\nu}{8}m\rho^2 + A - \frac{B}{\rho^2},\ \sigma_\theta = -\frac{1+3\nu}{8}m\rho^2 + A + \frac{B}{\rho^2}, \qquad (11)$$

Величины A и B определяются из условия непрерывности напряжений на упругопластической границе $\rho = c_1$

$$A = \frac{1+\nu}{4}mc_1^2 + \frac{\sigma_\rho(c_1) + \sigma_\theta(c_1)}{2},$$
$$B = \frac{\nu-1}{8}mc_1^4 + \frac{(\sigma_\rho(c_1) + \sigma_\theta(c_1))c_1^2}{2}, \qquad (12)$$

где $\sigma_\rho(c_1) = 2k - \frac{2mc_1^2}{7}$, $\sigma_\theta(c_1) = 2k + \frac{mc_1^2}{7}$.

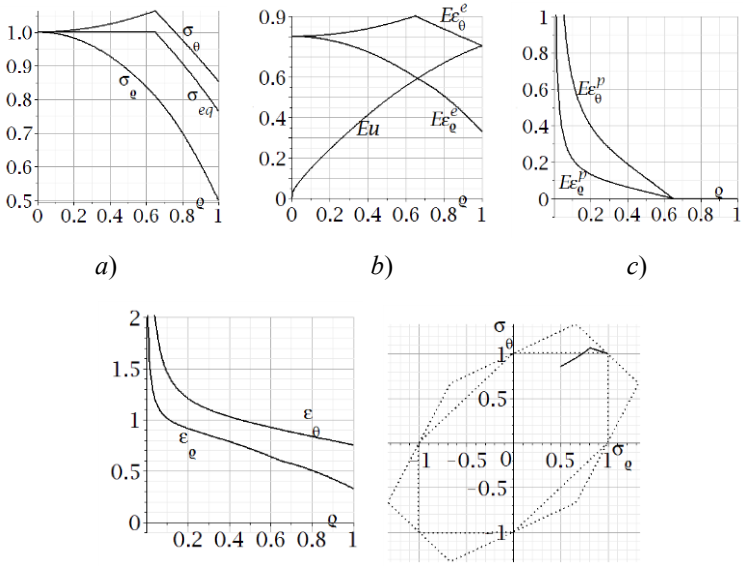
Для оценки величины упругого напряженного состояния (11) определяем эквивалентное напряжение по формуле $\sigma_{eq} = \beta\sigma_\rho + \alpha\sigma_\theta$. Точка $\rho = 0$ и граница $\rho = b$ переходят в пластическом состоянии, если $\sigma_{eq}|_{\rho=0} = k$ и $\sigma_{eq}|_{\rho=b} = k$. Согласованное значение параметров m и p_b,

когда выполняются эти условия вместе, обозначим через m_k и p_k соответственно.

Учитывая (11) получаем формулу, определяющую согласованное изменение значений параметров m и p_b, когда только в точке $\rho = 0$ выполняется условие $\sigma_{eq} = k$, а в остальных точках диска $\sigma_{eq} < k$

$$\begin{cases} m = m_0 = \dfrac{8(k + p_b)}{3 + \nu}, \\ p_b \in (-k; p_k) \end{cases} \qquad (6)$$

На рисунке показаны графики всех искомых величин. Численные вычисления выполнены для следующих значений безразмерных параметров: $\alpha = 3/2, \beta = 1/3, \nu = 0.2, m = 1.5, p_b = -0.5$.



a) *b*) *c*)

d) *e*)

a) напряжений и эквивалентного напряжения, b) упругих деформаций и радиального перемещения, c) пластических деформаций, d) полные деформации, e) годограф вектора напряжений

Рисунок. Графики искомых величин

Заключение

Выбор кусочно-линейных функций пластичности и ассоциированного закона пластического течения для задачи о вращающемся упругопластическом диске приводит к бесконечно большому росту пластических деформаций. Для условия Треска, которое можно трактовать как предельное [16], условие непрерывности перемещений на упругопластической границе приводит к ненулевым перемещениям в центре диска, что подтверждает предположение, сделанное в [5]: "For a solid disc the mechanism $\dot{\quad}\ \dot{\quad}$, $\dot{\quad}\ \dot{\quad}$, $\dot{\quad}\ \dot{\quad}$, in $\rho = 0$, gives singularities in the strain increments at the centre, which can be interpreted as a tendency for the disc to 'thin' so much as to produce a small hole very quickly".

Литература

1. Timoshenko S. R, Goodier J. N. / Theory of Elasticity. New York: McGraw-Hill, 1970. 506 p.
2. Соколовский В.В. Теория пластичности / М.: Высшая школа, 1969. – 608 с.
3. Chakrabarty J. Theory of Plasticity / Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. – 882 p.
4. Соколовский В.В. Пластическое напряженное состояние вращающихся дисков // Прикл. Матем. и механика. 1948. Т. 12, вып.1. С. 87-94.
5. Calladine, C. R., Engineering Plasticity, Pergamon, Oxford, 1969.
6. Gamer U. Tresca's yield condition and the rotating disk Соколовский В.В. Transactions ASME: Journal of Applied Mechanics. – 1983, V. 50 – P. 676–678.
7. Gamer U. Elastic-plastic deformation of the rotating solid disk // Ingenieur-Archiv. 1984. V.54. P. 345—354.
8. Gamer U. The rotating solid disk in the fully plastic state // Forsch. Ingenieurwes. 1984. Bd. 50. Nr. 5, S. 137-140.
9. Aleksandrova N. Application of Mises yield criterion to rotating solid disk problem // International Journal of Engineering Science. 2012. V. 51. P. 333–337.
10. Артемов М.А., Якубенко А.П. Математическое моделирование механического поведения вращающегося диска // Вестник Воронежского государственного университета. 2014. Сер.: Физика. Математика. № 1. С. 30−38.
11. Якубенко А.П., Артемов М.А., Барановский Е.С. Задача о вращающемся диске // В сборнике: Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Сборник трудов Международной

научно-технической конференции, посвященный 70-летию Победы в Великой отечественной войне. 2015. С. 104-107.

12. Александрова Н. Н., Артемов М. А., Барановский Е. С,. Шашкин А. И. О напряженном и деформированном состоянии вращающегося диска // В сборнике: Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Сборник трудов Международной научно-технической конференции. 2018. С. 1006-1011.

13. Артемов М. А., Барановский Е. С. Зарождение пластических зон во вращающемся диске // В сборнике: Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Сборник трудов Международной научно-технической конференции. 2018. С. 1012-1017.

14. Артемов М.А., Барановский Е.С., Якубенко А.П. Соотношения изотропии и ассоциированный закон течения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. 2014. № 4. С. 81-90.

15. Kachanov L. M. Foundations of the Theory of Plasticity. North-Holland Publishing Company. Amsterdam, 1971, 482 p.

16. Артемов М.А., Барановский Е.С., Якубенко А.П. // Предельные условия пластичности. В сборнике: Теоретические и прикладные вопросы образования и науки сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2014. С. 13-14.

Система Арнеодо: гистерезисное управление и стабилизация

И. А. Бережных, email: ignatosss@gmail.com [1]
А. В. Бородина [2]

[1] Воронежский Государственный Университет
[2] Воронежский Государственный Технический Университет

Аннотация. *В данной работе представлена система Арнеодо, управляемая посредством гистерезисного преобразователя. Приводятся результаты численного моделирования. Анализируется динамика системы в зависимости как от внутренних, так и от параметров гистерезисного преобразователя.*

Ключевые слова: *Система Арнеодо, нелинейная динамика, модель Бук-Вена, бифуркационные диаграммы, показатели Ляпунова.*

Введение

Хаотические процессы в современных динамических системах играют значительную роль в связи с появившимися возможностями анализа и управления такими процессами. Среди динамических систем, демонстрирующих характерное хаотическое поведение, отметим системы Лоренца [1], Рёсслера [2], Чуа [3] и многие другие.

Особое место среди указанных динамических систем занимает так называемая система Арнеодо [4-5] (современные аспекты указанной системы могут быть найдены в [6]), не только с широким проявлением хаотических свойств, но также и с достаточно прозрачной интерпретацией указанной системы, что, несомненно, позволяет провести наиболее полный анализ на ясном физическом уровне. Отметим, что эта система возникла в связи с анализом поведения колебательных процессов под действием внешней силы с заданным законом изменения во времени [7]. Однако, по аналогии с «классической» системой Лоренца, система Арнеодо может быть интерпретирована с точки зрения конвективных процессов переноса жидкости [8].

Отдельный интерес представляют задачи связанные с процессами управления хаосом [9]. Здесь существует два основных подхода: управление посредством принципов обратной связи, а также программное управление [10]. Аналитические методы исследования динамики хаотических систем, связанных с построением бифуркационных диаграмм, которые, в свою очередь, демонстрируют изменение

© Бережных И.А., Бородина А.В., 2019

поведения системы в зависимости от управляющего параметра, а также исследование показателей Ляпунова [11], значения которых позволяют однозначно идентифицировать динамические свойства соответствующих систем с точки зрения хаотической и регулярной динамики.

Отметим, однако, что принципы управление хаотическими системами посредством гистерезисных блоков (как с использованием принципов обратной связи, так и на программном уровне) в настоящее время недостаточно изучены, хотя являются совершенно естественными, в следствие того, что гистерезисные явления свойственны большому числу динамических систем, содержащих механические части, подверженные старению, износу и т.п. Целью настоящей работы является исследование динамических свойств физически реализуемой колебательной системы, демонстрирующей хаотическое поведение в условиях управления посредством блоков с ярко выраженной гистерезисной природой.

1. Система Арнеодо с гистерезисной нелинейностью.

Рассмотрим классическую систему Арнеодо, под действием управления гистерезисной природы:

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = z \\ \dot{z} = a \cdot x - b \cdot y - z + c \cdot x^3 + A \cdot g \\ \dot{g} = x\{\alpha - [\beta \cdot sign(g \cdot x) + \gamma] \cdot |g|^n\} \end{cases}$$

С соответствующими начальными условиями:

$$\begin{cases} x[0] = 0, \\ y[0] = 0.1, \\ z[0] = 1, \\ g[0] = 0. \end{cases}$$

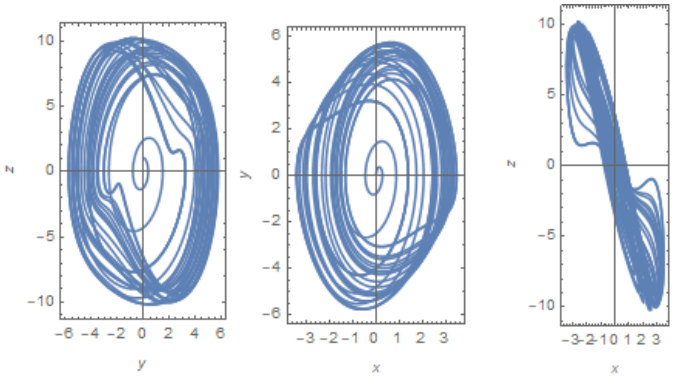
где $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma, n$ – постоянные действительные параметры (Отметим, что «классические» значения этих параметров, обеспечивающие хаотический режим, есть: $a=-9.6$, $b=3.5$), а соответствующая гистерезисная нелинейность g (выступающая в качестве управляющего фактора) формализуется посредством феноменологической модели Боука-Вена [12].

Эта модель достаточно популярна в виду её универсальности и достаточно простой математической формулировки, а также способности охватывать в аналитическом виде множественные формы

гистерезисных циклов. В этой модели: $\dot{x}$ - вход гистерезисного преобразователя., sign – функция знака. Значения параметров: $\alpha=1$, $\beta=0.1$, $\gamma=0.9$, $n=2$

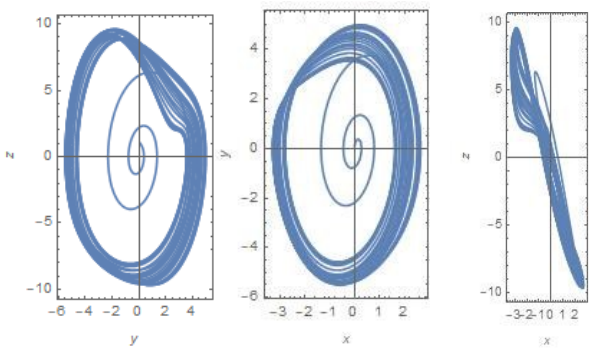
2. Динамические характеристики системы Арнеодо с гистерезисной нелинейностью.

Рассмотрим соответствующие законы движения и фазовые портреты (см. рис. 1.) соответствующей системы, полученных посредством численного моделирования.



а б в

Рис. 1. Проекции системы на различные оси без гистерезисной нелинейности: а – проекция YZ, б – проекция XY, в – проекция XZ



а б в

Рис. 2. Проекции системы на различные оси с гистерезисной нелинейностью: а – проекция YZ, б – проекция XY, в – проекция XZ

Как следует из представленных результатов при заданных параметрах *a=-9.6, b=3.5* система демонстрирует хаотическое поведение.

При этом добавление соответствующей гистерезисной нелинейности приводит к качественному изменению фазового портрета системы (рис. 2.).

3. **Бифуркационные диаграммы и показатели Ляпунова**

Проанализируем соответствующие режимы с использованием техники бифуркационных диаграмм (см. Рис. 3.).

Как видно из представленных результатов численного моделирования (см. Рис. 4.), при изменении параметра перед гистерезисные нелинейности имеет место стабилизация системы.

При помощи показателей Ляпунова установим соответствие между старшим показателем и наличием хаотического поведения системы (см. Рис. 5.).

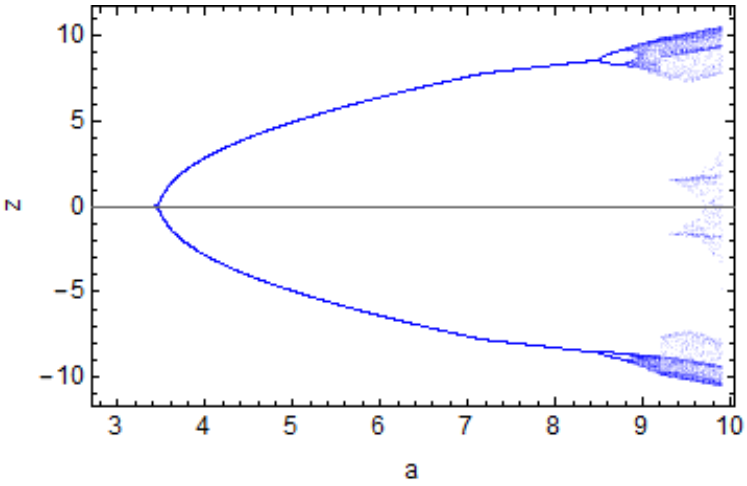


Рис. 3. Бифуркационная диаграмма при изменении параметра *a* без гистерезисной нейлиности

Как видно из рисунка, при прохождении параметра a=8.5 , имеет место переход к хаосу по одному из известных сценариев – каскаду удвоения периода Фейгенбаума

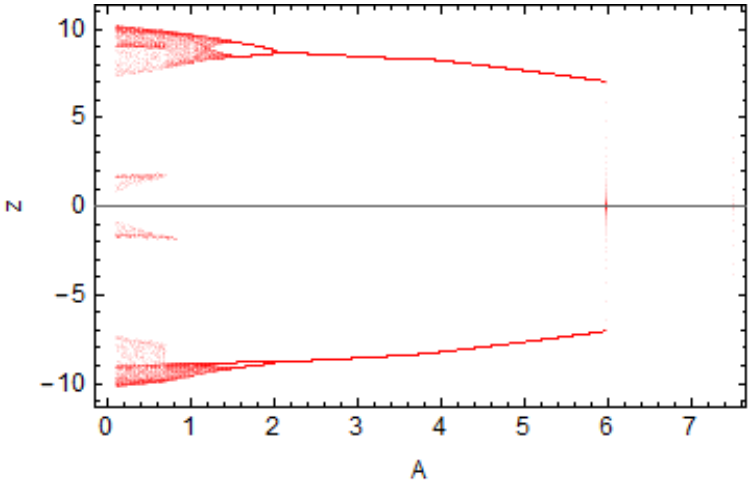
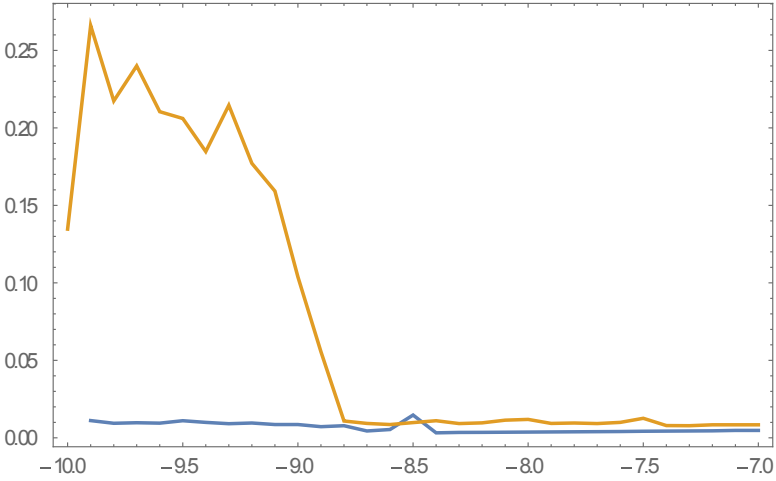


Рис. 4. Бифуркационная диаграмма при изменении параметра A перед гистерезисной нелинейностью

При значении параметра A близкого к 6.1 происходит субкритическая бифуркация, в результате которой система стабилизируется в окрестности начала координат.



Зависимость старшего показателя от параметра a системы

Рис. 5. Показатели Ляпунова

Синим указана зависимость показателя с добавлением гистерезисной нелинейности, оранжевым – без неё. Таким образом, при её использовании имеет место обращение старшего показателя Ляпунова в 0, что говорит об отсутствии хаотического режима.

Заключение

В представленной работе проведено исследование динамических свойств системы Арнеодо в условиях гистерезисной нелинейности. Полученные результаты численного моделирования демонстрируют стабилизацию, что является вполне естественным в связи с присутствием гистерезисной нелинейности, которая в свою очередь, приводит к диссипации энергии.

Построенные бифуркационные диаграммы демонстрируют изменение хаотических свойств такой системы в зависимости от параметра гистерезисного блока.

Список литературы

1. Lorenz E. Deterministic non-periodic flows. / E. Lorenz. // Journal of Atmospheric Sciences. – 1963. – V. 20 – P. 130-141.
2. Rossler O. E. Different types of chaos in two simple differential equations / O. E. Rossler // Zeitschrift für Naturforschung A. – 1976. – V. 31. – P. 1664-1670.
3. Chua L. O. The genesis of Chua's circuit / L. O. Chua // Archiv fur Electronik und Ubertragungstechnik 46. – 1992. – P. 250-257.
4. Coullet P. Transition to stochasticity for a class of forced oscillators / C. Tresser, A. Arneodo // Physics Letters A. – 1979. – V. 72. – P. 268-270.
5. Arneodo A. Chaos in a finite macroscopic system / P. Coullet, E. A. Spiegel // Physics Letters A. – 1982. – V. 92. – P. 369-373.
6. Coullet P. Transition to stochasticity for a class of forced oscillators / C. Tresser, A. Arneodo // Physics Letters A. – 1979. – V. 72. – P. 268-270.
7. Arneodo A. Chaos in a finite macroscopic system / P. Coullet, E. A. Spiegel // Physics Letters A. – 1982. – V. 92. – P. 369-373.
8. Кузнецов С. П. Динамический хаос / С.П. Кузнецов. – М. : Физматлит, 2001. – 296 с.
9. Моисеев Н. Н. Численные методы в теории оптимальных систем / Н. Н. Моисеев. – М. : 1971. – 428 с.
10. Wolf A. Determining lyapunov exponents from a time series / A. Wolf, J. B. Swift, H. L Swinney // Physica D: Nonlinear Phenomena – 1985. – V. 16. – P. 285-317.
11. Ikhouane, F. On the Hysteretic Bouc-Wen Model / Ikhouane, F., Rodellar, J. // Nonlinear Dynamics. – 2005. – P. 63-78.

Компьютерное моделирование нагрузок главных компонент метеорологического информационного пространства

Г.В. Берестевич
В. П. Закусилов, email: zakusilov04@yandex.ru
Т. Н. Задорожная

Военный учебный научный центр Военно-воздушных Сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассмотрена возможность использования компонентного анализа при выборе предикторов характеризующих особенности атмосферной циркуляции над заданным географическом районом.*

Ключевые слова: *компонентный анализ, главные компоненты, нагрузки главных компонент, атмосферная циркуляция, поле геопотенциала, средний уровень тропосферы.*

Введение

Поля метеорологических величин, определяющих погодные условия отдельных географических территорий, тесно связаны с макросиноптическими процессами атмосферы. Следовательно учет характера общей циркуляции атмосферы в прогностических целях необходим. При этом целесообразно учитывать более детально атмосферную циркуляцию непосредственно над территорией, по которой разрабатывается прогноз.

Режим погоды в течение длительного промежутка времени над обширной территорией формируется под действием макромасштабных, наиболее устойчивых течений в тропосфере и стратосфере обусловленных факторами планетарного масштаба

Анализ результатов

В работе рассмотрена возможность представления макромасштабных особенностей атмосферной циркуляции, которые могут быть использованы в качестве предикторов при прогнозе метеорологических условий над территорией восточной Европы.

Интенсивность и направленность ведущего потока характеризуется полем абсолютного геопотенциала среднего уровня тропосферы, за который обычно принимается уровень 500 гПа. Характер ведущего

© Берестевич Г. В., Закусилов В. П., Задорожная Т. Н., 2019

потока может определяться конкретными его параметрами, которые могут быть использованы в качестве предикторов. Конечно, достаточно полно общую циркуляцию можно характеризовать значениями геопотенциала в узлах регулярной сетки точек. При этом количество точек будет зависеть от шага сетки и размеров исследуемого района. Однако, при анализе статистических связей, часто возникает конфликт между желанием иметь более подробную характеристику (использованием большего числа точек) и длиной архивной выборки. Детализация параметров поля для получения статистически значимых результатов влечет необходимость многократного увеличения длины выборки, что в реальных условиях часто не выполнимо. Кроме того, значения параметров поля, особенно в соседних узлах часто достаточно связаны между собой, что также нежелательно при выборе предикторов.

Следовательно, при использовании характеристик поля в качестве предиктора при решении определенных метеорологических задач есть необходимость в представлении его набором определенных параметров, которые бы характеризовали его в целом [1,2]

Цель работы – показать возможность использования компонентного анализа при характеристике особенностей атмосферной циркуляции, определяемых полями абсолютного геопотенциала уровня 500 гПа.

Модель компонентного анализа основывается на предположении, что любой исходный признак может быть представлен в виде линейной комбинации главных компонент.

В нашем случае значения полей геопотенциала АТ-500 в узлах регулярной сетки можно представить в виде функции от времени (t) и пространственных координат (узлов сетки) (i)

$$H_{it} = \sum F_{h(t)} X_{h(i)} \qquad (1)$$

где h – порядковый номер главной компоненты с соответствующей нагрузкой; Xh(i) – главные компоненты поля (собственные функции); Fh(t) – нагрузки главных компонент (коэффициенты), описывающие амплитуду естественных колебаний во времени, которые рассчитываются по формуле

$$F_{h(t)} = \sum_h H_{it} X_h(i) / \sum_h \left(X_h(i) \right)^2 \qquad (2)$$

где *i* – номер узла сетки.

Главные компоненты несут в себе информацию об объекте. Однако вклад каждой из них в общую дисперсию неодинаков. С увеличением порядкового номера он уменьшается. Доля вклада в суммарную дисперсию определяется из соотношения:

$$\lambda_h / \sum_{h=1}^{k} \lambda_h \qquad (3)$$

где k- общее число главных компонент; λ_h - часть дисперсии поля, определяемая каждой из них в отдельности.

Нагрузки главных компонент, полученные в результате линейного ортогонального преобразования, являются количественной характеристикой индивидуальных полей выборки. Величина и знак их определяют вклад соответствующих им компонент, т.е. они могут выступать в качестве характеристики соответствующего поля.

Для адекватного описания совокупности исходных признаков достаточным считается такое количество главных компонент, чей общий вклад в суммарную дисперсию превышает 80% [3].

Оптимальная совокупность составляющих разложения определяется с использованием выражения

$$R^2 = \sum_{h=1}^{k^*} \lambda_h \; / \sum_{h=1}^{k} \lambda_h \qquad (4)$$

где знаменатель характеризует суммарную дисперсию поля, числитель – часть этой дисперсии, определяемой первыми k* главными компонентами.

Для реализации рассмотренного подхода использовались поля (карты) ежедневных значений геопотенциала на уровне 500 гПа за пять лет в месяцах холодного периода (ноябрь, декабрь, январь). Значения геопотенциала снимались в 20 узлах регулярной сетки с шагом 5^0 по широте и 10^0 по долготе в районе, ограниченном $20^0 – 60^0$ в.д. и $60^0 – 40^0$ с.ш.

Полная дисперсия полей описывается 20 главными компонентами. Однако вклад их не равнозначен. В таблице приведены индивидуальные и накопленные значения, первых десяти главных компонент полей абсолютного геопотенциала (АТ-500) выраженные в процентах.

Таблица

Вклад первых десяти главных компонент в дисперсию полей АТ-500 (%)

Характер вклада	Составляющие разложения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Индивид.	41,7	25,9	13,1	6,0	4,5	2,0	1,6	1,3	1,1	0,5
Накопл.	41,7	67,6	80,8	86,7	91,3	93,2	94,8	96,1	97,2	97,7

Таким образом, применение метода главных компонент, позволяет сосредоточить более 90% общей дисперсии при использовании пяти первых главных компонент. Это соотношение числа компонент и

количества описываемой ими общей дисперсии полей АТ-500 в данном случае, на наш взгляд, является оптимальным, с точки зрения использования их в качестве предикторов для характеристики циркуляционных особенностей среднего уровня тропосферы.

Компьютерное моделирование полей главных компонент позволило графически их представить в виде полей с очагами различного знака. Так поле первой компоненты представлено на всей территории крупномасштабным очагом одного знака. Поля второй и третьей компонент представлены двумя очагами противоположного знака, расположенными в первом случае на западе и востоке, обуславливая тем самым меридиональную направленность изолиний, во втором случае – севере и юге, обуславливая зональную направленность изолиний. С увеличением порядкового номера компонент в полях появляются очаги более мелкого масштаба. В поле четвертой компоненты отмечается три очага. Центр территории занимает очаг с отрицательным значением, запад и восток – области с положительными значениями. Для поля пятой компоненты характерно наличие четырех очагов расположенных в шахматном порядке. Области отрицательных значений расположены на северо-западе и юго-востоке, положительных – на юго-западе и северо-востоке, причем по интенсивности очаги примерно равны.

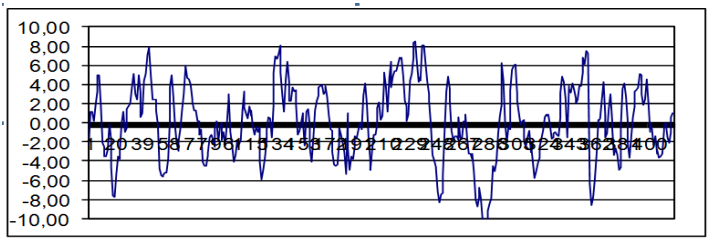
Согласно [4, 5], очаги полей главных компонент характеризующих геопотенциал допустимо интерпретировать как барические образования, тип которых определяется только знаком (областям отрицательного знака соответствуют циклоны или барические ложбины, областям противоположного знака – антициклоны или барические гребни).

Вопрос о согласовании этого с направлением воздушного потока остается открытым и требует дополнительных исследований. Однако, различия в полях отдельных компонент свидетельствуют о том, что информацию об атмосферной циркуляции они несут.

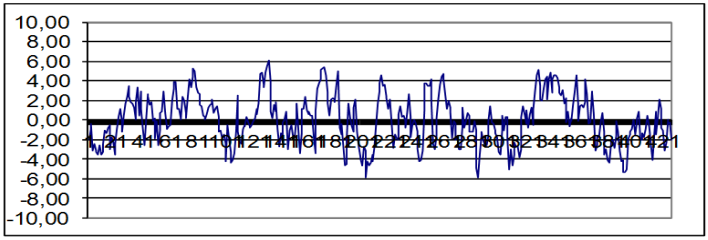
Рассмотренные главные компоненты поля АТ-500 зависят от координат и неизменны во времени. Долю вклада каждого из них в различные моменты времени характеризуют их нагрузки (коэффициенты), описывающие естественные колебания во времени. Являясь количественной характеристикой индивидуальных полей выборки, они характеризующие изменчивость их во времени.

С увеличением порядкового номера главной компоненты амплитуда колебания значений нагрузки уменьшается, что свидетельствует о снижении информативности нагрузок.

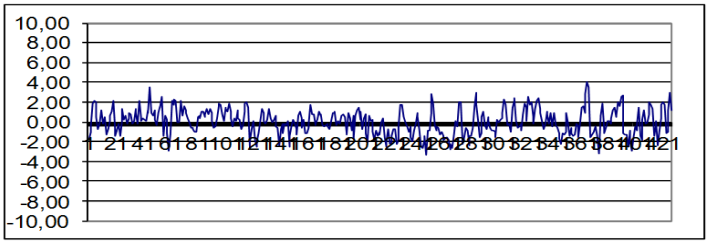
На рисунке показана временная изменчивость нагрузок первой, третьей и пятой главных компонент полей АТ-500.



а)



б)



в)

Рисунок. Амплитуда временной изменчивости нагрузок для первой (а); третьей (б), пятой (в) главных компонент поля АТ-500

Заключение

Проведенный анализ подтверждает вывод о возможности использования компонентного анализа при характеристике особенностей атмосферной циркуляции в определенном географическом районе. В частности значения нагрузок первых шести главных компонент поля АТ-500 вполне могут быть использованы в исследовательских целях как предикторы, характеризующие особенности атмосферной циркуляции в определенный момент времени над заданным географическим районом.

Список литературы

1. Мещерская А.В. Естественные составляющие метеорологических полей / Мещерская А.В., Руковец Л.В., Юдин М.И., Яковлева Е.И. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 199 с.

2. Задорожная Т.Н. Применение выборочных главных компонент для прогноза сложных метеоусловий/ Т.Н. Задорожная, В.П. Закусилов // Научный альманах. 2016. № 6-2 (19). С. 473-478.

3. Николаев Ю.В. Преобразование информации в приложении к задачам гидрометеорологии / Николаев Ю.В. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 64 с.

4. Багров Н.А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредствам естественных ортогональных составляющих / Багров Н.А. // Труды ЦИП. – 1959. – Вып. 74. – С. 3-24.

5 Закусилов В.П. Использование компонентного анализа для характеристики атмосферной циркуляции над заданным географическим районом/ В.П. Закусилов, П.В. Закусилов//Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2009. – № 2. – С. 67-71.

Картографическое представление информативных признаков инверсионного слоя в атмосфере

С. В. Беспалов e-mail: antonn58@ya.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматриваются вопросы, связанные с наиболее благоприятными аэросиноптическими условиями образования инверсий. Определены влияющие факторы. Разработан автоматизированный способ прогноза инверсионного состояния атмосферы в антициклонах.*

Ключевые слова: *инверсия, картографирование, способ прогноза, метеорологические величины, информативные признаки.*

Введение

Прогноз инверсий температуры представляет собой сложную и многофакторную задачу. Это обусловлено многообразием процессов, приводящих к образованию инверсий. В современной практике прогноз инверсий самостоятельно не разрабатывается. Обычно, прогностические сведения о наличии инверсии, о значениях ее параметров необходимы при разработке прогноза других метеорологических величин, опасных для авиации явлений погоды, а также при перспективной оценке уровня загрязнения атмосферы. В настоящей работе проанализированы аэросиноптические условий возникновения инверсионных слоев при антициклонической циркуляции.

1. Постановка задачи

В общем виде методика прогноза инверсий состоит в следующем:

1. Разрабатывается прогноз синоптического положения на заданный срок.
2. Производится сравнение прогноза синоптического положения с синоптической ситуацией, благоприятной для образования определенного типа инверсии.
3. Учитывается характер ожидаемых погодных условий: облачность, ветер, турбулентность, оказывающих наибольшее влияние на возникновение и эволюцию инверсии.

© Беспалов С. В., 2019

4. Определяются основные тенденции в атмосфере на период прогноза: наличие, величина и знак адвекции температуры у земли и на высотах; вид, направление и скорость вертикальных движений.

5. Производится учет местных физико-географических особенностей: широты места, рельефа характера подстилающей поверхности, наличие водных объектов, растительности и др.

6. Разрабатывается прогноз инверсии температуры [1].

2. Выявление информативных признаков на картах

В процессе разработки способа прогноза инверсии исследовались случаи с наличием и отсутствием инверсионных слоев за период с 2009 по 2014 годы по данным метеостанций Центрально-Черноземного района (ЦЧР) России.

Для формирования массивов метеовеличин в качестве исходных данных были использованы данные реанализа NCEP/NCAR, NCEP/DOEAMIP-II [2] в узлах регулярной широтно-долготной сетки разрешением 2,5 градуса за период 2002-2011гг. Картографирование полей метеовеличин проводилось с использованием среды Matlab.

Строились карты полей величин, обусловливающих инверсионную стратификацию атмосферы в пограничном слое.

Зоны наибольших горизонтальных градиентов геопотенциала поверхности 1000 гПа, изображенные на рис. 1, находятся вне зоны с благоприятными аэросиноптическими условиями для образования инверсионных слоев.

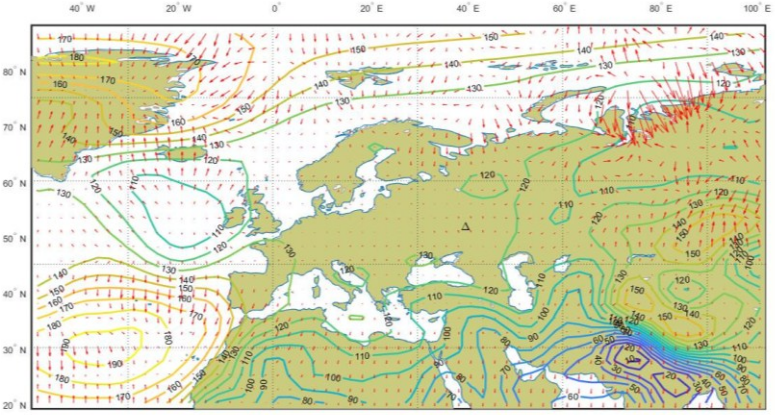
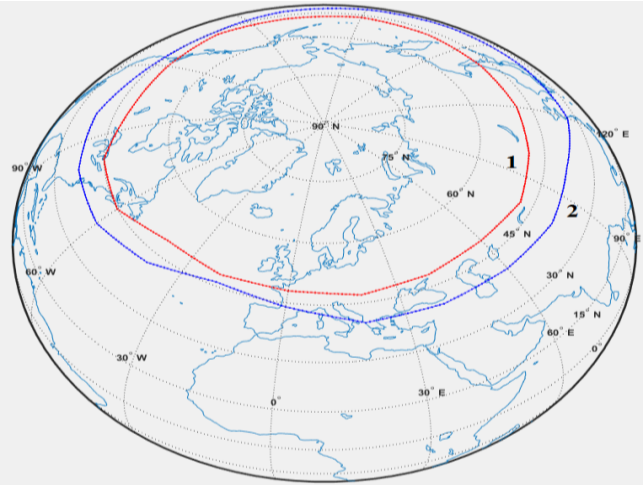


Рис. 1. Карта изогипс и градиентов изобарической поверхности 1000 гПа

Высотные фронтальные зоны (ВФЗ), являясь зонами значительного накопления энергии в атмосфере, оказывают большое влияние на развитие атмосферных процессов. Активизация антициклонической деятельности в умеренных широтах неизменно связана с активизацией ВФЗ. Эволюция ВФЗ играет весьма значительную роль и в развитии крупномасштабной атмосферной циркуляции. На рис. 2 представлены линии среднего многолетнего положения оси южной ВФЗ для разных периодов года.

Из анализа синоптических условий формирования инверсий на территории Центрального Черноземного региона (ЦЧР) было установлено, что на карте относительной топографии ОТ-500/1000 прослеживалась ВФЗ с конфигурацией оси, как представлено на рис. 3.



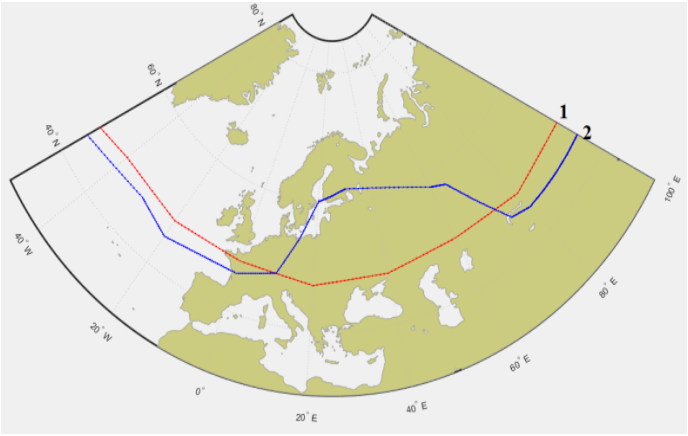
1 – среднее летнее положение, 2 – зимнее (южнее)

Рис. 2. Среднее многолетнее положение оси южной ВФЗ

Средняя осевая изогипса южной высотной фронтальной зоны имеет волнообразный характер: слабая ложбина над Атлантикой с осью на долготе $\lambda = 18^{\circ}$ з. д., ложбина над Восточной Европой и ложбина над Центральной Сибирью, с осью $\lambda = 85^{\circ}$ в. д.

Из анализа рисунков следует, что над районом Северной Атлантики ось ВФЗ имеет конфигурацию подобную ее среднему значению, начиная с $\lambda = 15^{\circ}$ з.д. ось заметно вытягивается в северном направлении и имеет

крайнее положение с координатами $\varphi = 62^\circ$ с.ш., $\lambda = 55^\circ$ в.д. Такое положение оси способствует затоку теплого воздуха с южных районов на территорию ЦЧР.



1 – среднее летнее положение оси, 2 –положение оси при инверсии

Рис. 3. Среднее положение оси южной ВФЗ при инверсионной стратификации на территории ЦЧР

Исходя из физических основ образования инверсионного слоя в атмосфере, были отобраны следующие наиболее значимые предикторы для прогноза инверсии в пограничном слое атмосферы с недельной заблаговременностью:

∇P – лапласиан давления на уровне моря с шагом регулярной сетки точек 300 км;

ΔH – разность геопотенциалов на карте OT_{1000}^{500} в направлении (метеорологическом) «ведущего потока» на расстоянии 500 км;

$\Delta\varphi$ – степени деформации ВФЗ, представляющая собой сумму отклонений от средней географической широты $\varphi_{ср}$ точек пересечения осевой линии ВФЗ с меридианами 50 з.д., 0, 40 в.д., 90 в.д.;

$\Delta\varphi_{40}$ – отклонение от $\varphi_{ср}$ пересечения осевой линии ВФЗ с меридианом 40 в.д.

$$IN = 0{,}42\Delta\varphi_{40} + 0{,}21\Delta\varphi - 0{,}15\Delta H - 0{,}37\nabla P. \qquad (1)$$

Для получения расчетной формулы (1) использовались процедуры дискриминантного анализа.

Для автоматизации процесса прогноза разработан графический пользовательский интерфейс (рис. 4).

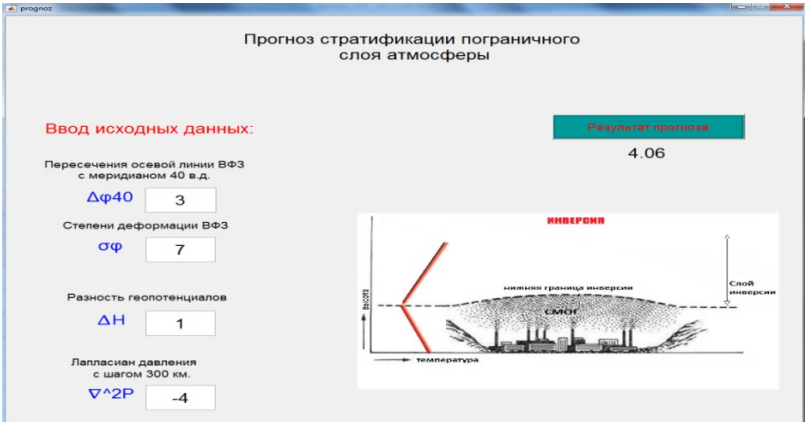


Рис. 4. Внешний вид графического пользовательского интерфейса для прогноза инверсии

3. **Заключение**

Для проверки успешности альтернативных прогнозов использовались следующие критерии: общая оправдываемость прогнозов, оправдываемости на наличие и на отсутствие явления, критерии Багрова и Обухова (соответственно).

$$U = 81{,}1\%; U_{+} = 76{,}2\%; U_{-} = 84{,}2\%; H = 0{,}62; Q = 0{,}62. \qquad (2)$$

Результаты проверки предлагаемого способа прогноза на независимом материале свидетельствуют о возможности его применения в практической деятельности для ЦЧР.

Предложенный способ прогноза для более правильного учета метеорологических условий позволит определить возможные сценарии возникновения и развития аварийных ситуаций, технические средства и действия производственного персонала и специальных подразделений по локализации аварий на соответствующих стадиях их развития.

Литература

1. Скирда И.А. Авиационные прогнозы погоды. / И.А. Скирда, И.И. Ульшин, А.Б. Мартьяшкин – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 475 с.

2. Kanamitsy M., TheNCEP/DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) / M. Kanamitsy. – Bull. American Meteorogical Soc. – 2002. – V. 83. – P. 1631-1643.

Средства контроля показателей качества электроэнергии среды Simulink в имитационных моделях авиационных электроэнергетических комплексов

А. С. Бочаров, e-mail: bocharov_a_s@mail.ru
А. Ю. Локтиков
А. А. Шипилов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Раскрываются возможности приложения Simulink программы Matlab при исследовании качества электроэнергии переменного тока на борту самолёта. Описываются и приводятся результаты исследования и методы их проведения.*

Ключевые слова: *качество электроэнергии, система электроснабжения, коэффициент искажения, имитационная модель, Simulink.*

Введение

На современных самолетах все большую долю в объеме авиационного оборудования занимают высокотехнологичные, цифровые блоки с микропроцессорным управлением, электропитание которых осуществляется от бортовой электрической сети систем электроснабжения (СЭС) переменного и постоянного токов. На исправность и работоспособность бортового оборудования, несомненно, оказывает влияние качество электроэнергии (КЭЭ), генерируемой на борту самолета.

Инженеры и конструкторы систем электроснабжения и бортового оборудования при их разработке должны руководствоваться государственными стандартами для обеспечения заданного КЭЭ на борту самолета, при этом показатели качества электроэнергии (ПКЭ) должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 54073–2017 [1]. Однако в процессе полета, в некоторых случаях при естественных и искусственных воздействиях, например при боевых повреждениях, атмосферных и климатических явлениях и т.п., ПКЭ могут выходить за допуски, что, в конечном итоге, приведет к выходу из строя приемников электроэнергии и повлечет возникновение авиационных инцидентов и невыполнение задания самолетом.

© Бочаров А. С., Локтиков А. Ю., Шипилов А. А., 2019

1. Постановка задачи исследований

Для того, чтобы избежать негативных последствий ухудшения КЭЭ на борту самолета необходимо проводить исследования процессов функционирования в СЭС при различных режимах работы.

С наименьшей трудозатратой и экономически выгодно подобные исследования проводить с использованием имитационных моделей СЭС в средах визуального имитационного моделирования. Эффективной и признанной инженерами программой моделирования является среда разработки Simulink [2] программы Matlab, которая имеет инструменты для контроля и исследования различных ПКЭ.

Таким образом, целью работы является демонстрация возможностей среды Simulink для контроля КЭЭ при исследовании имитационной модели СЭС самолета.

2. Решение задачи исследований

Одной из задач контроля КЭЭ вырабатываемой на борту самолёта, является контроль качества напряжения в СЭС переменного тока.

В бортовой сети КЭЭ, согласно стандарту [1], определяется такими характеристиками, как среднее значение напряжения, сдвиг фазных напряжений, коэффициент искажения для первичных источников питания при линейной симметричной нагрузке, коэффициент искажения для первичных и вторичных источников питания при наличии нелинейной, несимметричной и импульсно-периодической нагрузки, коэффициент амплитуды и др.

Одной из наиболее важных характеристик напряжения является коэффициент искажения. Он определяет меру отклонения формы сигнала напряжения на выходе бортового генератора от идеальной формы сигнала и регламентируется тем же стандартом[1].

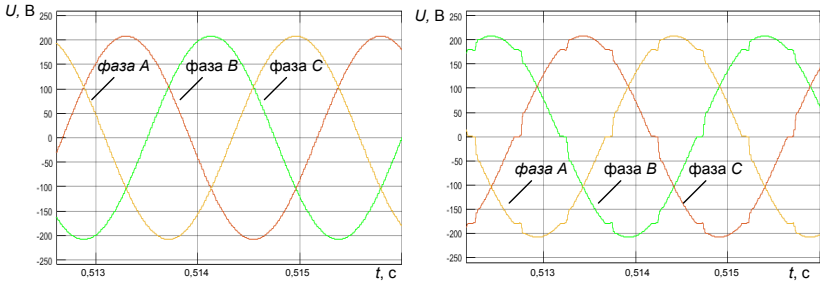
При подключении к источникам напряжения нагрузки, возникает искажение формы сигнала напряжения, выдаваемого генератором на борту самолета. Рисунок 1 наглядно демонстрирует отличие идеального сигнала напряжения, рисунок 1 а), и искаженного, рисунок 1 б).

Эти искажения формы сигнала на выходе источника напряжения могут приводить к следующим негативным последствиям:

- перегрев генератора;
- большие нейтральные токи;
- лишние переключения в каналах силовой электроники.

Для решения задач контроля и исследования ПКЭ в программной среде Simulink имеется блок Powergui, рисунок 2, представляющий собой графический интерфейс пользователя для настройки имитационных моделей и визуализации их параметров.

Блок Powergui позволяет выбрать математический метод расчета процессов, происходящих в модели в течение определенного периода времени, производить различные настройки исследуемых параметров для их анализа.



а б

а – форма идеального напряжения трехфазного тока,
б – форма искаженного напряжения трехфазного тока

Рис. 1. Формы сигналов напряжения в сети переменного тока

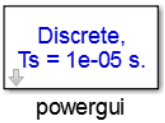


Рис. 2. Блок powergui

Например, одной из возможностей исследования КЭЭ с помощью блока Powergui является контроль и визуализация коэффициента гармонического искажения исследуемого переменного напряжения. Сделать это можно при помощи инструмента FFT Analysis, который производит гармоническое разложение сигнала в автоматическом режиме и визуализирует коэффициент искажения THD (Total harmonic distortion). Данный анализ вызывается через меню настройки параметров блока Powergui. На рисунке 3 приведен внешний вид меню настройки параметров блока Powergui с выделенной вкладной вызова FFT Analysis.

3. **Результаты исследования.**

Проведем исследование ПКЭ в СЭС переменного тока имитационной модели электроэнергетического комплекса самолета.

Имитационная модель электроэнергетического комплекса разработана ранее и приведена в работе [3].

Определим коэффициент гармонических искажений 3-х фазного напряжения 200 В 400 Гц для первичных источников питания при линейной симметричной нагрузке с помощью инструмента FFT Analysis. На рисунке 4 приведен интерфейс инструмента FFT Analysis.

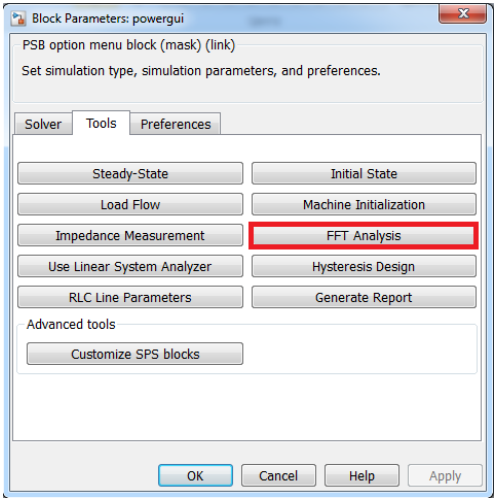


Рис. 3. Интерфейс блока Powergui

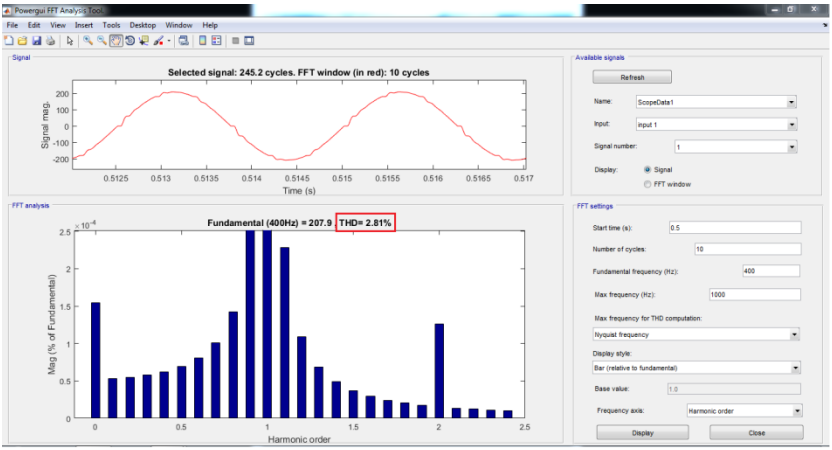


Рис. 4. Интерфейс инструмента FFT Analysis

В соответствии с ГОСТом [1] нормальные рабочие характеристики систем переменного тока номинальным напряжением 115/200 В постоянной частоты 400 Гц:

- установившееся значение коэффициента искажения для первичных источников питания при линейной симметричной нагрузке, не более 5 %;
- установившееся значение коэффициента искажения для первичных и вторичных источников питания при наличии нелинейной, несимметричной и импульсно-периодической нагрузки, не более 8 %.

Из анализа одной из фаз переменного напряжения исследуемой имитационной модели СЭС 208 В 400 Гц видно, что коэффициент искажения THD составляет 2,81 %, что соответствует допустимому значению данного параметра в соответствии вышеприведенным допускам ГОСТа [1].

Заключение.

В работе решена задача демонстрации возможностей программы Simulink для анализа КЭЭ, а также подтверждена адекватная работа СЭС переменного тока модели, приведенной в [3], по коэффициенту искажения для первичного источника питания СЭС переменного тока при линейной симметричной нагрузке.

Список литературы

1. ГОСТ Р 54073-2017. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии. – Взамен ГОСТ Р 54073-2010. Введ. 2017-12-28 – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2018. – 36 с.

2. Дьяконов, В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

3. Бочаров, А. С. Имитационное моделирование функционирования электрифицированных систем самолетов в среде Simulink / А. С. Бочаров, И. В. Шаров, А. А. Шипилов // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах: труды международной молодежной научной школы. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2018. – С. 184-187.

Разработка графической интерактивной панели управления режимами функционирования имитационной модели электроэнергетического комплекса самолета с помощью пакета Dashboard среды моделирования Simulink

А. С. Бочаров, e-mail: bocharov_a_s@mail.ru
А. Ю. Локтиков
А. А. Шипилов
И. В. Пищулин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Раскрывается возможность применения пакета Dashboard программы визуального имитационного моделирования Simulink для разработки панели управления режимами работы имитационной модели электроэнергетического комплекса самолета при ее исследовании. Описываются блоки пакета Dashboard, настройка их параметров и приводятся примеры использования.*

Ключевые слова: *электроэнергетический комплекс, Simulink, Dashboard, имитационная модель.*

Введение

Для исследования сложных технических систем, которыми являются электроэнергетические комплексы (ЭЭК) самолетов необходимо разработать их упрощенные модели и уже на них проводить исследования, это экономически более выгодно и менее затратно, чем на натурных блоках и системах.

Среда визуального имитационного моделирования Simulink [1] позволяет разрабатывать имитационные модели сложных динамических систем, учитывая взаимосвязи при различных режимах функционирования. Применение библиотеки Dashboard программы Simulink позволяет создавать удобные интерактивные графические панели пользователя для управления и визуализации режимов функционирования имитационной модели.

1. Постановка задачи исследований

В работе рассматривается задача разработки панели управления и визуализации режимов работы имитационной модели ЭЭК при его исследовании как в нормальных, так и в аварийных режимах

© Бочаров А. С., Локтиков А. Ю., Шипилов А. А., Пищулин И. В., 2019

функционирования с помощью библиотеки Dashboard программы Simulink.

2. Решение задачи исследований

Библиотека Dashboard программы Simulink может использоваться для создания инструментальных панелей элементов управления и визуализации результатов функционирования в различных имитационных моделях, что позволяет повысить удобство настройки и исследования различных режимов, а также наглядность происходящих процессов при исследовании.

Данная библиотека появилась в новой версии программы Matlab 2015b и доступна в общем разделе браузера библиотек Simulink, приведенном на рис. 1.

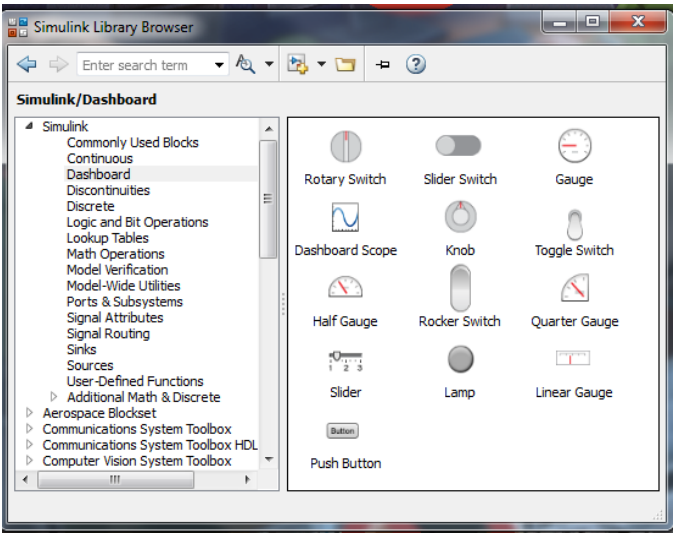


Рис. 1. Браузер библиотек Simulink с демонстрацией блоков пакета Dashboard

Библиотека Dashboard состоит из следующих блоков:

- круговой индикатор (Gauge);
- половинный индикатор (Half Gauge);
- четвертной индикатор (Quarter Gauge);
- линейный индикатор (Linear Gauge);
- поворотная ручка (Knob);
- лампа (Lamp);

– кнопка (Push Button);
– перекидной переключатель (Rocker Switch);
– галетный переключатель (Rotary Switch);
– ползунок (Slider);
– ползунковый переключатель (Slider Switch);
– тумблер (Toggle Switch);
– блок осциллографа для приборной доски (Dashboard scope).

Рассмотрим пример применения данной библиотеки для разработки панели визуализации и управления в имитационной модели СЭС самолета, описанной в статье [2].

Имитационная модель позволяет реализовать аварийные режимы работы СЭС постоянного тока самолета при отказах одного, двух и трех выпрямительных устройств. Информационное поле панели визуализации и управления режимами работы, собранное из элементов библиотеки Dashboard в имитационной модели для СЭС приведено на рис. 2.

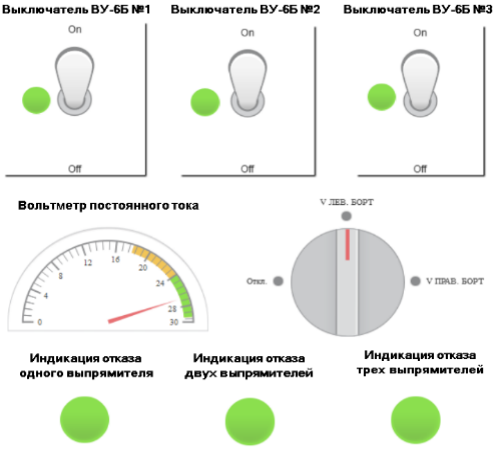


Рис. 2. Информационное поле органов управления и индикации

Включение каждого из выпрямительного устройства ВУ-6Б осуществляется тумблерами, у которых положение «On» соответствует включенному состоянию, а положение «Off» – отключенному состоянию. Индикация работы каждого выпрямительного устройства ВУ-6Б реализована световой индикацией, расположенной слева от каждого тумблера. Включенное состояние выпрямительного устройства ВУ-6Б соответствует зеленому цвету, отключенное состояние – красному.

Индикация уровня напряжения постоянного тока левой или правой бортовой СЭС производится индикатором «Вольтметр постоянного тока». На данном индикаторе может отображаться значение напряжения как левого, так и правого бортов самолета. Циферблат вольтметра имеет две выделенных области, которые соответствуют показателям качества электроэнергии для постоянного напряжения 27 В. Настройка блока вольтметра постоянного тока приведена на рис. 3.

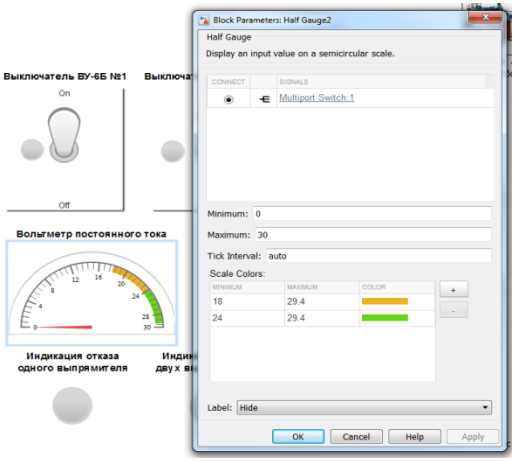


Рис. 3. Окно настройки параметров блока «Вольтметр постоянного тока»

Переключение вывода значения напряжение на данный индикатор между левым и правым бортами осуществляется галетным переключателем, у которого положение «Откл.» соответствует отключенному состоянию вольтметра, положение «V ЛЕВ. БОРТ» – отображению напряжения СЭС левого борта и положение «V ПРАВ. БОРТ» – отображению напряжения СЭС правого борта. Настройка блока данного галетного переключателя приведена на рис. 4.

Индикация отказа выпрямительных устройств ВУ-6Б выполнена в виде трех световых индикаторов: «Индикация отказа одного выпрямителя», «Индикация отказа двух выпрямителей» и «Индикация отказа трех выпрямителей». Зеленый цвет индикатора соответствует включенному состоянию выпрямительных устройств, а красный цвет – отказу какого-либо из них. С помощью управляющего поля на рис. 2 в имитационной модели реализуются следующие режимы функционирования СЭС постоянного тока самолета: нормальная работа

СЭС; отказ каждого выпрямителя в отдельности; последовательный отказ выпрямителей; одновременный отказ первого и второго выпрямителя; одновременный отказ всех трех выпрямителей.

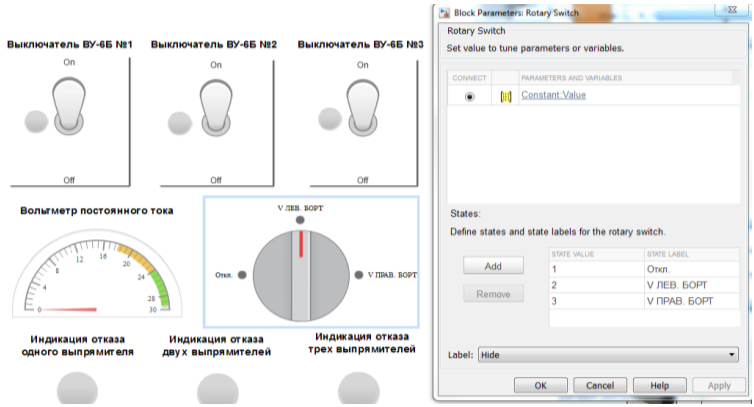


Рис. 4. Окно настройки параметров блока галетного переключателя напряжения

Настройка других, примененных блоков пакета Dashboard, таких как тумблер и лампа, интуитивно понятна и не требует дополнительных пояснений.

Заключение.

В работе решена задача разработки панели управления и визуализации режимов работы имитационной модели СЭС постоянного тока самолета при ее исследовании в различных режимах функционирования с помощью библиотеки Dashboard программы Simulink.

Список литературы

1. Дьяконов, В. П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М. : ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

2. Аббясов, И. В. Исследование аварийных режимов работы системы электроснабжения постоянного тока самолета с помощью среды визуального имитационного моделирования SIMULINK / И. В. Аббясов, А. С. Бочаров; под общ. ред. В. А. Немтинова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн [Электронный ресурс]: материалы IV Международной НПК: в 3 т.; Т. 2. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4. – С. 158-164.

Алгоритмическая модель оценки влияния интенсивности осадков на вероятность радиолокационного обнаружения наземных объектов

Д. В. Булгин, email: d.bulgin77@yandex.ru
И. Е. Кузнецов, email: vaiumet@mail.ru
С. В. Слащев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В статье предлагается модель оценки влияния интенсивности осадков на вероятность радиолокационного обнаружения наземных объектов, что позволит повысить качество гидрометеорологического обеспечения.*

Ключевые слова: *гидрометеорологические условия, энергия сигнала, отраженного от цели, спектральная плотность помех, удельная эффективная отражательная площадь.*

Введение

В настоящее время новейшие образцы авиационной техники в процессе их применения требуют более всестороннего и детального учета гидрометеорологических условий (ГМУ). Оснащение новых типов воздушных судов аппаратурой, использующей лазерные и радиолокационные средства, значительно повысило их возможности. Однако, создание и принятие на снабжение новых образцов авиационной техники, обладающей повышенными тактико-техническими характеристиками, приводит к усилению влияния ГМУ [1-5].

Таким образом, целью работы является повышение качества гидрометеорологического обеспечения путем разработки модели оценки влияния интенсивности осадков на вероятность радиолокационного обнаружения наземных объектов.

1. Модель оценки зависимости вероятности радиолокационного обнаружения наземных объектов от интенсивности осадков

Свойства бортовых радиолокационных систем обнаружения наиболее полно оцениваются по их характеристикам, которые представляют собой зависимость вероятности правильного обнаружения от величины отношения энергии сигнала, отраженного от объекта, на входе бортовой радиолокационной станции (БРЛС) и

© Булгин Д.В., Кузнецов И.Е., Слащев С.В., 2019

спектральной плотности шумов при заданном в качестве параметра значении вероятности ложной тревоги.

Определим характеристики обнаружения для оптимального устройства обнаружения объекта при известном принимаемом сигнале:

$$q^2 = \frac{2E}{N} \tag{1}$$

где q^2 – параметр правильного обнаружения цели; E – энергия принимаемого сигнала; N – спектральная плотность шумовых помех.

В случае работы БРЛС в идеальных условиях:

$$q^2 = \frac{2E}{N_ш + N_{пз}} \tag{2}$$

В формуле (2) значение энергии отраженного от цели зондирующего сигнала Е определяется формулой (1) при условии идеальной атмосферы (эталонные условия). При отклонениях от идеальных условий обнаружения необходимо выяснить, во сколько раз увеличивается требуемая энергия сигнала, отраженного от цели, по сравнению с эталонными условиями. Проведем оценку влияния ГМУ на параметр правильного обнаружения цели q^2.

Пусть имеются элементы ГМУ, экранирующие объект обнаружения, тогда:

$$q^2 = \frac{2E_{эт} e^{-0{,}46\sum_i \int_0^{R_i} \gamma_{i_{ГМУ}}(R)dR}}{N_ш + N_{пз_{эт}} e^{-0{,}46\sum_i \int_0^{R_i} \gamma_{i_{ГМУ}}(R)dR} + N_{ГМУ}} \tag{3}$$

где *Еэт* – энергия сигнала, отраженного от цели; *Nпз*$_{эт}$ – среднее значение спектральной плотности шумовых помех от подстилающей поверхности в эталонных условиях; *Ri* – удельный коэффициент ослабления радиоволн и протяженность *i-й* зоны гидрометеоров, соответственно*;* $N_{ГМУ}$ – спектральная плотность помех от гидрометеоров.

Обычно Nш<< Nпз$_{эт}$ и Nш<<N$_{ГМУ}$, поэтому выражение (3) может быть упрощено и преобразовано:

$$q^2 = \frac{\delta_ц}{\frac{(\delta R)}{\cos\beta} \cdot \frac{R\theta_{аз}\delta_{уд_{пз}}}{t_{обл}\Delta f_{пз}}} \cdot \frac{1}{\left[1 + \pi\delta_{уд_{ГМУ}} \frac{(\delta R)\Delta f_{пз}}{2\delta_{уд_{пз}}\Delta f_{ГМУ}} \sin\beta\right]} \tag{4}$$

Первый множитель в правой части равенства является отношением энергии принимаемого сигнала и спектральной плотности шума $q^2_{эт}$ в эталонных условиях.

Преобразуя формулу (4), имеем:

$$q^2_{эт} = \frac{2\delta_ц}{\delta_{уд_{пз}} \frac{(\delta R)}{\cos\beta} R\theta_{аз} \frac{1}{2\Delta f_{пз} t_{обл}}} \quad (5)$$

Таким образом, параметр правильного обнаружения цели q^2 с учетом ГМУ равен:

$$q^2 = q^2_{эт} \frac{1}{\left[1 + \pi\delta_{уд_{ГМУ}} \frac{(\delta R)\Delta f_{пз}}{2\delta_{уд_{пз}} \Delta f_{ГМУ}} \sin\beta\right]} \quad (6)$$

Второй сомножитель в правой части (6) показывает, во сколько раз q^2 будет меньше $q^2_{эт}$ за счет влияния осадков, облаков, ветра, турбулентного состояния атмосферы и других факторов, влияющих на хаотическое перемещение гидрометеоров относительно друг друга.

Таким образом, полученное выражение позволяет учесть влияние гидрометеоров на отношение энергии принимаемого сигнала к спектральной плотности шумовых помех, а, следовательно, и оценить эффективность применения БРЛС в различных ГМУ.

Одним из основных параметров БРЛС является вероятность обнаружения объекта. Эта задача является особенно сложной при полете на малых высотах. Точное знание вероятности обнаружения позволяет определять параметры полета воздушного судна (высоту и скорость). Вероятность обнаружения объекта БРЛС при наличии гидрометеоров на пути распространения радиоволн и в месте расположения цели будет меньше. Причинами этого являются маскирующее действие сигналов, рассеянных гидрометеорами, окружающими объект, и ослабление полезного сигнала на трассе его распространения.

Вероятность обнаружения объекта БРЛС определяется по формуле [1]:

$$F_{обн} = \sqrt[4]{\frac{G^2 * \lambda^2 * \delta_ц}{(4*\pi)^3 * N * q^2} * \int_0^{t_{обл}} P_{изл}(t)dt} * e^{-0,46 * \int_0^R \gamma(R)dR} \quad (7)$$

С учетом преобразований вероятность обнаружения объекта в ГМУ будет равна:

$$F_{обн_{ГМУ}} = \frac{F_{обн}}{\sqrt{1+\pi * \delta_{уд_{ГМУ}} * \frac{(\delta R) * \Delta f_{пз}}{2 * \delta_{уд_{пз}} * \Delta f_{ГМУ}} * \sin\beta}} \quad (8)$$

где $\delta уд_{пз}$, $\delta уд_{ГМУ}$ – удельные эффективные отражательные площади подстилающей поверхности и гидрометеоров, соответственно; (δR) – разрешающая способность БРЛС по дальности; β – угол визирования.

В более сложных случаях, когда приходится одновременно учитывать поглощение как на отдельных участках, так и на всей дистанции следует решать задачу последовательно. Вначале найти уменьшение вероятности обнаружения БРЛС из-за поглощения на отдельных участках, а затем и по всей дистанции.

Удельная эффективная отражательная площадь гидрометеоров связана с радиолокационной отражаемостью выражением [1]:

$$\delta_{уд_{ГМУ}} = \frac{\pi^5}{\lambda^4} \cdot Z \quad (9)$$

где Z – радиолокационная отражаемость, связанная с интенсивностью осадков I (или водностью облаков W) следующими соотношениями [1]:

$$Z = \beta * I^{\alpha} \quad (10)$$

Таким образом:

$$\delta_{уд_{ГМУ}} = \beta * I^{\alpha} * \frac{\pi^5}{\lambda^4} \quad (11)$$

$$\delta_{уд_{ГМУ}} = K * W * \frac{\pi^5}{\lambda^4} \quad (12)$$

2. **Результаты исследования**

Результаты расчетов влияния интенсивности осадков из различных форм облачности на вероятность обнаружения наземных объектов для представлены на рисунке.

Заключение

Анализ результатов расчётов показывает существенное влияние интенсивности осадков на вероятность обнаружения целей. Так, например, изменение интенсивности осадков от 0,17 мм/ч до 0,65 мм/ч вызывает уменьшение вероятности обнаружения примерно на 50 %.

Наличие осадков из конвективной облачности уменьшает вероятность обнаружения цели на 10-20 %, по сравнению с вероятностью обнаружения в осадках, идущих из облаков слоистых форм. Это объясняется тем, что размер капель осадков конвективной

облачности больше, чем осадков из облаков слоистых форм. И даже незначительное увеличение размеров капель приводит к существенному увеличению их отражательной способности Z. Такое изменение дальности обнаружения осадков может рассматриваться как значимое и должно учитываться при планировании применения авиации.

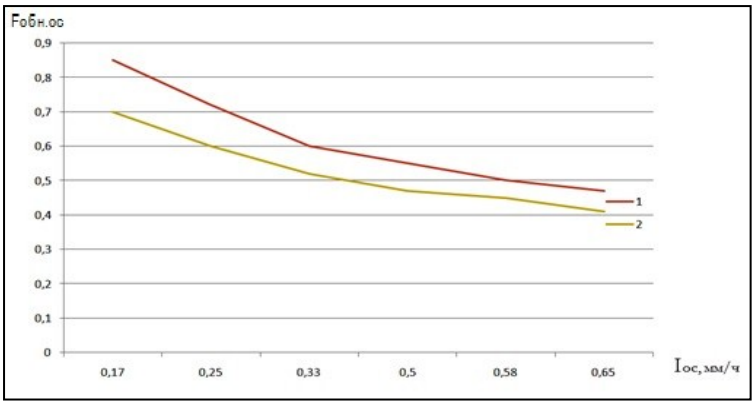


Рисунок. Зависимость влияния интенсивности осадков на вероятность обнаружения целей бортовой РЛС (1 – осадки из облаков слоистых форм; 2 – осадки из конвективных облаков)

Список литературы

1. Билетов М.В. Основы радиолокационной метеорологии / М.В. Билетов, А.И. Тищенко, И.Е. Кузнецов. – М. : Воениздат, 2008. – 330 с.

2. Дьяченко А.А. Летательные аппараты и безопасность полетов / А.А. Дьяченко. – Изд. ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1987. – 162 с.

3. Степаненко В. Д. Радиолокация в метеорологии / В.Д. Степаненко. – Гидрометеоиздат, 1978. – 198 с.

4. Дудник П.И. Авиационные радиолокационные устройства / П.И. Дудник, Ю.И. Чересов. – ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1986. – 153 с.

5. Брылев Г.Б. Радиолокационные характеристики облаков и осадков / Г.Б. Брылев, С.Б. Гашина, Г.Л. Низдойминога. – Л. : Гидрометеоиздат, 1986. – 267 с.

Оценка эффективности системы передачи сигналов управления в каналах связи с задержкой

В. А. Васильев, email: maxxxl78@mail.ru [1]
П. А. Федюнин, email: fpa1@mail.ru [2]
М. А. Данилин[1]
А. В. Васильев[1]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА им. Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
[2] ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Аннотация. *Разработана модель оценки эффективности управления самолетами оперативно-тактической авиации при целеуказании и наведении на наземные подвижные цели. Предложен показатель, позволяющий для заданных значений эффективности управления определять период передачи сигналов управления.*

Ключевые слова: *эффективность управления авиацией, информационный ущерб управлению по задержке.*

Введение

Одной из особенностей системы управления авиацией является наличие у используемой в системе информации динамических свойств. Поскольку информация отображает оперативно изменяющуюся обстановку в районе боевых действий и используется для принятия решения и выработки управляющих воздействий, то с течением времени она «стареет». В результате управление воздушными судами (ВС) может осуществляться менее эффективно. При этом старение информации связано не с самой информацией, а с появлением новой информации, возникающей при любом изменении обстановки. Связав с информацией время ее возникновения t_0, можно по истечении определенного времени $t_с$ признать ее «устаревшей», т.е. не пригодной к использованию для управления. Тогда отрезок времени $[t_0, t_с]$, на котором вероятность (P) достижения цели системы будет оставаться в допустимых пределах $P \geq P_{доп}$, будет определять продолжительность актуальности $\tau_а$ информации используемой для управления. Знание закономерностей процесса старения информации позволит для заданного значения вероятности $P_{зад}$ (рис. 1) определять требования к рациональной организации информационного обеспечения (сбора, обработки, передачи и использования информации) управления. К наиболее важному из требований следует отнести оперативность передачи

© Васильев В. А., Федюнин П. А., Данилин М. А., Васильев А. В., 2019

сигналов управления, оцениваемой временем задержки $\tau_з$ передачи сообщения.

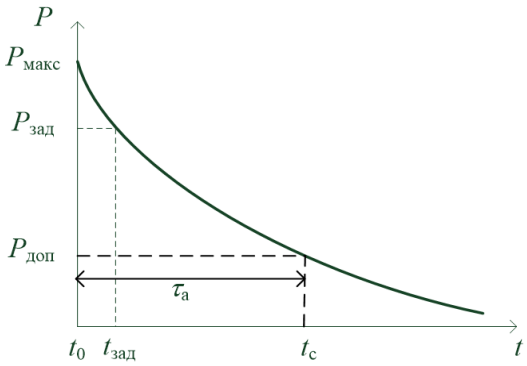


Рис. 1. Кривая распределения вероятности достижения цели во времени

В настоящее время известно множество подходов к учету влияния задержки сообщений на процесс управления сложными системами [1, 2, 3]. Однако остаются не рассмотренными вопросы повышения эффективности управления динамическими системами при наличии случайной задержки сигналов в канале связи.

1. Разработка модели, позволяющей количественно оценить информационный ущерб управлению по задержке

Обобщая последствия возникновения задержки сигналов в канале связи можно утверждать, что в целом управлению будет нанесен информационный ущерб, который предлагается оценивать относительной величиной

$$e(t) = \frac{P_{\text{макс}} - P(t)}{P_{\text{макс}}}, \qquad 1$$

где $P_{\text{макс}}$ и $P(t)$ – соответственно максимальное значение показателя эффективности управления в текущих (прогнозируемых) условиях обстановки и значение показателя при использовании информации в момент времени $t = t_0 + \tau_з$.

Рассмотрим модель, позволяющую количественно оценить информационный ущерб управлению по задержке.

Согласно (1) и рис.1 в зависимости от величины задержки можно рассматривать три случая.

1. При условии $\tau_з \le t_{зад}$ управлению будет нанесен незначительный информационный ущерб, которым можно пренебречь. Эффективность управления при этом соответствует заданным требованиям.

2. На интервале значений задержки $t_{зад} < \tau_з \le \tau_а$ будет иметь место допустимый информационный ущерб, вызывающий ту или иную степень дезорганизации управления ударным авиационным комплексом.

3. Для значений задержки $\tau_з > \tau_а$ вследствие старения ценность информации о местоположении цели близка к нулю. В этом случае информационный ущерб управлению по задержке следует считать недопустимым, а управление сорванным.

Представленные выше рассуждения раскрывают общий подход к оценке влияния задержки на эффективность управления. Для его формализации использованы результаты [4], ранее проводимых авторами исследований эффективности управления авиацией при целеуказании и наведении на наземные цели с использованием информационно-боевого показателя, количественно равного вероятности выхода самолета на цель и ее атаки с первого захода ($P_{вых}$). Результаты оценки показателя, полученные путем имитационного моделирования авиационного удара по неподвижной цели при различных сочетаниях данных об обстановке, позволили эмпирически определить аналитическую зависимость, связывающую вероятность $P_{вых}$ с величиной среднеквадратического отклонения бокового уклонения ВС от линии боевого пути σ_z [4]:

$$P_{вых} = k_1 e^{-k_2 \sigma_z^2}, \qquad 2$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_{нав}^2 + \sigma_ц^2}, \qquad 3$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты, характеризующие условия авиационного поиска и обнаружения и динамические элементы модели соответственно; $\sigma_{нав}$ – ошибки самолетовождения (навигации); $\sigma_ц$ – ошибки измерения (прогнозирования) координат цели.

Можно условно принять, что ошибки самолетовождения (навигации) $\sigma_{нав}$ на рассматриваемом этапе управления являются систематическими, не зависящими от времени. В свою очередь, ошибки $\sigma_ц$ для подвижной цели с течением времени будут накапливаться, создавая неопределенность в оценке местоположения цели. Действительно, момент определения авианаводчиком координат цели

отделяет от момента передачи время $t = t_0 + \tau_з$. За это время пространственные координаты цели примут значение отличное, вообще говоря, от первоначального и не известное летчику. То, насколько пригодным для летчика в момент $t_0 + \tau_з$ окажется информация о цели, зависит как от динамических характеристик цели, так и от априорных знаний и способностей наблюдателей (авианаводчика и летчика) определять будущие значения процесса.

На основе результатов исследования статистических характеристик положения маневрирующего объекта на плоскости [5], с учетом (2) и (3) можно переписать соотношение (1) в форме

$$e(t) = 1 - e^{-\frac{k_2 m^2 v t^2}{3}}. \qquad 4$$

Из анализа функциональной зависимости (4) можно сделать очевидный вывод о том, что информационный ущерб по задержке тем больше, чем лучше динамические свойства цели и ВС. Расчеты показали высокую скорость увеличения ущерба с ростом задержки, что объясняется низкой точностью прогноза по последнему значению, как платой за простоту алгоритма.

Очевидно, учитывать информационный ущерб управлению по задержке можно несколькими путями – совершенствованием метода прогнозирования перед использованием данных и (или) уменьшением задержки. Оба пути имеют принципиальные препятствия. Улучшить прогноз можно лишь до определенного предела, а задержка часто принципиально неустранима. В этой ситуации оценки информационного ущерба могут предохранить от бесполезных усилий и затрат, указав, с какой точностью следует формировать информацию и в каком темпе производить ее обновление.

На рис. 2, для примера, представлены временные зависимости величины информационного ущерба e(t) для заданных значений вероятности Рзад = n Рмакс позволяющие для автоматизированного управления ударным авиационным комплексом в телекодовом режиме определить верхнюю границу периода передачи информации о местоположении цели. Так, для Рзад = 0,8 Рмакс период обновления информации не должен превышать 23 секунд.

Задаваясь значением Рдоп (рис. 1) можно количественно определить величину задержки, при которой информационный ущерб настолько велик, что передача тактической информации вообще теряет смысл.

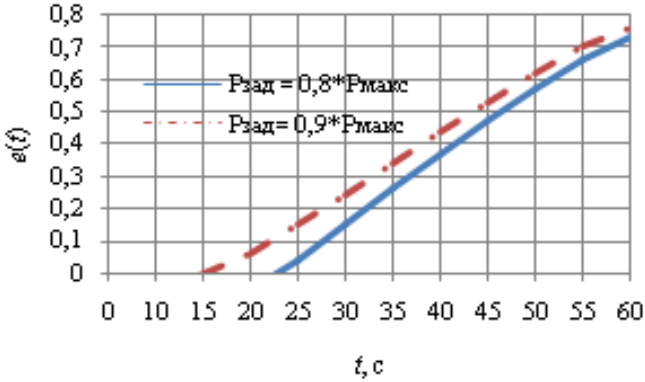


Рис. 2. Зависимость информационного ущерба управлению от задержки сообщения в канале связи

Заключение

Представляет интерес практическое применение предложенного авторами подхода в системе управления оперативно-тактической авиацией при целеуказании и наведении на подвижные наземные цели. Основной целью системы управления авиацией является вывод ВС на заданный объект в назначенное время с точностью, позволяющей экипажу ВС обнаружить цель и поразить ее с первой атаки. Применяя предложенную авторами модель можно количественно оценивать влияние задержки передачи информации на эффективность управления в текущих (прогнозируемых) условиях обстановки с целью рациональной организации информационного обеспечения процесса управления ВС.

Рассмотренный научно-методический подход, по мнению авторов, при некоторой корректировке методологии расчета коэффициентов k_1 и k_2, применим также в теории и практике управления ударными (разведывательными) беспилотными летательными аппаратами.

Список литературы

2. Ефимов, А. Н. Информация: ценность, старение, рассеяние / А. Н. Ефимов. – М. : Изд-во «Знание», 1978. – 63 с.

3. Самойлов, Л. К. Классический метод учета влияния временных задержек сигналов в устройствах систем управления / Л. К. Самойлов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 2 (126). – С. 43-53.

4. Крушель, Е. Г. Информационное запаздывание в цифровых системах управления: монография / Е. Г. Крушель, И. В. Степанченко. – Вогоград : ВолГТУ, 2004. – 124 с.

5. Научно-методический аппарат для оценки возможностей системы управления авиацией по информационному обеспечению процессов целеуказания и наведения / В. А. Васильев [и др.] // Теория и техника радиосвязи, 2018. – № 4. – С. 5-14.

6. Куприянов, А. И. Статистические характеристики динамической скрытности РЭС в пространстве / А. И. Куприянов // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. – 2012. – № 1. – С. 1-8.

Оценка множественной взаимозависимости факторов модели затрат ресурсов производства сахара

Громковский А. А. e-mail: aag68@bk.ru [1]
Костылева Л. Н. e-mail: kostyleva12@yandex.ru[1]
Громковская Н. А. e-mail: n.gromkovskaya@mail.ru[2]

[1] ФГКОУ ВПО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия
[2] ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

Аннотация. *В работе исследована прогностическая регрессионная модель удельных затрат материальных ресурсов сахаропроизводящего предприятия на основе реальных данных производства сахара в России. Проведен анализ оценки параметров построенной модели регрессии производственных показателей. На основе выполненного анализа реализована оценка мультиколлинеарности экономических факторов, определяющих удельные затраты производства сахара.*

Ключевые слова: *Моделирование, регрессионный анализ, производство сахара, мультиколлинеарность, анализ данных.*

Введение.

В настоящее время производство сахара из свеклы в России полностью удовлетворяет внутренний спрос и составляет 5,5 – 6,2 млн. т. сахара в год. Сахар стал продуктом экспорта. В 2017 году при обеспечении внутренних потребностей РФ в сахаре обеспечено полное импортозамещение. Для развития отрасли, повышения конкурентоспособности этого продукта актуальна задача прогнозирования основных показателей ресурсосбережения производства [1, 2].

По статистическим данным Союза сахаропроизводителей России [2] по 75 действующим сахарным заводам страны для прогнозирования зависимости удельных затрат ресурсов на производства сахара (Y, кг.ресурса/кг.готовой продукции) от величины выхода готовой продукции (X_1, % к массе переработанного сырья), величины расхода топлива (X_2, % к массе переработанного сырья), величины расхода известкового камня (X_3, % к массе переработанного сырья) предлагается использовать линейную модель множественной регрессии. Применение

© Громковский А. А., Костылева Л. Н., Громковская Н. А., 2019

такой модели оправдано в рамках решения задачи спецификации множественной регрессии для рассматриваемых производственных показателей.

1. **Разработка модели.**

Для описания взаимосвязи исследуемых показателей построена трехфакторная модель множественной регрессии вида:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \varepsilon \quad (1)$$

где ε – случайный компонент модели.

Точечные оценки параметров множественной регрессии α_j, $j = \overline{1,m}$ определялись с помощью метода наименьших квадратов.

Выборочная модель множественной регрессии для рассматриваемых величин будет имеет вид:

$$y = 17,51 - 0,74x_1 + 0,04x_2 + 0,11x_3 + \varepsilon \quad (2)$$

Коэффициент множественной детерминации полученной модели составил $R^2 = 0,94$. Для построенной модели 94 % вариации удельных затрат ресурсов производства сахара объясняются влиянием включенных в модель экономических факторов. Скорректированный коэффициент детерминации модели $\overline{R^2} = 0,938$, при корректировке величина коэффициента множественной детерминации уменьшилась менее чем на 0,01 (1 %). Средняя ошибка аппроксимации модели $\overline{A} = 0,09$. Оценка коэффициента множественной детерминации показывает статистическую значимость, надежность полученной модели в целом на уровне α =0,01 (1 %).

Статистическая значимость коэффициентов модели проверялась с помощью *t*-статистики (статистики критерия Стьюдента) на основе следующих пар статистических гипотез.

$H_0 : a_j = 0; j = \overline{0,4}$ - о незначимом отличии от нуля коэффициентов исследуемой модели.

$H_1 : a_j \neq 0; j = \overline{0,4}$ - о статистической значимости коэффициентов регрессии.

Для проверки выдвинутой статистической гипотезы на уровне значимости α =0,01 $t_{табл} = t_{табл}(\alpha, n-m-1) = t_{табл}(0,01;71) = 1,66$.

При выбранном уровне значимости определяются фактические значения критерия Стьюдента:

$$t_{aj}^{факт} = \frac{a_j}{m_{aj}};\ j = \overline{0,4} \qquad (3)$$

где m_{aj} - случайные ошибки оценивания коэффициентов множественной регрессии.

Для рассматриваемой модели:

$$t_{a0}^{факт} = \frac{a_0}{m_{a0}} = 43,33;\ t_{a1}^{факт} = \frac{a_1}{m_{a1}} = -30,91;\ t_{a2}^{факт} = \frac{a_2}{m_{a2}} = 0,99;$$

$$t_{a3}^{факт} = \frac{a_3}{m_{a3}} = 1,95$$

Следовательно, $\left|t_{a0}^{факт}\right| > \left|t_{табл}\right|$, H_0 отклоняется, т. е. коэффициент a_0 не случайно отличается от нуля, коэффициент значим; $\left|t_{a1}^{факт}\right| > \left|t_{табл}\right|$, H_0 отклоняется, т. е. коэффициент a_1 не случайно отличается от нуля, коэффициент несет значимую информацию о влиянии фактора X_1 на Y; $\left|t_{a2}^{факт}\right| < \left|t_{табл}\right|$, H_0 принимается, т. е. коэффициент a_2 случайно отличается от нуля, и не несет значимой информации в модели о влиянии фактора X_2 на Y; $\left|t_{a3}^{факт}\right| > \left|t_{табл}\right|$, H_0 отклоняется, т. е. коэффициент a_3 не случайно отличается от нуля, несет значимую информацию о влиянии фактора X_3 на Y.

На выбранном уровне значимости только один коэффициент регрессии a_2 незначим. Это может быть обусловлено мультиколлинеарностью экономических факторов, включенных в модель.

2. **Анализ множественной зависимости факторов модели.**

Для исследования мультиколлинеарности экономических факторов модели прогнозирования затрат ресурсов производства сахара предлагается использовать метод статистического доказательства с использованием статистики критерия Пирсона (хи-квадрат).

Для анализа мультиколлинеарности факторов предлагается исследовать матрицу коэффициентов межфакторной корреляции. При отсутствии мультиколлинеарности факторов определитель этой матрицы был бы равен единице:

$$\det R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{21} & \dots & r_{m1} \\ r_{12} & r_{22} & \dots & r_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1m} & r_{2m} & \dots & r_{mm} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{vmatrix} = 1 \qquad (4)$$

Если между факторами существует реальная мультиколлинеарность, то определитель матрицы межфакторной корреляции равен нулю:

$$\det R = \begin{vmatrix} r_{11} & r_{21} & \dots & r_{m1} \\ r_{12} & r_{22} & \dots & r_{m2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1m} & r_{2m} & \dots & r_{mm} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{vmatrix} = 0 \qquad (5)$$

Чем ближе к нулю определитель матрицы межфакторной корреляции, тем существеннее мультиколлинеарность факторов в модели. Чем ближе к единице определитель матрицы межфакторной корреляции, тем мультиколлинеарность факторов модели слабее. Для выявления множественной взаимозависимости экономических факторов затрат ресурсов производства сахара предлагается использовать следующий подход, на основе статистического теста, основанного на проверке следующих статистических гипотез.

Основная гипотеза $H_0 : \det R = 1$, реальная мультиколлинеарность факторов в модели отсутствует.

Альтернативная гипотеза $H_1 : \det R \neq 1, \left(\det R = 0\right)$, существует реальная мультиколлинеарность факторов в модели.

Для реализации предлагаемого теста используется статистика критерия Пирсона χ^2. Величина $\chi^2 = n - 1 - \frac{\left(2 \cdot m + 5\right) \cdot \lg\left(\det R\right)}{6}$ имеет распределение χ^2 с $\frac{n\left(n-1\right)}{2}$ степенями свободы, где n – объем выборочной совокупности; m – количество факторов модели. Фактическое значение данной статистики критерия определяется по формуле: $\chi^2_{расч} = n - 1 - \frac{\left(2 \cdot m + 5\right) \cdot \lg\left(\det R\right)}{6}$.

Критическая область и область принятия выдвинутых гипотез строятся с помощью табличного значения статистики критерия $\chi^2_{табл}\left(\alpha, \frac{n\left(n-1\right)}{2}\right)$, где α – задаваемый уровень значимости. Если $\chi^2_{расч} > \chi^2_{табл}$, выдвинутая гипотеза H_0 принимается и делается вывод об отсутствии реальной мультиколлинеарности факторов прогностической регрессионной модели на заданном уровне значимости. Если

$\chi^2_{расч} < \chi^2_{табл}$, гипотеза H_0 отклоняется в пользу гипотезы H_1 и признается наличие реальной мультиколлинеарности факторов регрессионной модели.

Для рассматриваемых экономических факторов модели затрат ресурсов производства сахара матрица межфакторной корреляции будет иметь вид:

$$R = \begin{vmatrix} 1 & -0,229 & -0,288 \\ -0,229 & 1 & 0,678 \\ -0,288 & 0,678 & 1 \end{vmatrix} \quad (6)$$

Определитель данной матрицы межфакторной корреляции $\det R = 0,494$, т. е. значение определителя матрицы близко к нулю и эта величина указывает на возможную реальную мультиколлинеарность предикторов в модели. Для статистического доказательства наличия (отсутствия) данного эффекта необходимо проверить статистическую значимость отличия от нуля данного показателя.

При уровне значимости $\alpha = 0,05$ табличное значение статистики критерия Пирсона составило $\chi^2_{табл}\left(\alpha, \frac{n(n-1)}{2}\right) = \chi^2_{табл}\left(0,05, \frac{75(75-1)}{2}\right) = 2654$.

Расчетное значение статистики критерия Пирсона $\chi^2_{расч} = n - 1 - \frac{(2 \cdot m + 5) \cdot \lg(\det R)}{6} = 75 - 1 - \frac{(2 \cdot 5 + 5) \cdot \lg(0.494)}{6} = 74,5$.

Заключение

Соответственно, $\chi^2_{расч} << \chi^2_{табл}$ и на принятом уровне значимости можно считать доказанным наличие мультиколлинеарности экономических факторов в построенной модели. Ответственный за мультиколиинеарность незначимый фактор можно исключить из рассмотрения без ущерба качеству модели.

Литература

1. Громковский, А. И. Оценка эффективности свеклосахарного производства / А. И. Громковский, А. А. Громковский, М. Г. Матвеев // Сахар. - 2017. - № 4. – С. 56 - 59.

2. Громковский, А. И. Оценка эффективности свеклосахарного производства с учетом урожайности свеклы и длительности сезона/ А. И. Громковский, А. А. Громковский, М. Г. Матвеев // Сахар. – 2018. – № 2. – С. 42 - 45.

Исследование приближения стационарности ряда динамики температуры воздуха

А. А. Громковский, e-mail: aag68@bk.ru
Л. Н. Костылева, e-mail: kostyleva12@yandex.ru
А. Б. Мизев

ФГКОУ ВПО ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

Аннотация. *Проведено исследование прогностических моделей стохастической динамики температуры воздуха, представленных в авторегрессионной форме. По данным метеонаблюдений для временного ряда среднедневной температуры воздуха рассчитаны критерии качества моделей на разных изобарических поверхностях. Рассмотрена возможность использования моделей для построения краткосрочного прогноза в условиях приближения стационарности исследуемого ряда динамики.*

Ключевые слова: *Моделирование, прогнозирование, ряды динамики метеорологических величин, стационарность, оценивание параметров, анализ модели.*

Введение

Прогнозирование значений метеорологических величин может быть осуществлено на основе ряда динамики наблюдений их значений. Выбор вида прогностической модели реализуется путем анализа графика исследуемого ряда наблюдений и выборочной автокорреляционной функции (ACF), а также частной автокорреляционной функции (PACF) с заданной теоретической моделью исследуемого процесса [3]. После выбора вида модели из заданного набора осуществляется оценивание ее параметров, проводиться анализ прогностических качеств построенной модели. Корректная реализация процедуры построения прогностической модели зависит от стационарности (нестационарности) рассматриваемого ряда динамики [1, 2, 3]. В случае нестационарности ряда значений необходима процедура преобразования исходных данных.

1. Разработка моделей

Для прогноза среднедневной температуры воздуха в заданной точке атмосферы на разных изобарических поверхностях (АТ-850, АТ-700,

© Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мизев А. Б., 2019

АТ-600, АТ-500) проанализированы ACF и PACF ряда динамики данной величины. На всех изобарических поверхностях выборочные ACF и PACF имеют выброс на первом лаге, затем функции демонстрируют резкое убывание. В соответствие с методикой анализа ACF и PACF для прогнозирования следует выбрать модель авторегрессии первого порядка AR(1). Для повышения информативности прогноза рассматривалась модель авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры предложенных прогностических моделей оценивались методом наименьших квадратов [3]. Получены следующие модели:

Поверхность АТ-850:

Модель авторегрессии первого порядка:

$$AR(1): y = 0{,}57 + 0{,}902 y_{t-1} + \varepsilon \qquad 3$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,804748.

Модель авторегрессии второго порядка:

$$AR(2): y = 0{,}53 + 0{,}85 y_{t-1} + 0{,}06 y_{t-2} + \varepsilon \qquad 4$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,805278.

Поверхность АТ-700:

Модель авторегрессии первого порядка:

$$AR(1): y = 0{,}27 + 0{,}902 y_{t-1} + \varepsilon \qquad 5$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,80854.

Модель авторегрессии второго порядка:

$$AR(2): y = -0{,}26 + 0{,}84 y_{t-1} + 0{,}06 y_{t-2} + \varepsilon \qquad 6$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,809224.

Поверхность АТ-600:

Модель авторегрессии первого порядка:

$$AR(1): y = -0{,}88 + 0{,}91 y_{t-1} + \varepsilon \qquad 7$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0, 827968.

Модель авторегрессии второго порядка:

$$AR(2): y = -0{,}8 + 0{,}827 y_{t-1} + 0{,}09 y_{t-2} + \varepsilon \qquad 8$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,829521.

Поверхность АТ – 500:

Модель авторегрессии первого порядка:

$$AR(1): y = -1{,}47 + 0{,}92 y_{t-1} \qquad 9$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,851203.

Модель авторегрессии второго порядка:

$$AR(2): y = -1{,}35 + 0{,}84 y_{t-1} + 0{,}08 y_{t-2} + \varepsilon \qquad 10$$

Коэффициент детерминации для построенной модели составил R^2=0,852534.

Значимость прогностических моделей в целом оценивалась с помощью теста с использованием статистики критерия Фишера (F-статистики). На пятипроцентном уровне значимости все прогностические модели температуры воздуха в целом статистически значимы.

Значимость коэффициентов построенных моделей проверялась на основе теста с использованием статистики критерия Стьюдента (t-статистики). На пятипроцентном уровне значимости коэффициенты всех построенных прогностических моделей температуры воздуха являются статистически значимыми, то есть получены надежные, статистически значимые оценки параметров методом наименьших квадратов.

Предлагаемый метод оценки качества прогностической модели основан итеративной стратегия разработки, в которой последовательно выполняются процедуры спецификации исходной модели (выбор вида и структуры модели), оценка параметров выбранной модели и верификация (анализ) модели [1, 2]. После построения прогностических моделей среднесуточной температуры воздуха на основе уравнений авторегрессии, была проведена оценка погрешности данных моделей. На основе данных контрольной выборочной совокупности были определены: средняя абсолютной ошибка (САО), средняя квадратичная ошибка (СКО), множественный коэффициент корреляции (МКК) для каждой модели. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Погрешности прогностических моделей температуры воздуха.

	AT – 850		AT – 700		AT – 600		AT - 500	
	AR(1)	AR(2)	AR(1)	AR(2)	AR(1)	AR(2)	AR(1)	AR(2)
САО	2,493	2,481	2,191	2,182	2,010	1,999	1,9185	1,9025
СКО	3,457	3,451	3,017	2,957	2,704	2,687	2,514	2,503
МКК	0,897	0,897	0,899	0,899	0,909	0,910	0,922	0,923

Из табл. 1 видно, что при анализе моделей авторегрессии первого и второго порядка с помощью САО, СКО и корреляции, наименьшую погрешность на всех изобарических поверхностях демонстрируют прогностические модели авторегрессии второго порядка AR(2).

Соответственно, для прогнозирования стохастической динамики среднесуточной температуры воздуха целесообразно использовать модели авторегрессии второго порядка.

2. Оценка приближения стационарности прогностических моделей температуры воздуха

Прогностические модели авторегрессии среднедневной температуры воздуха AR(1), AR(2) получены в приближении стационарности рассматриваемого ряда метеорологических наблюдений. Для проверки корректности применения построенных моделей следует оценить стационарность исследуемого ряда динамики температуры воздуха. Были получены соответствующие характеристические уравнения моделей.

Поверхность АТ-850:

Характеристическое уравнение модели AR(1):

$$1-0{,}902z=0$$

Характеристическое уравнение модели AR(2):

$$1-0{,}85z-0{,}06z^2=0$$

Поверхность АТ-700:

Характеристическое уравнение модели AR(1):

$$1-0{,}902z=0$$

Характеристическое уравнение модели AR(2):

$$1-0{,}84z-0{,}06z^2=0$$

Поверхность АТ-600:

Характеристическое уравнение модели AR(1):

$$1-0{,}91z=0$$

Характеристическое уравнение модели AR(2):

$$1-0{,}827z-0{,}09z^2=0$$

Поверхность АТ – 500:

Характеристическое уравнение модели AR(1):

$$1-0{,}92z=0$$

Характеристическое уравнение модели AR(2):

$$1 - 0{,}84z - 0{,}08z^2 = 0$$

Для всех построенных характеристических уравнений были получены корни, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Корни характеристических уравнений прогностических моделей авторегрессии температуры воздуха.

	AT – 850		AT – 700		AT – 600		AT – 500	
	AR(1)	AR(2)	AR(1)	AR(2)	AR(1)	AR(2)	AR(1)	AR(2)
z_1	1,1	1,09	1,1	1,1	1,08	1,08	1,09	1,07
z_2		-15,25		-15,1		-10,27		-11,57

Из табл. 2 видно, что корни характеристических уравнений для всех исследуемых прогностических моделей авторегрессии среднедневной температуры воздуха находятся вне круга единичного радиуса.

Заключение

Требование стационарности ряда значений исследуемой величины предполагает, что корни характеристического уравнения прогностической модели должны быть по модулю больше единицы. Полученные результаты для всех прогностических моделей показывают, что для исследуемого ряда значений среднедневной температуры воздуха на каждой изобарической поверхности возможно корректное использование модели авторегрессии для построения прогноза в приближении стационарности на данном временном интервале рассмотрения.

Литература.

1. Матвеев, М. Г. Разработка и исследование статистических моделей нестационарного многомерного временного ряда атмосферных температур в условиях неоднородности / М. Г. Матвеев, Е. А. Сирота // Информационные технологии. - 2014. - № 12. - С. 20-24.

2. Громковский, А. А. Моделирование стохастической динамики изменения температуры воздуха для Центрально-Черноземного региона РФ / А. А. Громковский, М. М. Зозуля // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XVIII международной научно-методической конференции. – Воронеж, 2018. – Т. 2. – С. 118-123.

3. Hamilton, J. D. Time Series Analysis / J. D. Hamilton. – Princeton.: Princeton University Press, 1994. – 816 p.

Алгоритмическое обеспечение ИИС для исследования теплофизических характеристик полимерных композитов

О. С. Дмитриев, email: phys@nnn.tstu.ru
А. А. Живенкова
А. О. Дмитриев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Рассмотрены методы и соответствующие им алгоритмы, входящие в состав прикладного программного обеспечения информационно-измерительной системы исследования теплофизических характеристик полимерных композитов. Приведены их блок-схемы.*

Ключевые слова: *алгоритмы, блок-схемы, информационно-измерительная система, композиты, теплофизические характеристики.*

Введение

При производстве полимерных композитных материалов важнейшим технологическим процессом является тепловая обработка составляющих компонентов (армирующего наполнителя пропитанного полимерным термореактивным связующим), включая температурно-временной режим отверждения. Определение оптимальных температурно-временных режимов отверждения полимерных композитов предусматривает применение математических моделей, идентификацию их параметров и решение оптимизационной задачи [1].

Одними из ключевых параметров математической модели процесса отверждения полимерных композитов являются теплофизические характеристики (ТФХ). Определение ТФХ отвержденного композита, а также в процессе отверждения, вследствие сбора и обработки большого объема экспериментальной информации требует применения информационно-измерительной системы (ИИС) [2].

1. Математическая модель организации процесса нагрева и отверждения полимерных композитов

Для получения результатов требуемой точности и обеспечения возможности использования упрощенных алгоритмов обработки экспериментально полученных данных в ИИС исследование ТФХ композитов целесообразно проводить, используя специальные образцы и экспериментальные установки, позволяющие имитировать

© Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О., 2019

технологические режимы отверждения, а также обеспечивать создание и поддержание специальных граничных условий.

При проведении исследований ТФХ удобно использовать температурное распределение, близкое к температурному полю неограниченной пластины. Создается такое температурное распределение путем одностороннего нагрева образца плоской формы, обеспечивая тепловую изоляцию противоположной нагревателю стороны образца. В связи с этим при построении математической модели нагрева и отверждения будут заданы граничные условия второго рода. ТФХ полимерных композитов зависят от температуры и степени отверждения. Нами будет рассмотрен случай постоянных ТФХ или зависящих от времени или случай когда имеется зависимость ТФХ от температуры, сильно кореллированная с временем.

Таким образом, математическая модель, описывающая процесс нагрева и отверждения композитов представляется в виде системы дифференциальных уравнений теплопроводности с граничными условиями второго рода:

$$
\begin{aligned}
& C(T)\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x}\right), \\
& T \equiv T(x,t), \quad 0 < x < L, \quad 0 < t \le t_m, \\
& T(x,0) = f_0(x), \quad 0 \le x \le L, \\
& -\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=0} = q_0(t), \quad 0 < t \le t_m, \\
& -\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x}\bigg|_{x=L} = q_L(t), \quad 0 < t \le t_m.
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где C – объемная теплоемкость, Дж/(м^3·К); f_0 – начальное распределение температуры, К; q_0, q_L – величины тепловых потоков на поверхностях образца, Вт/м^2; L – толщина образца, м; T – температура, К; t – время, с; t_m – длительность эксперимента, с; x – пространственная координата, м; λ – теплопроводность, Вт/(м·К).

2. Методы и алгоритмы расчета теплофизических характеристик полимерных композитов

Задача идентификации коэффициентов дифференциального уравнения переноса относится к классу обратных задач. Одним из методов решения обратных задач теплопроводности является интегральное представление решения, когда искомые коэффициенты дифференциального уравнения записывают в виде совокупности интегралов от температуры и

теплового потока [3]. В случае, когда имеется температурная зависимость коэффициентов теплопереноса $C(T)$, $\lambda(T)$, метод позволяет привести дифференциальное уравнение, моделирующего процесс, к эквивалентному интегральному уравнению. Если в интегральное уравнение положить весовую функцию $p=1$, то получим уравнение для определения объемной теплоемкости C в независимости от теплопроводности λ.

Формула для расчета теплоемкости как константы или в зависимости от времени или при температурно-временном характере процесса нагрева, отнесенная к среднеинтегральной температуре, имеет вид

$$C \equiv C(t) \equiv C(T_{cp}(t)) = \frac{q_L(t) - q_0(t)}{\dfrac{d}{dt}\displaystyle\int_0^L T(x,t)\,dx} = \frac{q_L(t) - q_0(t)}{\theta'(t)}. \qquad (2)$$

Аналогично, положив в интегральное уравнение весовую функцию $p = x$, получим расчетную формулу для определения теплопроводности

$$\lambda \equiv \lambda(t) \equiv \lambda(T(t)) = \left(L \cdot q_L(t) - C(t)\frac{d}{dt}\int_0^L x \cdot T(x,t)dx \right) \Big/ \big(T_0(t) - T_L(t)\big). \qquad (3)$$

Дискретное представление алгоритма определения объемной теплоемкости $C(T_{cp}(t_j))$ по значениям температурного поля $T(x_i, t_j)$, отнесенное к среднеинтегральным температурам $T_{cp}(t_j)$ имеет вид:

$$C(T_{cp}(t_j)) = \big(q_L(t_j) - q_0(t_j)\big) \Big/ \sum_{i=0}^{n} A_i \frac{dT(x_i, t_j)}{dt_j}, \quad j = 1,2,\ldots,m, \qquad (4)$$

где A_i – веса квадратурной формулы.

Для теплопроводности $\lambda(T_{cp}(t))$ дискретное представление алгоритма, отнесенное к среднеинтегральным температурам имеет вид:

$$\lambda(T_{cp}(t_j)) = \frac{Lq_L(t_j) - C(T(t_j))\dfrac{d}{dt}\displaystyle\sum_{i=0}^{n} B_i T(x_i, t_j)}{T_L(t_j) - T_0(t_j)}. \qquad (5)$$

где B_i – веса квадратурной формулы.

Для устранения шумов, искажающих значения температурного поля, используем предварительное сглаживание экспериментальных значений температуры $T(x_i, t_j)$ с помощью сплайн-функции.

Блок-схема алгоритма расчета ТФХ как констант или как функций времени, отнесенных к средней температуре, представлена на рис. 1.

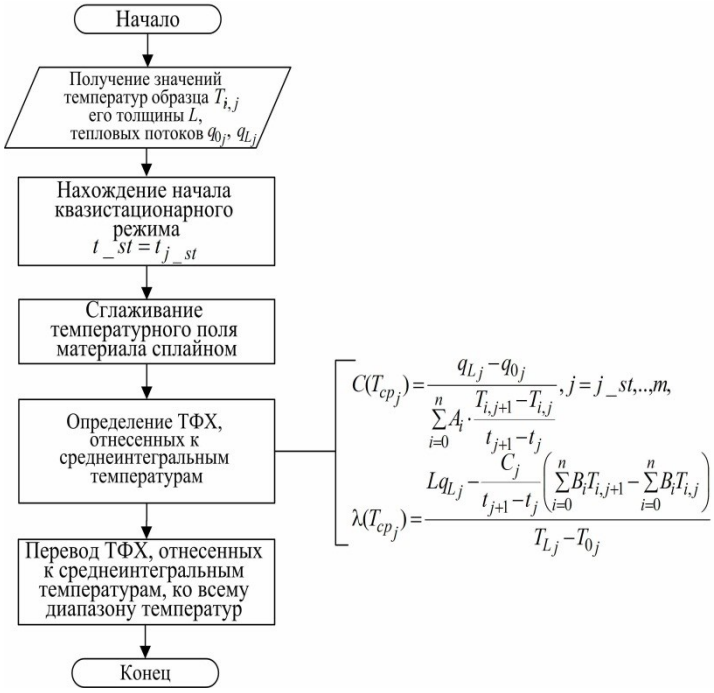


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета ТФХ как функций времени

В практике теплофизических измерений часто отсутствует возможность измерения температуры образца по его толщине. При этом ограничиваются измерением температуры только на поверхностях образца $T_0(t)$, $T_L(t)$. В таких случаях временная зависимость объемной теплоемкости, отнесенная к температуре, имеет вид:

$$C(T_{cp}(t)) = \frac{q_L(t) - q_0(t)}{L\frac{d}{dt}\left(\frac{q_L(t)\left[T_L(t) + 2T_0(t)\right] + q_0(t)\left[T_0(t) + 2T_L(t)\right]}{3\left[q_L(t) + q_0(t)\right]}\right)}. \qquad (6)$$

Расчетная формула для определения теплопроводности $\lambda(T_{cp}(t))$, отнесенная к среднеинтегральной температуре, имеет вид:

$$\lambda(T_{cp}(t)) = \frac{Lq_L(t) + L^2 C(T_{cp}(t)) \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{3q_L(t)\left[T_L(t) + T_0(t)\right] + q_0(t)\left[5T_L(t) + T_0(t)\right]}{12\left[q_L(t) + q_0(t)\right]} \right)}{T_L(t) - T_0(t)} \quad (7)$$

Соответствующий алгоритм расчета ТФХ по значениям температурного поля приведен на рис. 2.

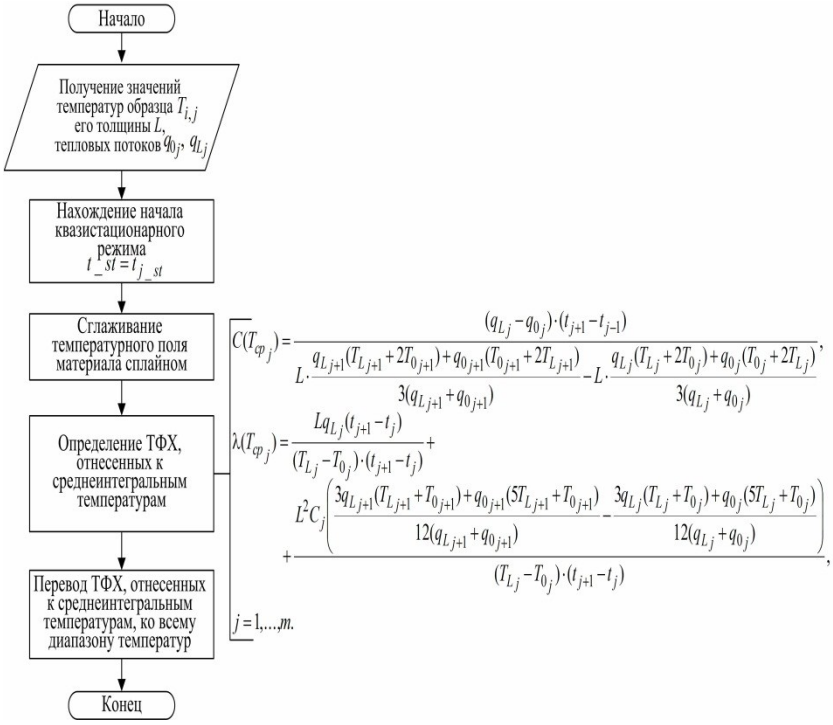


Рис. 2. Блок-схема алгоритма расчета ТФХ как функций времени по температурам поверхностей образца

Заключение

Полученные алгоритмы позволяют определять временные зависимости ТФХ или их константы. При существенной зависимости ТФХ от температуры возникает необходимость разработки более сложных алгоритмов [3].

Список литературы

1. Дмитриев, О.С. Оптимизация режима отверждения изделий из полимерных композитов на основе клеевых препрегов / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, С.В. Мищенко, С.О. Дмитриев // Клеи, герметики, технологии. – 2009. – № 5. – С. 17-24.

2. Дмитриев, О.С. Измерительно-вычислительная система для исследования свойств клеевых препрегов и расчета режимов отверждения ПКМ на их основе / О.С. Дмитриев, В.Н. Кириллов, С.В. Мищенко, А.О. Дмитриев // Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 6. – С. 22-28.

3. Дмитриев, О.С. Численно-аналитическое решение нелинейной коэффициентной обратной задачи теплопроводности / О.С. Дмитриев, А.А. Живенкова // Инженерно-физический журнал. – 2018. – Т. 91. № 6. – С. 1426-1437.

Адаптивный алгоритм локализации малоразмерных объектов на изображениях на основе вейвлет-анализа с адаптивным порогом

А. А. Донцов
Ю. Л. Козирацкий
Д. А. Нагалин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.

Аннотация. *С использованием методов теории вейвлетов разработан алгоритм обнаружения малоразмерных объектов на изображениях, базирующийся на процедурах суммарно-разностной обработки горизонтальных, вертикальных и диагональных вейвлет-коэффициентов текущего и эталонного изображений, нормировки, накопления и бинаризации по адаптивно устанавливаемому порогу.*

Ключевые слова: *обнаружение малоразмерных объектов, вейвлет-преобразование, адаптивный порог, изображение, бинаризация.*

Введение

Современные средства информационного обеспечения воздушного базирования обеспечивают обзор в широких полях зрения для повышения оперативности решения задач обнаружения. При этом существенно усложняется процедура поиска малоразмерных объектов, составляющих единицы элементов разрешения, на анализируемых изображениях фоноцелевой обстановки, размеры которых могут составлять 1000×1000 элементов разрешения и более.

Анализ существующих методов цифровой обработки изображений [1-3 и др.] показывает, что основные трудности, возникающие в ходе практической реализации алгоритмов обнаружения и определения координат объектов при обработке изображений реальных сцен, связаны с проблемами формального математического описания множества характерных признаков достаточно представительной совокупности объектов поиска, необходимостью создания и постоянного обновления баз данных яркостно-геометрических моделей объектов или их шаблонов, учитывающих условия съемки и полную совокупность факторов, влияющих на качество формирования изображений.

При обработке последовательности изображений, формируемых матричным фотоприемным устройством, хорошие результаты дают

© Донцов А. А., Козирацкий Ю. Л., Нагалин Д. А., 2019

разностные [4-7] и оценочно-компенсационные алгоритмы [8], которые позволяют существенно упростить задачу определения координат (локализации) малоразмерных объектов и свести ее к задаче поиска изменений в сцене наблюдения. Однако эффективность их применения существенно снижается даже при незначительных относительных сдвигах изображений, составляющих 1...2 элемента разрешения.

Локальный характер малоразмерных объектов поиска требует проведения детального анализа изображений, который может быть выполнен с помощью современных методов цифровой обработки сигналов, основанных на использовании вейвлет-преобразований [9-10]. Достоинством таких методов является возможность проведения локального спектрального анализа изображений благодаря пространственной локализации базисных вейвлет-функций. В работах [11-12] рассмотрены примеры использования вейвлетов для обнаружения на основе выделения границ и сегментации достаточно крупных (десятки элементов разрешения) движущихся объектов на изображениях, полученных стационарными системами видеонаблюдения. Оценка возможности применения вейвлет-преобразований для решения задачи локализации малоразмерных объектов на изображениях фоноцелевой обстановки, получаемых в динамических условиях наблюдения при наличии случайных пространственных сдвигов выполнена в работах [8, 13]. Показано, что разработанный алгоритм устойчив к ошибкам привязки текущего и эталонного изображений и сохраняет свою работоспособность при СКО сдвигов текущего изображения от эталонного в два раза больше линейных размеров объекта поиска. Вместе с тем при разработке данного алгоритма не учитывались шумы приемника ОЭС, а порог обнаружения выбирался эмпирически.

Поэтому является актуальной задача разработки алгоритма локализации малоразмерных объектов с адаптивно устанавливаемым порогом для обработки изображений, искаженных шумами приемника.

Блок-схема алгоритма локализации изображений малоразмерных объектов на текущем изображении представлена на рис. 1.

Текущее **B** и эталонное **A** изображения подвергаются последовательному разложению до k-го уровня в блоке расчета детализирующих вейвлет-коэффициентов, который осуществляет двумерное дискретное стационарное вейвлет-преобразование в соответствии с выражениями [9]:

$$
\begin{aligned}
\mathbf{C}^k_{1\mathrm{B(A)}} &= ((\mathbf{C}^{k-1}_{1\mathrm{B(A)}} \otimes g)^{\mathrm{T}} \otimes g)^{\mathrm{T}},\\
\mathbf{C}^k_{2\mathrm{B(A)}} &= ((\mathbf{C}^{k-1}_{1\mathrm{B(A)}} \otimes g)^{\mathrm{T}} \otimes h)^{\mathrm{T}},\\
\mathbf{C}^k_{3\mathrm{B(A)}} &= ((\mathbf{C}^{k-1}_{1\mathrm{B(A)}} \otimes h)^{\mathrm{T}} \otimes g)^{\mathrm{T}},\\
\mathbf{C}^k_{4\mathrm{B(A)}} &= ((\mathbf{C}^{k-1}_{1\mathrm{B(A)}} \otimes h)^{\mathrm{T}} \otimes h)^{\mathrm{T}},
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

где $\otimes$ – операция свертки матрицы и вектора-строки; T – операция транспонирования матрицы; k – номер шага вейвлет-преобразования; $\mathbf{C}^0_{1\mathrm{B}} = \mathbf{B}$, $\mathbf{C}^0_{1\mathrm{A}} = \mathbf{A}$; $\mathbf{C}^k_{1\mathrm{B}}$ и $\mathbf{C}^k_{1\mathrm{A}}$ – матрицы коэффициентов аппроксимации текущего и эталонного изображений; $\mathbf{C}^k_{2\mathrm{B}}$ и $\mathbf{C}^k_{2\mathrm{A}}$ – матрицы коэффициентов детализации текущего и эталонного изображений по горизонтали; $\mathbf{C}^k_{3\mathrm{B}}$ и $\mathbf{C}^k_{3\mathrm{A}}$ – матрицы коэффициентов детализации текущего и эталонного изображений по вертикали; $\mathbf{C}^k_{4\mathrm{B}}$ и $\mathbf{C}^k_{4\mathrm{A}}$ – матрицы коэффициентов детализации текущего и эталонного изображений по диагонали; g – вектор-строка коэффициентов низкочастотного фильтра вейвлета; h – вектор-строка коэффициентов высокочастотного фильтра вейвлета.

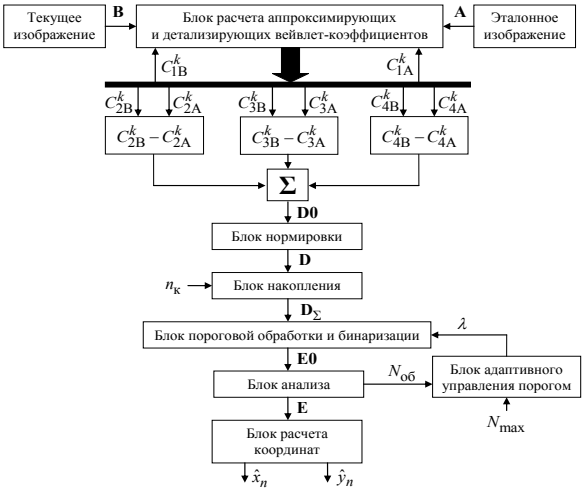


Рис. 1. Блок-схема алгоритма локализации изображений малоразмерных объектов

Из выражений (1) видно, что многократное двумерное вейвлет-преобразование представляет собой последовательное применение одномерного вейвлет-преобразования к каждой строке матрицы, а затем – к каждому получившемуся столбцу. Одномерное вейвлет-преобразование осуществляет свертку каждой строки матрицы с вектором-строкой коэффициентов соответствующего фильтра. К примеру, свертка текущего изображения и вектора коэффициентов низкочастотного фильтра представляет собой матрицу $\mathbf{Z}$, которая вычисляется следующим образом:

$$\mathbf{B} \otimes g = \mathbf{Z}_{i,b+1} = \sum_{m=0}^{M-1} B_{i,m+1} g_{b-m} \qquad (2)$$

где $b = 0...M-1$, $M = J + I - 1$.

В результате на каждом шаге вейвлет-преобразования рассчитывается матрица коэффициентов аппроксимации $\mathbf{C}^k_{1\mathrm{B(A)}}$ (результат применения только низкочастотной обработки), которая используется для разложения на следующем уровне, и матрицы коэффициентов детализации: $\mathbf{C}^k_{2\mathrm{B(A)}}$ – результат действия высокочастотного фильтра на столбцы, уже подвергнутые действию низкочастотного фильтра; $\mathbf{C}^k_{3\mathrm{B(A)}}$ – результат действия низкочастотного фильтра на столбцы, уже подвергнутые действию высокочастотного фильтра; $\mathbf{C}^k_{4\mathrm{B(A)}}$ – результат действия высокочастотного фильтра на строки, а затем на столбцы.

Выражение (2) показывает, что в результате двойного применения операции свертки матрицы вейвлет–коэффициентов $\mathbf{C}$ становятся избыточными (размерность $((I+M-1)\times(J+M-1))$. Поэтому для однозначного определения координат центров зон локализации на каждом шаге разложения размеры матриц $\mathbf{C}$ должны приводиться к исходным размерам матриц $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$ путем вырезания центральной части размером $I \times J$.

В дальнейшей обработке используются матрицы детализирующих коэффициентов, содержащие информацию о малоразмерных деталях текущего и эталонного изображений. Отличия текущего изображения от эталонного определяются на основе анализа матрицы $\mathbf{D0}$, определяемой в результате суммарно-разностной обработки детализирующих коэффициентов выражением:

$$\mathbf{D0} = (\mathbf{C}^k_{2\text{B}} - \mathbf{C}^k_{2\text{A}}) + (\mathbf{C}^k_{3\text{B}} - \mathbf{C}^k_{3\text{A}}) + (\mathbf{C}^k_{4\text{B}} - \mathbf{C}^k_{4\text{A}}) \quad (3)$$

В блоке нормировки рассчитываются относительные значения элементов матрицы $\mathbf{D0}$:

$$\mathbf{D}_{i,j} = \frac{\mathbf{D0}_{i,j}}{\max\limits_{i,j}(\mathbf{D0})} \quad (4)$$

В блоке накопления осуществляется суммирование матриц (5), полученных в результате суммарно-разностной обработки детализирующих вейвлет-коэффициентов заданного количества кадров текущих изображений $n_{\text{к}}$:

$$\mathbf{D}_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{n_{\text{к}}} \mathbf{D}_n \quad (5)$$

где $\mathbf{D}_n$ – матрица нормированных значений суммарно-разностной обработки детализирующих вейвлет-коэффициентов n-го текущего и эталонного изображений.

Блок пороговой обработки и бинаризации обеспечивает формирование двухуровневого псевдоизображения нормированной суммарной матрицы $\mathbf{D}_{\Sigma}$:

$$\mathbf{E0}_{i,j} = \begin{cases} 1, \text{ если } \mathbf{D}_{\Sigma i,j} \geq \lambda, \\ 0, \text{ если } \mathbf{D}_{\Sigma i,j} < \lambda, \end{cases} \quad (6)$$

где λ – порог бинаризации.

В результате формируется бинарное изображение, в котором элементы, принимающие значения 1, определяют местоположение локальных областей на текущем изображении, возникающих вследствие отличия его от эталонного.

В блоке анализа определяется количество локальных областей $N_{\text{об}}$. Для исключения влияния шумов приемника, наличия помех, масштабных и проекционных искажений текущего изображения необходимо увеличивать порог бинаризации. Поэтому в блоке адаптивного управления порогом выполняется ступенчатое повышение порога λ с заданным шагом $\Delta\lambda$ до тех пор, пока количество локальных областей не будет превышать их заданного максимального значения: $N_{\text{об}} \leq N_{\max}$. В результате на выходе блока анализа после адаптивного установления порога бинаризации формируется результирующая матрица $\mathbf{E}$, содержащая $\hat{n}$ локальных областей $Q_{\hat{n}}$ площадью $\hat{S}_n$,

интерпретируемых как новые малоразмерные объекты на текущем изображении. Количество локальных областей и их площади могут быть определены методами морфологического анализа изображений [14]. Координаты центров тяжести этих объектов определяются выражениями:

$$\hat{x}_n = \frac{1}{\hat{S}_n} \sum_{\mathbf{E}_{i,j} \in Q_{\tilde{n}}} j\,,\ \hat{y}_n = \frac{1}{\hat{S}_n} \sum_{\mathbf{E}_{i,j} \in Q_{\tilde{n}}} i \qquad (7)$$

Порядок функционирования разработанного алгоритма рассмотрим на примере обнаружения трех объектов 1×1 элемент разрешения (э.р.), двух объектов 2×5 э.р. и одного объекта 4×7 э.р. на коррелированном фоне с параметрами $m_{\text{ф}}$ =0,5; $\sigma_{\text{ф}}$ =0,025; $\Delta_{x,y}$ =40 э.р.

При моделировании работы алгоритма СКО шума приемника принималось равным 0,0075. ($\sigma_{\text{ш}} / \sigma_{\text{ф}}$ =0,3). В качестве базового использовался биортогональный вейвлет 2.2, минимальный порог бинаризации принимался равным $\lambda_{\min} = 0,01$. Вейвлет-разложение осуществлялось до третьего уровня включительно. Трехмерное изображение матрицы $\mathbf{D}_{\Sigma}$ после накопления 30-ти кадров изображений ($n_{\text{к}}$) и результат его бинаризации минимальным порогом показаны на рис. 2.

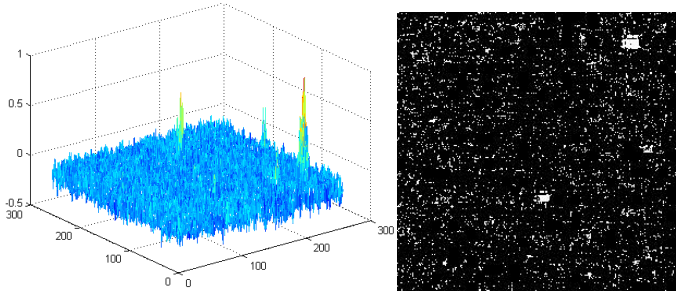


Рис. 2. Трехмерное изображение матрицы $\mathbf{D}_{\Sigma}$ после накопления 30-ти кадров результат его бинаризации

Изображение результирующей матрицы $\mathbf{E}$ после адаптивного установления порога бинаризации показано на рисунке 2. При адаптации максимальное количество локальных областей $N_{\max}$ принималось равным двадцати, а шаг изменения порога $\Delta\lambda$ =0,01. На рис. 3 видны локальные области различных размеров, положение

которых соответствует положению объектов различных размеров на текущих изображениях **B** .

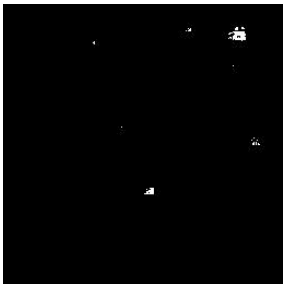


Рис. 3. Изображение результирующей матрицы **E** после адаптивного установления порога бинаризации

Таким образом, разработан адаптивный алгоритм локализации малоразмерных объектов на изображениях, который позволяет определить местоположение новых объектов на текущем изображении на основе сравнительного анализа детализирующих вейвлет-коэффициентов текущего и эталонного изображений. Алгоритм базируется на процедуре суммарно-разностной обработки горизонтальных, вертикальных и диагональных вейвлет-коэффициентов на заданных уровнях разложения с последующей нормировкой. Для снижения влияния шумов приемника, проекционных и масштабных искажений в алгоритме применена процедура накопления нормированных псевдоизображений с последующей их бинаризацией по адаптивно устанавливаемому порогу.

Список литературы

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

3. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. Проблемы технического зрения в современных авиационных системах // Техническое зрение в системах управления мобильными объектами. 2011. С. 11-44.

4. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений. М.: Физматлит, 2004, 784 с.

5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982. 790 с.

6. Алпатов Б.А. Бабаян П.В., Балашов О.Е., Степашкин А.И. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. 176 с.

7. Barros R., Figueroa P.J., Leite N.J. Background recovering in outdoor image sequences // Image and Vision Computing. 2006. № 4. P. 363-374.

8. Elhabian S., El–Sayed K., Ahmed S. Moving object detection in spatial domain using background removal techniques // Recent Patents on Computer Sci. 2008. № 1. P. 32-54.

9. Козирацкий Ю.Л., Донцов А.А., Иванцов А.В., Козирацкий А.Ю. и др. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов. М.: Радиотехника, 2015. 456 с.

10. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: РХД, 2001. 464 с.

11. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет–преобразования. Новосибирск : НГТУ, 2003. 104 с.

12. Махов В.Е., Потапов А.И. Использование алгоритма непрерывного вейвлет-преобразования в системах технического зрения // Приборостроение. 2011. № 9. Р. 10-15.

13. Töreyn B. Ugur, Cetun A. Enus, Aksay Anil, Akhan M. Bilgay. Moving object detection in wavelet compressed video // Signal Processing: Image Communication. 2005. № 20. P. 255-264.

14. Донцов А.А., Козирацкий Ю.Л. Алгоритм локализации малоразмерных объектов на изображении с использованием вейвлет–преобразований // Автометрия. 2013. Т. 49. № 2. С. 42-48.

15. Пытьев Ю.П., Чуличков А.И. Методы морфологического анализа изображений. М.: Физматлит, 2010. 336 с.

Алгоритм расчета предельных значений ошибок определения координат летательных аппаратов для формирования виртуального опорного канала

А. А. Донцов, email: addoncov1@mail.ru
О. Ю. Тонконогов, email: o.tonkonogov@mail.ru
Д. А. Нагалин, email: danil.nagalin@yandex.ru

Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *С использованием методов теории ошибок измерений разработан алгоритм расчета предельных ошибок регистрации координат воздушного носителя для формирования виртуального опорного канала в летных экспериментах по оценке работоспособности бортовых радиоэлектронных комплексов.*

Ключевые слова: *бортовой радиоэлектронный комплекс, летный эксперимент, определение координат, предельные ошибки, виртуальный опорный канал.*

Современные бортовые радиоэлектронные комплексы предназначены для защиты летательных аппаратов (ЛА) от различных систем наведения и прицеливания. При проектировании и разработке таких радиоэлектронных комплексов необходимо проводить испытания на работоспособность. Ранее [1, 2] предложено использование виртуального опорного канала при проведении испытаний бортовых радиоэлектронных комплексов защиты от средств высокоточного наведения с использованием летающей лаборатории (ЛЛ) и размещенной на её борту оптической системы самонаведения. Суть способа формирования виртуального опорного канала заключается в высокоточном определении координат ЛЛ и бортового радиоэлектронного комплекса защиты, определении ориентации в пространстве ЛЛ в текущий момент времени. Предложенный способ разработан с использованием положений теории ошибок измерений [3] и позволяет оценить допустимые, существенно влияющие на достоверность оценки работоспособности бортового радиоэлектронного комплекса, ошибки определения координат летательных аппаратов. В этой связи возникает задача разработки соответствующего алгоритма по расчету предельных значений ошибок определения координат ЛА для формирования виртуального канала.

© Донцов А. А., Тонконогов О. Ю., Нагалин Д. А., 2019

Цель работы – разработка алгоритма расчета предельных ошибок определения координат летательных аппаратов для формирования виртуального канала.

Блок-схема алгоритма расчета предельных ошибок определения координат летательных аппаратов для формирования виртуального канала при оценке эффективности бортовых радиоэлектронных комплексов с учетом рекомендаций, изложенных в [4], представлена на рисунке 1.

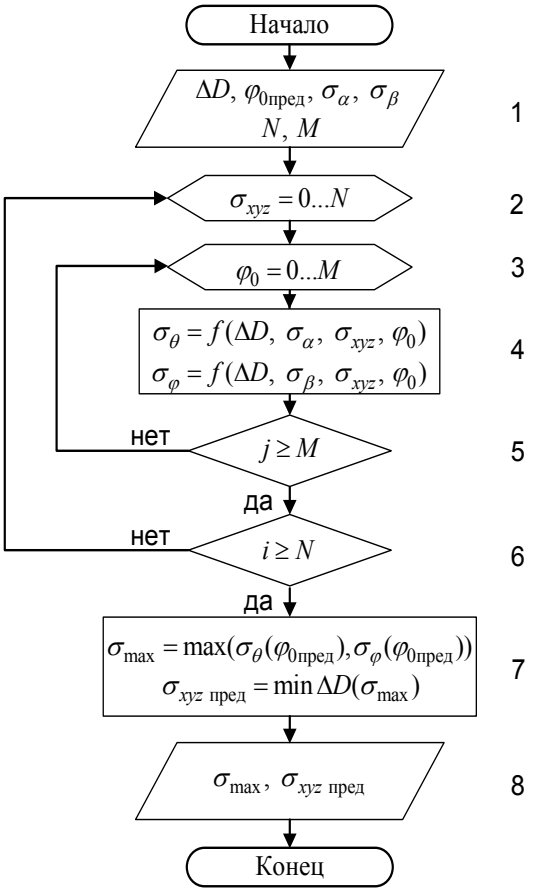


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Алгоритм оптимизации включает следующие этапы:

1. Ввод требуемых параметров: ΔD – диапазон дальностей между ЛА, на которых планируется проведение летного эксперимента, θ_0 - угол визирования в горизонтальной плоскости, $\varphi_{0\text{пред}}$ – предельный угол визирования системой самонаведения в вертикальной плоскости,

σ_α, σ_β - среднеквадратическое отклонение (СКО) определения углового положения ЛЛ в горизонтальной и вертикальных плоскостях, N - диапазон изменений СКО ошибок определения местоположения ЛА, M - диапазон изменений СКО ошибок определения углового положения системы самонаведения в вертикальной плоскости.

2. Задание изменений параметров цикла по переменной σ_{xyz} (СКО ошибок определения местоположения летательных аппаратов) в пределах от 0 до N.

3. Задание изменений параметров цикла по переменной φ_0 (угол визирования системой самонаведения по вертикальной плоскости) в пределах от 0 до M.

4. Определение точности определения углового положения виртуального опорного канала в горизонтальной и вертикальных плоскостях согласно выражений:

$$\sigma_\theta = \frac{\sqrt{2\sigma_{xyz}^2 + D^2\cos^2\varphi_0\sigma_\alpha^2}}{D\ \cos\varphi_0} \qquad (11$$

$$\sigma_\varphi = \frac{\sqrt{2\sigma_{xyz}^2 + D^2\sigma_\beta^2}}{D} \qquad (12$$

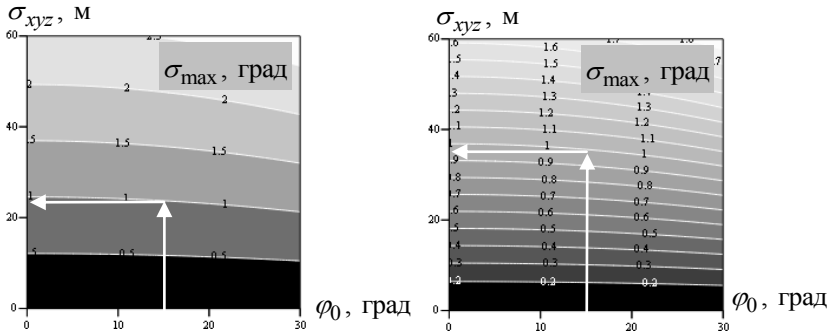
5. Проверка условия окончания цикла по переменной φ_0.

6. Проверка условия окончания цикла по переменной σ_{xyz}.

7. Определение максимального значения СКО ошибок определения углового положения виртуального опорного канала $\sigma_{\max}$, путем сравнения соответствующих СКО ошибок в горизонтальной и вертикальной плоскостях согласно (3):

$$\sigma_{\max} = max(\sigma_\theta(\varphi_{0\text{пред}}), \sigma_\varphi(\varphi_{0\text{пред}})) \qquad (13$$

С использованием предложенного алгоритма получены зависимости максимального значения СКО ошибок определения углового положения виртуального опорного канала (рис. 2), при условии обеспечения СКО ошибок определения углового положения ЛЛ σ_α =0,1 град в вертикальной плоскости и σ_β =0,1 град в горизонтальной плоскости на дальностях ΔD =1…3 км, для изменения СКО ошибок определения местоположения ЛА в пределах σ_{xyz} =0…60 м и параметра угла визирования системой самонаведения в вертикальной плоскости φ_0 =0…30 град.



а б

а – для удалений 1 км между ЛА, б – для удалений 3 км между ЛА

Рис. 2. Результаты расчета максимального СКО ошибок определения углового положения виртуального опорного канала

Из графиков видно, что на дальности 1 км между ЛА при $\varphi_{0\text{пред}}$ =15 град, и СКО ошибок определения углового положения виртуального опорного канала $\sigma_{\max}$ = 1 град СКО ошибок определения положения ЛА составит $\sigma_{xyz\ \text{пред}}$ = 22 м, на дальности 3 км при тех же условиях $\sigma_{xyz\ \text{пред}}$ = 35 м.

Предельное значение СКО ошибок определения местоположения ЛА для диапазона удалений ΔD между ЛА, при $\sigma_{\max}$ рассчитывается с использованием (1):

$$\sigma_{\text{xyz пред}} = \frac{\Delta D \cos\varphi_{0\text{пред}}}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma^2{}_{\max} - \sigma_\alpha^2} \qquad (14$$

Проведен расчет зависимостей предельных значений ошибок определения координат летательных аппаратов для различных дальностей между ЛА (рис. 3), при условии определения углового положения ЛЛ в вертикальной плоскости с СКО σ_α = 0,1 град для предельного значения положения угла визирования системы самонаведения в вертикальной плоскости $\varphi_{0\text{пред}}$ =15 град (для различных значений максимальных ошибок определения углового положения виртуального опорного канала $\sigma_{\max}$ =2 град (а), $\sigma_{\max}$ = 1 град (б), $\sigma_{\max}$ = 0,5 град (в)).

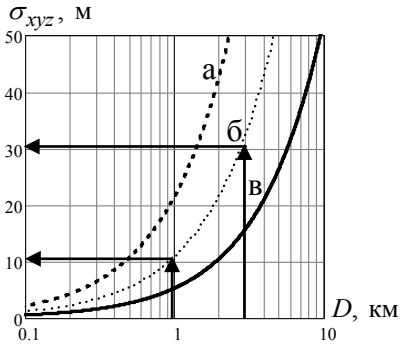


Рис. 3. Результаты расчета зависимостей предельных значений ошибок определения местоположения летательных аппаратов для различных дальностей

Из зависимостей видно, что проведение летного эксперимента на дальностях 1…3 км между ЛА при условии, что предельное значение угла визирования системы самонаведения в вертикальной плоскости не превысит 15 град, значения предельных ошибок определения местоположения летательных аппаратов составят 10…30 м для максимального значения СКО ошибок определения углового положения виртуального опорного канала 1 град.

8. Вывод результата работы алгоритма.

Таким образом, разработан алгоритм позволяющий определить предельные значений ошибок регистрации координат летательных аппаратов, показано, что при обеспечении точности определения положения виртуального опорного канала 0,5 град для предельного значения угла визирования системой самонаведения в вертикальной плоскости 15 град на дальностях 2…3 км значения предельных ошибок определения местоположения летательных аппаратов составят 5…15 м.

Список литературы

2. Донцов, А. А. Методика расчета погрешностей формирования виртуального опорного канала при испытаниях авиационных комплексов защиты от средств высокоточного поражения / А. А. Донцов, О. Ю. Тонконогов, Д. А. Нагалин // Вестник Военно-воздушных сил. – Воронеж, 2018. – (в печати).

3. Доклад наVI международной НПК «Академические Жуковские чтения» на тему «Методика расчета погрешностей формирования виртуального опорного канала при испытаниях авиационных комплексов защиты от средств высокоточного поражения».

4. Донцов, А. А. Повышение точности определения координат летательного аппарата для реализации способа формирования виртуального опорного канала / А. А. Донцов, О. Ю. Тонконогов, Д. А. Нагалин // Радиотехника. – Москва, 2017. – № 33. – С. 27-30.

5. Кемниц, Ю. В. Теория ошибок измерений / Ю. В Кемниц; – Москва : Издательство геодезической литературы, 1961. – 112 с.

6. Корнеенко, В. П. Методы оптимизации / В. П. Корнеенко. – Москва : Высшая школа, 2007. – 664 с.

Информационно-расчетная модель оценки метеорологических условий для поддержки принятия метеозависимых решений

В. В. Дорофеев, email: dorvik@mail.ru
А. В. Степанов, email: step_al@mail.ru
А. С. Белинский, email: bas1405@yandex.ru
М. Ю. Подгузов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Рассматривается математическая модель оценки метеорологических условий и их визуализация в программно-аппаратном комплексе «Автоматизированное рабочее место военного гидрометеоролога».*

Ключевые слова: *метеорологические условия, решающее правило, оптические модели, визуализация.*

Введение

Планирование полетов на авиационные работы показывает на необходимость разработки новых моделей информационного обеспечения метеорологической информацией. Эта необходимость обусловлена научным и практическим противоречием в оценке метеорологических условий при выполнении полетов на авиационные работы, которые проводятся на высотах ниже нижнего эшелона по правилам визуальных полетов (ПВП) [3,4].

В настоящее время оценка метеорологических условий при планировании авиационных работ осуществляется по данным наземных метеорологических наблюдений (измерений) высоты нижней границы облаков (ВНГО) и метеорологической дальности видимости (МДВ) [3, 4].

Такой подход к оценке метеорологических условий при планировании выполнения полетов по ПВП под низкими облаками обуславливает научное и практическое противоречие.

Научное противоречие обусловлено необходимостью обоснования использования оптических моделей (ОМ) для расчета полетной дальности видимости (ПДВ) (видимости из кабины воздушного судна (ВС)), которые определяют возможность выполнения полетов по сочетанию значений ВНГО и (или) ПДВ. Практическое противоречие

© Дорофеев В. В., Степанов А. В., Белинский А. С., Подгузов М. Ю., 2019

обусловлено невозможностью оценки соответствия метеорологических условий выполнению полетов по различным сочетаниям высоты нижней границы облаков (ВНГО) и МДВ для различных типов воздушных судов (ВС).

Главной причиной этих противоречий является отсутствие комплексного учета влияющих на ПДВ факторов при различных типах распределения горизонтальной видимости с высотой в подоблачных слоях (оптических моделях (ОМ)) [2].

Разрешение научного и практического противоречия возможно путем решения научной задачи – разработки информационно-расчетной модели (ИРМ) оценки метеорологических условий для поддержки принятия метеозависимых решений в типовых синоптических ситуациях (ТСС).

Целью данной работы является повышение качества метеорологического обеспечения путем разработки ИРМ оценки метеорологических условий при планировании авиационных работ.

1. Информационно-расчетная модель оценки метеорологических условий при планировании авиационных работ

ИРМ оценки метеорологических условий реализована путем использования математических моделей ПДВ для четырех ОМ учетом влияющих навигационных факторов [1,2]:

$$S_{ПДВ} = L_{ЯВЛ} \frac{H_{ПОЛ}}{\cos\theta \cdot \ln 1/\varepsilon \int_0^{H_{ПОЛ}} \frac{dh}{S_{mh}}} \ln\left[1 + (\frac{K_0}{\varepsilon} - 1)\frac{B_Ф}{Б}\right] \qquad (1)$$

где $S_{ПДВ}$ – ПДВ, м; $H_{ПОЛ}$ – высота полета ВС, м; K_0 – первоначальный, не искаженный дымкой контраст между объектом и фоном; $B_Ф$ – истинная яркость фона, т.е. яркость, не искаженная атмосферной дымкой; $Б$ – коэффициент, характеризующий состояние яркостного «насыщения» слоя помутнения; ε- порог контрастной чувствительности глаза; θ – угол визирования, °; dh – слои, характеризующие распределение горизонтальной видимости с высотой, м; $L_{ЯВЛ}$ – экспериментально установленные коэффициенты ($L_{дымка}$= 1, $L_{дождь}$= 0,91, $L_{снег}$= 0,84, $L_{морось}$= 0,8).

Достоверность расчетов ПДВ проведена по данным экипажей-разведчиков погоды, имеющих опыт ее оценки при различных типах распределения горизонтальной видимости под облаками на полигонах с обстоятельной аргументацией принятых допущений и ограничений [1,2].

Расчет значений ПДВ для различных сочетаний ВНГО и МДВ в ОМ производится для количества баллов облачности более 7 в различных явлениях погоды, для различных высот и путевых скоростей полета в ТСС [1].

Оценка сложности метеорологических условий в ТСС с учетом ОМ производится на соответствие возможности выполнения полетов по расчетным значениям ПДВ (табл. 1).

Таблица 1

Значения расчетной ПДВ в ОМ на различных высотах полета и сочетаниях (ВНГОхМДВ) в дымке

Высота полета, м	Путевая скорость полета, км/ч						
	0	100	200	300	400	500	600
I ОМ (100х1)							
50	0,7	0,6	0,5	0,4			
II ОМ (200х2)							
50	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1
150	1,5	1,5	1	1	1	1	1
III ОМ (300х3)							
50-200	3	3	3	3	3	3	3
250	3	3	2,5	2,5	2,5	2	2
IV ОМ (400х4)							
50-200	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3,5
250	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3	3
300-350	3,5	3	3	3	3	3	3

Анализ табл. 1 показывает, что в ОМ при одинаковых значениях МДВ значения ПДВ изменяются в зависимости от высоты, скорости полета и явлений погоды.

В табл. 2 представлены минимальные значения (*ВНГОхПДВ*) в ОМ.

Таблица 2

Минимальные значения (ВНГОхПДВ) в ОМ при дымке

ОМ	(*ВНГОхМДВ*)	(*ВНГОхПДВ*)
I	(100х1)	(100х0,4)
II	(200х2)	(200х1)
III	(300х3)	(300х2)
IV	(400х4)	(400х3)

2. Результаты исследования

Оценка метеорологических условий с применением ИРМ при планировании полетов на авиационные работы проводится по сочетаниям (*ВНГО*х*ПДВ*) [1]:

$$\left\{\begin{array}{l}(S_{ПДВ} \geq S_{ПДВ\min}) \wedge (H \geq H_{\min}) \wedge \overline{ОЯП},\ 1\\ (S_{ПДВ} < S_{ПДВ\min}) \vee (H < H_{\min}) \wedge \overline{ОЯП},\ 0\\ (S_{ПДВ} \geq S_{ПДВ\min}) \wedge (H < H_{\min}) \wedge \overline{ОЯП},\ 0\\ (S_{ПДВ} < S_{ПДВ\min}) \wedge (H \geq H_{\min}) \wedge \overline{ОЯП},\ 0\end{array}\right\} \quad (2)$$

где $S_{ПДВ}$ – ПДВ, *м*; $S_{ПДВmin}$ – минимальное значение ПДВ, *м*; H – ВНГО, *м*; H_{min} – минимальное значение ВНГО, *м, ОЯП* - опасные явления погоды, 1 – полеты планировать, 0 – полеты не планировать.

Заключение

Таким образом, проведённые исследования позволяют предложить ИРМ оценки соответствия метеорологических условий на выполнение авиационных работ по ПВП.

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Оценку сложности метеорологических условий необходимо проводить по ОМ в ТСС, так как в них наблюдаются примерно одинаковые метеорологические условия по сочетанию значений (*ВНГО*х*ПДВ*).

2. При полетах по ПВП отождествлять сочетания значений (*ВНГО*х*МДВ*) со значениями (*ВНГО*х*ПДВ*) недопустимо.

3. ИРМ позволяет по данным наземных метеорологических наблюдений получить информационное превосходство в сравнении с используемой виде полной, достоверной метеорологической информации соответствующей требованиям руководящих документов.

Список литературы

1. Биболов Н. М., Дорофеев В. В., Степанов А. В. Научно-методический подход к метеорологическому обеспечению поисково-спасательных работ при полетах космических объектов. Материалы научно-практической конференции4 ЦНИИ Минобороны России 18 и 19мая 2017 г. – С. 136 – 140.

2. Дорофеев В. В., Бакланов И. О., Степанов А. В., Жильчук И.А., Ковалёв В. И. Полетная видимость. Монография. Воронеж, Воронежский ЦНТИ, 2013. – 250 с.

3. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА–95). М. : Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Министерство транспорта России. – 1995. – 156 с.

4. Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации (ФАПП-2002). М. : Воениздат, 2002. – 45 с.

Краткосрочная модель эволюции циклонов в восточном антарктическом секторе Южного океана

С. А. Дьяков, email: karino_1976@mail.ru
А. В. Урунчиков

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *На основе проведенного анализа перемещения и эволюции циклонов южного полушария Земли в восточном антарктическом секторе Южного океана установлены закономерности их перемещения, эволюции, отраженные в разработанной краткосрочной модели их эволюции, используемой уравнение прогноза минимального давления в центре циклона с суточной заблаговременностью.*

Ключевые слова: *эволюция циклона, Антарктида, Южный океан, модель эволюции.*

Введение

На Земле наиболее интенсивные циклоны наблюдаются над океанами, вблизи центров действия атмосферы, которые часто смещаются в умеренные, высокие широты и приводят к резким изменениям, как метеорологических условий, так и гидрологических, сильным волнением, связанным как с ветровыми волнами, так и с волнами зыби, которые в Южном океане сильно осложняют движение судна (корабля) [1, 2].

В восточном антарктическом секторе в теплый период года для обеспечения российских полярных антарктических станций начинается навигация, которая связана как с движением судов в океане и окраинных морях Антарктиды, так и полетами авиации в Антарктиду [3].

При оценке гидрометеорологических условий по маршруту перехода судов к берегам Антарктиды или на российских антарктических станциях необходимо знать районы перемещения и характер эволюции циклонов, которые оказывают существенное влияние на принятие решение группой руководства по прокладке маршрута судов (кораблей) и по приему воздушных судов на наших станциях в Антарктиде.

Существующие модели эволюции циклонов в восточном антарктическом секторе Южного океана нуждаются в совершенствовании, путем установления физико-статистических

© Дьяков С. А., Урунчиков А. В., 2019

зависимостей в районе исследования на современных данных, поэтому имеет место следующая актуальная задача – разработка краткосрочной модели эволюции циклонов в южном полушарии Земли, которые опишут данные процессы в восточном антарктическом секторе Южного океана.

1. Анализ перемещения и эволюции циклонов

Для установления закономерностей перемещения и эволюции циклонов южного полушария Земли в восточном антарктическом секторе Южного океана необходимо в районе исследования ограниченном меридианами 0 – 90° в.д. провести анализ перемещения их центров и интенсивности.

В течение своего существования скорость перемещения циклонов меняется [4]. По данной характеристике, а точнее по тенденции данной величины, можно судить о его эволюции, т. е. о изменении давления в приземном центре циклона. Исходя из последовательных стадий развития циклонов, стандартных условий возникновения, последующего углубления и заполнения циклона скорость его перемещения имеет определенную закономерность. Вначале, до стадии максимального развития, циклон наращивает свою скорость, затем, уменьшает – заполняясь. То есть до стадии максимального развития давление в центре циклона падает, а после данной стадии – растет. Таким образом, изучая направление и скорость перемещения циклонов в южном полушарии, можно описать эволюцию циклонов.

В работе, в начале исследования, для территории восточного антарктического сектора Южного океана в теплый период года (декабрь – март) строилась карта направлений и скоростей перемещения приземных центров циклонов. При составлении данной карты использовались приземные карты восточного сектора Южного океана службы погоды Австралии за период 2015-2018 гг. [5].

Полученная на рис. 1 карта перемещения циклонов южного полушария Земли показывает по квадратам (5° по долготе и 10° по широте) среднее направление и скорость перемещения циклонов. Проведенный анализ данной карты позволяет выделить следующие закономерности:

– в области ниже 60-ой параллели циклоны имеют в основном зональное направление перемещения, причем с относительно небольшой скоростью 30-50 км/ч;

– зоны с максимальной скоростью перемещения циклонов наблюдается в районах: 40-55° ю.ш.; 20-50° в.д., а также 40-50° ю.ш.; 60-90° в.д.;

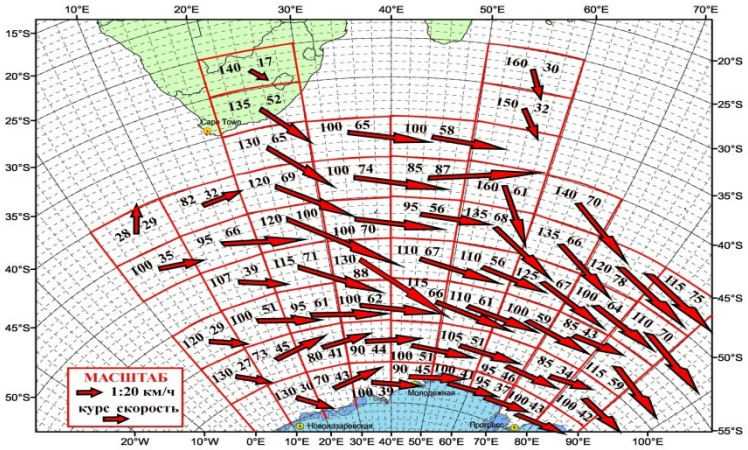


Рис. 1. Карта направлений и скоростей перемещения приземных центров циклонов в восточном антарктическом секторе

– летом 2016 года из районов: 25-35° ю.ш.; 20-30° в.д. и 25-35° ю.ш.; 50-60° в.д. выходили циклоны, которые перемещались на юго-восток, к берегам Антарктиды, приобретая максимальную скорость и значительно углубляясь. В районах же выше 55° ю.ш. данные циклоны, как правило, быстро заполнялись и делились на несколько небольших вихрей, которые кратковременно и быстротечно ухудшали погодные условия в прибрежных морях Антарктиды;

– в среднем в восточной части южного полушария циклоны перемещаются со скоростью 40-65 км/ч, имея флуктуации от 17 до 100 км/ч, со средним курсом 90-115 градусов.

Для выявления особенностей эволюции циклонов в исследуемом районе проводился анализ минимальных давлений в центре циклонов. На рис. 2 представлен анализ минимальных давлений в центрах циклонов в восточном антарктическом секторе Южного океана.

Анализ рис. 2 показывает, что в зоне ниже 60° ю.ш. циклоны от 10 до 70° в.д., как правило, углубляются, а за 70° в.д., наоборот, постепенно заполняются т. к. уже находятся вблизи берегов Антарктиды. В циклонах же которые, изначально, начиная с низких долгот, находятся в зоне выше 60° ю.ш., как правило до траверса полуострова Вернадского *P* не изменяется, а за полуостровом идет их заполнение, увеличивающееся в море Дейвиса.

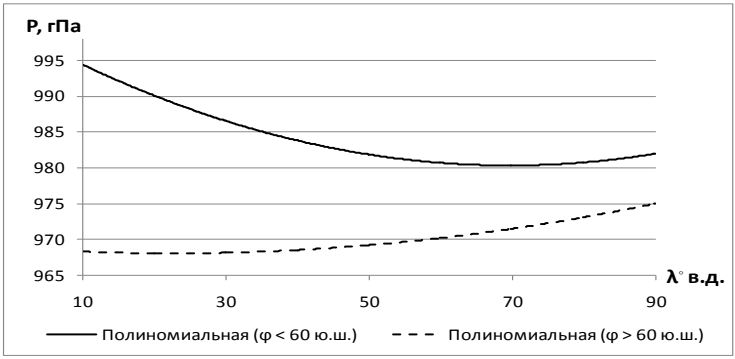


Рис. 2. График зависимости давления в центре циклонов (Р) среднего по долготам в районах, разделенных параллелью 60° ю.ш.

Таким образом, как показывает проведенный анализ перемещения и эволюции циклонов в восточном антарктическом секторе Южного океана циклоны формируются в более низких широтах, затем, имея вначале своего развития западную составляющую, перемещаются в более высокие широты, к Антарктиде, достигая стадии максимального развития, приобретают: южную составляющую направления перемещения, максимальный приземный ветер, большие градиенты давления и относительно небольшую площадь, по сравнению со стадией заполнения, когда их центр, а чаще несколько центров, уже находятся выше 60° ю.ш.

В дальнейшем необходимо разработать краткосрочную модель эволюции циклонов в данном районе, которая бы позволяла в течении суток точно уточнить тенденцию его развития и характеристику его перемещения, с учетом установленных особенностей.

2. **Разработка краткосрочной модели**

На первом этапе разработки краткосрочной модели по аэросиноптическим данным службы погоды Австралии за период 2015-18 гг. были рассчитаны метеорологические величины и параметры, характеризующие циклоны южного полушария Земли, перемещающиеся в восточном антарктическом секторе Южного океана.

В дальнейшем проводился корреляционный анализ, где устанавливались физико-статистические связи между ожидаемым через сутки минимальным давлением в центре циклона (Pmin) и рассматриваемыми метеорологическими величинами и параметрами, рассчитанными для циклонов.

Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1

Корреляционная матрица

	Pmin	**ΔPmin$_{24}$**	**V_0**	**ΔV_{24}**	**$gradP_0$**	**S_0**	**Vg_0**	**K**
Pmin	1							
ΔPmin$_{24}$	0,19	1						
V_0	0,14	-0,29	1					
ΔV_{24}	0,20	-0,18	0,68	1				
$gradP_0$	-0,76	-0,31	0,05	-0,20	1			
S_0	-0,83	-0,17	-0,14	-0,30	0,69	1		
Vg_0	-0,91	-0,20	-0,20	-0,28	0,74	0,85	1	
K	0,97	0,13	0,08	0,16	-0,74	-0,77	-0,86	1

Корреляционный анализ показывает хорошую зависимость ожидаемого через сутки минимального давления в центре циклона с фактическими метеорологическими величинами и параметрами: K – комплексный параметр, характеризующий интенсивность циклона, определяемый по формуле: $K = \frac{R_Ц}{\Delta P_Ц}$, где $R_Ц$ – радиус циклона в километрах, $\Delta P_Ц$ – разница давления на крайней замкнутой изобаре и в центре циклона в гПа; Vg_0 – скорость градиентного ветра, определяемая по приземной карте погоды; S_0 – площадь занятая циклоном; $gradP_0$ – градиент давления, определяемый по приземной карте погоды.

На втором этапе проводился регрессионный анализ, который позволил установить закономерности, выраженные в линейных регрессионных уравнениях для прогноза Pmin:

$$P\min = 943{,}1 + 2{,}18 \cdot K\,, \qquad (1)$$

$$P\min = 961{,}9 + 1{,}56 \cdot K - 0{,}59 \cdot Vg_0\,. \qquad (2)$$

Рассчитанные критерии успешности данных уравнений, показывают, что наилучшим является уравнение (2) (R = 0,96; δ = 2,38; σ = 2,83).

Проверка на независимом материале полученного уравнения, сравнение данной краткосрочной модели эволюции циклонов южного полушария Земли с существующими методами эволюции циклонов, основанными на экстраполяции, показывают что критерии успешности разработанной модели имеют значения выше. Результаты оценки

краткосрочной модели эволюции циклонов южного полушария Земли представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оценка прогноза эволюции по разработанной модели и существующему методу прогноза

Критерии успешности	**Существующий метод**	**Разработанный метод**
r	0,87	0,95
δ	5,27	3,26
σ	6,22	4,25

Заключение

Применение разработанной краткосрочной модели эволюции циклонов позволяет повысить эффективность функционирования гидрометеорологических подразделений при оценке влияния циклонов южного полушария Земли в восточном антарктическом секторе Южного океана за счет внедрения физико-статистических моделей, учитывающих особенности синоптических и циркуляционных процессов в атмосфере.

Краткосрочная модель эволюции циклонов отражает текущие синоптические и метеорологические процессы в исследуемом районе, позволяет охарактеризовать циклоны южного полушария, которые в процессе своего жизненного цикла все время находятся над Атлантическим и Южным океанами, что говорит о высокой их мощности в сравнении с циклонами в северном полушарии.

Литература

1. Скирда И. А. Авиационные прогнозы погоды: Учебник / И. И. Ульшин, А. Б. Мартьяшкин. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 475 с.

2. Состояние природной среды Антарктики: Квартальные бюллетени Ч. I-IV. СПб.: ААНИИ, 2015-17 г. – Режим доступа : http://www.aari.aq).

3. Российские полярные исследования: Информационно-аналитические сборники. СПб.: ААНИИ, 2015-18 г. – Режим доступа : http://www.aari.ru/main.php?lg=0).

4. Дьяков С.А. Особенности перемещения и эволюции циклонов в восточном секторе Антарктической зоны в летний период 2016 года / А. В. Урунчиков // Сборник статей по материалам IV научно-практической конференции «Молодежные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина», ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж). – 2017. – С. 52-56.

Использование компьютерных технологий для прогноза глобальной температуры воздуха с учетом внутренней структуры временных рядов

Т. Н. Задорожная
В. П. Закусилов, email: zakusilov04@yandex.ru
Р. Г. Любимов

Военный учебный научный центр Военно-воздушных Сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *На основе использования набора стандартных компьютерных программ «Статистика» проведено исследование по выявлению закономерностей во временных рядах глобальной температуры воздуха для разработки долгосрочного прогноза.*

Ключевые слова: *северное полушарие, средняя месячная температура воздуха, автокорреляционная функция, уравнение регрессии, инерционно-климатический прогноз, ошибки прогноза.*

Введение

Информационно-коммуникационные технологии играют важную роль во всех сферах человеческой деятельности, особенно в научных исследованиях, связанных с огромными массивами обработки информации при выявлении различного рода закономерностей. В этом плане важное место компьютерные технологии занимают в исследованиях по выявлению закономерностей во временных рядах метеовеличин с целью использования в прогностических рекомендациях.

Последние десятилетия, как в нашей стране, так и во всем мире, отличаются заметным непостоянством погоды, связанным со значительными климатическими колебаниями. Важное место в этой ситуации занимает температурный режим, который оказывает существенное влияние на различные стороны человеческой деятельности. В этих условиях большое внимание уделяется долгосрочным и сверхдолгосрочным прогнозам.

Задача прогноза погоды вообще, а долгосрочного в особенности, трудна и не всегда успешна. Поэтому при перспективном планировании используются климатические данные, характерные для конкретного региона. Однако они отражают лишь реальное состояние атмосферы и

© Задорожная Т.Н., Закусилов В.П., Любимов Р.Г., 2019

границы, в которых происходят колебания температуры, но не в состоянии спрогнозировать аномальные явления

Выходом из такого положения может являться использование внутренних закономерностей, которыми обладают метеорологические ряды, выявление особенностей их динамической структуры с целью экстраполяции на будущее.

Задачей данной работы является выявление закономерностей в динамике временной структуры средней месячной температуры воздуха $\bar{T}_m(t)$, сглаженной по всему северному полушарию, в целях использования их для построения прогностической модели большой заблаговременности.

Процедура выявления закономерностей и разработка модели инерционно-климатического прогноза

Использование в данной работе средней месячной температуры воздуха по всему северному полушарию для анализа закономерностей и прогноза, обусловлено тем, что в данном случае отфильтровываются местные особенности регионов и четче выявляется вклад преобладающих глобальных факторов в формировании климатических колебаний.

В научной литературе данной проблеме уделялось много внимания [1,2]. В них получены важные результаты анализа, которые используются при разработке долгосрочных прогнозов погоды. Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками и не всегда удовлетворяют потребителя. Поэтому возникает необходимость в их совершенствовании и разработке новых подходов. В данной работе установлены закономерности во временных рядах температуры с учетом данных за последние годы. Особенностью данного исследования является то, что в нем использованы данные о температуре воздуха на уровне 1000 гПа, что исключает влияние подстилающей поверхности, обусловленное особенностями рельефа местности, орографией и характером ландшафта.

Информационной базой служили данные реанализа NCEP/NCAR [3]. Использовались среднемесячные значения температуры воздуха Северного полушария на поверхности 1000 гПа, с шагом регулярной сетки $2{,}5^{o}$x$2{,}5^{o}$. Выборка включала все месяцы календарного года. Исходные ряды составлялись из одноименных календарных месяцев. Длина рядов составляла 59 календарных лет.

В данной работе использована автокорреляционная функция $\rho^{m}(\tau)$. Она показывает степень зависимости между сечениями аргумента, показателем которого выступают координаты времени.

Расчет автокорреляционных функций $\rho^m(\tau)$ для каждого календарного месяца *m* осуществлялся по формуле:

$$\rho^m_{\Delta\widetilde{T}^m}(\tau) = \frac{\sum_{t=1}^{N-\tau-1} \Delta\widetilde{T}^m_t \Delta\widetilde{T}^m_{(t+\tau)}}{(N-\tau-1)\sigma^2_{\Delta\widetilde{T}^m}} \quad (1)$$

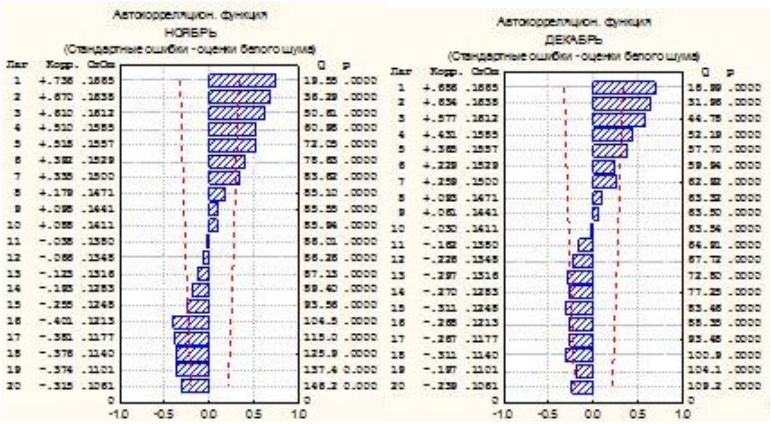
где $\rho^m(\tau)$ – автокорреляционная функция, зависящая от временного сдвига τ, равного 1 году; *m* – порядковый номер календарного месяца, $\Delta\widetilde{T}^m_t$ – аномалия средней месячной температуры воздуха в месяце m, t – порядковый номер года в выборке, σ – среднее квадратическое отклонение средней месячной температуры воздуха для конкретного календарного месяца, N – объем выборки.

Опираясь на требования, помещенные в работе [4], количество использованных сдвигов в данном исследовании составило 20 лет. Анализ результатов расчета автокорреляционных функций $\rho^m(\tau)$ для всех календарных месяцев m позволил выявить в динамической структуре временных рядов некоторые закономерности.

Практически для всех календарных месяцев в распределении коэффициентов автокорреляции присутствует однородная волновая структура, в виде хорошо выраженной синусоиды, с периодом от 17 до 20 лет. Наиболее четко она проявляются в осенних месяцах и месяцах начала зимы (с сентября по декабрь). С увеличением сдвига положительные коэффициенты монотонно уменьшаются, принимая минимальные значения на сдвигах τ = 9-10 лет. Начиная со сдвига τ = 10-11 лет, коэффициенты автокорреляции снова монотонно увеличиваются, меняя при этом знак на противоположный и достигая максимума, по абсолютной величине, на сдвигах 17–20 лет. Наличие однородной структуры в различных календарных месяцах, указывает на то, что в динамике временных рядов среднемесячной температуры принимает участие глобальный фактор.

Такая цикличность близка к цикличности солнечной активности, обладающей помимо 11-летнего цикла, 22-летней периодичностью, обнаруженной в работе [5]. Она выражается в том, что в течение первой половины цикла (11 лет) полярность ведущего пятна в экваториальной зоне Солнца имеет положительный заряд, а в течение второй половины – отрицательный. В связи с этим, в ходе временного ряда температуры воздуха в северном полушарии может также меняться знак на

противоположный. 22-летняя цикличность была замечена также и в поведении некоторых других гидрометеорологических параметров [1].



а) б)

а) ноябрь, б) декабрь

Рисунок. Автокорреляционные функции температуры воздуха, осредненной по Северному полушарию (уровень 1000 гПа)

Наличие указанных особенностей в динамике временного хода во всех календарных месяцах, может указывать на то, что они не являются случайными и поэтому могут быть полезными при разработке прогноза на несколько лет вперед. Учитывая, что наиболее высокие связи отмечаются при сдвиге в один год, именно на этот период был разработан инерционно-климатический прогноз. В качестве успешности прогнозов использовалась, принятая в синоптической метеорологии, абсолютная ошибка δ^m, рассчитываемая по формуле 2, которая представлена в таблице.

$$\delta^m = \left| \left(\Delta \widetilde{\overline{\mathrm{T}}}_t^m \right)_{факт} - \left(\Delta \widetilde{\overline{\mathrm{T}}}_t^m \right)_{прогност} \right| \qquad (2)$$

Дополнительно приведены ошибки климатического прогноза σ (сигма), рассчитанные по формуле 3:

$$\sigma_{\Delta \mathrm{T}^m} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N} \left[\overline{\mathrm{T}}_t^m - \widetilde{\overline{\mathrm{T}}}^m \right]^2} \qquad (3)$$

где $\overline{T}_t^m$ – фактическая средняя месячная температура воздуха, $\widetilde{\overline{T}}^m$ – норма средней месячной температуры воздуха для месяца m.

Таблица

Ошибки прогноза для различных календарных месяцев с заблаговременностью в один год (τ=1)

Месяц	δ	σ	Месяц	δ	σ
Январь	0,13	1,75	Июль	0,20	0,78
Февраль	0,48	1,28	Август	1,30	1,50
Март	0,13	1,16	Сентябрь	3,50	3,70
Апрель	0,03	0,48	Октябрь	1,10	1,76
Май	2,70	2,81	Ноябрь	0,40	0,97
Июнь	2,10	2,03	Декабрь	0,70	1,32

Сравнение ошибок методического прогноза δ и климатического прогноза σ при анализе таблицы показал, что успешность предлагаемого метода выше климатического, который в настоящее время является основным при планировании мероприятий с годовой заблаговременностью.

Заключение

Достоинством данного подхода является простота расчетов. Прогноз разрабатывается только на основе исходных временных рядов и выявленных в них закономерностей, не требуется дополнительной информации и большого машинного времени.

Список литературы

1. Шерстюков Б. Г. Метод кратной цикличности анализа временных рядов и сверхдолгосрочных прогнозов. / Б.Г Шерстюков, А.А. Исаев // Метеорология и гидрология. – 1999. – № 8. – С. 46-54.
2. Закусилов В. П. Математическое моделирование прогноза температуры и оценки его оправдываемости / В. П. Закусилов, Т.Н.Задорожная//Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XVIII Международной научно-методической конференции (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.) – Воронеж, 2018. – С. 163-168.
3. Kistler R. Reanalysis at NCEP: Past, Present and Future. [Электронный ресурс]. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://wcrp.ipsl. jussieu.fr/workshops/V1-103_ea.pdf (дата обращения: 10.04.2017).
4. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений./Е.И. Пустыльник. //М.: Наука. 1968. –248 с.
5. Дмитриев Ю.П. Солнечная активность и изменчивость метеорологического режима / Ю.П. Дмитриев // Солнечные данные. 1972. – Бюлл. № 2. – С. 107-115.

Анализ современной изменчивости экстремальных температур воздуха в осенний период на основ компьютерной обработки исходных данных

В.П. Закусилов, email: zakusilov04@yandex.ru
Т.Н. Задорожная
Р.Г. Любимов

Военный учебный научный центр Военно-воздушных Сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *С помощью набора стандартных компьютерных подпрограмм «Статистика» проведен расчет и анализ пространственно-временного распределения сеточных экстремальных среднемесячных температур воздуха на Европейской территории России в осенние месяцы.*

Ключевые слова: *Европейская часть России, экстремальная средняя месячная температура воздуха, межпериодная изменчивость*

Введение

В настоящее время исследования, связанные с обработкой и анализом большого количества информации, невозможно проводить без использования компьютерных технологий. Особенно это относится к сфере метеорологических задач, перед которыми встает вопрос изучения закономерностей в формировании климатических изменений, на основе огромных массивов исходных данных.

Информация о современных изменениях климата на территории РФ наиболее полно представлена в оценочных докладах Росгидромета [1,2]. Кроме того, по данной проблеме имеется и другие научные публикации, отражающие широкий спектр существующих альтернативных оценок и мнений о наблюдающихся колебаниях глобального и регионального климата [3,4]. Однако проблемы остаются, так как увеличивается скорость изменения климата и необходим постоянный его мониторинг. Кроме того, необходимы уточнения региональных особенностей.

Обычно для анализа изменений климата используют среднее многолетнее значение или «норму», Однако, не менее важно исследовать экстремальные состояния в связи с их потенциально значительными негативными последствиями.

© Задорожная Т. Н., Закусилов В. П., Любимов Р. Г., 2019

Задачей предлагаемой статьи является обновление и расширение имеющихся оценок наблюдаемых климатических изменений средних месячных экстремальных температур воздуха на Европейской части РФ в осенний период года с привлечением данных самых последних наблюдений (по 2017 год включительно) и с детализацией по ограниченной территории.

Расчет и анализ климатических статистик

Информационной базой служили данные реанализа NCEP/NCAR [5] на поверхности 1000 гПа, в узлах регулярной сетки с шагом 2,5°, за период с 1958 по 2017 годы одноименных осенних месяцев (октябрей). Исследование проводилось по территории Восточной Европы в широтной зоне 40–60° с.ш. в секторе 30–60° в.д.

1. **Для решения поставленной задачи по данным средней месячной температуры воздуха из октябрей всех лет каждого узла регулярной сетки с шагом 2,5° выбирались экстремально высокие значения температуры $T(i,j)_{max}$.**

Распределение сетевых значений максимальной средней месячной температуры воздуха по выделенной территории представлено в таблице.

Таблица

Пространственное распределение «норм» максимальной средней месячной температуры воздуха (1958–2017 гг)

С.ш.	Восточная долгота , град.												
	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
60	3,4	2,7	2,1	1,8	1,5	1,4	1,2	0,9	0,5	0,1	-0,2	-0,3	-0,3
57,5	4,5	3,8	3,2	2,9	2,8	2,8	2,7	2,4	2,1	1,7	1,5	1,4	1,6
55	4,5	3,8	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,1	2,7	2,4	2,1	2,1	2,2
52,5	5,5	5,3	5,3	5,1	4,8	4,4	3,9	3,6	3,3	2,9	2,6	2,5	2,4
50	8,0	8,3	8,3	8,0	7,4	6,6	5,9	5,5	5,1	4,8	4,3	3,7	3,1
47,5	11,	11,	12,1	11,5	10,4	9,1	8,0	7,3	6,8	6,8	6,7	5,9	4,6
45	14,	15,	15,3	14,7	13,4	11,9	10,6	9,6	9,4	10,2	9,9	8,9	7,4
42,5	17,	17,	16,7	15,8	14,7	13,7	12,8	12,8	13,4	12,9	11,8	10,8	10,
40	17.	18.	18,3	18,1	18,3	17,8	16,8	16,2	16,0	16,3	15,7	14,8	14,2

Для большей наглядности географического распределения экстремальной температуры воздуха, различной насыщенностью цветов выделены районы с градациями температуры 0-5°С, 5,1-10°С, 10,1-15°С и свыше 15°С, которые характеризуют определенный бюджет тепла и могут быть полезными для определенных видов работ. Из таблицы следует, что максимальная температура воздуха в осенний период, практически на всей рассматриваемой территории (97,4 %), может

достигать высоких положительных значений. Исключение составляют лишь три пункта, расположенных на востоке (район широты 60° с.ш.).

Весь север рассматриваемой территории, вплоть до Московской области, осенью находится в зоне температур 0-5°C. На востоке территории (52,5 - 60° в.д.) зона с такой температурой опускается к югу, до 50° с.ш., захватывая район Уральска и Актюбинскую область. В общей сумме территория с градацией 0-5 ^{o}C занимает 41,9 %.

К югу, на всех широтах, средняя месячная максимальная температура воздуха повышается. Брянская, Курская, Воронежская, Тульская и Липецкая, Волгоградская области и Прикаспийские районы осенью находятся в зоне температур 5-10°C (23,1% территории).

Величина максимальной температуры с севера на юг увеличивается. Наиболее высокие максимальные температуры наблюдаются на юго-западе территории, где экстремальная температура в точке с координатами 40° с.ш., 35° в.д. составила +18,3^{o}C. Температура выше 15°C наблюдается на 14,8 % территории и располагается на широтах 40-42,5^o с.ш.

Для выявления изменчивости экстремальной температуры в течение исследуемого промежутка времени (1958-2017 гг.) вся выборка была разделена на три равных 20-летних периодов: f_1(1958-1977гг), f_2(1978-1997гг), f_3(1998-2017гг.).

В целях выявления тенденций во временном ходе экстремальной температуры, на первом этапе рассматривались осредненные по всей территории максимальные значения средней месячной температуры воздуха $\tilde{\tilde{\mathrm{T}}}_{мак}^{f^k}$, которые представлены на рисунке 1. Они рассчитывались с использованием формулы:

$$\tilde{\tilde{\mathrm{T}}}_{мак}^{f^k} = \frac{1}{n}\sum_{q=1}^{n} \overline{\mathrm{T}}_{\max}^{f^k}(i,j)_q \qquad (1)$$

где $\overline{\mathrm{T}}_{мак}^{f^k}(i,j)_q$ - значение максимальной температуры воздуха в узле географической сетки с шагом 2,5^o, q – порядковый номер узла, k – порядковый номер периода f, n – количество узлов q на территории.

Анализ рис. 1 показывает, что в течение рассматриваемого промежутка времени, средняя максимальная температура воздуха от периода к периоду увеличивается. При этом, если средняя максимальная температура воздуха между первым f_1 и вторым f_2 периодами различается не существенно (на 0,91^{o}C), то между периодом f_3 и f_2 различия более заметны (экстремальная температура повысилась на

1,5°С/20 лет). Такое повышение температуры связывают со значительным увеличением парниковых газов [2].

Рис. 1. Осредненные по территории, средние максимальные температуры воздуха, в исследуемых временных периодах

Более детальную сравнительную оценку между рассматриваемыми периодами можно получить, анализируя распределение климатических «норм», полученных путем осреднения экстремальной температуры воздуха по широтам, расположенных вдоль фиксированных долгот:

$$\widetilde{\overline{\mathrm{T}}}_{\max}^{f,\lambda} \frac{1}{n} \sum_{\varphi=1}^{n} \overline{\mathrm{T}}_{\varphi}^{f,\lambda}(i,j)_{\max} \qquad (2)$$

где $\widetilde{\overline{\mathrm{T}}}_{\max}^{\lambda}$ – значение экстремальных средних месячных температур, осредненных вдоль фиксированной долготы λ, φ – географическая широта, *n* – общее количество широт, расположенных вдоль данной долготы λ.

На рис. 2 представлены средние максимальные температуры воздуха на различных долготах в различные временные периоды. Во всех периодах, до широты 50° включительно, наблюдались положительные значения. При этом самые высокие значения $\widetilde{\overline{\mathrm{T}}}_{\max}^{\lambda}$ отмечаются в начале XXI столетия на долготе 30° в.д. На долготном интервале (30-50° в.д.) различия между величиной экстремальной температуры в первых двух временных периодах не велики и составляют 0,1-0,5 °С. При этом в самом раннем периоде (1958-1977 гг.) она оказалась даже ниже, по сравнению с периодом 1978-1997 гг. В то же время, в текущем, третьем периоде (1998-2017 гг.), экстремальная температура воздуха резко возрастает, особенно в западных районах. Повышение максимальной температуры, по сравнению с предыдущим

периодом, находится в пределах от 1,8 °С на долготе 30° в.д.до 0,3°С на долготе 50° в.д.

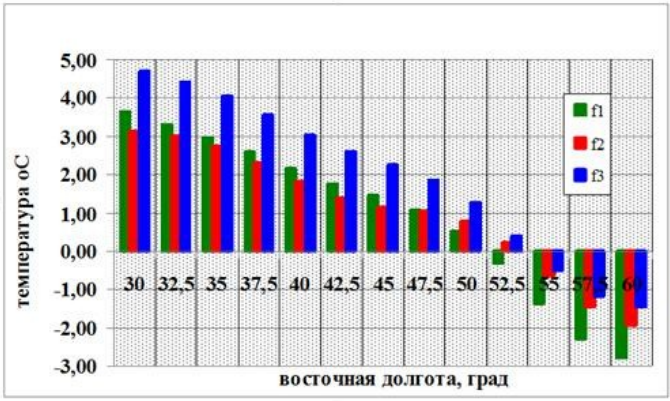


Рис. 2. Распределение максимальной средней месячной температуры воздуха, осредненной вдоль долгот в периодах

Заключение

Полученные результаты, позволили уточнить региональный характер изменений экстремальной температуры воздуха на Европейской части России, которые необходимо учитывать при перспективном планировании различных мероприятий.

Список литературы

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации/ Изменения климата. т. 1. 2008. – М. : Росгидромет, 2008. – 227 с.

2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М. : Росгидромет, 2014. – С. 18-235.

3. Задорожная Т.Н., Закусилов В.П., Белкин Р.А. Климатические показатели параметров температуры воздуха в холодное полугодие. Сб. научно-практической конференции (Стерлитамак.22 февраля 2018 г.). Рио АМИ, 2018. – С. 23-26.

4. Задорожная Т.Н. Выявление циклических колебаний в полях аномалий температуры воздуха на Европейской территории / Т.Н.Задорожная, В.П. Закусилов // Science Time. – 2016. – № 3 (27). – С. 180-186.

5. NCEP/DOE AMIP II Reanalysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/ data.ncep.reanalysis2.html

Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана СОМ-93

С. В. Ипполитов, email: dimkaao@yandex.ru
В. Г. Бондарев
Д.В. Лопаткин
Д.С. Монгуш

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрены расчет аэродинамических параметров беспилотного летательного аппарата (БПЛА), типа конвертоплан, в программном среде XFLR5 с учетом массогабаритных требований. Исследования позволяют определить, насколько правильно были выбраны профиль и геометрические характеристики крыла при создании модели.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, конвертоплан, аэродинамика, поляра крыла.*

Введение

В настоящее время использование комплексов БПЛА открывает возможность оперативного и недорогого способа обслуживания труднодоступных участков местности, периодического наблюдения заданных районов, цифрового фотографирования для использования в геодезических работах и в случаях чрезвычайных ситуаций. Наибольшее распространение получили тактические комплексы микро и мини-БПЛА.

Одной из перспективных конструкций БПЛА являются аппараты с изменяемым вектором тяги, называемые конвертопланами, которые на взлете и при посадке работают как подъемные, а в горизонтальном полете как тянущие.

Создание нового БПЛА невозможно без анализа его аэродинамических характеристик еще на ранних стадиях проектирования. От глубины исследования формы несущих поверхностей и обводов планера напрямую зависят летно-технические характеристики разрабатываемого летательного аппарата.

На практике такие данные получают путем экспериментальных исследований планера в аэродинамической трубе. Однако эти

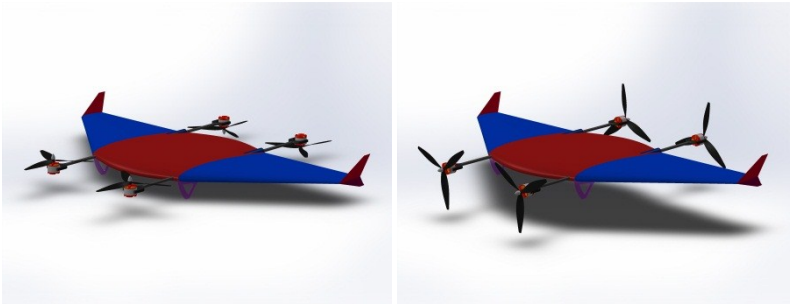
© Ипполитов С. В., Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Монгуш Д. С., 2019

исследования очень трудоемки и требуют значительных материальных ресурсов. С целью получения требуемых данных с достаточной точностью и экономии средств были проведены полунатурные испытания в среде XFLR5.

1. Данные об объекте исследования

Общий вид конвертоплана COM 93 представлен на рис.1 и состоит из четырех винтов, на основе бесколлекторных электроприводов с изменяемыми векторами тяги и планера аэродинамической схемы «летающее крыло», на котором закреплены блок питания, плата управления и приемник сигнала, электрически связанный с приводом вращения винтов.

Преимуществом такого аппарата является снижение энергопотребления бортовой системы, которое достигается за счет разворота тяговых сил поворотных винтов в направлении движения и применения летающего крыла, так как именно на нем образуется значительная часть аэродинамической силы.



а б

Рис. 1. Трехмерные модели конвертоплана COM-93: *а* – вертикальный взлет/посадка, *б* – горизонтальный полет

2. Расчет аэродинамических характеристик конвертоплана

При расчете основных летно-технических характеристик конвертоплана, а также его устойчивость и управляемости необходимо знать силы, действующие в полете на аппарат. Условно их можно разделить на силы, действующие (рис. 2):

1. в абсолютной (декартовой) системе координат OXYZ: сила тяжести G конвертоплана. приложенная в центре масс C;

2. в подвижной системе координат $CX_1Y_1Z_1$: силы, создаваемые винтами $F_1 - F_4$, приложенные в центре масс роторов $A_1 - A_4$, а также аэродинамические силы, действующие на поверхность крыла,

называемые силой лобового сопротивления Q_i, направленной в сторону, противоположную оси CX_1, и подъемной силой P_i направленной вдоль оси CZ_1, (рис. 2) и, аналогично, аэродинамические силы, действующие на фюзеляж: $Q_ф$ и $P_ф$.

Аэродинамические силы, действующие на поверхность крыла, могут быть выражены через безразмерные коэффициенты лобового сопротивления C_D и подъемной силы C_L. Из-за малости коэффициента боковой силы C_p аэродинамическую боковую силу Q_p при данном моделировании не учитываем.

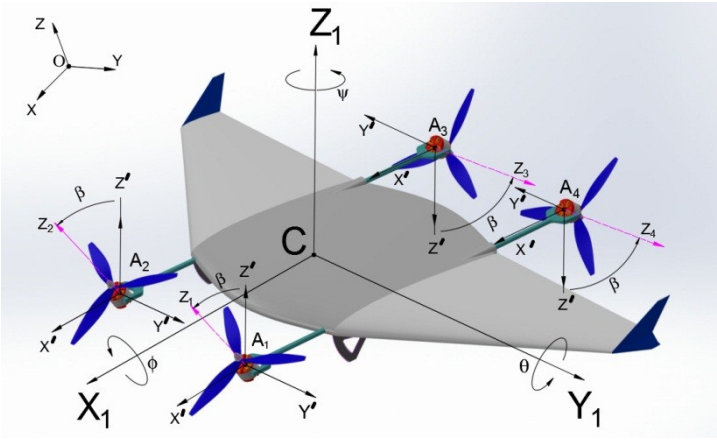


Рис. 2. Схема сил, действующих на конвертоплан в полете

Аэродинамические характеристики крыла зависят от геометрических параметров профиля крыла, ориентации крыла в потоке воздуха (угла атаки), параметров подобия и другие.

Выбор профиля крыла является одним из главных качественных показателей при изучении аэродинамических характеристик БЛА. Для рассматриваемого летательного аппарата выбор профилей производился из серии симметричных, несимметричных и S-образных профилей классов NACA, Clark и Goe, которые при необходимости могут быть модифицированы на этапе эскизного проектирования (рис. 3). Данный выбор обусловлен тем, что профили предоставленных классов имеют незначительный вес и приемлемую толщину, максимальное время парения в воздухе, обладают наибольшей подъемной силой из всех стандартных серий, устойчивость при работе на низких и высоких значениях Re (ламинарный и турбулентный поток).

а б в

Рис. 3. Исследуемые профили: *а* – NACA 0012, *б* – Goe 746, *в* – Clark Y 11,7%

Рассмотрим влияние выбранных профилей крыльев и стреловидной формы крыла на главный вектор аэродинамических сил. Выбор стреловидной формы крыла обусловлен тем, что оно имеет высокий коэффициент подъемной силы при малых углах атаки. Это позволяет уменьшить его габариты и массу. Для моделирования формы зададим геометрические параметры: корневую хорду (b_0), среднюю хорду ($b_{ср}$), концевую хорду ($b_к$), длину крыла ($l_{крыло}$) и угол стреловидности (χ^0) (рис. 4).

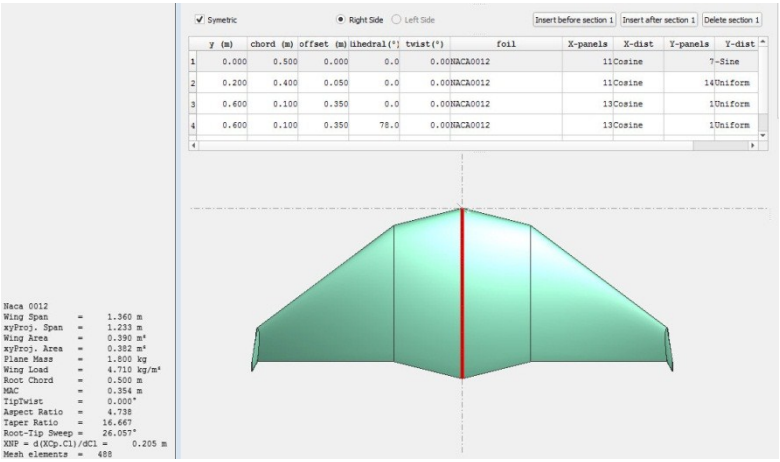
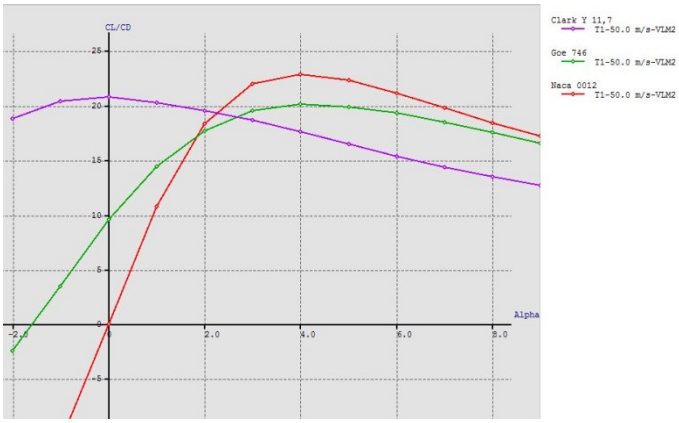


Рис. 4. Геометрические параметры планируемого крыла

Далее определяем оптимальное соотношение параметров, обеспечивающих максимальное значение аэродинамического качества C_L/C_D от угла атаки α и другие для различных видов профилей. Моделирование проводилось при параметрах: плотность воздуха ρ=1,225 кг/м^3, скорость встречного воздушного потока при V=50 м/с. Результаты моделирования приведены на рис. 5.



а б в

Рис. 5. График зависимости C_L/C_D от α при использовании профилей: а – NACA 0012, б – Goe 746, в – Clark Y 11,7%

Далее рассчитываем аэродинамическую подъемную силу P и силу лобового сопротивления Q для прямоугольной формы крыла и различных профилей.

Результаты исследований представлены в таблице ниже.

Таблица

Аэродинамические параметры крыла

Профиль	Наилучший угол атаки,о	C_L	C_D	S, м^2	P, Н	Q, Н
NACA 0012	4,00	0,32	0,011	0.39	191,64	6,56
Clark-Y 8%	1,00	0,357	0,018		213,19	10,78
Goe 746	4,00	0,36	0,018		214,98	10,78

По результатам моделирования выбираем профиль с характеристиками: профиль – NACA 0012; размах крыльев – 1.23 м; масса крыла – 0.4 кг.

Медленный рост подъемной силы, в зависимости от угла атаки, обеспечивает устойчивость к турбулентности потока воздуха. Диапазон углов атаки, обеспечивающий устойчивый полет, составляет 2-5° Большие значения могут привести к срыву обтекания потока воздуха, падению роста коэффициента подъемной силы конвертоплана.

Заключение

В результате проведенных исследований предложена конструкция конвертоплана, учитывающая оптимальные геометрические параметры крыльев, которые отвечают необходимым аэродинамическим характеристикам и обеспечивают повышенную маневренность, скоростные характеристики данной конструкции. С помощью программного продукта XFLR5 определены коэффициенты подъемной силы и силы сопротивления, которые позволят определить параметры винтов и электродвигателей конвертоплана

Литература

1. Желанников, А.И. Аэромеханика / А.И. Желанников. – М. : Наука, 2007. – С. 81-96.
2. Павловский В. Е., Яцун С. Ф., Емельянова О. В., Стуканева С. П. Математическое моделирование робота с переменным вектором тяги / Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта (БТС-ИИ-2015): труды 2-го Всеросс. научно- практ. семинара. – СПб. : Политехника сервис. – 2015. – С. 99-106.
3. Афанасьев П. П., Голубев И. С., Новиков В. Н. и др. Беспилотные летательные аппараты. – М. : МАИ. 2008. – 650 с.
4. Сайт Airfoil Tools [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://airfoiltools.com/search/index
5. Динамика полета / под ред. Г. С. Бюшгенса – М. : Машиностроение. 2011. – 776 с.
6. Сайт Airfoil Tools [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://airfoiltools.com/search/index

Оценка вероятностных характеристик распознавания техногенных объектов на фоне земной поверхности по их температурным контрастам

И. Н. Ищук, email: boerby@rambler.ru
А. А. Долгов, email: alexdolgov88-08@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Россия, 394064, Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А

Аннотация. *В статье представлена постановка задачи и экспериментальная апробация оценки вероятности распознавания объектов на фоне земной поверхности по их температурным контрастам.*

Ключевые слова: *температурный контраст, вероятность распознавания, техногенный объект, фон, оптико-электронная система.*

Введение

Появление и развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) средней и большой продолжительности полета (БПП) с установленными на них современными оптико-электронными системами (ОЭС) привело к значительному росту возможностей воздушной разведки наземных целей, ограниченной пространственно-временными, географическими и погодными условиями.

Анализ технических возможностей ОЭС, устанавливаемых на БПЛА БПП, и особенностей их компоновки свидетельствует о необходимости комплексного подхода к сбору и обработке информации, интеграции различных источников информации во взаимосвязанную многоспектральную ОЭС, что, в свою очередь, ведет к повышению возможностей системы, увеличению надежности ее работы, снижению массогабаритных характеристик, что в целом повышает эффективность ведения специального мониторинга (СМ).

1. Постановка задачи

Возможность распознавания техногенных объектов (ТО) зависит от качества изображения и от его масштаба. Поэтому одним из важнейших параметров процесса дешифрирования является вероятность

© Ищук И. Н., Долгов А. А., 2019

обнаружения и распознавания изображений ТО до вида, класса и типа.[1] На величину вероятности обнаружения и распознавания ТО при ведении СМ влияют различные факторы: высота полета БПЛА с ОЭС СМ, разрешающая способность ОЭС СМ, линейные размеры и форма ТО, тепловой контраст ТО относительно фона.

Множество значений вероятностей операторного распознавания $P_{расп}$ ТО на фоне земной поверхности в зависимости от значения линейного разрешения ОЭС СМ на местности L можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью вида:[1]

$$P_{расп} = \exp\left(-\left(\frac{B \times L^*}{l_{пикс}} \right)^2 \right), \quad (1)$$

где $-\left(\frac{B \cdot L^*}{l_{пикс}} \right)^2$ – показатель ослабления разрешения ТО на изображении, полученном с ОЭС СМ; $B = \sqrt{\frac{G\left(R_{впис} + R_{опис}\right)}{2S}}$ – коэффициент распознавания формы ТО; G – периметр ТО; $R_{впис}, R_{опис}$ – радиусы вписанной и описанной окружностей вокруг контура ТО; S – площадь ТО; L^* – линейное разрешение на местности при реальном контрасте; $l_{пикс} = 360 \cdot \frac{N \cdot tg^{-1}\left(\frac{l_м}{2R} \right)}{\pi \beta_Г}$ – максимальный линейный размер ТО в пикселах; $l_м$ – максимальный линейный размер ТО, м; R – расстояние до ТО; N – количество элементов приемника излучения в строке матрицы; $\beta_Г$ – горизонтальный угол поля зрения (угол захвата) ОЭС, град.

Ввиду того, что значение линейного разрешения на местности у ОЭС СМ зависит от величины контраста, то аппроксимирующую функцию (1) можно представить в виде:

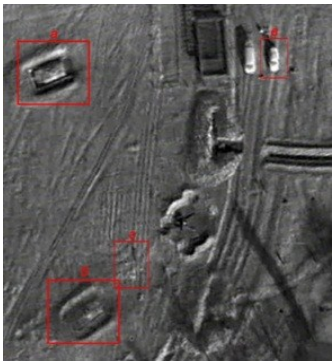
$$P_{расп} = \exp\left(-\left(\frac{B \cdot L}{l_{пикс}\sqrt{K}} \right)^2 \right), \quad (2)$$

где $L = \frac{R \cdot B}{2R_C f_Э}$ – линейное разрешение на местности[2]; R – расстояние до ТО; B – коэффициент распознавания формы ТО; $f_Э = f_0 \cdot Kf = f_0 \cdot \frac{36}{d_Г}$ – фокусное расстояние объектива или датчика в эквиваленте для 35 мм кадра; f_0 – реальное фокусное расстояние ОЭССМ; Kf – кроп-фактор – отношение размера ширины матрицы ОЭССМ к кадру фотопленки тип 135 размером 36х24 мм; $d_Г$ – размер матрицы ОЭССМ в ширину; R_C – разрешающая способность ОЭССМ, мм$^{-1}$; $K = \frac{|T_{об} - T_ф|}{T_{об} + T_ф}$ – температурный контраст ТО и фона; $T_{об}$ – температура поверхности ТО; $T_ф$ – температура поверхности фона.

2. **Эксперимент**

Было получено 9 ИК изображений одного и того же участка земной поверхности с расположенными на ней ТО с ОЭС комплекса с БПЛА «Гранат-2» с высоты 1000 м.

Для оценки вероятностных характеристик распознавания были выбраны три объекта: БМП на грунте; БМП под масксетью МКТ-2; автомобиль на грунте (рис.1).



а – БМП на грунте, б – БМП под масксетью МКТ-2, в – автомобиль на грунте, г – эталонные материалы

Рис. 1. Район ведения СМ с расположенными на нем объектами

Графики суточного изменения температурных контрастов данных объектов приведены на рисунке 2.

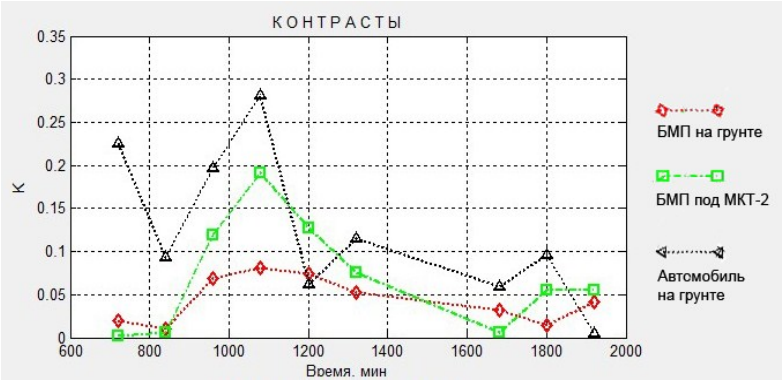


Рис. 2. Графики суточного изменения температурных контрастов

На основе полученных значений контрастов объектов и фона используя выражение (2) были рассчитаны значения вероятности распознавания рассматриваемых объектов на фоне земной поверхности (рис.3).

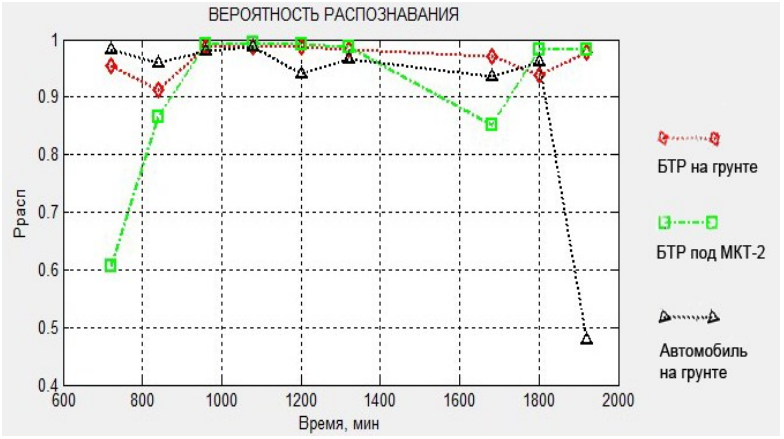


Рис. 3. Графики суточного изменения вероятности распознавания

Вывод

В ходе оценки вероятностных характеристик распознавания были получены экспериментальные значения суточного хода температурных контрастов объектов и фона, а также на основе этого рассчитаны значения суточного изменения вероятности распознавания объектов на фоне земной поверхности при различных условиях. Анализ данных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что суточный ход вероятностей распознавания явно коррелирует с суточным ходом значений температурных контрастов объектов по отношению к фону. На основе полученных зависимостей возможно определить временные интервалы наиболее эффективного ведения СМ по распознаванию того или иного класса объектов.

Список литературы

1. Ребрин Ю. К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов. КВВАИУ, 1988 г. – 450 с.

2. Студитский А. С. Исследование и разработка многофункционального оптико-электронного средства наблюдения и разведки./ Студитский А.С. – М.: НИИ и МНПО «Спектр», 2013. – 112 с.

3. Алтухов А. И. Прогнозирование качества изображений космических объектов/ Алтухов А.И., Гнусарев Н.В., Коршунов Д.С. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2013, №3(85).

4. Веселов Ю. Г. Выбор тест-объекта для оценки разрешающей способности цифровых оптико-электронных систем мониторинга земной поверхности./ Веселов Ю.Г., Данилин А.А., Тихонычев В.В.// Наука и образование, 2012. Вып. 4.

5. Ковалев А. В. Возможности методов неразрушающего контроля/ А.В. Ковалев, А.А. Ковалев// Журнал Мир и безопасность, 2007. Вып. 2. – С. 35-41.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00053А).

Применение компьютерных электродинамических моделей для планирования эксперимента по определению электрофизических параметров диэлектрических материалов и покрытий

А.И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Разработана электродинамическая модель на основе дисперсионных уравнений, позволяющая связать относительные диэлектрические проницаемости и толщины многослойного диэлектрического материала с коэффициентом ослабления поля поверхностной медленной электромагнитной волны по нормали к поверхности покрытия.*

Ключевые слова: *многослойное радиопоглощающее покрытие, электрофизические параметры, измерение, дисперсионное уравнение, метод поперечного резонанса*

Введение

Снижение радиолокационной заметности (РЛЗ) вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) является одним из важнейших факторов повышения их живучести и боевой эффективности. Поэтому при модернизации существующих и создании новых образцов ВВСТ в Россиии и за рубежом данному вопросу уделяется значительное внимание [1].

Одним из распространенных и эффективных способов снижения радиолокационной заметности ВВСТ является применение многослойных радиопоглощающих покрытий (РПП) на их наиболее отражающих элементах [1]. При оптимальном выборе РПП и мест их нанесения можно уменьшить величину эффективной площади рассеяния (ЭПР) образцов ВВСТ на порядок и более.

В процессе проектирования и эксплуатации РПП актуальной является задача точного и достоверного измерения их электрофизических параметров (ЭФП) в диапазоне СВЧ.

В [1] нами представлен радиоволновый метод измерения ЭФП однослойных РПП, использующий явление «разлития» поверхностной

© Казьмин А.И., Федюнин П.А., 2019

медленной электромагнитной волны (ПМЭМВ) по плоскости и быстродействующего сканирования результатов взаимодействия поля со слоем покрытия в функциях комплекса электрофизических и геометрических параметров.

Для достоверных оценок ЭФП РПП требуется предварительное электродинамическое моделирование взаимодействия поля ПМЭМВ с РПП, имеющим заданные характеристики. Это позволяет оптимальным образом спланировать проведение дальнейшего натурного эксперимента.

Целью представленной работы является разработка электродинамической модели, описывающей зависимость коэффициента ослабления поля ПМЭМВ α_y многослойного РПП, при любом числе слоев.

1. Электродинамическая модель

Основу электродинамической модели составляет характеристическое уравнение, связывающее измеренное значение коэффициента ослабления поля ПМЭМВ α_y с электрофизическими параметрами РПП.

Нахождение характеристического уравнения многослойного РПП может быть выполнено на основе модифицированного метода поперечного резонанса. При этом входным информативным параметром характеристического уравнения является коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y.

Сущность предлагаемого метода расчета состоит в замене многослойного РПП, эквивалентной схемой. Каждому слою РПП ставится в соответствие четырехполюсник, который представляет собой отрезок линии передачи с длиной равной толщине слоя и соответствующим волновым сопротивлением.

Характеристическое уравнение многослойного РПП составляется при условии равенства волновых сопротивлений «вверх» и «вниз» относительно произвольно выбранного опорного сечения:

$$\tilde{Z}(y) = \vec{Z}(y), \qquad 1$$

где $\tilde{Z}(y)$ и $\vec{Z}(y)$ − входные импедансы согласованных линий (волновые сопротивления «вверх» и «вниз») от опорного сечения y_0.

Представленный подход справедлив при любом числе слоев РПП. В качестве примера более подробно рассмотрим математическую модель для трехслойного РПП. Геометрия исследуемой модели приведена на рисунке 1.

В качестве опорного сечения выберем границу между первым и вторым слоями РПП. Волновое сопротивление «вверх» (включающее слои 2, 3 и свободное пространство) может быть выражено путем последовательного применения формулы трансформации волновых сопротивлений.

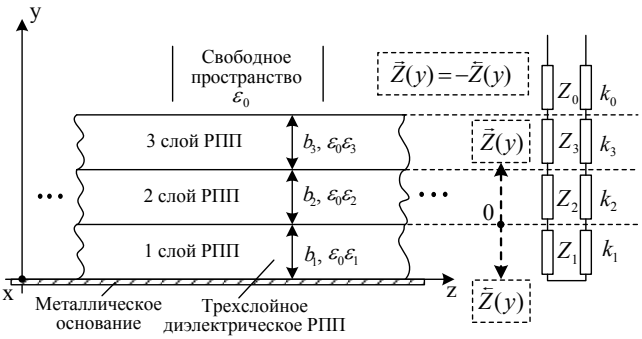


Рис. 1. Модель многослойного РПП

В качестве опорного сечения выберем границу между первым и вторым слоями РПП. Волновое сопротивление «вверх» (включающее слои 2, 3 и свободное пространство) может быть выражено путем последовательного применения формулы трансформации волновых сопротивлений.

Итоговое выражение для волнового сопротивления «вверх» относительно опорного сечения y_0 может быть представлено в следующем виде:

$$\bar{Z}_{230} = Z_3 \frac{Z_{30} + jZ_2 \tan(q_2 b_2)}{Z_2 + jZ_{30} \tan(q_2 b_2)}, \qquad 2$$

где $Z_{30} = Z_3 \dfrac{Z_0 + jZ_3 \tan(q_3 b_3)}{Z_3 + jZ_0 \tan(q_3 b_3)}$ – волновое сопротивление «вверх» от начала 3 слоя; $Z_0 = -j\dfrac{\alpha_y}{\omega\varepsilon_0}$ – погонное волновое сопротивление свободного пространства; $Z_1 = \dfrac{q_1}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_1}$ – погонное волновое сопротивление 1 слоя; $Z_2 = \dfrac{q_2}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_2}$ – погонное волновое сопротивление

2 слоя; $Z_3 = \frac{q_3}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_3}$ – погонное волновое сопротивление 3 слоя; $q_1 = \sqrt{k_1^2 - k_0^2 - \alpha_y^2}$ – коэффициент фазы 1 слоя; $q_2 = \sqrt{k_2^2 - k_0^2 - \alpha_y^2}$ – коэффициента фазы 2 слоя; $q_3 = \sqrt{k_3^2 - k_0^2 - \alpha_y^2}$ – коэффициент фазы 3 слоя; $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число свободного пространства; $k_1 = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_1}$ – волновое число первого слоя РПП; $k_2 = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_2}$ – волновое число второго слоя РПП; $k_3 = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_3}$ – волновое число третьего слоя РПП; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота; ε_0 – диэлектрическая постоянная; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – диэлектрические проницаемости 1, 2 и 3 слоя РПП соответственно; b_1, b_2, b_3 – толщина 1,2 и 3 слоя РПП соответственно.

Волновое сопротивления «вниз» относительно опорного сечения y_0 может быть представлено в следующем виде (слой РПП нагруженный на металлическую подложку):

$$\vec{Z}(y) = jZ_1 \tan(q_1 b_1) \qquad 3$$

Таким образом, итоговое характеристическое уравнение для трехслойного РПП на основе (1) может быть представлено в следующем виде:

$$\vec{Z}_{230} + jZ_1 \tan(q_1 b_1) = 0 \qquad 4$$

2. **Оценка достоверности модели**

Достоверность и точность разработанной модели трехслойного РПП можно оценить, сравнивая результаты теоретических расчетов коэффициентов ослабления α поля ПМЭМВ в зависимости от значений диэлектрических проницаемостей и толщин слоев, с результатами, полученными с использованием систем электродинамического моделирования, таких как, например, CST Studio Suit.

В качестве источника возбуждения электромагнитного поля поверхностной волны была выбрана рупорная антенна, установленная на металлическую подложку со слоем исследуемого покрытия. Общий вид разработанной электродинамической модели приведен на рисунке 2.

Оценка напряженности поля ПМЭМВ проводилась в дальней зоне антенны по линии максимума диаграммы направленности. После

завершения расчета для заданных значений покрытия, можно оценить общую трехмерную картину распределения поля поверхностной ЭМВ и значение коэффициента ослабления в конкретной точке измерения.

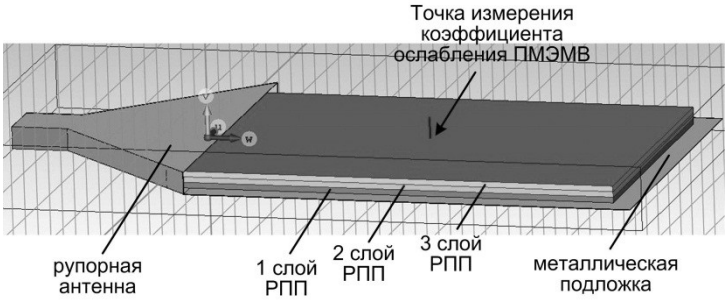


Рис. 2. Электродинамическая модель трехслойного РПП в системе CST Studio Suite

В ходе исследований моделирование осуществлялось при различных параметрах трехслойного покрытия ($\varepsilon_1 = 5...16$, $\varepsilon_2 = 4...15$, $\varepsilon_3 = 3...14$, $b_1 = 1...11$, $b_2 = 1...11$, $b_3 = 1...11$). В качестве примера рассмотрим более подробно два варианта моделирования. В первом варианте толщина каждого слоя РПП была фиксирована ($b_1 = 2{,}5$ мм, $b_2 = 2{,}5$ мм, $b_3 = 2{,}5$ мм), а варьировались значения диэлектрической проницаемости слоев РПП ($\varepsilon_1 = 5...16$, $\varepsilon_2 = 4...15$, $\varepsilon_3 = 3...14$). Во втором варианте диэлектрическая проницаемость слоев РПП была фиксированной ($\varepsilon_1 = 5$, $\varepsilon_2 = 4$, $\varepsilon_3 = 3$), а варьировались значения толщины слоев РПП ($b_1 = 1...11$, $b_2 = 1...11$, $b_3 = 1...11$). Возбуждение поля ПМЭМВ осуществлялось на частоте $f = 10$ ГГц.

Результаты сравнения показаны на рисунках 3 и 4. На каждом рисунке показана теоретическая кривая и полученная в результате моделирования в CST Studio suit. Анализ рисунков 3 и 4 показывает, что отличие коэффициентов ослабления α, полученных теоретически и с помощью CST Studio suit не превышает 1%, что можно оценить как вполне хороший результат.

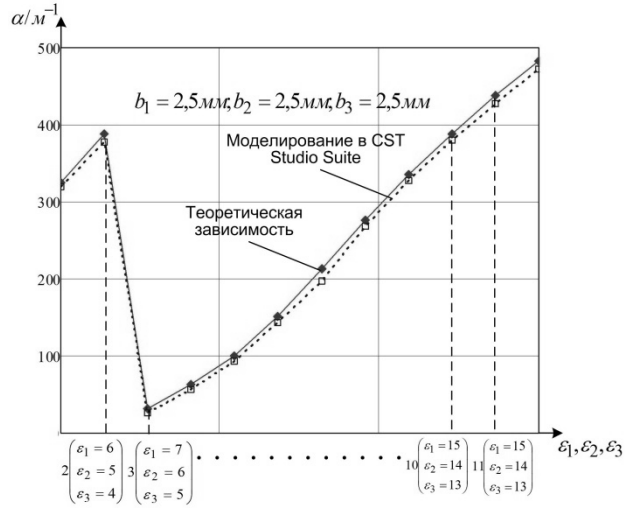


Рис. 3. Теоретические зависимости $\alpha = f(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3)$ и полученные в ходе моделирования в CST Studio suit

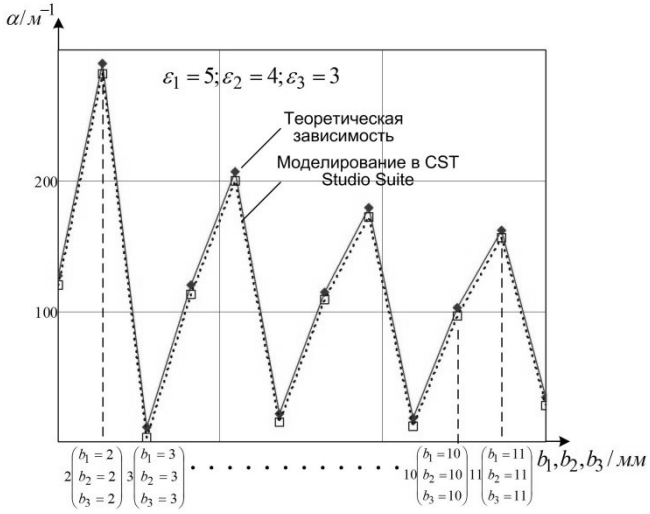


Рис. 4. Теоретические зависимости $\alpha = f(b_1, b_2, b_3)$ и полученные в ходе моделирования в CST Studio suit

Заключение

Таким образом, разработана обобщенная электродинамическая модель, которая позволяет оценить зависимость основного информативного параметра поля поверхностной волны – коэффициента нормального ослабления α от электрофизических параметров многослойного РПП. Проведенная проверка достоверности и точности модели показала хорошее совпадение теоретических зависимостей и полученных в ходе электродинамического моделирования в CST Studio suit.

Предложенная электродинамическая модель может служить основой разработки радиоволновых способов измерения ЭФП многослойных РПП и планировать оптимальный план эксперимента.

Список литературы

1. Федюнин П.А. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники / П.А. Федюнин, А.И. Казьмин. – М.: Издательство «Физматлит», 2013. – 190 с.

Априорная оценка возможности выявления дефектов в диэлектрических материалах и покрытиях путем электродинамического моделирования

А.И. Казьмин, email: alek-kazmin@yandex.ru
П. А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru
Д.А. Рябов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Представлена электродинамическая модель, на основе дисперсионных уравнений, позволяющие связать величину отслоения диэлектрического покрытия с коэффициентом нормального ослабления поля поверхностной медленной электромагнитной волны. Дисперсионные уравнения выведены путем формализации метода поперечного резонанса.*

Ключевые слова: *дефект, электродинамическая модель, метод поперечного резонанса*

Введение

Создание современных авиационных комплексов (АК) связано с использованием различных диэлектрических материалов и покрытий. К таким материалам относятся композиционные полимерные материалы, изготовленные на основе высокопрочного наполнителя в виде непрерывных нитей, тканей и т. д. и связующей матрицы. Из композиционных материалов изготавливают несущие элементы, ответственные детали и узлы. Применение этих материалов в различных ответственных изделиях требует обеспечения их высокого качества и надежности [1].

Для оценки эксплуатационной пригодности диэлектрических материалов и покрытий наиболее предпочтителен дефектоскопический контроль на сверхвысоких частотах, входящих в рабочий диапазон изделия.

Целью представленной работы является разработка электродинамической модели позволяющей произвести априорную оценку возможности выявления конкретных дефектов в диэлектрических материалах и покрытиях с известными свойствами, за счет моделирования процесса взаимодействия СВЧ-излучения с

© Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д.А., 2019

материалом. При этом радиодефектоскоп, контролируемый материал, окружающая среда рассматриваются как единая система. Составляя электродинамическую модель системы, необходимо учитывать свойства среды и материала изделия, их распределение в трех направлениях, характер и свойства дефекта.

1. Электродинамическая модель

Основу электродинамической модели для измерения электрофизических и геометрических параметров (ЭФГП) покрытия составляют дисперсионные уравнения, которые позволяют связать ЭФГП покрытия с коэффициентом ослабления поля поверхностной медленной электромагнитной волны (ПМЭМВ) по нормали к поверхности покрытия – α_y [1,2].

На рисунке 1а приведена геометрия задачи нахождения дисперсионного уравнения диэлектрического покрытия с дефектом типа «отслоение покрытия от подложки».

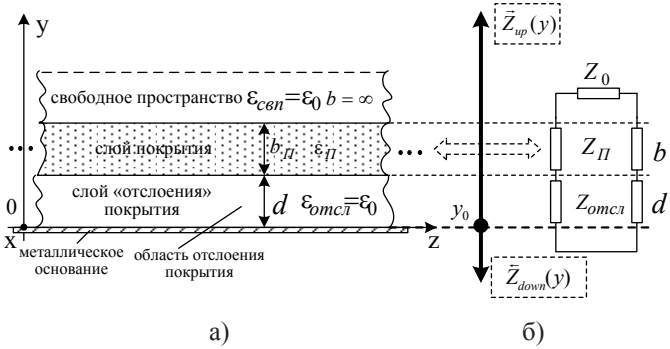


Рис. 1. Геометрия исследуемой системы: а) – геометрия задачи нахождения дисперсионного уравнения диэлектрического покрытия; б) – эквивалентная схема диэлектрического покрытия

Диэлектрическое покрытие характеризуется электрофизическими и геометрическими параметрами: $\varepsilon_П$; $\mu_П$; b, где $\varepsilon_П$, $\mu_П$, b – соответственно относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости, а также толщина покрытия. Поскольку рассматривается диэлектрическое покрытие, то $\mu_П = \mu_0$. Область с отслоением покрытия берется в виде отдельного «слоя» покрытия с ЭФГП $\varepsilon_{отсл} = \varepsilon_0$, $\mu_{отсл} = \mu_0$ и $b_{отсл} = d$. Свободное пространство для удобства

составления дальнейших расчетных выражений также формально берется в виде отдельного «слоя» покрытия с с ЭФГП $\varepsilon_{свп} = \varepsilon_0$, $\mu_{свп} = \mu_0$ и $b_{свп} = \infty$.

В пределах слоя покрытия параметры среды постоянны. Задача состоит в нахождении дисперсионного уравнения данной системы:

$$\alpha_y = f(\varepsilon_П; b_П; d; \lambda) \quad (1)(1)$$

где λ – длина волны генератора.

Для рассматриваемой слоистой электродинамической модели диэлектрического покрытия дисперсионное уравнение можно найти на основе формализации метода поперечного резонанса [2] для случая покрытия с числом слоев 3. При этом входным информативным параметром дисперсионного уравнения является коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y.

Диэлектрическое покрытие при отслоении его от металлического основания можно заменить эквивалентной схемой связанных линий передачи. Эквивалентная схема диэлектрического покрытия при отслоении его от металлической подложки приведена на рисунке 1б.

Дисперсионное уравнение диэлектрического покрытия на основе полученной эквивалентной схемы составляется при условии работы ее в «резонанс» – момента, когда в диэлектрическом покрытии ПМЭМВ имеет критическую частоту. При этом в качестве дисперсионного уравнения для собственных волн в диэлектрическом покрытии может использоваться уравнение поперечного резонанса [2], записанное относительно произвольно выбранного опорного сечения y_0:

$$\vec{Z}_{up}(y) + \overleftarrow{Z}_{down}(y) = 0 \quad (2)(2)$$

где $\vec{Z}_{up}(y)$ и $\overleftarrow{Z}_{down}(y)$ – эквивалентные характеристические сопротивления «вверх» и «вниз» относительно опорного сечения y_0.

Коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y связан с постоянной распространения γ и коэффициентами фазы $q_П$ ПМЭМВ диэлектрического покрытия следующими зависимостями:

– область свободного пространства:

$$\alpha_y = \sqrt{\gamma^2 - k_0^2} \quad (3)(3)$$

где γ –постоянная распространения поля ПМЭМВ; k_0 – волновое число свободного пространства, $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$;

– в слое диэлектрического покрытия:

$$q_{П} = \sqrt{k_{П}^2 - k_0^2 - \alpha_y^2} \quad (4)$$

где $k_{П}$ – волновое число слоя покрытия, $k_{П} = \frac{2\pi}{\lambda}\sqrt{\varepsilon_{П}}$, $\varepsilon_{П}$ – относительная диэлектрическая проницаемость.

– область с отслоением диэлектрического покрытия:

$$q_{отсл} = j\alpha_y \quad (5)$$

С учетом выражений (3–5) выразим характеристические сопротивления слоев через коэффициент ослабления поля ПМЭМВ α_y.

Характеристические сопротивления для Е-волн имеют следующий вид:

– «слой» свободного пространства:

$$Z_0 = -j\frac{\alpha_y}{\omega\varepsilon_0} \quad (6)$$

где $\omega = 2\pi f$ – круговая частота; ε_0 – диэлектрическая постоянная.

– слой диэлектрического покрытия:

$$Z_{П} = \frac{q_{П}}{\omega\varepsilon_0\varepsilon_{П}} \quad (7)$$

где $q_{П}$ – коэффициент фазы ПМЭМВ, определяемый по выражению (3).

– «слой» области отслоения покрытия:

$$Z_{отсл} = \frac{q_{отсл}}{\omega\varepsilon_0} \quad (8)$$

Характеристические сопротивление «вверх» $\vec{Z}_{ир}(y)$ относительно опорного сечения y_0 представляет собой эквивалентное характеристическое сопротивление «слоя» с отслоением, слоя покрытия и «слоя» свободного пространства. Его можно получить путем последовательного применения формулы трансформации волновых сопротивлений методом теории цепей [2]:

$$\vec{Z}(i,i+1) = Z_i \frac{Z_{i+1} + jZ_i tg(q_i b_i)}{Z_i + jZ_{i+1} tg(q_i b_i)}, \quad (9)$$

где $\vec{Z}(i,i+1)$ – характеристическое сопротивление i-слоя покрытия, нагруженного на характеристическое сопротивление $i+1$-слоя покрытия; $\vec{Z}_i$ – характеристическое сопротивление i-слоя покрытия; $\vec{Z}_{i+1}$ – характеристическое сопротивление $i+1$-слоя покрытия.

Расчетная схема для нахождения характеристического сопротивления «вверх» $\vec{Z}_{up}(y)$ путем трансформации сопротивлений слоев покрытия приведена на рисунке 2.

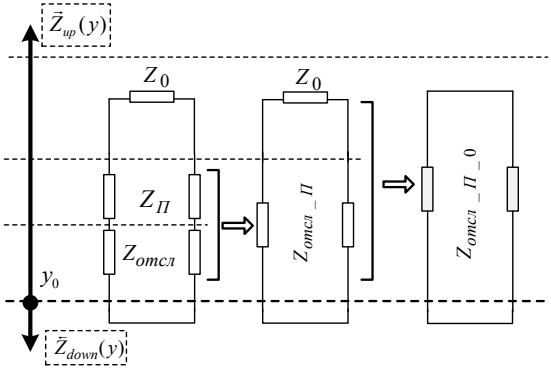


Рис. 2. Расчетная схема трансформации характеристических сопротивлений эквивалентной схемы диэлектрического покрытия при отслоении его от подложки

На основании (9) и рисунка 2 последовательные этапы трансформации можно представить следующей рекурсивной формулой:

$$\vec{Z}_{отсл\_П} = Z_{отсл} \frac{Z_П + jZ_{отсл} tg(q_{отсл} d)}{Z_{отсл} + jZ_П tg(q_{отсл} d)}, \quad (10)$$

$$\vec{Z}_{отсл\_П\_0} = \vec{Z}_{отсл\_П} \frac{Z_0 + j\vec{Z}_{отсл\_П} tg(q_П b_П)}{\vec{Z}_{отсл\_П} + jZ_0 tg(q_П b_П)}.$$

Таким образом, эквивалентное характеристическое сопротивление «вверх» $\vec{Z}_{up}(y)$ относительно опорного сечения y_0 равно

характеристическому сопротивлению $\vec{Z}_{отсл\_П\_0}$, полученному в результате последовательной трансформации сопротивлений слоев исследуемого покрытия с отслоением:

$$\vec{Z}_{ир}(y) = \vec{Z}_{отсл\_П\_0} \quad (11)$$

Характеристическое сопротивления «вниз» относительно опорного сечения y_0 принимается равным нулю $\vec{Z}_{down}(y) = 0$, так как ниже его слоев покрытия нет.

Таким образом, итоговое дисперсионное уравнение для диэлектрического покрытия при отслоении его от подложки, на основе (10), может быть представлено в следующем виде:

$$\vec{Z}_{отсл\_П\_0} = 0 \quad (12)$$

где $\vec{Z}_{отсл\_П\_0}$ – эквивалентное характеристическое сопротивление системы слоев покрытия, приведенных на рисунке 1а и определяемое по рекурсивной формуле (10).

2. Электродинамическое моделирование

На рисунке 3 представлены графики зависимости коэффициента ослабления α от различных значений величины отслоения покрытия от подложки *d*, полученные в системе электродинамического моделирования CST Studio Suite

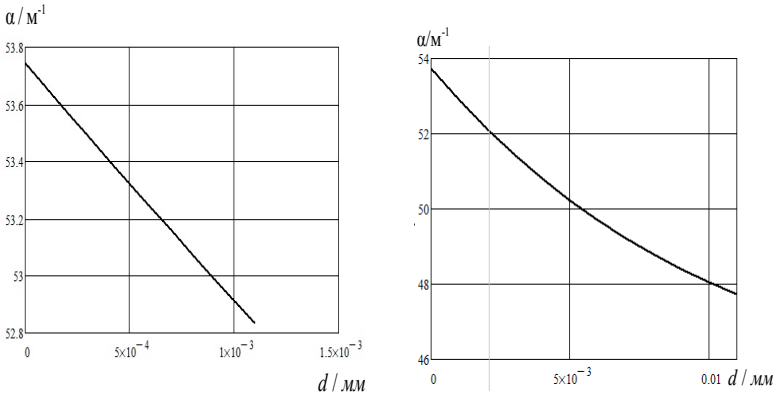


Рис. 3. Зависимость величины отслоения покрытия от металлической подложки (f=α(d))

Проведенное электродинамическое моделирование показало высокую чувствительность зависимости коэффициента ослабления α поля ПМЭМВ от величины отслоения и расслоения покрытия от подложки. Зависимость коэффициента ослабления от величины отслоения наблюдается даже в области отслоений d от 0 до 0,004 мм. Дальнейшее увеличение отслоения приводит к уменьшению коэффициента ослабления по экспоненциальному закону.

Заключение

Таким образом, представлены обобщенные математические модели, которые связывают величину отслоения покрытия, а также величину расслоения двухслойного покрытия, его относительную диэлектрическую проницаемость и толщину с коэффициентом нормального ослабления поля ПМЭМВ.

Предложенная математическая модель может служить основой радиоволновых способов обнаружения и оценки дефектов диэлектрических и магнитодиэлектрических материалов и покрытий авиационных комплексов.

Список литературы

1. Федюнин П.А. Способы радиоволнового контроля параметров защитных покрытий авиационной техники / П.А. Федюнин, А. И. Казьмин. – М. : Издательство «Физматлит», 2013. – 190 с.

2. Казьмин А. И. Метод измерения электрофизических параметров многослойных диэлектрических покрытий в диапазоне СВЧ / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Контроль. Диагностика, 2018. – № 11. – С. 52-59.

Решение задачи оптимального распределения воздушных судов

О. И. Канищева, e-mail: oleka_olesya@mail.ru
В. С. Картушин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматривается методика оптимального распределения воздушных судов на заданной сети авиалиний по критерию минимальной себестоимости доставки груза. Применяется уточненный расчет летных характеристик самолета на этапах взлета, набора высоты, крейсерского полета, снижения и посадки, учитывающий наличие ветровой составляющей скорости.*

Ключевые слова: *методы оптимизации, метод ветвей и границ, транспортная задача.*

Введение

При исследовании эффективности использования гражданской авиации применяют пять типов критериев оптимальности: минимальное время полета, минимальная стоимость выполнения рейса, максимальная регулярность полетов, максимальная коммерческая нагрузка, минимальный удельный расход авиатоплива.

1. Постановка задачи

Математическая модель задачи оптимального распределения воздушных судов (ВС) на сети авиалиний имеет вид (1)-(3):

$$L = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{R} c_{jk}x_{ijk} \to \min, \tag{15}$$

$$\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} x_{ijk} \le \alpha_k, \quad (k = 1,...,R), \tag{16}$$

$$\sum_{k=1}^{R} d_k x_{ijk} \ge q_{ij}, \quad (i = 1,...,M, \quad j = 1,...,N), \tag{17}$$

где d_k – грузоподъемность самолета k-го типа $(k = 1,...,R)$; q_{ij} – величина i-го груза подлежащего перевозке в j-ый аэропорт

© Канищева О. И., Картушин В. С., 2019

$(i=1,...,M,\ \ j=1,...,N)$; α_k – число воздушных судов k-го типа; c_{jk} – себестоимость доставки груза авиалайнером k-го типа в j-ый аэропорт; x_{ijk} – число самолетов k-го типа из самолетного парка, занятых доставкой груза i-го типа в j-ый аэропорт. Ограничения (2) означают, что сумма самолетов k-го типа перевозящих груз i-го типа в j-ый аэропорт не превышает число самолетов k-го типа. Ограничения (3) означают, что величина i-го груза подлежащего перевозке в j- ый аэропорт не превышает суммарную грузоподъемность самолетов, перевозящих этот i-ый груз в j-ый аэропорт.

Таким образом, мы имеем задачу линейного программирования (ЗЛП) с $M\times N\times R$ переменными и $(R+N)\times M$ линейными ограничениями. Для решения этой задачи необходимо рассчитать время занятости каждого самолета, при выполнении им транспортных операций, а затем себестоимость доставки груза.

2. Решение задачи оптимального распределения

Для расчета времени занятости воздушных судов на каждой авиалинии используется формула (4):

$$t = t^1_{стоянки} + t^1_{руления} + t^1_{вырул.} + t_{ст.} + t_{р.} + t_{в.взл.} + \\ + t_{наб.} + t_{м.} + t_{сн.} + t_{в.пос.} + t_{пр.} + t^2_{отрул.} + t^2_{руления} + t^2_{стоянки}, \qquad (18)$$

где $t^1_{стоянки}, t^2_{стоянки}$ – средняя продолжительность стоянки воздушного судна на перроне в аэропорту отправления 1 и в аэропорту назначения 2; $t^1_{руления}, t^2_{руления}$ – время руления воздушного судна по рулежной дорожке; $t^1_{вырул.}$ – время выруливания на исполнительный старт (1 – в аэропорту отправления); $t_{ст.}$ – время установки ВС на старте и доведения тяги двигателей до взлетной; $t_{р.}$ – время разбега самолета; $t_{в.взл.}$ – время воздушного участка взлета (время набора безопасной высоты); $t_{наб.}$ – время набора установленной (крейсерской) высоты; $t_{м.}$ – время маршевого полета (на крейсерской высоте); $t_{сн.}$ – время снижения; $t_{в.пос.}$ – время полета на воздушном участке посадки; $t_{пр.}$ – время пробега самолета (от момента приземления до момента отруливания с оси взлетно-посадочной полосы (ВПП)); $t^2_{отрул.}$ – время отруливания ВС за боковую границу ВПП (2 – в аэропорту назначения).

Увеличение времени занятости воздушных судов может происходить за счет: перерыва в сообщении не по вине авиакомпании (погодные условия, аварии и др.); задержки для проверки на соответствие груза и данных авиагрузовой накладной, соблюдения предосторожности по грузам, перевозимым на особых условиях, если обнаружены нарушения; задержки, связанные с исправлением тары и погрузки, а так же выгрузки излишков груза, допущенных не по вине отправителя; и др.

Предварительная оценка стоимости эксплуатации самолета имеет решающее значение, во-первых, при формировании стратегии развития технических средств воздушного транспорта на длительную перспективу и, во-вторых, служит базой для технико-экономического обоснования решений, принимаемых на разных уровнях [1].

Себестоимость летного часа самолета можно подсчитать по формуле (5):

$$C = C_{A\,сам} + C_{A\,ДВ} + C_{ТР\,сам} + C_{ТР\,ДВ} + C_{ГСМ} + C_{з.п.} + B_A, \qquad (19)$$

где $C_{A\,сам}$ – затраты на амортизацию самолета; $C_{A\,ДВ}$ – затраты на амортизацию двигателя ВС; $C_{ТР\,сам}$ – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание самолета; $C_{ТР\,ДВ}$ – затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание двигателя; $C_{ГСМ}$ – стоимость горюче-смазочных материалов; $C_{з.п.}$ – расходы на заработную плату экипажа, включая отчисления на социальные нужды; B_A – косвенные (аэродромные) расходы, учитывающие затраты на содержание аэродромов и различных административно-технических групп.

Математическую модель (1)-(3) можно привести к виду стандартной транспортной задачи с помощью замены переменных $\lambda = i + M \cdot (j-1)$, $\mu = k$, где $\lambda = 1,...,MN$, $\mu = 1,...,R$.

Существует множество способов решения стандартной транспортной задачи, например, метод «северно-западного угла». Но этот метод не подходит нам из-за физических свойств объектов рассмотрения (число самолетов не может быть дробным). Поэтому при решении данной задачи более предпочтительным является метод целочисленного программирования, т.е. метод ветвей и границ. Его недостатком является необходимость в большом числе итераций, и, следовательно, для решения задач с большими размерностями его необходимо модернизировать. «Ветви и границы» – это метод, в котором все возможные решения комбинаторной оптимизационной задачи проверяются следующим способом. Вместо вычисления целевой

функции для каждой возможной комбинации искомых переменных подлежит полной проверке только небольшое их число, а оставшиеся варианты могут быть отвергнуты с помощью правил отбора [2].

Для решения поставленной задачи была написана программа на объектно-ориентированный язык программирования Delphi. Приведем пример решения задачи с фиксированными данными. Пусть в аэропорту отправления имеется авиакомпания, в самолетном парке которой содержатся 4 типа авиалайнеров. Разнотипные самолеты, обладая различными эксплуатационными характеристиками и крейсерскими скоростями, могут доставлять по воздуху 1 вид груза в каждый из 5 аэропортов назначения $(R = 4,\ M = 1,\ N = 5)$. В результате работы программы рассчитывается себестоимость доставки груза для данного типа самолета в каждый из аэропортов назначения соответственно. Полученные значения используются для составления матрицы данных транспортной задачи (см. табл. 1, табл. 2):

Таблица 1

Матрица данных транспортной задачи (в общем виде)

	ВС-1	**ВС-2**	**ВС-3**	**ВС-4**	q_λ
Г 1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	c_{13} x_{13}	c_{14} x_{14}	q_1
Г 2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{11}	c_{23} x_{23}	c_{24} x_{24}	q_2
Г 3	c_{31} x_{31}	c_{32} x_{32}	c_{33} x_{33}	c_{34} x_{34}	q_3
Г 4	c_{41} x_{41}	c_{42} x_{42}	c_{43} x_{43}	c_{44} x_{44}	q_4
Г 5	c_{51} x_{51}	c_{52} x_{52}	c_{53} x_{53}	c_{54} x_{54}	q_5
α_μ	α_1	α_2	α_3	α_4	

Таблица 2

Матрица данных транспортной задачи (с числовыми значениями)

	ВС-1	**ВС-2**	**ВС-3**	**ВС-4**	q_λ
Г 1	7660,3 x_{11}	7878,75 x_{12}	6409,15 x_{13}	7032,06 x_{14}	11
Г 2	6536,25 x_{21}	6718,91 x_{11}	5462,96 x_{23}	6014,2 x_{24}	8,35

Окончание таблицы 2

Г3	6233,62 x_{31}	6406,64 x_{32}	5208,22 x_{33}	5740,16 x_{34}	4
Г 4	7271,21 x_{41}	7477,27 x_{42}	5081,62 x_{43}	6679,73 x_{44}	5,5
Г 5	7271,21 x_{51}	7477,27 x_{52}	5081,62 x_{53}	6679,73 x_{54}	3,5
α_μ	9,837	11,055	13,1	2,432	

Результат решения транспортной задачи запишем в виде матрицы (см. табл. 3).

Таблица 3

Матрица решения транспортной задачи

	ВС-1	**ВС-2**	**ВС-3**	**ВС-4**
Г 1	—	—	3	1
Г2	—	2	—	1
Г 3	2	—	—	—
Г 4	1	—	1	—
Г 5	—	1	—	—

где $x_{11} = 0,\quad x_{12} = 0,\quad x_{13} = 3,\quad x_{14} = 1,\ x_{21} = 0,\quad x_{22} = 2,\ \ldots,\quad x_{53} = 0,$ $x_{54} = 0;$ значение целевой функции $L = 79008,87;$ выполнено 3449 итераций.

Заключение

В работе была рассмотрена проблема оптимального распределения воздушных судов на заданной сети авиалиний по критерию себестоимости доставки груза. Для этого использовался уточненный расчет себестоимости летного часа самолета в условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Стенбринк П.А. Оптимизация транспортных сетей / П. А. Стенбринк. – М. : Транспорт, 1981. – 320 с.

2. Титов Б.А. Оптимальное распределение воздушных судов на заданной сети авиалиний [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.В. Семьянов, Б.А. Титов. – Самара : Издательство СГАУ, 2002. – 65 с.

Модель выявления истинного объекта среди совокупности ложных

В. В. Капитанов, e-mail: kvv256@rambler.ru
А. Ю. Козирацкий,
Г. И. Сударикov

ВУНЦ ВВС РФ «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

Аннотация. *С использованием аппарата полумарковских случайных процессов разработана модель выявления истинного объекта среди совокупности ложных. Приведены результаты оценки правильного обнаружения объекта от времени на первом цикле ведения поиска при четырех ложных объектах.*

Ключевые слова: *Оптико-электронная система, истинный объект, ложный объект*

Введение

В настоящее время при ведении воздушной съемки используются авиационные оптико-электронные системы (ОЭС), позволяющие определять пространственное расположение объектов. Ведение воздушного поиска ОЭС, иногда осуществляется в условиях действия непреднамеренных помех ложных объектов. В этих условиях особый интерес представляет собой исследование выявления истинного объекта среди ложных.

Исходя из этого, целью статьи является разработка вероятностной модели процесса выявления истинного объекта среди совокупности ложных.

1. Разработка модели

Для проведения оценки выявления авиационной оптико-электронной системой истинного объекта среди ложных воспользуемся методическим подходом, представленным в работе [1]. Ограничимся случаем когда, процесс выявления является последовательный, и одновременно рассматривается не более одного объекта.

Тогда, в качестве показателя, характеризующего эффективность выявления истинного объекта среди ложных, будет использоваться вероятность правильного обнаружения истинного объекта среди ложных к некоторому текущему моменту времени t . Поиск ведется до принятия

© Капитанов В.В., Козирацкий А.Ю., Сударикov Г.И., 2019

решения о наличии истинного объекта. Если решение о наличии истинного объекта не принято, поиск продолжается. Процесс выявления истинного объекта среди ложных можно представить в виде полумарковского случайного процесса. Состояние системы в процессе выявления изображено на рисунке 1, где приняты следующие обозначения: S_0 - исходное состояние; S_1 - произошел контакт с истинным объектом; S_2, … S_n – произошел контакт с n-ым ложным объектов. После наступления контакта возможны два исхода: принято решение о том, что наблюдаемый объект истинный, или принято решение о том, что наблюдаемый объект ложный.

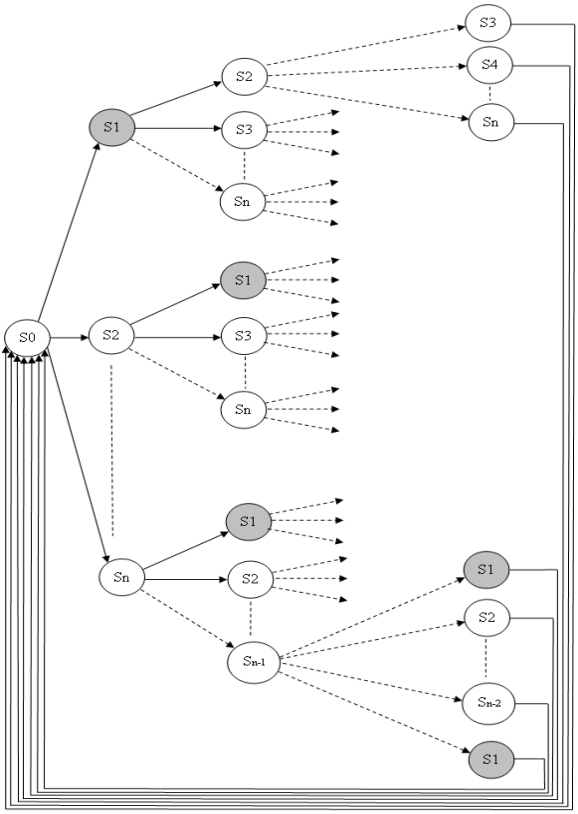


Рис. 1. Граф состояний процесса выявления истинного объекта среди ложных

Описывая процесс выявления истинного объекта среди ложных, системой прямых уравнений в форме преобразования Лапласа и решая её методом Крамера, как показано в [1,2], получено выражение, определяющее интервальную вероятность правильного обнаружения $\tilde{i}$ объекта для n ложных, имеющее вид:

$$\tilde{i} \quad \frac{\sum_{1}^{N}\left[P^{k+2}F^{k+1}\omega^{k+2}(s)n\prod_{k=1}^{N}(n-k)\right]+P\omega(s)}{1-n!P^{n+1}(1-D)(1-F)^{n}\omega(s)}, \qquad (1)$$

где P - вероятность оптического контакта с ложном и истинным объектом, F – вероятность принятия ложного объекта за истинный, D - условная вероятность принятия истинного объекта за истинный; $\omega(s)$ - плотность вероятности распределения времени между оптическими контактами; n - число ложных объектов; N - общее число объектов.

Тогда, исходя из того, что количество образованных ложных объектов, конечно, вероятность правильного обнаружения истинного объекта среди четырех ложных к моменту времени t ровно за n циклов работы ОЭС, согласно (1), учитывая [1,2,3], полученного в предположении что, интервал времени между оптическими контактами распределен по экспоненциальному закону с параметром λ, будет определяться следующим образом:

$$P_D(n,t)=D(24P^5(1-D)(1-F)^4)^n\left[\left[24P^5(1-F)^3\frac{\Gamma(5n+5,\lambda t)}{\Gamma(5n+5)}+24P^4(1-F)^3\times\frac{\Gamma(5n+4,\lambda t)}{\Gamma(5n+4)}+\right.\right.$$

$$\left.\left.+12P^3(1-F)^2\frac{\Gamma(5n+3,\lambda t)}{\Gamma(5n+3)}+4P^2(1-F)\frac{\Gamma(5n+2,\lambda t)}{\Gamma(5n+2)}+P\frac{\Gamma(5n+1,\lambda t)}{\Gamma(5n+1)}\right]\right], \qquad (2)$$

где P - вероятность обнаружения ложного (истинного) объекта (вероятность оптического контакта); D - условная вероятность принятия истинного объекта за истинный; $(1-F)$ - вероятность принятия ложного объекта за ложный.

На рисунке 2 представлена зависимость вероятности правильного обнаружения объекта от t на первом цикле ведения поиска, для случая равновероятного оптического контакта с объектами, при четырех ложных объектах и $D=0.9$.

Из анализа полученных зависимостей, представленных на рисунке 2 видно, что вероятность правильного обнаружения истинного объекта

зависит от характеристики различения ложных объектов. Наличие ложных объектов затрудняет выделение истинного объекта и затягивает процесс поиска.

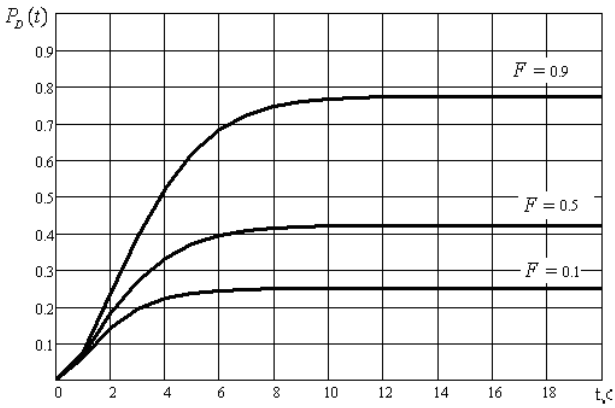


Рис. 2. Зависимость вероятности правильного обнаружения объекта от времени на первом цикле ведения поиска при четырех ложных объектах

Заключение

Таким образом, в работе разработана модель выявления истинного объекта среди ложных и проведена оценка правильного обнаружения объекта от времени на первом цикле ведения разведки при четырех ложных объектах.

Литература

1. Болкунов, А.А. Модель поиска истинной цели среди ложных целей / А.А. Болкунов, А.В. Иванцов, А.Ю. Козирацкого // Радиотехника. – 2006. – №9. – С. 74-77.

2. Болкунов, А.А., Гревцев, А.И. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. / А. А. Болкунов, А. И. Гревцев [и др.]; под ред. Ю .Л. Козирацкого. – М. : Радиотехника, 2013. – 232 с.

3. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : КНОРУС, 2010. – 664 с.

Оценка влияния выбора элементов матричного фотоприемника на точность определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника

В. В. Капитанов, e-mail: kvv256@rambler.ru
М. М. Фролов
А. А. Козирацкий
К. С. Сафонов

ВУНЦ ВВС РФ «Военно-воздушная академия им. Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)»

Аннотация. *Проведены исследования точности определения угловых координат на источник лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости наблюдения в зависимости от расстояния между выбранными соседними элементами матричного фотоприемника.*

Ключевые слова: *источник лазерного излучения, источник оптического излучения, фотоприемник*

Введение

В работе [1] предложен новый способ определения угловых координат источника лазерного излучения (ИЛИ), основанный на выводе матричного фотоприемника за пределы плоскости фокусировки, приводящий к распределению падающего излучения по чувствительной поверхности приемника. Вычисление угловых координат ИЛИ осуществлялось по анализу распределения интенсивности излучения на фоточувствительной поверхности фотоприемника.

В работе [2, 3] с использованием методов имитационного моделирования проведены исследования точности определения угловых координат на ИЛИ по распределению интенсивности в плоскости наблюдения в зависимости от размеров элементов матричного фотоприемника и параметров оптической фокусирующей системы.

Целью настоящей статьи является исследование точности определения угловых координат источника лазерного излучения, на основе анализа распределения интенсивности в плоскости наблюдения в зависимости от выбора элементов матричного фотоприемника принадлежащих линии равных интенсивностей.

© Капитанов В.В., Фролов М.М., Козирацкий А.А., Сафонов К.С., 2019

1. Оценка определения выбора элементов матричного фотоприемника на точность определения угловых координат источника лазерного излучения

В идеальном случае в отсутствии аберрации схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему, как показано в [1], имеет вид, представленный на рис. 1.

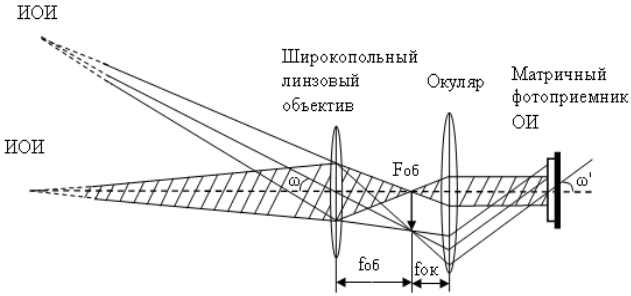


Рис. 1. Схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему

Для определения угла ω' ограничимся случаем, когда оптическое излучение одномодового источника лазерного излучения в плоскости приема матричного фотоприемника имеет гауссовское распределение интенсивности с максимальной интенсивностью в центре и постепенным падением по краям картины, как изображено на рис. 2.

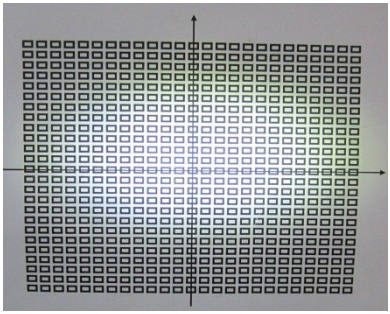


Рис. 2. Распределение интенсивности оптического излучения в плоскости матричного фотоприемника

Данное изображение можно представить в виде набора линий равных интенсивностей в виде эллипса, изображенных на рис. 3.

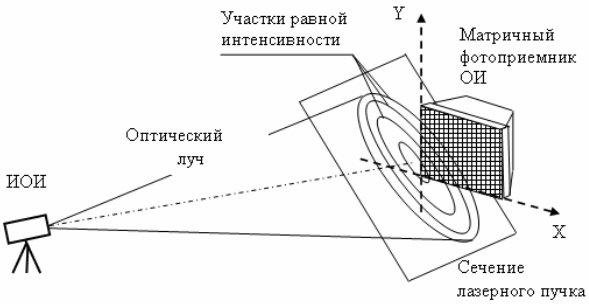


Рис. 3. Изображение распределения интенсивности оптического излучения в плоскости сечения матричного фотоприемника

Вытянутость линий равных интенсивностей зависит от расположения ИОИ относительно главной оптической оси фокусирующей системы. Угол места ω на ИОИ определяется выражением:

$$tg\,\omega = \frac{f_{ок}}{f_{об}} tg\,\omega', \tag{1}$$

где $f_{ок}$ - фокусное расстояние окуляра, $f_{об}$ - фокусное расстояние широкопольного объектива.

Угол ω' определяется по формуле:

$$\omega' = \begin{cases} \frac{\pi}{2} - \arcsin(\frac{b}{a}), \ \textit{если} \quad 0 \le \alpha \le \frac{\pi}{4} \\ \frac{\pi}{2} - \arcsin(\frac{a}{b}), \ \textit{если} \quad \frac{7}{4}\pi \le \alpha < 2\pi, \end{cases} \tag{2}$$

где a, b – малая и большая полуоси эллипса.

Угол азимута α вычисляется по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{2} arc\,\mathrm{t}\,g(\frac{2B}{A-C}), \tag{3}$$

где A, B, C - коэффициенты линии второго порядка, которые определяются из системы шести уравнений, определяющих линию второго порядка [1]:

$$\begin{cases} Ax_1^2 + 2Bx_1y_1 + Cy_1^2 + 2Dx_1 + 2Ey_1 + F = 0; \\ Ax_2^2 + 2Bx_2y_2 + Cy_2^2 + 2Dx_2 + 2Ey_2 + F = 0; \\ . \\ Ax_6^2 + 2Bx_6y_6 + Cy_6^2 + 2Dx_6 + 2Ey_6 + F = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4), (x_5, y_5), (x_6, y_6) – координаты элементов матричного фотоприемника с равными выходными сигналами.

Коэффициенты A, B, C, D, E, F определяют форму линии второго порядка в системе координат. Значение данных коэффициентов существенно зависят от выбора координат элементов матричного фотоприемника с равными выходными сигналами (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4), (x_5, y_5), (x_6, y_6).

В основе разработанной процедуры оценки точности определения угловых координат ИЛИ по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника в зависимости от выбора элементов матричного фотоприемника использовался метод имитационного моделирования Монте-Карло [4], позволяющий на основе известных исходных данных об угловом положении ИЛИ сформировать «подыгрыш» разброса элементов матричного фотоприемника с равными выходными сигналами. Выбор элементов матричного фотоприемника осуществлялся в зависимости от разброса соседних элементов. Влияние помех учитывалось генерацией распределения линии равных интенсивностей в форме эллипса по матричному фотоприемнику и координат элементов матричного фотоприемника с постоянными статистическими параметрами.

С использованием разработанной процедуры и выражений математической статистики [5], получены статистические характеристики ошибок угла азимута и места на ИЛИ в зависимости от отклонения от требуемого значения расстояния l между соседними элементами матричного фотоприемника, регистрирующего линии равных интенсивностей представленные на рисунках 4 и 5.

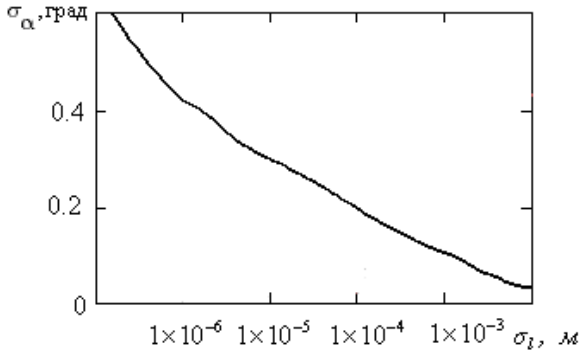


Рис. 4. Графики зависимостей среднеквадратичного отклонения угла азимута на ИЛИ от отклонения от требуемого значения расстояния между соседними выбранными элементами фотоприемника

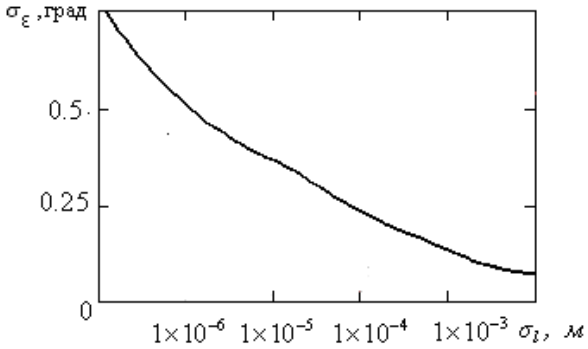


Рис. 5. Графики зависимостей среднеквадратичного отклонения угла места на ИЛИ от отклонения от требуемого значения расстояния между соседними выбранными элементами фотоприемника

Анализ полученных зависимостей показывает, что ошибки в определении направления на ИЛИ уменьшаются с увеличением отклонения от требуемого значения расстояния между соседними элементами. Фактически это означает существенную зависимость от кривизны линии второго порядка и выбранных на ней точек. С увеличением кривизны, а значит и расстояния между соседними элементами растет точность определения угла азимута и места цели.

Заключение

Таким образом, с использованием разработанной процедуры и методов имитационного моделирования проведены исследования точности определения угловых координат на ИЛИ по распределению интенсивности в плоскости наблюдения в зависимости от отклонения от требуемого значения расстояния между соседними элементами матричного фотоприемника. Полученные статистические характеристики ошибок определения углов азимута и места на ИЛИ, показывают, что точность определения угловых координат существенно зависит выбор элементов матричного фотоприемника.

Литература

1. Капитанов, В.В. Способ определения угловых координат источника оптического излучения, основанный на анализе распределения интенсивности в плоскости наблюдения / В.В. Капитанов, А.Ю. Козирацкий, М.М. Фролов, С.В. Радько // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVI международной научно-методической конференции – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2016. – Т. III. – С. 147-152.
2. Капитанов, В.В. Оценка точности определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника / В.В. Капитанов, К.С. Сафонов // XVII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», 9–10 февр. 2017 г. [Текст]: [материалы в II т.] / Под ред. Тюкачева Н.А. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации ООО («Вэлборн»), 2017. – Т. 2. – С. 194-199.
3. Капитанов, В.В. Оценка параметров оптической системы на точность определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника / В.В. Капитанов, А.А. Козирацкий, К.С. Сафонов // XVIII Международная научно-методическая конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», 9–10 февр. 2018 г. [Текст]: [материалы в II т.] /Под ред. Тюкачева Н.А. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации ООО («Вэлборн»), 2018. – Т. 2. – С. 124-129.
4. Козирацкий, Ю.Л. Имитационная модель угломерного способа координатометрии на основе трехточечных измерителей фазы / Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов, С.В. Петренков, Е.А. Мамаджанян // Радиотехника (Журнал в журнале «Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн»). – 2016. – № 32. – С. 30-35.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.

Модифицированная система Лоренца с гистерезисным преобразователем

Е. А. Карпов, email: karpov.evg98@mail.ru
М. Е. Семенов, email: mkl150@mail.ru
О. А. Шеина, email: ok.sheina2010@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается модифицированная система Лоренца с гистерезисным преобразователем. Приводятся результаты численных экспериментов. Показано, что при некоторых параметрах гистерезисного преобразователя система стабилизируется в один из фокусов.*

Ключевые слова: *Система Лоренца, устойчивость, нелинейная динамика, модель Бук-Вена.*

Введение

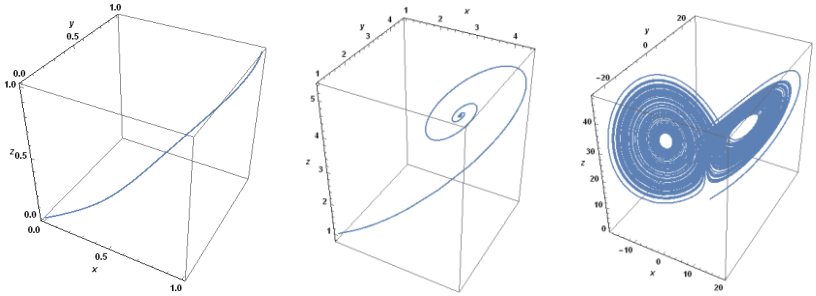
Прогнозирование и управление поведения динамических систем являются важной фундаментальной задачей. Прогнозирование подразумевает определение положение фазовой траектории в некоторый момент времени, тогда как управление изменяет характер поведения системы. По характеру поведения динамические системы можно разделить на две группы: детерминированные и хаотические. Особый интерес представляют системы, демонстрирующие хаотическую динамику, оказалось, что таковые системы находят обширное применение при моделировании реальных физических процессов. Одной из таких систем является система Лоренца:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x), \\ \dot{y} = x(r - z) - y, \\ \dot{z} = xy - bz, \end{cases} \tag{1}$$

предложенная американским математиком Э. Лоренцом в 1963г. [1]). В этой работе описывается конвекция жидкости в подогреваемом снизу слое жидкости (также эта система описывает и многие другие физические [2] и химические процессы [3]). Одна из особенностей системы, обнаруженных ученым – чувствительность к сколь угодно малым изменениям начальных условий. Также система (1) чувствительна к изменению параметров, наглядным примером служит

© Карпов Е. А., Семенов М. Е., Шеина О. А., 2019

изменение динамики поведения классической системы Лоренца в зависимости от параметра *r* (см. Рис. 1).



а б в

а – r <1, б – 13.927 <r <24.06, в – r>24.06

Рис. 1. Фазовый портрет классической системы Лоренца в зависимости от параметра r.

В настоящее время опубликовано множество работ, посвященных как системе (1), так и ее модификациям. Так, в работе [4] предлагается контроллер, функционирующий по принципам обратной связи, который способен редуцировать хаотическое поведение системы Лоренца. В работе [5] исследовалась динамика однонаправленно связанных систем Лоренца, демонстрирующих хаотическое поведение. Показано, что в независимости от наличия или отсутствия обобщенной синхронизации между системами наблюдается наличие хаотического поведения. Отметим, что в последствии выяснилось, что указанная работа имеет достаточно богатые приложения в задачах прогнозирования погодных условий, а также при исследовании динамических характеристик связанных лазерных систем.

В настоящей работе рассматривается управление системой лоренцовского типа, на основе принципов обратной связи с учетом гистерезисных составляющих в контуре управления.

2. **Модель водяного колеса. Модель Бук-Вена.**

В настоящей работе рассматривается система Лоренца, получаемая при рассмотрении модели водяного колеса [6-7].

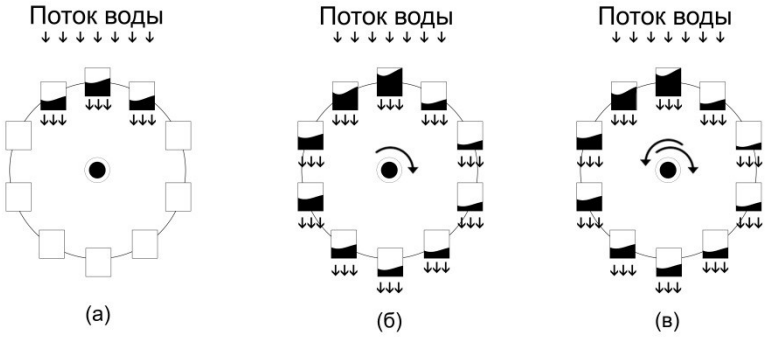


Рис. 2. Модель водяного колеса: (а) – неподвижно, (б) – двигается в одну из сторон с постоянной скоростью, (в) – демонстрирует хаотическое поведение

Она представляет из себя обычное колесо, на ободе которого закреплены неподвижные чаши с отверстием на дне. Сверху на колесо льется непрерывный поток воды и в зависимости от величины этого потока колесо будет демонстрировать различные модели поведения (см. Рис. 1). Однако, в этой модели не учитывается физическая составляющая – сухое трение на ободе. В качестве математического описания силы трения воспользуемся петлей гистерезиса. Для моделирования петли гистерезиса в настоящей работе использовалась четырех-параметрическая модель Бук-Вена [8-9], которая представляет из себя следующее нелинейное дифференциальное уравнение:

$$\dot{k} = \alpha\dot{x} - \beta\dot{x}\left|k\right|^{n} - \gamma k\left|\dot{x}\right|\left|k\right|^{n-1}, \qquad (2)$$

которое описывает зависимость выхода от предыстории входа в некоторый момент времени (вид петли приводится в разделе 3). Также эту модель можно интерпретировать как гистерезисный преобразователь с соответствующими входно-выходными соответствиями. Отличным примером использования данной модели применительно к физическим задачам являются работы [10-11].

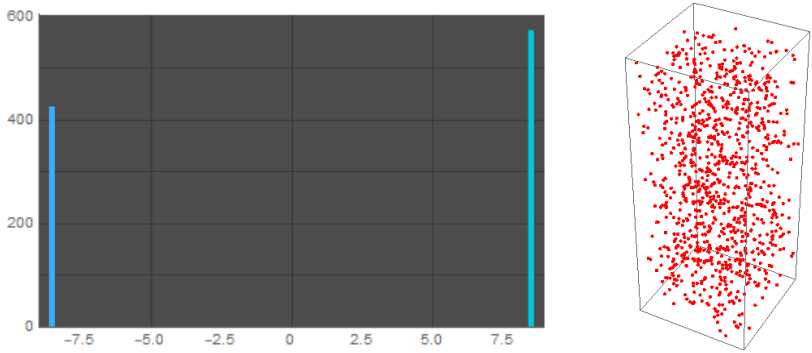
Модифицируя классическую систему Лоренца, вводя в первое слагаемое выход гистерезисного преобразователя, получим следующую систему:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) - k, \\ \dot{y} = x(r - z) - y, \\ \dot{z} = xy - bz, \\ \dot{k} = \alpha\dot{x} - \beta\dot{x}|k|^n - \gamma k|\dot{x}||k|^{n-1}, \end{cases} \tag{3}$$

где σ, r, b, α, β, γ, n – безразмерные параметры, а переменные имеют следующий физический смысл: x – скорость колеса, y и z – распределение воды на ободе.

3. Исследование динамики поведения в зависимости от начальных условий

Исследование характера поведения модифицированной системы Лоренца (3) начнем с идентификации зависимости решений от начальных условий.



а б

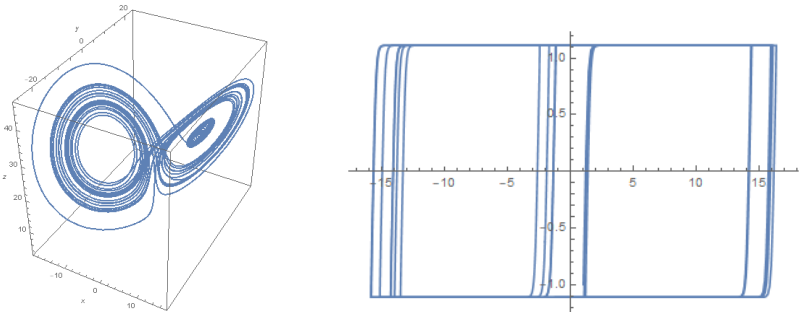
Рис. 3. Зависимость от начальных условий: а – гистограмма положения фазовой траектории в момент времени 300, б – положение начальных условий (параллелепипед от (-1, -1, 0) до (1, 1, 5) по диагонали).

В настоящей работе построена гистограмма положения фазовой траектории в некоторый момент времени, в зависимости от начальных условий (см. Рис. 3.). Установлено, что всякая траектория с начальными условиями из параллелепипеда, представленного на Рис. 3. (б) за короткий промежуток времени оказывается в одном из фокусов. Это прежде всего означает, что систему (3) можно стабилизировать в один из фокусов изменяя начальные условия. Применительно к модели водяного

колеса это значит, что траектория решения будет бесконечное количество времени находится в одном положении.

4. Зависимость модифицированной системы от параметров гистерезисного преобразователя

Изменяя параметры гистерезисного преобразователя так или иначе изменяется петля гистерезиса. С физической точки зрения это означает изменение характеристик сухого трения. Экспериментально установлено, что решение системы (3) зависит от вида петли гистерезиса. Так изменяя в некотором диапазоне параметры, отвечающие за ширину или вытянутость петли, фазовая траектория за некоторый промежуток времени приходит в один из фокусов (логично предположить, что этот фокус является устойчивым в отличии от классической системы Лоренца).



а б

а – Фазовый портрет модифицированной системы с параметрами (σ=10, r=28, b=8/3, α=5, β=5, γ=3, n=2.1) и начальными условиями (1, 9, 8, -1), б – петля гистерезиса, по оси абсцисс значение входа x, по оси ординат выход k.

Рис. 4. Зависимость поведения фазовой траектории от параметров гистерезисного преобразователя.

Как видно из Рис. 4. система некоторое начальное время демонстрирует хаотическую динамику, однако после приходит в устойчивый фокус.

Заключение

В настоящей работе показано, что введение гистерезисного преобразователя, отвечающего силе сухого трения, стабилизирует систему в один из фокусов. Исследована зависимость поведения

системы от начальных условий, а также от значений параметров гистерезисного преобразователя.

Список литературы

2. Lorenz E. Deterministic non-periodic flows. / E. Lorenz. // Journal of Atmospheric Sciences. – 1963. – V. 20 – P. 130-141.
3. Заславский Г. М. : Введение в нелинейную физику. От маятника до турбулентности и хаоса. / Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев. ; Наука, 1988. – 368 с.
4. Field R. J. Oscillations and traveling waves in chemical systems. / R. J. Field, M. Burger. // Wiley-Interscience. – 1985. – P. 681.
5. Jose Alvarez-Ramirez. Control of the Lorenz system: Destroying the homoclinic orbits. / Jose Alvarez-Ramirez, Julio Solis-Daun, Hector Puebla // Physics Letters A. – 2005. – V. 338 – Issue 5. – P. 128-140.
6. Fen. Persistence of chaos in coupled Lorenz systems. / Fen, Mehmet Onur // Chaos, Solitons and Fractals. – 2017. – V. 95 – P. 200-206.
7. Illing L. Experiments with a Malkus-Lorenz water wheel: Chaos and synchronization. / L. Illing, R. F. Fordyce, A. M. Saunders, R. Ormond // American Journal Of Physics. – 2012. – V. 80 – P. 192-202.
8. Matson L. E. The Malkus-Lorenz water wheel revisited. / L. E. Matson // American Journal of Physics. – 2007. – V. 75 – P. 1114-1122.
9. Bouc. R. Modèle mathématique d'hystérésis. / R. Bouc // Acustica. – 1971. – V. 21. – P. 16-25.
10. Wen Y. K. Method for random vibration of hysteretic systems / Y. K. Wen // Journal of the Engineering Mechanics Division. – 1976. – V. 102. – P. 246-263.
11. Solovyov A. M. Bouc-Wen model of hysteretic damping. / A. M. Solovyov, M.E. Semenov, P.A. Meleshenko // Procedia Engineering. – 2017. – V. 201. – P. 549-555.
12. Meleshenko P. A. Discrete hysteretic sine-Gordon model: soliton versus hysteresis / P. A. Meleshenko, A. V. Tolkachev, M. E. Semenov, A. V. Perova, A. I. Barsukov, A. F. Klinskikh. – 2018. – MATEC Web of Conferences – V. 241.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 17-01-00251, No. 18-08-00053, No. 19-08-00158).

Моделирование процессов водной эрозии с помощью геоинформатики

Д. Х. Кенджаева[1], email: shainaxon@gmail.com
З. Х. Темиров [2], email: zavqiddin-2011@mail.ru

[1]Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства
[2] Ташкентского университета инфомационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *В данной работе рассматриваются три метода моделирование процессов водной эрозии.*

Ключевые слова: *геоинформатика, ГИС, Дистанционное зондирование, Водная эрозия.*

Введение

Водная эрозия представляет собой серьезную угрозу во всем мире, потенциально снижая экологическую функциональность и возможности производства продуктов питания и нанося повторяющийся ущерб построенной инфраструктуре. Такие факторы, как климатические изменения, антропогенные изменения в землепользовании и интенсификация агротехнологий, могут увеличить ущерб, вызванный водной эрозией. Однако нам еще предстоит полностью понять, в какой степени, где, когда и как.

Растущая полезность геоинформатики для моделирования и картографирования свойств земной поверхности предоставляет отличную возможность помочь ответить на вышеупомянутые вопросы, предоставляя высококачественные данные в широком диапазоне пространственных разрешений от миллиметров до континентальных масштаб. Пространственные явные наборы данных могут повысить репрезентативность и точность моделирования процессов, увеличить пространство параметров модели, добавить основанные на процессах параметры модели, которые не могли быть учтены ранее, и улучшить подходы к калибровке и валидации.

За последние 25 лет число исследовательских работ в рецензируемой литературе по использованию дистанционного зондирования и ГИС для изучения эрозии значительно увеличилось. Публикации по использованию геоинформатики для моделирования эрозии показывают, что, хотя значительный прогресс был достигнут,

© Кенджаева Д. Х., Темиров З. Х., 2019

потенциал геоинформатики не реализован, и некоторые направления исследований все еще открыты и ждут ответов. Например, возникают вопросы относительно того, в какой степени гиперспектральные данные могут быть использованы для предоставления карт свойств почвы для более точного прогнозирования устойчивости почвы к эрозии и как данные LiDAR могут использоваться в моделях эрозии и осаждения рек. Важнейший вопрос заключается в том, как ГИС можно объединить в модели, основанные на процессах, для создания значимого пространственно и временного явного моделирования эрозии почвы, чтобы объяснить формирование геопаттернов, таких как сети рек и оврагов. Другим фактором, который препятствует использованию геоинформатики для изучения процессов эрозии, является ошибка, которая распространяется в пределах слоев системы и увеличивает неопределенность прогноза и ограничивает представление реальности.

1. Описание методов моделирование

Это работа демонстрируют использование инструментов и методик геоинформатики для изучения процессов, лежащих в основе воды и наносов на склонах и реках. Эти процессы включают перенос отложений, флювиальные процессы, денудацию склонов, оползни, эрозию берегов и миграцию береговой линии. Основываясь на применяемых методах геоинформатики, мы разделили методы на три группы: измерение поля, обработка изображений и пространственное явное моделирование.

2. Полевые измерения

Такие устройства, как дифференциальный GPS, обычно применяются в поле, когда масштаб наблюдения (то есть пространственное разрешение) является тонким, например, когда целью является трехмерный анализ движения почвы. Эти исследования обычно включают измерения точек в поле, которым назначаются координаты карты и которые интерполируются или обрабатываются с использованием геостатистики или связанных подходов. Для количественной оценки трехмерных характеристик тела реголита используется трехмерную объемную модель решетки. Кроме того, модели и изменение сопротивления проникновению могут быть интерполированы с использованием регуляризованных сплайн методом натяжения. Эти анализы позволят описать морфологию поверхности и коренной породы и выявить разрывы в реголите.

В другом примере трехмерного анализа могут быть использонны дифференциальный GPS для выполнения объемной оценки эродированного материала и для расчета средней скорости эрозии для

больших промежутков времени. Кроме того, анализ временных рядов дождевых осадков облегчил оценку роли критических дождевых явлений в интенсивности денудации. Влияние сопротивления течению струйной структуры и турбулентности в горном канале анализируется используя трехмерные измерения скорости и геостатистический анализ. Подробные трехмерные измерения скорости могут быть проведены для характеристики пространственной изменчивости скорости и турбулентности, а также потенциального контроля сопротивления течению.

В новом методе для количественной оценки краткосрочной динамики в рекреационных тропах используются измеренные трассы. Измеренные трассы были расположены в разных средах и типах использования. Использование матрицы высокого разрешения с электронным теодолитом позволило оценить баланс осадков на поверхности.

3. **Обработка изображения**

Данные дистанционного зондирования использовались для оценки водной эрозии с помощью различных подходов. Во многих случиев, используется данные LiDAR и многоспектральных спутниковых датчиков. Они используется для того чтобы предсказать экстремальный эффект потока с искусственной системой уравновешивания и определить формы рельефа местности из палеопотоков, видимых на изображениях многоспектрального спутникового датчикаю А также, эти изображение могут обрисовать современный поток событий в общих чертах (на основе данных речной стадии и измерений акустического доплеровского токового профиля) и обеспечить детальное изучение его геоморфологических эффектов на подводную плиту на основе аэрофотоснимков и данных LiDAR.

Еще используется непрерывные вейвлет-преобразования для изучения пространственно-временных закономерностей многомасштабного отступления береговой линии реки. Последовательность из снимков с отступлением по береговой линии может быть преобразована с использованием материнского вейвлета Морле.

А также используется многогранный дистанционный зондирование и морфометрический подход, чтобы исследовать, является ли поверхность субпосадок на Марсе отражающей геоморфологические процессы и, в частности, перенос наносов водой. С использованием данных ЦМР, полученных с помощью лазерного высотомера Mars Orbiter, три вложенных подгруппы могут быть исследованы с использованием набора наземных геоморфологических и

гидрологических статистических данных, чтобы определить, находятся ли их форма в пределах известного диапазона распространенных свойств водосбора на Земле.

4. Пространственное явное моделирование

Эрозия почвы в масштабе водосбора была смоделирована пространственно явным образом с помощью различных подходов, включая нечеткую логику в сочетании с ГИС, многокритериальные методы и очень хорошо известный USLE для ГИС платформа. Но среди этих подходов в работе много внимания уделяется двум: извлечение сети каналов и применение физических моделей на основе ГИС.

Физически основанную полураспределенную модель используется для изучения исходной площади взвешенных отложений и смоделировала потенциальные воздействия изменения климата на эрозию почвы и выход взвешенных отложений. Это моделирование показывает резкое увеличение годовых темпов эрозии почвы, хотя подобный результат в выходе осадка на выходе из водосбора не был очевиден.

Данные потоковой сети имеют решающее значение для важных применений, таких как прогнозирование паводков и управление водосборами. Пятиступенчатую процедуру для учета техногенных характеристик, таких как линии обработки почвы в сельскохозяйственных полях была реализована в ГИС и позволила повысить точность прогнозирования моделирования поверхностного течения и водной эрозии в масштабе водосбора.

Заключение

Движение почвы по воде – это очень изменчивый и динамичный процесс в пространстве и времени, варьирующийся по масштабам от миллиметров до континентов и от миллисекунд до тысячелетий. Процессы эрозии могут оказывать влияние на общество посредством воздействия на сельское хозяйство, инфраструктуру и застроенные территории. С прогрессом в методах измерения, в том числе дистанционное зондирование, алгоритмы обработки изображений и вычислительные модели, дорога открыта для расширения использования геоинформатики геоморфологами. Этот работа направлена на поощрение этого использования в качестве средства для изучения пространственно-временной динамики водной эрозии.

Список литературы

1. Журкин И.Г. Геоинформационные системы / И. Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М. : КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 с.

2. Основы геоинформатики: в 2 кн.; под ред. В.С. Тикунова. – 2-е изд., перераб. и доп. / Капралов Е.Г., Кошкарев А.В. [и др.] – М.; Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.

3. Монахов С.В. Общая геоинформатика / С. В. Монахов, В. П. Савиных, В. Я. Цветков. – М. : Макс Пресс, 2004. – 100 с.

4. Зайченко В.Ю. Геоинформатика как самостоятельная наука и отдельная научная дисциплина / В.Ю. Зайченко // Геоинформатика. – №3. – 2009. – С. 57-61.

5. Миронова Ю.Н. Геоинформационные системы / Ю. Н. Миронова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. –2014. – №3. – С. 63-65.

Модели управления гидрометеорологическим обеспечением с учетом детерминированно-хаотических свойств атмосферы

С. Л. Кирносов, e-mail: slk_met@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассмотрены особенности построения моделей гидрометеорологического обеспечения полетов авиации на основе использования положений теории фракталов и детерминированного хаоса. Показаны возможности применения аттракторов динамических систем при принятии метеозависимых решений.*

Ключевые слова: *гидрометеорологические условия, динамическая система, управление, детерминированный хаос, фракталы, метеозависимые решения.*

Введение

В настоящее время эффективность и безопасность полетов авиации все еще продолжают во многом зависеть от метеорологических условий, в которых принимаются управленческие решения на выполнение тех или иных авиационных задач (АЗ). Сложность принятия метеозависимых решений заключается не только в необходимости учета фактических условий погоды, но и в необходимости использования прогностических метеоданных.

Если же еще учитывать неоднозначность влияния одних и тех же метеорологических условий для различных уровней подготовки летчика, аэродрома, технических возможностей авиационной техники, то возникает необходимость построения моделей управления гидрометеорологическим обеспечением полетов авиации, основанных на новых математических идеях.

Влияние метеоусловий на деятельность авиации предлагается рассмотреть с позиций системного подхода, выделяя авиационную систему «летчик – воздушное судно – окружающая среда (метеорологические условия)». Учет сложного и многогранного взаимодействия элементов авиационной системы между собой и с внешней средой (метеорологическими условиями) в работе предлагается выполнить на основе использования теории фракталов и детерминированного хаоса [1, 2].

© Кирносов С. Л., 2019

Таким образом, целью работы является повышение качества гидрометеорологического обеспечения полетов авиации на основе построения моделей управления и применения аттракторов динамических систем при принятии метеозависимых решений.

1. Построение метеозависимой модели управления

Основной задачей является построение управления метеозависимой авиационной системой (АС), обеспечивающего существование инвариантного множества M, обладающего требуемыми в приложении свойствами.

Если понимать под инвариантным множеством определенный режим функционирования управляемой АС, то задача управления формулируется как нахождение управления, обеспечивающего устойчивость заданного режима системы.

В классической теории управления достаточно хорошо изучены вопросы динамики управляемых систем с инвариантным множеством. Но в постановке задачи, учитывающей переход режима функционирования системы в состояние детерминированного хаоса, например через серию бифуркаций по сценарию Фейгенбаума [3], ставится вопрос об изучении такой системы в нескольких положениях равновесия, когда множество точек покоя не связно, а сами точки могут быть неустойчивыми.

Особенности перехода нелинейных динамических систем в состояние хаоса по сценарию Фейгенбаума в данной работе рассматриваются на основе анализа поведения одномерных дискретных отображений систем, которые получаются из непрерывного динамического потока путем использования секущей Пуанкаре, суть которой заключается в следующем.

Пусть в некоем *N*-мерном фазовом пространстве существует непрерывный динамический поток, представляющий собой эволюцию параметра *P*, который изменяется в пространстве и времени в зависимости от внешнего управляющего параметра *k*. Модель поведения такого параметра описывается с помощью дифференциального уравнения вида:

$$\frac{dP}{dt} = F(P(x_1,..., x_N), k),$$

где F – оператор эволюции в пространстве и времени; $x_1,...,x_N$ – координаты параметра P в фазовом пространстве в фиксированный момент времени t; k – внешний управляющий параметр.

Если задано начальное состояние $P(t_0)$, то существует единственное решение уравнения (1), которое определяет будущее состояние $P(t)$ для любых $t > t_0$.

Отображение Пуанкаре является специальным видом стробоскопического представления, позволяющее перейти от динамической системы с непрерывным временем к рекуррентному отображению – динамической системе с дискретным временем [1–3].

Для получения $(N-1)$-мерных дискретных отображений исходное N-мерное фазовое пространство, в котором существует динамический поток переменной $P(t)$, рассекается $(N-1)$-мерной гиперповерхностью H.

Например, на рисунке представлен непрерывный динамический поток переменной $P(t)$ в трехмерном фазовом пространстве XYZ, рассеченный двухмерной поверхностью H.

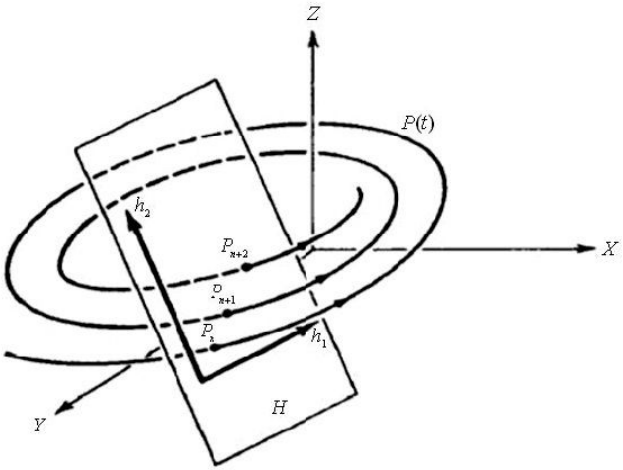


Рисунок. Представление сечения Пуанкаре в трехмерном фазовом пространстве

Плоскость H, являющаяся секущей Пуанкаре, выбрана таким образом, что в моменты времени t_n, t_{n+1}, t_{n+2} фазовая траектория потока трансверсально (под ненулевым углом), в одном и том же направлении пересекает H в точках P_n, P_{n+1}, P_{n+2} с координатами (h_1^n, h_2^n), (h_1^{n+1}, h_2^{n+1}), (h_1^{n+2}, h_2^{n+2}) соответственно. Полученное

дискретное множество $\{P_n\}$ $(n = 0, 1, 2, ...)$ на секущей называется сечением Пуанкаре для траектории $P(t)$.

Траектория $P(t)$ порождает на секущей H точечное отображение, однозначно ставящее в соответствие любой точке P_n ближайшую следующую за ней точку P_{n+1} (рисунок) по следующим законам:

$$h_1^{n+1} = f(h_1^n,\ h_2^n,\ k),\ h_2^{n+1} = g(h_1^n,\ h_2^n,\ k),$$

где f и g – операторы координат осей h_1 и h_2 соответственно, k – внешний управляющий параметр.

Таким образом, на плоскости H получается наглядное геометрическое представление состояния динамической системы в виде набора изображающих точек, координаты которых позволяют сделать заключение о характере движения системы. Нелинейной динамической системе, представленной выражением (1), тем самым ставится в однозначное соответствие $(N-1)$-мерное фазовое пространство, которым является секущая гиперповерхность H. Фазовыми траекториями становятся последовательности точек P_n на секущей плоскости H. Каждая последующая точка P_{n+1} получается путем применения нелинейного преобразования к предыдущей точке P_n.

С учетом вышеизложенного, выражение (1) принимает вид:

$$P_{n+1} = G(P_n(x_1, ...,\ x_{N-1}),\ k),$$

где G – оператор нелинейного преобразования.

Закон, ставящий в соответствие предыдущую и последующую точки пересечения фазовой траектории с секущей гиперповерхностью, называется отображением последования или отображением Пуанкаре. Объекты, наиболее часто исследуемые при изучении перехода от периодического движения к хаотическому по сценарию Фейгенбаума, – это простые одномерные дискретные отображения. Для таких отображений фазовое пространство одномерно, а оператор эволюции динамической системы задается нелинейным рекуррентным соотношением вида:

$$P_{n+1} = G(P_n,\ k),$$

где G – оператор нелинейного преобразования; k – внешний управляющий параметр дискретной динамической системы.

Алгоритм управления в АС с обратной связью задается функциональной зависимостью управления от выхода или состояния системы (управление с обратной связью). Так, например, в рамках

теории детерминированного хаоса динамику численных значений риска, возникающего при выполнении посадки воздушного судна в различных метеорологических условиях, предлагается формализовать с помощью рекуррентного соотношения Ферхюльста, свойства которого демонстрируют универсальность во многих природных и социальных детерминированно-хаотических явлениях. При этом были получены зависимости численных значений метеорологического риска P от различных значений высоты нижней границы облаков и метеорологической дальности видимости, учет которых осуществлен путем использования внешнего управляющего параметра k [1–3].

Заключение

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы.

1. При построении модели управления гидрометеорологическим обеспечением, реализации которой обеспечивают принятие авиационных управленческих решений, учитывающих скрытые закономерности свойств метеозависимости АС, возможно и целесообразно использовать количественные и качественные методы теории детерминированного хаоса и теории фракталов.

2. Поиск устойчивых и безопасных режимов функционирования АС необходимо проводить на основе анализа инвариантных множеств (аттракторов), являющихся областями притяжения в фазовом пространстве характеристик функционирования АС.

3. Установление границ аттракторов АС является важнейшей задачей, так как на практике – это множество возможных состояний управляемой системы после стабилизации.

Литература

1. Михайлов, В. В. Учет фрактальных свойств при функционировании авиационной системы поддержки принятия метеозависимых решений / В. В. Михайлов, М. Е. Семенов, С. Л. Кирносов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. № 1, 2015. – С. 12-18.

2. Mikhailov, V. V. The Meteorological service model of air and space forces using the fractal theory / V. V. Mikhailov, S. L. Kirnosov // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2016, 9(3). – Pp. 366-375. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-3-366-375.

3. Михайлов, В. В. Бифуркационная модель посадки воздушного судна в условиях метеорологической неопределенности / В. В. Михайлов, М. Е. Семенов, С. Л. Кирносов // Нелинейный мир. – 2014. – Т. 12. –№ 4. – С. 57-63.

Обоснование выбора средств проектирования функциональных моделей планирования деятельности организации

Р. П. Клевцов, e-mail: ronin0877@mail.ru
П. И. Середин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Статья посвящена проблематики выбора средств для создания автоматизированных информационных систем планирования деятельности организации на определенный период. Проведен анализ имеющихся средств проектирования и определены наиболее подходящие для создания функциональных моделей планирования деятельности организации.*

Ключевые слова: *автоматизированная информационная система, CASE-технология, среда моделирования.*

Введение

Планирование работы организации на определённый период является ответственной задачей, которая служит повышению эффективности работы организации и увеличение доходности в целом. Само по себе планирование представляет собой процесс разработки последовательности действий организации на определенном этапе функционирования для достижения поставленных целей с минимальным расходом средств. Данный процесс достаточно трудоемок как по временным затратам, так и по объему перерабатываемой информации. Тем самым возникает ряд задач:

определение исходной информации;

распределение целей и задач по этапам функционирования организации;

определение действий организации для решения задач и достижения целей;

расчет необходимых ресурсов по задачам;

построение алгоритма работы организации.

Для обработки всей информации и построения алгоритма работы возникает необходимость в использовании специализированных автоматизированных систем.

© Клевцов Р. П., Середин П. И., 2019

Анализ тенденций развития автоматизированных систем в нашей стране и за рубежом [1] показывает, что использование автоматизированных информационных систем (АИС) обеспечивает возможность качественного скачка в технологии обработки данных и существенное повышение информационно-расчетной поддержки принимаемых решений.

Для успешного проектирования АИС планирования деятельности, процесс планирования деятельности должен быть, прежде всего, адекватно описан, должны быть построены полные и непротиворечивые функциональные и информационные модели ИС [2].

Для различных классов информационных систем используются разные методы разработки, определяемые типом создаваемой системы и средствами реализации. Спецификации этих систем, в большинстве случаев, состоят из двух основных компонентов разработки – функционального и информационного.

По способу сочетания этих компонентов подходы к представлению информационных систем можно разбить на два основных типа – структурный и объектно-ориентированный [3].

В области создания систем автоматизации процессов планирования деятельности доминируют структурные подходы, так как они максимально приспособлены для взаимодействия с пользователями, не являющимися специалистами в области информационных технологий.

Именно структурный подход реализуется в большинстве CASE-средств, предназначенных для анализа и функционального моделирования деятельности организаций и разработки систем планирования.

Методология структурного анализа представленная на рис. 1, которая реализована в CASE-средствах, позволяет построить функциональную модель планирования деятельности, произвести отображение этой модели в логическую модель данных и по этой модели создать физические структуры данных [4]. Основополагающая концепция состоит в построении совокупности моделей планирования деятельности при помощи графических методов структурного анализа, которые дадут возможность получить ясную общую картину процесса планирования деятельности и на их основе разработать АИС планирования деятельности.

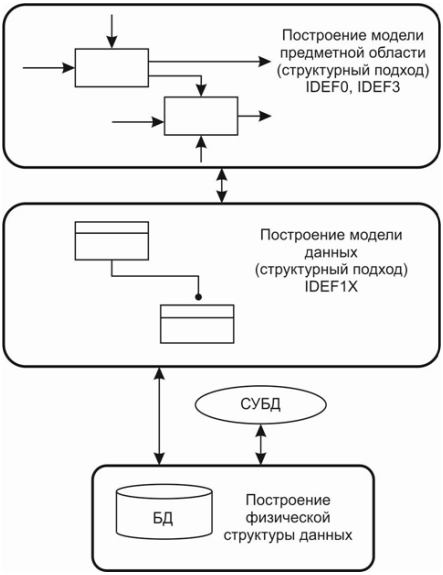


Рис. 1. Структурный подход к созданию АИС планирования деятельности на основе CASE-технологий

Сущность структурного подхода при разработке АИС планирования деятельности заключается в её декомпозиции на автоматизируемые функции. Система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и так далее. Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимоувязаны.

Среди всего многообразия средств решения указанных задач, входящих в состав CASE-технологий наиболее эффективно применяемыми являются [2]:

– технология функционального моделирования SADT (Structured Analysis and Design Technique) и соответствующие FDD (Functional Decomposition Diagrams) – функциональные диаграммы;

– технология моделирования данных (информационное моделирование) и соответствующие ERD (Entity-Relationship Diagrams) – диаграммы «сущность-связь».

Технология функционального моделирования SADT разработана Дугласом Россом. На ее основе разработана, в частности, известная

методология IDEF0 предназначенная для построения функциональной модели объекта какой-либо предметной области. Функциональная модель IDEF0 отображает функциональную структуру объекта, т.е. производимые им действия и связи между этими действиями. Основные элементы этой методологии основываются на концепциях, описанные в работах [5].

Моделирование данных (информационное моделирование) состоит в обеспечении разработчика АИС концептуальной схемой базы данных в форме одной модели или нескольких локальных моделей, которые относительно легко могут быть отображены в любую систему баз данных. Наиболее распространенным средством моделирования данных средств является ERD – диаграммы «сущность-связь», с помощью которых определяются важные для предметной области объекты (сущность), их свойства (атрибуты) и отношения друг с другом (связи).

Наиболее оптимальным и подходящим продуктом для разработки АИС планирования деятельности и поддерживающих технологию IDEF0 и ERD, является CASE-система на базе двух программных продуктов корпорации Computer Associates International – BPwin и ERwin [2].

BPwin – средство функционального моделирования (IDEF0). BPwin обладает интуитивно понятным графическим интерфейсом, позволяющим создавать сложную модель процессов планирования деятельности при минимальных усилиях. Используя набор графических инструментов для отображения действий и объектов, можно быстро построить карту процесса, на которой показаны результаты операций, ресурсы, необходимые для их выполнения, и связи между ними. BPwin поддерживает ссылочную целостность, не допуская задания некорректных связей и гарантируя их непротиворечивость для анализируемой модели.

ERwin - средство информационного моделирования баз данных (БД), использующие методологию IDEF1X [2]. ERwin реализует проектирование схемы БД, генерацию ее описания на языке целевой системы управления базами данных (СУБД) (ORACLE, Informix, Ingres, DB/2, Microsoft SQL Server, Progress, Access и др.) и реинжиниринг существующей БД. Как основное средство моделирования данных, Erwin поддерживает все уровни интеграции.

Совместное функционирование BPwin и ERwin создает среду моделирования АИС планирования деятельности, имеющую синхронизацию функциональной модели с моделью данных.

Таким образом, при проектировании АИС планирования деятельности целесообразно использовать указанную среду

моделирования (BPwin, ERwin). Для чего необходимо спланировать комплекс работ в соответствии с типовыми этапами разработки АИС [6], краткая характеристика которых приведена в таблице 1, а последовательность трансформации моделей планирования деятельности в АИС представлена на рис. 2.

Таблица

Этапы проектирования АИС и их характеристика

№	Наименование этапа	Основные характеристики
1	Разработка и анализ модели процесса планирования деятельности	Определяются основные задачи АИС, проводится декомпозиция задач по модулям, и определяются функции, с помощью которых решаются эти задачи. **Метод решения:** Функциональное моделирование. **Результат:** Функциональная модель АИС планирования деятельности.
2	Формализация модели, разработка логической модели данных процесса планирования деятельности	Разработанная функциональная модель формализуется, т.е. разрабатывается логическая модель данных АИС. Разрабатывается система классификации объектов и идентификации их параметров. Классификаторы описывают структуру объекта. Для описания типовых операций разрабатываются алгоритмы обработки информации в процессе планирования деятельности. **Метод решения:** Логическое моделирование. **Результат:** Разработанная логическая модель планирования деятельности.
3	Выбор лингвистического обеспечения, разработка программного обеспечения АИС	Разработка АИС: выбирается лингвистическое обеспечение (СУБД). Разработанная логическая модель данных АИС воплощается в виде объектов базы данных. **Метод решения:** разработка АИС с использованием выбранной СУБД. **Результат:** Разработанная АИС.

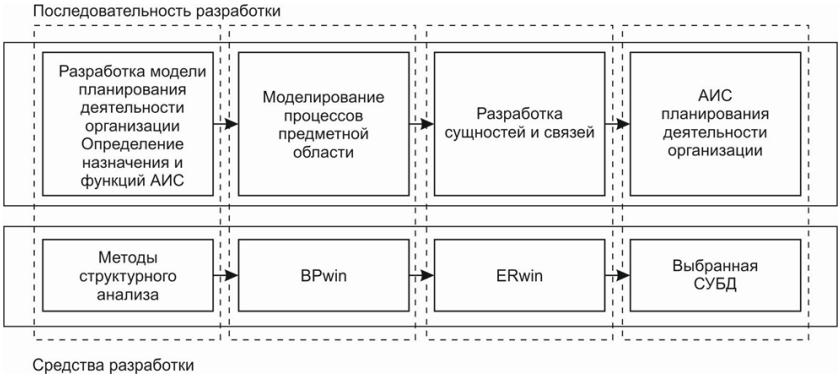


Рис. 2. Структурный подход к созданию АИС планирования деятельности на основе CASE-технологий

Заключение

На основе полученных результатов, возможна разработка АИС позволяющей спланировать деятельность любой организации с использованием современных средств автоматизации планирование. Основным достоинством использования данных средств планирования является их простота, функциональность и возможность корректировки плана на различных этапах деятельности.

Литература

2. Перспективы развития АСУ ВВС РФ: монография / А.А. Найденов. – Монино.: ВВА, 2002. – 192 с.

3. Проектирование информационных систем: учебн. пособие / Т.В. Гвоздева, Б.А. Баллод. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 508 с.

4. Калянов Г.Н. Методы и средства системного структурного анализа и проектирования. – М.: НИВЦ МГУ, 199. – 288 с.

5. Методология функционального моделирования IDEF0. Руководящий документ издание официальное Госстандарт России. М: ИПК Издательство стандартов, 2000.

6. Котляров О.А. Автоматизированное проектирование информационных систем управления предприятием на основе CASE-технологий: Дисс. к.т.н. – Воронеж: ВГТУ, 2003. – 125 с.

7. Автоматизированные системы. Стадии создания. ГОСТ 34.601-90. Комплект стандартов на автоматизированные системы ИПК издательство стандартов, 1997.

Управление беспилотным летательным аппаратом типа «квадрокоптер» в условиях сложной электромагнитной обстановки

А. Ю. Козирацкий [1], e-mail: Sashfish@bk.ru,
О. В. Кусакин [1]
М. М. Фролов [1]
А. А. Козирацкий [2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе представлен способ управления беспилотным летательным аппаратом с использованием оптического диапазона длин волн. Предложен вариант его технической реализации. Приведены возможности предлагаемого способа по определению координат объектов, находящихся в поле зрения устройства разведки БЛА.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, лазерное излучение, матричное фотоприемное устройство*

Опыт ведения боевых действий в городских условиях в САР позволил выявить следующее противоречие: с одной стороны, для корректировки огня минометных расчетов необходимо использование БЛА, с другой стороны, применение средств РЭБ исключает возможность их использования [1]. В связи с этим актуальным становится вопрос разрешения данного противоречия.

Одним из возможных путей решения данного противоречия может являться использование оптического канала управления и навигации БЛА.

Поэтому *целью работы* является разработка способа управления БЛА с использованием оптического диапазона длин волн.

Геометрия задачи предлагаемого способа управления БЛА представлена на рис. 1.

Оператор осуществляет управление БЛА по азимуту и углу места путем перемещения в пространстве диаграммы направленности управляющего лазерного излучения. В качестве источника управляющего лазерного излучения можно использовать полупроводниковый лазер [2].

За счет возможности изменения параметров излучения полупроводникового лазера управление БЛА по дальности можно

© Козирацкий А. Ю., Кусакин О. В., Фролов М. М., Козирацкий А. А., 2019

осуществлять путем изменения периода следования импульсного лазерного излучения. Т.е. удаление БЛА может осуществляется путем уменьшения периода следования импульсов лазерного излучения, а приближение – увеличением периода.

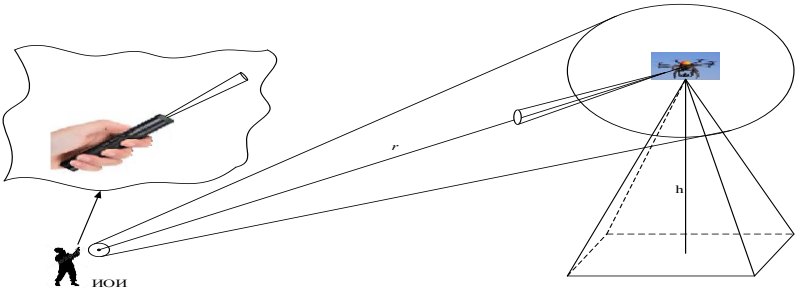


Рис. 1. Геометрия задачи

Приемник оптического излучения располагается на борту БЛА. В качестве приемника оптического излучения будем использовать узкопольное матричное фотоприемное устройство (МФПУ), имеющее узкую диаграмму направленности (рис. 1), для обеспечения требуемой чувствительности МФПУ к изменению падающей на него интенсивности управляющего лазерного излучения.

Применение в качестве приемного устройства МФПУ дает возможность автоматического определения на борту БЛА его положения относительно центра управляющего луча.

Для этого, управляющее лазерное излучение модулируется с помощью вращающегося с угловой скоростью $V_{р.угл}$ растра (рис. 2), который модулирует управляющее лазерное излучение.

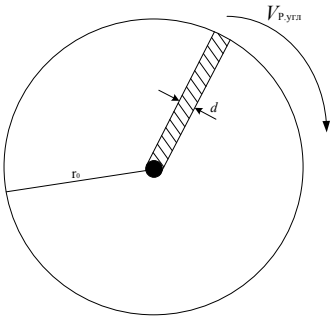


Рис. 2. Модуляция лазерного излучения

На рис. 2 представлены следующие обозначения: d – ширина растра, $V_{р.угл}$ – угловая скорость вращения растра, r_0 – начальный радиус лазерного излучения.

На приемной стороне на выходе МФПУ последовательно формируются изображения принимаемого оптического излучения (рис. 3).

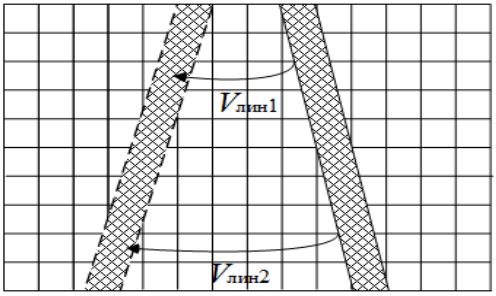


Рис. 3. Изображения принимаемого оптического излучения

В зависимости от направления приема оптического излучения, положения растра и угловой скорости его вращения на элементах МФПУ будут расположены «затенения» оптического изображения (элементы МФПУ с интенсивностью отличающихся от остальных элементов).

Линейная скорость элементов фиксируемых участков вращающегося растра («затененных» элементов) будет увеличиваться с удалением от центра управляющего лазерного пучка.

Знание угловой скорости вращения растра на борту БЛА и линейной скорости элементов МФПУ фиксируемых участков вращающегося растра дает возможность БЛА определять отклонение своего положения относительно центра управляющего лазерного излучения и нивелировать его.

Для управления БЛА, необходимо чтобы приемное устройство БЛА постоянно находилось в диаграмме направленности управляющего лазерного излучения. Поэтому управляющее лазерное излучение должно обладать такой шириной диаграммы направленности, чтобы такие факторы как дрожание руки оператора, порывы ветра, турбулентность атмосферы, а также инерционность БЛА, не привели к вылету БЛА за пределы его диаграммы направленности, т.е. поле зрения МФПУ должно постоянно находиться в диаграмме направленности управляющего лазерного излучения.

Анализ условий применения БЛА (на дальностях до 5-6 км. и высотах до 2-3 км) показал, что требуемая ширина диаграммы направленности управляющего лазерного излучения, обеспечивающая постоянное нахождение БЛА в его пределах и учитывающее влияние вышеперечисленных негативных факторов, должна составлять не менее 2^0.

Обеспечение требуемой ширины диаграммы направленности может быть реализовано постановкой на выходе источника оптического излучения специального рассеивающего объектива, который будет формировать требуемую ширину диаграммы направленности управляющего оптического излучения.

Предлагаемый способ управления БЛА с использованием оптического диапазона длин волн также может использоваться для определения координат объектов, находящихся в наблюдаемом секторе обзора оптического устройства разведки БЛА, с последующей передачей этих координат средствам поражения. Однако применение данной возможности несколько усложнит существо предлагаемого способа.

Для этого в пульте управления оператора БЛА совместно с передающим устройством дополнительно устанавливается приемное устройство. На борту БЛА, для усиления интенсивности отраженного от него излучения, устанавливается световозвращатель (катафот). Отраженное от световозвращателя лазерное излучение используется для определения оператором дальности до БЛА.

Также отраженное от катафота лазерное излучение может быть использовано для трансляции оператору БЛА изображения с устройства разведки БЛА (ТВ-камеры). Для этого на катафоте устанавливается колеблющаяся шторка, которая при передаче изображения с ТВ-камеры БЛА будет осуществлять внешнюю модуляцию отраженного от катафота лазерного излучения [3].

Устройство разведки БЛА размещается на его борту с помощью гиростабилизированной платформы, осуществляющего наблюдение сектора обзора под углом перпендикулярным к земной поверхности (рис. 4).

На рис. 4 представлены: $(x;y;z)$ – общая система координат; $(x_{ОП};y_{ОП})$ – координаты оператора; $(x_{БЛА};y_{БЛА};z_{БЛА})$ – координаты БЛА; r – расстояние (дальность) между оператором и БЛА; d – горизонтальная дальность (проекция r на плоскость XOY); α и β – азимут и угол места БЛА относительно оператора; h – высота БЛА.

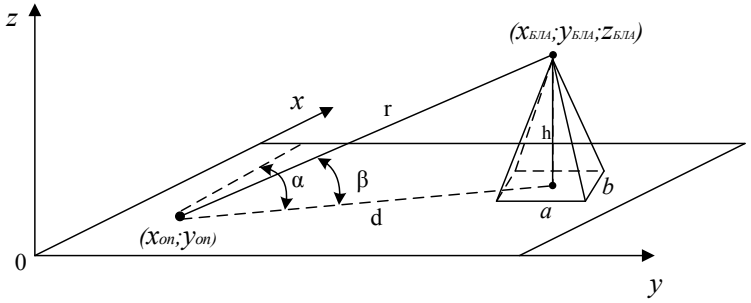


Рис. 4. Система координат

Размеры $a \times b$ обозреваемого сектора устройством разведки БЛА в зависимости от углов его поля зрения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также высоты БЛА при условии наблюдения под углом перпендикулярным к земной поверхности будут определяться следующими выражениями:

$$a = \frac{2h\sin(\gamma/2)}{\cos(\gamma/2)}, \quad b = \frac{2h\sin(\varepsilon/2)}{\cos(\varepsilon/2)}, \tag{1}$$

(2)

где a и b – длина и ширина обозреваемого сектора устройства разведки БЛА; γ, ε – углы поля зрения устройства разведки БЛА в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно.

Координаты БЛА $(x_{БЛА}; y_{БЛА}; z_{БЛА})$ относительно оператора будут определяться следующими выражениями [4]:

$$(3)\ x_{БЛА} = x_{ОП} + \Delta x, \text{ где } \Delta x = \sqrt{\left(r^2 - \left(r \cdot \sin\beta + \frac{r^2}{2R_З}\right)^2\right)} \cdot \cos\alpha, \tag{2}$$

$$(4)\ y_{БЛА} = y_{ОП} + \Delta y, \text{ где } \Delta y = \sqrt{\left(r^2 - \left(r \cdot \sin\beta + \frac{r^2}{2R_З}\right)^2\right)} \cdot \sin\alpha, \tag{3}$$

$$(5)\ z_{БЛА} = h, \text{ где } h = r \cdot \sin\beta + \frac{r^2}{2R_З}, \tag{4}$$

где $R_З$ – радиус Земли.

В результате, зная координаты оператора, управляющего БЛА, координаты БЛА, а также углы поля зрения устройства разведки БЛА,

оператор по принимаемому с устройства разведки БЛА изображению наблюдаемого сектора обзора может определить координаты объектов, находящихся в данном секторе, с последующей их передачей средствам поражения.

Таким образом, в работе представлена описательная модель способа управления беспилотным летательным аппаратом с использованием оптического диапазона длин волн. Предложен вариант его технической реализации. Показано, что предложенный способ, после некоторого усложнения конструкции, даст возможность осуществлять определение координат объектов, находящихся в секторе обзора устройства разведки БЛА.

Литература

2. Военный обозреватель. Как воюет ИГИЛ. Тактика незаконных вооруженных формирований. URL: http://www.militarycolumnist.ru/как-воюет-игил-таткика-незаконных-воинских-воо/

3. Грибковский В.П. Полупроводниковые лазеры: Учеб. пособие по спец. «Радиофизика и электроника». – М. : Университетское, 1988. – 304 с.

4. Якушенков Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: Учебник для студентов вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Логос, 1999. – 480с.

5. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы воздушных судов: учебник. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 348 с.

Компьютерная модель конфликта малочисленных группировок

Ю. Л. Козирацкий, email: UrLeo@bk.ru
Д. В. Прохоров, email: dvp2201@rambler.ru
И. Ю. Курьянов, email: igku1@yandex.ru
А. Т. Албузов, email: albuzov81@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *На основе методов имитационного моделирования разработана компьютерная модель конфликта малочисленных группировок, позволяющая получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий.*

Ключевые слова: *компьютерная модель, имитационная модель, конфликт, малочисленные группировки, численности сторон.*

Введение

Для приближенного описания процессов боевых действий группировок различных масштабов и с различным вооружением широко используются модели группового боя [1]. При этом наибольшее развитие получил метод динамики средних, как хорошо разработанный и весьма гибкий математический аппарат, позволяющий описывать самые разнообразные боевые ситуации [2]. Так наибольшую известность имеют модели на основе уравнений Осипова-Ланчестера. Важным ограничением этих моделей является большая численность сторон-участников конфликта. При этом с уменьшением численности происходит и существенное снижение точности результатов моделирования. Особо критичен такой недостаток при исследовании процессов взаимного огневого и радиоэлектронного поражения, когда численности боевых средств сторон не велики. В этой связи возникает задача разработки методического аппарата для исследования конфликтов сторон с малой численностью. Методический подход к построению таких вероятностных моделей предложен в ряде работ с участием авторов [3]. Однако для экспериментирования на компьютере в целях анализа и оценки функционирования необходима соответствующая компьютерная модель. Поэтому *целью данной статьи* являлась разработка компьютерной модели конфликта малочисленных группировок, позволяющей получать динамические показатели

© Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д.В., Курьянов И.Ю., Албузов А.Т., 2018

изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий.

1. Постановка задачи

Рассмотрим конфликт двух сторон A и B. Начальные численности сторон $A - M$, $B - N$ единиц техники. Группировки A и B ведут обмен огневыми ударами. Средства каждой группировки однородны, но средства обеих группировок не обязательно являются однородными (например, бой танков с противотанковыми средствами). Количество боеприпасов не ограничено. Каждая боевая единица стороны может вести огонь по боевой единице противника и наоборот. Огонь является прицельным, одним выстрелом нельзя поразить более одной цели. Воздействию подвергается с равной вероятностью любая из еще непораженных боевых единиц. После поражения цели огонь немедленно переносится на другую непораженную цель. Пополнения численности в ходе боя не производится. Взаимное поражение обе стороны начинают одновременно.

Нашей задачей является рассмотрение случая, когда каждая из группировок, участвующих в конфликте, немногочисленна, поэтому применение метода динамики средних и принципа квазирегулярности в данном случае не обосновано.

2. Разработка компьютерной модели конфликта

В основу модели положим изменение численностей сторон под взаимным воздействием их огневых средств с интенсивностями, изменяющимися в зависимости от численности этих средств после каждого успешного цикла воздействия.

На рис. 1 представлена схема имитационной модели конфликта малочисленных группировок. На рисунке введены следующие обозначения: m и n – текущие численности сторон; λ_A и λ_B – интенсивности поражающих воздействий сторон; $m_{\text{ц}}$ и $n_{\text{ц}}$ – число успешных циклов воздействия стороны B и стороны A соответственно.

Интенсивности выполнения задач поражения одной боевой единицы группировок связаны со средними временами выполнения задач поражения одной боевой единицы обратной зависимостью $\lambda_A = 1/\overline{T}_A$, $\lambda_B = 1/\overline{T}_B$, для определения которых можно воспользоваться подходом, описанным в [4]. Для реализации в имитационной модели средние времена воздействия сторон будем получать путем генерации случайной последовательности, распределенной по экспоненциальному закону.

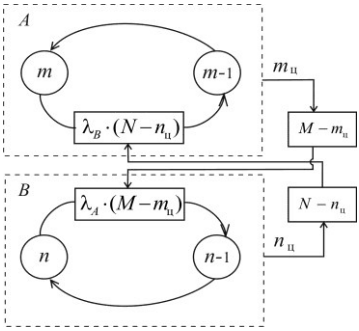


Рис. 1. Схема имитационной модели конфликта

В соответствии с рис. 1 структуру взаимосвязанных модулей компьютерной модели рассматриваемого конфликта определим в виде, представленном на рис. 2. В качестве исходных данных рассматриваются: начальные численности сторон – M, N; интенсивности поражающего воздействия одним элементом – λ_A и λ_B. Результатами моделирования являются: $m(t)$ и $n(t)$ – численности сторон в момент времени t.

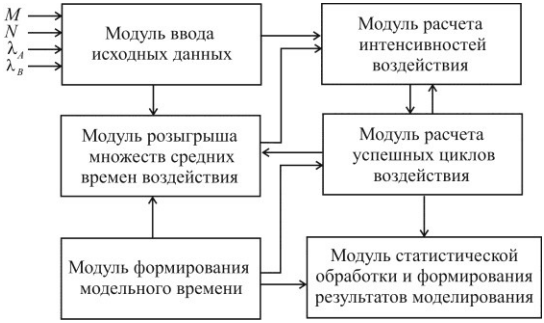


Рис. 2. Структура взаимосвязанных модулей компьютерной модели

Для реализации модели на компьютере с использованием распространенных программ и сред имитационного моделирования была разработана структурная схема имитационной модели конфликта малочисленных группировок, представленная на рис. 3.

С началом моделирования процесса конфликта генераторы формируют случайные последовательности средних времен воздействий

сторон $\overline{T}_A$ и $\overline{T}_B$ с учетом заданных интенсивностей воздействий сторон λ_A и λ_B. Данные реализации используются в соответствии с алгоритмом последовательно по результатам работы блоков сравнения (команды 1 или 2). Модуль расчета интенсивностей воздействия реализован с использованием делителя, вычитающего устройства и интегратора времени, необходимого для привязки генерируемой последовательности средних времен воздействия к текущему времени моделирования для последующей корректной работы блока сравнения.

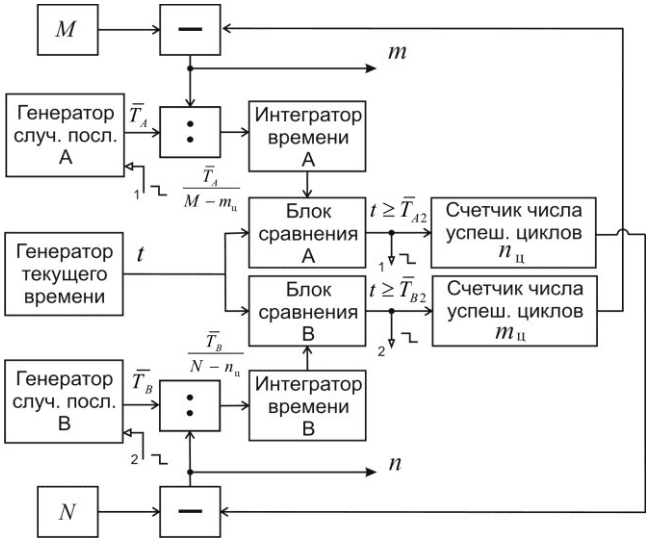


Рис. 3. Структурная схема имитационной модели конфликта

В блоках сравнения осуществляется сравнение текущего времени t и времен $\overline{T}_{A2}$ и $\overline{T}_{B2}$, получаемых в результате суммирования с предыдущими реализациями в интеграторах времени, например, $\overline{T}_{A2i} = \left(\frac{\overline{T}_A}{M - m_{\text{ц}}}\right)_0 + \ldots + \left(\frac{\overline{T}_A}{M - m_{\text{ц}}}\right)_{i-1} + \left(\frac{\overline{T}_A}{M - m_{\text{ц}}}\right)_i$. При соблюдении условий $t \geq \overline{T}_{A2}$ и $t \geq \overline{T}_{B2}$ соответствующие счетчики числа успешных циклов увеличивают свое значение на единицу. В результате формируются текущие значения численностей сторон $m(t)$ и $n(t)$, и, в случае недостижения нулевой численности любой из сторон, запускается новый цикл расчетов.

На основе структурной схемы были разработаны алгоритм и программа, позволяющие получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий. Так при реализации в среде MathCAD для $M = N = 6$, $\lambda_A = 0,2c^{-1}$, $\lambda_B = 0,1c^{-1}$ были получены следующие графики зависимостей численности сторон от времени, представленные на рис. 4. Анализ полученных результатов показывает, что к пятой секунде соотношение численности сторон 4/0 в пользу стороны A, так как заданная интенсивность поражающих воздействий стороны A в два раза превосходит данный показатель стороны B.

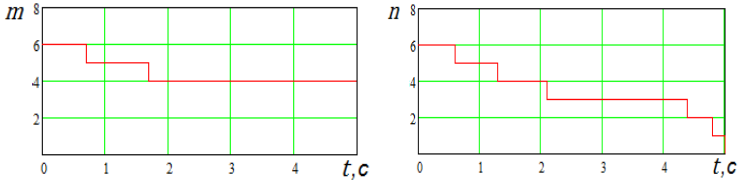


Рис. 4. Численности сторон A и B к моменту времени t

Заключение

Таким образом, на основе методов имитационного моделирования разработана компьютерная модель конфликта малочисленных группировок, позволяющая получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий.

Список литературы

1. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: военно-теоретический труд / А. А. Бобриков [и др.]; под общ. ред. А. А. Бобрикова. – СПб.: Галея Принт, 2006. – 421с.

2. Вентцель, Е. С. Исследование операций. – М.: Сов. радио, 1972. – 552 с.

3. Козирацкий, Ю. Л. Методический подход к построению вероятностных моделей конфликта группировок на основе полумарковских процессов / Ю. Л. Козирацкий, А. Т. Албузов, Д. В. Прохоров // Сборник статей Международной научно-практической конф. "Охрана, безопасность, связь – 2017" (Воронеж, 16 ноября 2017 г.), выпуск 3. – Воронеж: ВИ МВД России, 2017. – Часть 1. – С. 22-27.

4. Модели пространственного и частотного поиска: монография / Ю. Л. Козирацкий [и др.]; под ред. Ю. Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.

Вероятностная модель защиты летательного аппарата от управляемых ракет на основе пространственных образований из микростеклосфер

Ю. Л. Козирацкий, email: urleo@bk.ru
Р. Г. Хильченко, email: hrg-1984@yandex.ru
Е. М. Шутько, email: cadetvvs@inbox.ru

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Разработана математическая модель процесса помехового воздействия облака микростеклосфер на лазерные неконтактные взрыватели, установленные на управляемых средствах поражения, позволяющая выработать требования к вероятностным и временным параметрам функционирования средств обнаружения, управляемых средств поражения и систем формирования облака микростеклосфер.*

Ключевые слова: *модель, полумарковский процесс, марковский процесс, микростеклосферы, лазерный неконтактный взрыватель, управляемые средства поражения.*

Современные авиационные комплексы (АК), предназначенные, прежде всего, для активных наступательных действий, нередко становятся объектами атаки со стороны воздушного и наземного противника с применением управляемых средств поражения (УСП).

Одним из способов защиты АК со стороны задней полусферы (как наиболее уязвимой его области) является помеховое воздействие на систему подрыва боевой части УСП, приводящее к ее срабатыванию на безопасном удалении.

Целью работы является разработка математической модели помехового воздействия на лазерные неконтактные взрыватели УСП облаком микростеклосфер (ОМСС), позволяющей оценить эффективность защиты АК от атакующих ракет и выработать требования к вероятностным и временным характеристикам средств обнаружения УСП и средств формирования ОМСС.

ОМСС – специальных отражателей [1] с заранее заданными параметрами отраженного от них излучения, эффективное применение

© Козирацкий Ю. Л., Хильченко Р. Г., Шутько Е. М., 2019

которых возможно при выполнении ряда условий (рис.1), представленных в таблице.

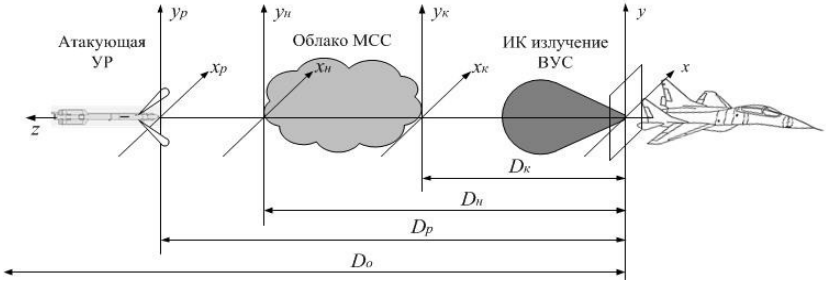


Рис. 1. В пояснение условий эффективного применения ОМСС

Таблица

Условия эффективного применения ОМСС

Условие	Описание условия	Обозначения
$D_р - D_н \le D_{с.взр}$	Расстояние между ракетой и передним краем ОМСС не должно превышать дальность срабатывания ЛНВ	$D_р$ – расстояние между АК и УСП; $D_н$ – расстояние до начала ОМСС; $D_к$ – расстояние до конца ОМСС; $D_{с.взр}$ – дальность срабатывания взрывателя; $D_{безоп}$ – дальность безопасного подрыва боевой части УСП; $t_{сущ.о}$ – время существования ОМСС; $t_{подл.}$ – время подлета УСП; $D_о$ – дальность обнаружения УСП; $V_р$ – скорость УСП; $t_{подг.}$ – время подготовки системы формирования
$D_н \ge D_{безоп}$	Расстояние между самолетом и передним краем ОМСС не должно быть меньше дальности безопасного подрыва боевой части УСП	
$t_{сущ.о} \ge t_{подл}$	Время существования ОМСС должно быть больше времени требуемого УСП на преодоление расстояния до него	
$D_0 \ge D_р + V_р t_{подг}$	УСП должно быть обнаружено на дальности обеспечивающей запас времени для подготовки системы формирования ОМСС	

Исходя из описанных в таблицы условий, процесс помехового воздействия ОМСС на ЛНВ может быть представлен его динамической моделью в виде графа состояний, показанного на рисунке 2.

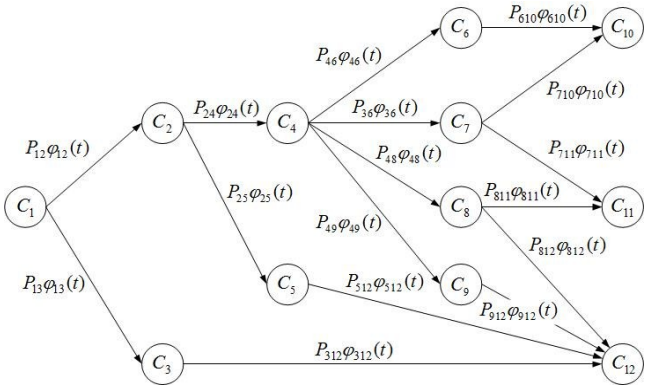


Рис. 2. Динамическая модель процесса помехового воздействия ОМСС на ЛНВ атакующей ракеты в виде графа состояний

Представленный на рисунке 2 граф включает в себя следующие состояния: C_1 – исходное состояние, характеризуемое моментом пуска УСП; C_2 – УСП обнаружено и произведен отстрел помехового образования в виде ОМСС; C_3 – УСП не обнаружено; C_4 – ОМСС установлено перед УСП; C_5 – ОМСС установлено после пролета УСП; C_6 – ОМСС установлено на требуемой дальности и направлении; C_7 – ОМСС установлено с ошибкой по дальности (расстояние от точки подрыва УСП до АК меньше дальности разлета осколков); C_8 – ОМСС установлено с ошибкой по направлению; C_9 – ОМСС установлено с ошибкой по дальности и направлению; C_{10} – Срабатывание ЛНВ УСП на безопасном удалении от АК (АК исправен); C_{11} – Срабатывание ЛНВ УСП на удалении, обеспечивающем повреждение АК (АК боеготов); C_{12} – АК поражен УСП (АК не боеготов).

Таким образом, число состояний C_i рассматриваемого процесса помехового воздействия на ЛНВ равно 12, три из которых (состояния C_{10}, C_{11}, C_{12}) являются поглощающими. При этом с целью повышения эффективности защиты АК и придания ему живучести необходимым

является максимизация вероятности попадания указанной системы в состояние C_{10}, при минимуме вероятности попадания в C_{12}.

Переходы, представленного на рисунке 2 графа, характеризуются вероятностно-временными параметрами $\left(P_{ij}$ и $\varphi_{ij}(t)\right)$ так, что исследуемый процесс, задается парой матриц: матрицей переходных вероятностей и матрицей плотностей вероятности распределения времени перехода системы из i-го состояния в состояние j [2]:

$$\boldsymbol{\varphi}(t) = \left\| \varphi_{ij}(t) \right\|, \tag{2}$$

$$\mathbf{P} = \left\| P_{ij}(t) \right\|, \tag{3}$$

где $i, j = 1,..., K$; K – количество состояний описанной выше модели.

При определении вероятностей состояний процесса помехового воздействия ОМСС на ЛНВ следует задавать независимые плотности $\varphi_{ij}(t)$. Аналитический вид этих независимых плотностей, элементов матрицы (1), можно определить статистическим путем – на основе выдвижения и проверки статистических гипотез о видах законов распределений.

С целью обоснования значений элементов матрицы переходных вероятностей выражения (2) проведем анализ самих переходов отражающих динамику процесса помехового воздействия ОМСС на ЛНВ УСП. Для чего рассмотрим отдельно этапы:

– обнаружения атакующего УСП;

– своевременного отстрела (установки) ОМСС;

– помехового воздействия на ЛНВ УСП и подрыва боевой части на различных направлениях и дальностях.

Согласно динамической модели (рисунок 2) этап обнаружения атакующего УСП информационной подсистемой АК, характеризуется вероятностями P_{12} и P_{13}, образующими полную группу событий. При организации последовательного сканирования зоны обзора разбитой на N элементов, если время наблюдения элементов в среднем одинаково и представлено плотностью вероятности $\varphi(\tau_{н})$, то вероятность обнаружения цели при однократном просмотре, согласно [3], может быть найдена в форме преобразования Лапласа из выражения:

$$\tilde{P}_D(s) = \sum_{i=1}^{N} P_i D_i \varphi(s) \prod_{m=1}^{i-1} \hat{P}_m \hat{F}_m \varphi^m(s) \tag{4}$$

где P_i – вероятность нахождения УСП в i-ом элементе (определяется исходя из плотности вероятности распределения местоположения цели в секторе поиска на момент времени наблюдения i-го элемента сектора поиска); F_i – условная вероятность ложной тревоги в i-ом элементе; D_i – условная вероятность обнаружения УСП при нахождении его в i-ом элементе; $\varphi(s) = L_s\{\varphi(\tau_{\text{н}})\}$, $L_s\{\cdot\}$ – символ преобразования Лапласа; $\hat{F} = 1 - F$; $\hat{P} = 1 - P$.

Применительно к нашей задаче выражение (3) может быть использовано следующим образом:

$$P_{12} = \int_0^{T_H} L_s^{-1}\{\tilde{\ } \quad , \tag{5}$$

где $L_s^{-1}\{\cdot\}$ – символ обратного преобразования Лапласа; T_H – времени однократного наблюдения зоны обзора.

Переход "$1 \to 2$" также может характеризоваться вероятностью распознавания [4]:

$$P_{12} = P_{\text{расп}} = C \cdot \exp\left\{-\left(B \cdot A/L\right)^2\right\}, \tag{6}$$

где L – размер объекта; A – разрешение аэрофотосъемки; B – коэффициент распознавания формы; C – коэффициент, учитывающий влияния на качество распознавания взаимного положения элементов сложного объекта $(C \approx 1)$.

Переход общего графа (рисунок 2) из состояния обнаружения атакующего УСП в состояние своевременного формирования ОМСС $(C_2 \to C_4)$ может быть представлен как «конфликт на опережение» [5]. При этом наибольший интерес представляет вероятность $P_4(t)$ нахождения системы в состоянии C_4 к выбранному (заданному) моменту времени t. Указанная вероятность будет отражать превосходство системы защиты АК над системой наведения УСП в оперативности. Если задаться, что конфликтная система в момент времени $t = 0$ находится в состоянии C_2, то:

$$P_{24}(t) = \int_0^t \varphi_{24}(\tau)\left[1 - F_{25}(\tau)\right] d\tau \tag{7}$$

По аналогии с (6) для состояния C_5 получим:

$$y = f(x) \quad P_{25}(t) = \int_0^t \varphi_{25}(\tau)\left[1 - F_{24}(\tau)\right] d\tau \tag{8}$$

Этап помехового воздействия на ЛНВ УСП с одной стороны характеризуется вероятностями точной постановки ОМСС с возможными ошибками по дальности и направлению $(\Delta_{Д}, \Delta_{Н}, \Delta_{Д,Н})$:

$$P_{46} = P\left(\Delta_{Д,Н} \approx 0\right); \tag{9}$$

$$P_{47} = P\left(\Delta_{Д} \neq 0; \Delta_{Н} \approx 0\right); \tag{10}$$

$$P_{48} = P\left(\Delta_{Д} \approx 0; \Delta_{Н} \neq 0\right); \tag{11}$$

$$P_{49} = P\left(\Delta_{Д,Н} \neq 0\right), \tag{12}$$

которые также составляют полную группу событий, а с другой стороны характеризуется соотношением величины ошибок Δ с величиной эффективного радиуса $R_{эф}$ ОМСС:

$$P_{710} = P\left(\Delta_{Д} < R_{эф}\right); \quad P_{711} = 1 - P_{710}; \tag{13}$$

$$P_{811} = P\left(\Delta_{Н} < R_{эф}\right); \quad P_{812} = 1 - P_{811}; \tag{14}$$

Для определения вероятностных и временных характеристик всего процесса помехового воздействия ОМСС на УСП воспользуемся аппаратом теории автоматического управления. Используя рекомендации, приведенные в [5], представим динамическую модель (рис. 2), в форме передаточных функций $h_{ij}(s)$, представляющих собой произведение вероятности перехода "$i \to j$" на плотность вероятности времени ожидания при переходе в форме преобразования Лапласа:

$$h_{ij}(s) = L_s\left\{P_{ij} \cdot \varphi_{ij}(t)\right\} = P_{ij} \cdot \varphi_{ij}(s). \tag{15}$$

Используя правила преобразования передаточных функций, запишем выражение для общей передаточной функции, характеризующей успешный исход защитных действий АК (т.е. перехода из исходного в состояние 10):

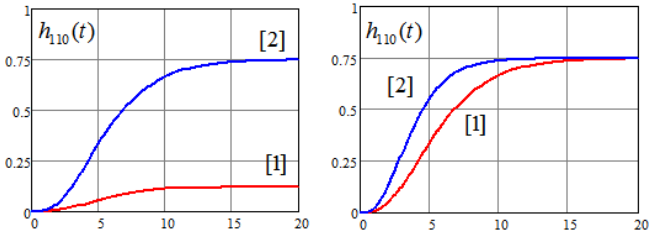
$$\begin{aligned} h_{110}(s) = P_{12}\varphi_{12}(s)P_{24}\varphi_{54}(s)[P_{46}\varphi_{46}(s)P_{610}\varphi_{610}(s) + \\ + P_{47}\varphi_{47}(s)P_{710}\varphi_{710}(s)] \end{aligned} \tag{16}$$

Перейдем в выражении (15) от изображения к оригиналу:

$$h_{110}(t) = L_s^{-1}\left\{1/s \cdot h_{110}(s)\right\} \tag{17}$$

и построим графики зависимости вероятности $h_{110}(t)$ успешной защиты АК от атакующего УСП от времени его функционирования (рис. 3). При

этом будем считать, что время, как случайная величина, распределена по экспоненциальному закону с интенсивностями переходов $\lambda_{ij} = 1/\overline{T}_{ij}$, а переходы между смежными состояниями равновероятными.



а) б)

$P_{12}=P_{24}=P_{46}=0.5^{[1]};\ 0.9^{[2]}$ $\overline{T}_{12}=\overline{T}_{24}=2^{[1]};\ 1^{[2]}$

Рис. 3. Зависимость вероятности эффективного воздействия ОМСС на УСП от времени, для разных значений вероятности обнаружения УСП и вероятности установки ОМСС на требуемых дальности и направлении: а), для разных значений среднего времени обнаружения, пуска и постановки помехи б)

Таким образом, разработана математическая модель помехового воздействия на ЛНВ посредствам применения ОМСС в качестве ложной цели, позволяющая выработать требования к вероятностным и временным параметрам функционирования средств обнаружения УСП и формирования ОМСС.

Список литературы

2. Мусьяков М. П. Проблемы ближней лазерной локации / М.П. Мусьяков, И.Д. Миценко, Г.Г. Ванеев. М. : МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000. – 295 с.

3. Гнеденко Б. В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. М.: Наука, 1987. – 336 с.

4. Модели пространственного и частотного поиска. / Ю.Л. Козирацкий. [и др.] отв ред. Ю.Л. Козирацкий. М.: Радиотехника, 2014. – 344 с.

5. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов. / Ю.Л. Козирацкий. [и др.] отв ред. Ю.Л. Козирацкий. М.: Радиотехника, 2015. – 456 с.

6. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. / Ю.Л. Козирацкий. [и др.] отв ред. Ю.Л. Козирацкий. М. : Радиотехника, 2013. – 232 с.

Пассивная координатометрия атакующей управляемой ракеты матричными фотоприемниками в интересах информационного обеспечения комплекса обороны летательного аппарата

Ю. Л. Козирацкий, email: urleo@bk.ru
Р. Г. Хильченко, email: hrg-1984@yandex.ru
Е. М. Шутько, email: cadetvvs@inbox.ru

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Предложен способ оценки текущих координат атакующей ракеты при защите самолета со стороны задней полусферы, основанный на формировании изображений цели двумя оптико-электронными датчиками. Проведена сравнительная оценка предложенного способа.*

Ключевые слова: *авиационный комплекс, управляемая ракета, задняя полусфера, матричный фотоприемник.*

Современные авиационные комплексы (АК), предназначенные для активных наступательных действий, нередко становятся объектами атаки со стороны воздушного и наземного противника с применением управляемых ракет (УР). При этом задняя полусфера АК, ввиду слабой видимости, является наиболее уязвимой, особенно при атаке УР с ИК головками самонаведения.

В такой ситуации эффективность защитных действий самолета напрямую будет зависеть от момента обнаружения и координатометрии атакующей УР, определяющих время на принятие и реализацию решений экипажа по защите АК. Задачу обнаружения ракеты могут выполнить оптико-электронные датчики, размещенные на килях самолета с двухкилевой аэродинамической схемой хвостового оперения.

Целью работы является разработка способа экспресс оценки координат атакующей УР при защите АК с задней полусферы по двухпозиционному формированию изображения с обоснованием его адекватности.

Предлагаемый способ основан на размещении на кромках килей авиационного комплекса оптико-электронных датчиков (ОЭД), представляющих собой две видеокамеры, разнесенные друг

© Козирацкий Ю.Л., Хильченко Р.Г., Шутько Е.М., 2019

относительно друга на фиксированное расстояние $Б$ (база). Работа этих датчиков заключается в определении (оценке) направлений на цель, выраженное в виде измеренных значений углов α_1 и α_2 (рис.1).

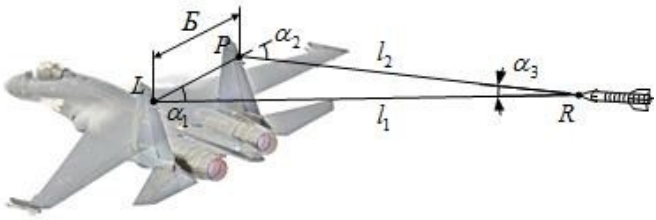


Рис. 1. Геометрия постановки задачи

Таким образом, геометрия задачи координатометрии цели представляет собой плоскость, образованную тремя точками LPR, с изменяющимися во времени величинами дальности l_1 и l_2. Тогда на основании теоремы косинусов запишем выражение, связывающее указанные выше величины с углом α_3, под которым видна база $Б$ (расстояние между оптико-электронными датчиками):

$$Б^2 = l_1^2 + l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos\alpha_3 \qquad (2)$$

При этом в связи с многократным превышением дальности до цели по отношению к величине базы будем считать, что значения l_1 и l_2 равны между собой $\left(l_1 = l_2 = D \text{ для } l_1(l_2) \ll \right.$.

Тогда из (1) определим значение дальности до УР:

$$D = Б \Big/ \sqrt{2 - 2\mathrm{Cos}(\alpha_3)} \qquad (3)$$

Зависимость величины дальности D до атакующей ракеты от значения угла α_3, образованного пеленгами l_1 и l_2, для самолетов Су-34 и Су-35, базы которых равны 3,9 и 4,4 метра соответственно, представлена на рисунке 2.

Угол α_3 выражения (3) может быть найден из выражения:

$$\alpha_3 = \pi - \alpha_1 - (\pi - \alpha_2) = \alpha_2 - \alpha_1 \ , \qquad (4)$$

а при невозможности точного измерения углов α_1 и α_2 могут применяться их оценочные значения ($\hat{\alpha}_1$ и $\hat{\alpha}_2$):

$$\hat{D} = Б \Big/ \sqrt{2 - 2\mathrm{Cos}\left(\hat{\alpha}_2 - \hat{\alpha}_1\right)} \qquad (5)$$

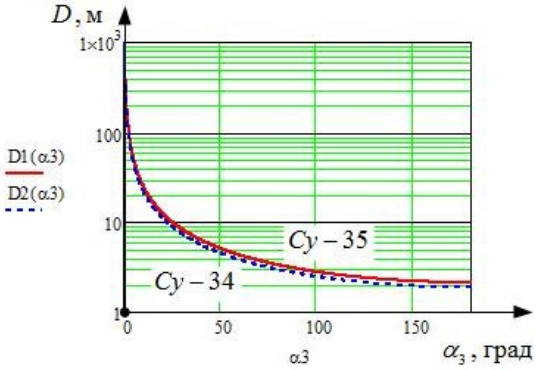


Рис. 2. Зависимость величины дальности до цели (УР) от угла, образованного пеленгами l_1 и l_2, для самолетов Су-34 (Б=3,9 м) и Су-35 (Б=4,4 м) предлагаемым способом

Оценки углов направлений ($\hat{\alpha}_1$ и $\hat{\alpha}_2$) могут быть получены, как величины смещения энергетического центра O^* изображения цели (ракеты) в процессе ее полета в плоскости $XO_{P(L)}Y$ матричного фотоприемника (МФП) пассивных ОЭД относительно его оптической оси $O_{P(L)}$ [1, 2] (рис.3).

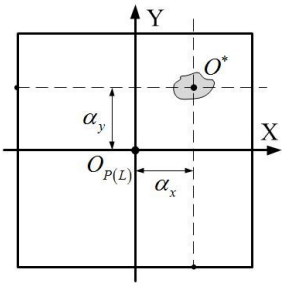


Рис. 3. Изображения цели в плоскости МФП оптико-электронной системы относительно его оптической оси

Информация о направлении на цель заключена в величинах α_x и α_y, измеряемых в пикселях. При этом для обнаружения и различения слабых оптических сигналов (изображений) необходимо учитывать квантовый характер принимаемого оптического излучения

[3,4]. Оптимальный алгоритм оценки углового смещения направления на цель одного из датчиков представлен следующими выражениями [2]:

$$\hat{\alpha}_{1x} = \frac{\Delta_1 \sum_{i=1}^{N} i\xi\left(x_i,t\right) + \left(l_x/2\sigma_x\right)^2 m_x/\Delta_1}{\sum_{i=1}^{N} \xi\left(x_i,t\right) + \left(l_x/2\sigma_x\right)^2 1/\Delta_1} \quad ; \tag{6}$$

$$\hat{\alpha}_{1y} = \frac{\Delta_1 \sum_{j=1}^{M} j\xi\left(y_j,t\right) + \left(l_y/2\sigma_y\right)^2 m_y/\Delta_1}{\sum_{j=1}^{M} \xi\left(y_j,t\right) + \left(l_y/2\sigma_y\right)^2 1/\Delta_1} \, , \tag{7}$$

где $\xi(x_{i\,(j)},t)$ – входное воздействие на фоточувствительной поверхности элементарного приемника, имеющего азимутальную (угломестную) координату $x_i = i\Delta_1$ $(y_j = j\Delta_1)$ в матрице фотоприемника $N \times M$; Δ_1 – размер элементарных приемников по азимуту и углу места; $i = 1,2,...,N$ – величина дискретизации смещения изображения по координате x; $j = 1,2,...,M$ – величина дискретизации смещения изображения по координате y (i и j – разрешающая способность по азимуту и углу места); l_x и l_y – размеры изображения по осям ox и oy соответственно; $m_{x(y)}, \sigma_{x(y)}$ – априорные значения математического ожидания и СКО оцениваемых параметров.

Для определения дальности до цели предлагаемым способом (4) полученные в выражениях (5) и (6) оценки $(\hat{\alpha}_{1x}, \hat{\alpha}_{1y})$ углового смещения направления на цель, измеряемые количеством пикселей, будут определять оценки углов направлений (рис.1) в радианах:

$$\hat{\alpha}_1 = \sqrt{\hat{\alpha}_{1x}^2 + \hat{\alpha}_{1y}^2} \Big/ F \, , \tag{8}$$

где F – фиксируемое расстояние между плоскостью МФП и плоскостью размещения формирующей оптики (рис.4).

Тогда предлагаемый способ оценки координат атакующей УР, аналитически может быть представлен в следующем виде:

$$\hat{D} = \frac{Б}{\sqrt{2}} \cdot \left[\sqrt{1 - \mathrm{Cos}\left(\left[\sqrt{\hat{\alpha}_{2x}^2 + \hat{\alpha}_{2y}^2} - \sqrt{\hat{\alpha}_{1x}^2 + \hat{\alpha}_{1y}^2} \right] \Big/ F \right)} \right]^{-1} \, . \tag{9}$$

Для обоснования предложенного способа проведем сравнительную оценку полученных результатов с результатами более точного метода определения (измерения) дальности до атакующей ракеты.

Рассмотрим самолетную систему координат $X_C Y_C Z_C$, оси которой ориентированы таким образом, чтобы направление оси OZ_C совпадало

с направлениями оптических осей МФП килевых оптико-электронных датчиков, лежащих в плоскости $X_C O Y_C$. В таком случае координаты точек размещения датчиков L и P можно считать известными (рис.4).

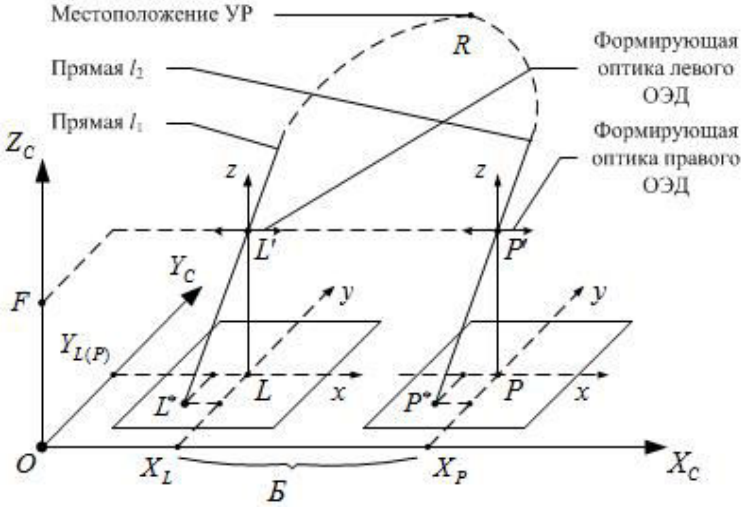


Рис. 4. Геометрия задачи точного определения дальности до атакующей ракеты в самолетной системе координат

Для построения прямой, соединяющей энергетический центр $L^*(P^*)$ изображения на плоскости МФП с координатами $(\hat{x}_{L(P)}, \hat{y}_{L(P)}, \hat{z}_{L(P)})$ и текущее местоположение R ракеты, координаты которого нам не известны, будем использовать центр формирующей оптики $L'(P')$, отстоящей от плоскости МФП на известное нам расстояние $LL'(PP')$. Тогда на основании изложенного уравнения двух прямых, образованных парами точек L^*L' и P^*P', будут иметь следующий вид:

$$\frac{x-\hat{x}_L}{X_L-\hat{x}_L}=\frac{y-\hat{y}_L}{Y_L-\hat{y}_L}=\frac{z-\hat{z}_L}{Z_{L'}-\hat{z}_L} \tag{10}$$

$$\frac{x-\hat{x}_P}{X_P-\hat{x}_P}=\frac{y-\hat{y}_P}{Y_L-\hat{y}_P}=\frac{z-\hat{z}_P}{Z_{P'}-\hat{z}_P} \tag{11}$$

Перепишем выражения (9), (10) с учетом координат направляющих векторов $\vec{a}=\{a_1,a_2,a_3\}$ и $\vec{b}=\{b_1,b_2,b_3\}$:

$$\frac{x-\hat{x}_L}{a_1}=\frac{y-\hat{y}_L}{a_2}=\frac{z-\hat{z}_L}{a_3}\ ; \tag{12}$$

$$\frac{x-\hat{x}_P}{b_1}=\frac{y-\hat{y}_P}{b_2}=\frac{z-\hat{z}_P}{b_3}\ . \tag{13}$$

Считаем, что есть и находим координаты точки R пересечения двух прямых (11) и (12):

$$\left(x_R;y_R;z_R\right)=\left(\frac{\hat{x}_L b_1-\hat{x}_P a_1}{b_1-a_1};\ \frac{\hat{y}_L b_2-\hat{y}_P a_2}{b_2-a_2};\ \frac{\hat{z}_L b_3-\hat{z}_P a_3}{b_3-a_3}\right), \tag{14}$$

с углом их пересечения α_3 :

$$\mathrm{Cos}\alpha_3=\frac{a_1b_1+a_2b_2+a_3b_3}{\sqrt{a_1^2+a_2^2+a_3^2}\cdot\sqrt{b_1^2+b_2^2+b_3^2}}\ . \tag{15}$$

Тогда, исходя из геометрии постановки задачи, показанной на рисунке 1, дальности l_1 и l_2 могут быть определены как расстояния между точками L^* и R; P^* и R из следующих выражений:

$$l_1=\sqrt{\left(\hat{x}_L+x_R\right)^2+\left(\hat{y}_L+y_R\right)^2+\left(\hat{z}_L+z_R\right)^2}\ ; \tag{16}$$

$$l_2=\sqrt{\left(\hat{x}_P+x_R\right)^2+\left(\hat{y}_P+y_R\right)^2+\left(\hat{z}_P+z_R\right)^2}\ . \tag{17}$$

Точную дальность до атакующей УР определим как среднее значение из величин (15) и (16), приходящееся на середину базы *Б*:

$$D=(l_1+l_2)/2\ . \tag{18}$$

С помощью имитационного моделирования путем придания защищаемому самолету и атакующей ракете скоростей движения по заданной траектории и изменения в процессе полета расстояний l_1 и l_2, получена зависимость величины дальности до ракеты от угла α_3 для величины значения базы, соответствующей самолету Су-35, (способ-2) и сравним с результатами, предложенного способа (способ-1), для такой же величины базы (рис. 5).

Сравнительный анализ результатов, полученных двумя способами, наглядно показывает, что существенная ошибка определения (измерении) координат цели (УР) относительно килевых ОЭД самолета предложенным способом (способ-1) появляется при увеличении угла α_3 более 60 градусов. Однако этот угол ($\alpha_3=60^\circ$, для рассматриваемой базы соответствует дальности «самолет-ракета» в 5 метров, что

подтверждает нецелесообразность рассмотрения диапазона изменения угла α_3 более 60 градусов.

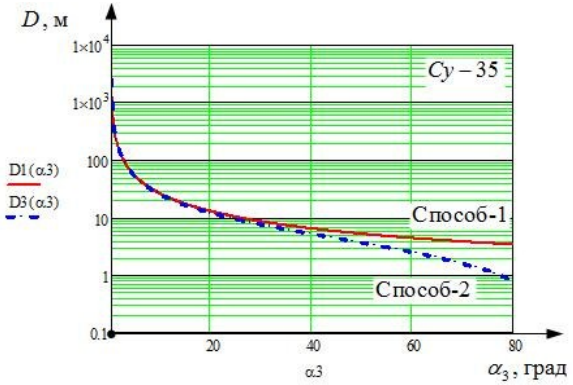


Рис. 5. Зависимости величины дальности до УР от угла, образованного пеленгами l_1 и l_2, для самолета Су-35 (Б=4,4 м), полученные с помощью предложенного способа (способ-1) и с помощью имитационного моделирования (способ-2)

Таким образом, предложенный способ оценки текущих координат атакующей ракеты при защите самолета со стороны задней полусферы отличается своей простотой при достаточной точности координатометрии.

Список литературы

2. Козирацкий Ю.Л. Способ повышения помехоустойчивости алгоритма оценки угловых координат цели матричным приемником / Ю.Л. Козирацкий, Д.В. Прохоров, А.В. Кусакин // Радиотехника. – 2013. – №7. – С. 75-77.

3. Исследование алгоритма высокоточного сопровождения ЗУР матричным фотоприемником по блику формирующей оптики системы самонаведения / Ю.Л. Козирацкий [и др.] // Журнал СФУ. Техника и технологии. – 2016. – №9(3). – С. 401-415.

4. Курикша А.А. Квантовая оптика и оптическая локация (статистическая теория). – М. : Сов. Радио, 1973. – 184 с.

5. Шереметьев А.Г. Статическая теория лазерной связи. М. : Связь, 1971. – 264 с.

Управление полосой пропускания в коммутаторах на основе оценки мгновенной скорости передачи данных

Н. Н. Коннов, e-mail: knn-46@mail.ru
Д. В. Патунин, e-mail: dvpatunin@gmail.com

Пензенский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются возможности реализации алгоритмов управления полосой пропускания трафика заданного типа в коммутаторах с поддержкой качества обслуживания на основе непосредственного измерения мгновенной скорости передачи трафика. Эти алгоритмы могут быть использованы как в механизмах шейпинга, так и диспетчеризации очередей. Приводятся результаты моделирования алгоритма шейпинга трафика с оценкой мгновенной скорости по методу экспоненциального сглаживания в пакете CPN Tools.*

Ключевые слова: *качество обслуживания, коммутатор, шейпинг, диспетчеризация, трафик, экспоненциальное сглаживание, сети Петри.*

Введение

Развитие современных телекоммуникаций во многом определяется широким внедрением методов обеспечения качества обслуживания (QoS), под которым понимается способность сети обеспечить заданной сервис трафику каждого приложения. Необходимый сервис описывается такими параметрами, как пропускная способность (полоса пропускания), задержка при передаче пакета и ее вариация (джиттер), доля потерянных пакетов [1, 2].

Среди других механизмов QoS (маркировка и классификация трафика, обслуживание очередей, управление перегрузкой) важное значение имеют механизмы управления потоком кадров трафика пользователя в соответствии с выделенной полосой пропускания. Типовые методы управления:

– профилирование трафика, которое выполняется на граничном сетевом оборудовании и служит для ограничения скорости

– шейпинг – сглаживание пульсаций трафика для устранения всплесков, приводящих к перегрузкам с потерей кадров из-за и переполнения буферов и непредсказуемым колебаниям задержек.

© Коннов Н.Н., Патунин Д. В., 2019

В настоящее время очень активно развиваются различные адаптивные методы управления трафиком, использующие краткосрочное прогнозирование поведения трафика и перераспределения пропускной способности узлового оборудования (коммутаторов и маршрутизаторов) между его портами в реальном времени .

Существуют следующие алгоритмы измерения скорости:

– усреднения на смежных временных интервалах, основной недостаток которого – невозможность оценивать скорость потоков с высокой пачечностью;

– «дырявого ведра» и «ведра токенов», которые достаточно просто реализуются и поэтому широко используются для нужд профилирования и шейпинга, но, фактически, они выполняют не измерения текущей скорости потока, а лишь ее допусковый контроль;

– «скользящего окна», обеспечивающий хорошую аппроксимацию средней скорости потока вычислением простого скользящего среднего (MA), но для реализации которого необходимо много вычислительных ресурсов [3,4].

В настоящем докладе предлагается алгоритм шейпинга, использующий для измерения скорости потока данных более просто реализуемый алгоритм экспоненциального сглаживания (EMA), используемый при краткосрочном прогнозировании временных рядов [3, 5].

1. Разработка алгоритма

При традиционном подходе к экспоненциальному сглаживанию профиля трафика непосредственно в канале для произвольного момента времени $t_j = jTI$, где TI - длительность битового интервала, значение EMA скорость V_j будет равно: $V_j = \alpha X_j + (1-\alpha)V_{j-1}$, где α - постоянная сглаживания ($0 < \alpha < 1$), X_j – мгновенная скорость передачи в момент t_j, которая может принимать значения 0, если в это время в канале не ведется передача данных, или значение максимальной физической скорости канала $V0$ (будем считать, что $V0 = 1$),

Для целей управления трафиком важно учитывать скорость потока данных не в произвольный момент времени, а либо в момент начала передачи кадра, либо на момент окончания передачи кадра. Кроме того, профиль трафика представляет собой временной ряд, состоящий из нулей и единиц: последовательность единиц определяется количеством битовых интервалов, в течение которых передавался кадр, а

последовательность нулей – количеством битовых интервалов, в течение которых была пауза между кадрами (рис. 1А). Тогда для вычисления ЕМА скорости трафика можно использовать следующие рекуррентные формулы:

$$\begin{cases} VP_i = (1-\alpha)^{P_i} VL_{i-1} \\ VL_i = 1-(1-\alpha)^{L_i}(1-VP_i) \end{cases},$$

где VP_i, VL_i – средние скорости соответственно на начало и конец передачи i-ого кадра; P_i и L_i – длительности межкадровой паузы и времени передачи i-ого кадра соответственно.

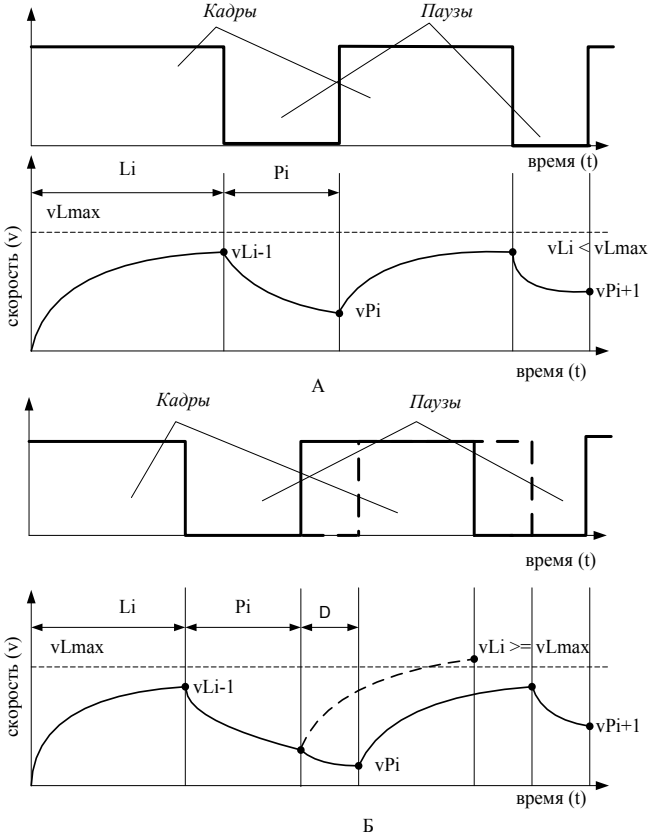


Рис. 1. Временная диаграмма применения ЕМА

Предлагаемая процедура шейпинга основывается на обработке буферизируемого входного трафика (схема рис. 2.) и включает следующую последовательность действий:

1. после окончания передачи очередного кадра входной порт, формирует сигнал «Порт свободен», отмечающий начало очередной паузы, длительность которой измеряет запущенный таймер;

2. после окончания обязательного межкадрового интервала (96 TI) по сигналу «Буфер свободен» проверяется наличии в буфере очередного кадра;

3. если кадр есть, то считывается с таймера длительность паузы и вычисляется значение VP_i;

4. из буфера считывается значение длины кадра и вычисляется ожидаемая значение VL_i, которая сравнивается с установленным предельным значением *VLmax;*

5. если подсчитанное значение VL_i больше *VLmax* то выполняется задержка величиной D TI, после чего п.п 3-5 повторяются (рисунок 1Б);

6. если подсчитанное значение VL_i меньше *VLmax* разрешается передача очередного кадра и обнуляется таймер.

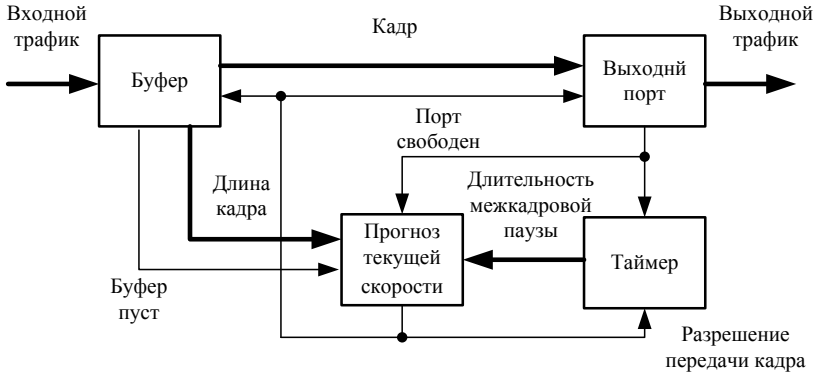


Рис. 2. Структура модели , реализующей алгоритм шейпинга с ЕМА

Таким образом, при шейпинге исходящего трафика в случае, когда прогнозируемое значение *VL* получается больше граничного, то искусственно увеличивается продолжительности текущей паузы. расчетное значение.

2. Результаты моделирования

В качестве примера использования предложенного алгоритма, ниже приведены результаты имитационного моделирования шейпинга в коммутаторе Ethernet с поддержкой IEEE 802.1 Q/P, которое выполнено с использование аппарата временных, цветных, иерархический сетей Петри, реализуемых в пакете CPN Tools [6]. Модельное время выражено в (один такт соответствует 100 нс Ethernet или 10 нс для Fast Ethernet). Входной трафик моделировался с помощью специальной сети Петри [7] и представляет собой комбинацию двух компонент, слияние которых формирует поток кадров с ярко выраженной пачечностью:

– регулярной, представляющей собой последовательность 100 двухкадровых пачек длиной 12176 TI;

– случайной, с кадрами, распределение длины которых имеет ярко выраженный бимодальный характер: по 25% от всех кадров имеют минимальную и максимальную длину (512 и 12176 TI соответственно), длина остальных равномерно распределена в оставшемся диапазоне. Коэффициент загрузки канала, подсчитанный по входной реализации, равен 0.798.

На рисунке 3 представлен профили реализации выходного шейпинга трафика с выделенной полосой 1.0 (т.е. шейпинг фактически отсутствует) и 0.7 от максимальной. Постоянная сглаживания алгоритма EMA α =0.000001. Из графиков видно, что после некоторого переходного процесса алгоритм шейпинга обеспечивает четкое регулирование средней скорости передаваемого трафика.

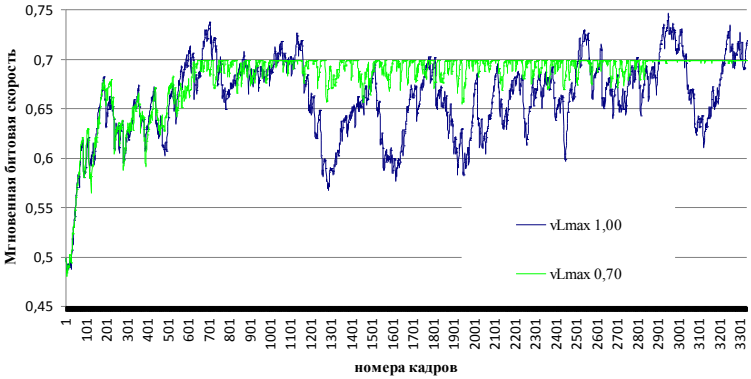


Рис. 3. Результаты моделирования шейпинга с использованием алгоритма EMA

Заключение

Таким образом, результаты моделирования показывают эффективность управления полосой пропускания с оперативным измерением текущей скорости потоков данных в коммутаторах с помощью алгоритма EMA, который может быть использован для оценки скорости не только общего потока, но отдельных компонент, соответствующих введенным классам QoS.

К значительным достоинствам алгоритма EMA следует отнести возможность краткосрочного прогнозирования трафика в целях динамического перераспределения полосы пропускания, балансировки нагрузки и других задач адаптивного управления сетью.

Литература

1. Кучерявый, Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е. А. Кучерявый – СПб.: Наука и техника, 2004. –336 с.:
2. Вегешна, Шринивас. Качество обслуживания в сетях IP : Пер. с англ.] / Шринивас Вегешна. – М. [и др.] : Вильямс, 2003 – 366 с.
3. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. – М.: Радио и связь, 1997. -112 с
4. Коннов, Н.Н. Разработка модели алгоритма "скользящего" окна цветными временными сетями Петри / Н.Н. Коннов, А.Л.Домнин // Естественные и математические науки в современном мире. 2013. № 10-11. –76-81 с.
5. Domnin, A., Modeling EMA and MA algorithms to estimate the bitrate of data streams in packet switched networks / Domnin A., Konnov N., Mekhanov V. // Communications In Computer And Information Science , V. 487, 2014 – P 91-100
6. Механов, В.Б., Моделирование алгоритмов управления полосой пропускания цветными сетями Петри / В.Б. Механов, А. Л. Домнин // Труды IX Международ. научно-технической конференции «Новые информационные технологии и системы». Ч. 2. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. –77-82 с.
7. Никишин, К.И., Генератор трафика Ethernet на основе цветных сетей Петри / К.И. Никишин, Н.Н. Коннов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2016. № 1 (17). – С. 299-307.

Моделирование методов приема информационного сигнала для дистанционного управления движением мобильных объектов в условиях наличия помех в радиоканале

А. Д. Кононов, e-mail: kniga126@mail.ru
А. А. Кононов, e-mail: kniga16@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Проведен анализ различных моделей систем подавления импульсных помех, и на основе сопоставления рассчитанных характеристик снижения уровня влияющих воздействий в радиоканале получена таблица сравнения возможных методологий обработки директивных команд. Предложена модель приемного устройства с возможностью вариации применяемого метода практического повышения помехозащищенности информационной системы управления технологическими машинами различного назначения.*

Ключевые слова: *модель, передача информации, система управления, методы подавления помех, мобильные объекты.*

Введение

Одним из важнейших требований, предъявляемых к системам радиоуправления и связи, является достоверность информации, передаваемой от источника к получателю. Среди всех типов помех наибольшее воздействие на полезный информационный сигнал по основному и неосновным каналам оказывают помехи импульсного типа [1, 2]. В [2, 3] рассмотрены некоторые способы борьбы с этими помехами посредством высокочастотной (ВЧ) и низкочастотной (НЧ) фильтрации.

Отметим, что иногда информационные технологии, применяемые для подавления импульсных помех, в определенной мере противоречат условиям, при которых возможно подавление сосредоточенных помех, и даже могут способствовать увеличению их воздействия.

1. Способы снижения степени влияния искажений на информационный сигнал

Поскольку основным отличительным признаком импульсной помехи является наличие широкого, теоретически бесконечного спектра, превышающего по протяженности спектр полезного сигнала, все системы подавления импульсных помех так или иначе основаны на этом

© Кононов А. Д., Кононов А. А., 2019

различии спектров, а также на амплитудных различиях. Условно системы подавления помех могут быть объединены в несколько следующих групп моделей, разделяемых, в свою очередь, на подгруппы.

1. Ограничение амплитуды смеси помехи с сигналом:

– с ограничителем, находящимся между двумя узкополосными трактами, причем под узкополосным понимается тракт, сопряженный с сигналом (сокращение УОУ);

– с ограничителем, находящимся после широкополосного и перед узкополосным трактом – ШОУ (под широкополосным понимается тракт, служащий и пригодный для выделения импульсной помехи в виде, который необходим для дальнейших действий относительно ее).

2. Прерывание прохождения смеси сигнала с помехой в тракте приемника на время действия помехи. При этом прерыватель может быть расположен:

– между узкополосными трактами – УПУ;

– между широкополосным и узкополосным трактами – ШПУ.

3. Компенсация эффекта действия помехи с двумя основными случаями:

– спектр частот канала компенсации не перекрывает спектра основного канала и примерно равен ему (канал компенсации с узким спектром – УК);

– спектр частот канала компенсации перекрывает значительно больше по ширине, чем спектр основного канала (канал компенсации с широким спектром – ШК).

4. Сведение смеси сигнала с помехой на выходе регулирующего каскада к уровню сигнала, имеющемуся во время действия помехи, – ШРСУ. Принцип действия в том, что основными блоками являются регулирующий элемент и элемент сравнения, на котором быстрые изменения огибающей смеси, вызванные помехой, выделяются и подаются в противофазе на регулирующий элемент.

5. Ограничение в приемном устройстве скорости нарастания принимаемых сигналов. Здесь известны два основные метода реализации:

– сравнение скоростей нарастания колебаний при помощи дифференцирующей цепи (после детектора) с ограничением скоростей, превышающих предельно допустимую, при помощи управляемой обратной связи – ШРДУ. Основные элементы: дифференцирующая цепь и регулирующий элемент, управляемый выходным сигналом этой цепи;

– использование непосредственного дифференцирования принимаемого сигнала с помехой, ограничения и последующего интегрирования ШДИУ.

2. Анализ и сравнение качества передачи команд управления в информационной системе

Все вышеперечисленные модели могут быть подвергнуты сравнительной оценке при помощи введения и анализа двух основных характеристик.

Первой является характеристика подавления Q_1. Она определяется отношением энергии импульсной помехи, которая может быть подавлена при сохранении требуемого качества приема сигнала, к энергии посылки сигнала на входе приемника:

$$Q_1 = \frac{U_{вхп}}{U_{вхс}} \sqrt{\frac{\tau_n}{\tau_c}}, \qquad (1)$$

где τ_n, τ_c – длительности импульсов помехи и принимаемого сигнала на входе дешифратора.

Воздействие импульсных помех всегда приводит к ухудшению отношения сигнал/шум на выходе приемника, и наилучшей является та система подавления, при которой суммарная помеха на выходе приемника оказывается наименьшей. Поэтому необходимо ввести характеристику Q_2 ухудшения устойчивости по отношению к неимпульсным помехам по причине расширения спектра последних при действии системы подавления импульсных помех.

$$Q_2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \beta_ш(f) y_ш(f) S(f) df}{\int_{-\infty}^{\infty} y_y(f) S(f) df}, \qquad (2)$$

где $S(f)$ – спектр импульсной помехи;

$y_ш(f)$ и $y_y(f)$ – соответственно частотные характеристики широкополосного и узкополосного трактов;

$\beta_ш(f)$ – амплитуда эффекта на выходе приемника от воздействия на его вход единичной гармонической составляющей.

При постоянной спектральной плотности суммы неимпульсных помех в области частот приема с характеристиками широкополосного и узкополосного трактов Δf и ΔF ($S_{\Delta f}$ и $S_{\Delta F}$ – их спектры) выражение (2) принимает вид:

$$Q_2 = \frac{2}{\pi} \ln \frac{\Delta f}{\Delta F} \frac{S_{\Delta f}}{S_{\Delta F}} . \qquad (3)$$

Результаты сравнения данных для различных моделей систем подавления по нормированным характеристикам Q_1 и Q_2 позволили составить сравнительную таблицу числовых диапазонов этих характеристик для перечисленных ранее групп методов борьбы с искажениями.

Таблица

Числовые диапазоны нормированных характеристик систем подавления импульсных помех.

Наименование системы подавления	Нормированное значение характеристики	
	$Q_1 \sqrt{\frac{\tau_c}{\tau_n}}$	$Q_2 \frac{S_{\Delta F}}{S_{\Delta f}}$
УОУ, УПУ	1 – 10	0
ШОУ	$10 – 10^2$	1,3 – 2
ШПУ	$10^3 - 10^4$	0,5 – 1,0
ШК	1 – 10	0,7 – 1,3
УК	$10 – 10^2$	0,6 – 1,0
ШРСУ	$10^3 - 10^4$	0,6 – 1,3
ШРДУ	$10^3 - 10^4$	0,6 – 1,3
ШДИУ	$10^2 - 10^3$	1,3 – 2

3. **Модель приемного устройства с вариацией способов подавления помех**

Для подавления импульсных помех в приемнике с вариацией метода для различных рассмотренных групп может быть использована обобщенная схема устройства. На рисунке пунктир относится к группе методов ШРСУ и ШРДУ. Для метода ШОУ элементы 2 и 3 включаются в элемент 1. Схема действительна так же для групп систем с компенсацией ШК и УК, например, метод искусственного гетеродина и метод искусственной помехи. В этом случае элемент 1 является вычитающим элементом, тракт 2 может быть исключен или включен в тракт 1, а элементы 2 и 3 служат для выработки вычитаемого напряжения помехи как в методе искусственного гетеродина

(трехканальном), где элемент 2 включает второй и третий каналы, так и в методе искусственной помехи (двухканальном).

Предложенная модель позволяет макетировать в лабораторных условиях возможные методы подавления искажений передаваемого информационного сигнала, создавая различные помеховые ситуации. Испытания на макете показали, что условно можно системы борьбы с искажающими факторами разделить на активные и пассивные методы подавления импульсных помех в приемнике.

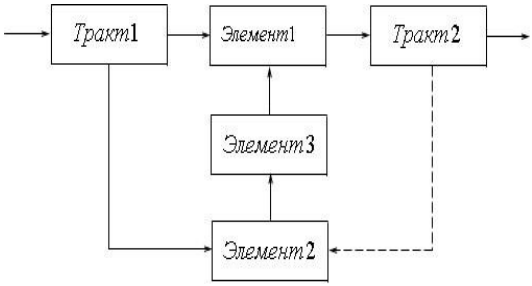


Рисунок. Модель приемного устройства с варьированием метода подавления помех

К активным относятся системы подавления, в которых элементы 1 и 2 явно выражены, например, ШПУ, ШРСУ, ШРДУ. К пассивным относятся системы, где элементы 1, 2, 3 объединяются, например, ШОУ, ШДИУ. Это особенно наглядно при соотношении амплитуд помехи и сигнала $u_n >> u_c$, что обычно соответствует действительности.

Пассивные системы имеют большие значения Q_2, так как в них система подавления действует непрерывно, а в активных системах она действует только в момент появления помехи. По этой же причине в активных системах практически реализуется большая величина Q_1.

Заключение

Проведенный анализ и предложенная схема макета приемного устройства для подавления импульсных помех с вариацией метода для различных рассмотренных групп моделей позволяют оптимизировать их выбор для повышения неискаженности передачи информационного сигнала и повышения помехозащищенности команд управления мобильными объектами.

Список литературы

1. Догадин, Н.Б. Основы радиотехники / Н.Б.Догадин – М. : Лань, 2008.– 384 с.

2. Гойхман, Э.Ш. Передача информации в АСУ / Э.Ш.Гойхман, Ю.И.Лосев – М.: Связь, 1996. – 280 с.

3. Кловский, Д.Д. Теория передачи сигналов / Д.Д.Кловский – М.: Связь, 1993. – 376 с.

Алгоритм рекуррентного оценивания параметров групповой меры частоты

А. А. Кузнецов, email: smithaa@yandex.ru
Ю. О. Жуков, email: yur1jzh@yandex.ru
А. Ю. Щедрин

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)

Аннотация. *Групповая мера является одним из наиболее надежных способов хранения единицы величины. Соответствующее использование при проведении измерений дополнительной информации об объекте исследования может повысить точность оценивания параметров.*

Ключевые слова: *групповая мера, точность оценивания, фильтр Калмана-Бьюси, рекурсивная фильтрация, внутригрупповые сличения, расхождение измерительного процесса.*

Введение

Формирование и использование групповых мер (ГМ) является одним из наиболее надежных способов хранения единицы величины. В связи с этим задача синтеза алгоритма оценивания параметров ГМ во времени является весьма актуальной.

Известно, что любые измерения несут в себе дополнительную информацию об объекте исследования и при соответствующем использовании могут повысить точность оценивания [1]. Усвоение такой информации может быть обеспечено на основе использования фильтра Калмана-Бьюси (ФКБ). К достоинствам ФКБ относятся возможности рекуррентной обработки измерительной информации в «реальном» масштабе времени и оценки текущего или прогнозируемого состояния объекта сразу же после получения очередного результата измерений.

Для описания состояния ГМ необходимо использовать расширенный ФКБ, так как математическая модель, описывающая динамику оценок параметров и состояния ГМ, является в общем случае нелинейной дискретной динамической системой.

1. Синтез алгоритма рекуррентного оценивания

Динамика параметров ГМ описывается системой разностных уравнений в дискретном времени

© Кузнецов А. А., Жуков Ю. О., Щедрин А. Ю., 2019

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{F}(\mathbf{x}(k), k) + \mathbf{G}\boldsymbol{\eta}(k),$$
$$k = \overline{0, N-1},\ \mathbf{x}(0) = \hat{\mathbf{x}}(0), \tag{1}$$

где $\mathbf{x}(k) = \left[x^1(k), x^2(k), \ldots, x^M(k)\right]^{\mathrm{T}} \in E^M$ – вектор состояния исследуемой системы, $\boldsymbol{\eta}(k) = \left[\eta^1(k), \eta^2(k), \ldots, \eta^M(k)\right]^{\mathrm{T}} \in E^M$ – вектор неизвестных внешних воздействий, переходная функция $\mathbf{F}(\mathbf{x}(k), k) = \left[F^1(\mathbf{x}(k), k), F^2(\mathbf{x}(k), k), \ldots, F^M(\mathbf{x}(k), k)\right]^{\mathrm{T}} \in E^M$ – непрерывная вместе с частными производными вектор-функция своих аргументов, $\mathbf{G} \in E^M \times E^M$ – матрица интенсивности внешних воздействий, k, N, M – натуральные числа. Предполагается, что матрица $\dfrac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{x}}$ имеет обратную.

Результаты внутригрупповых сличений описывается дискретным векторно-матричным уравнением

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{H}\big(\mathbf{x}(k)\big) + \mathbf{n}(k), \tag{2}$$

где $\mathbf{y}(k) = \left[y^1(k), y^2(k), \ldots, y^L(k)\right]^T \in E^L$ – вектор наблюдения, $\mathbf{n}(k) = \left[n^1(k), n^2(k), \ldots, n^L(k)\right]^T \in E^L$ – вектор дискретного белого гауссовского шума с известными локальными характеристиками

$M[\mathbf{n}(k)] = 0$,

$M\left[\mathbf{n}(k)\mathbf{n}^{\mathrm{T}}(l)\right] = \mathbf{W}\boldsymbol{\delta}(k-l)$,

где $\mathbf{W}$ – ковариационная матрица размерности $L \times L$, $\boldsymbol{\delta}(\cdot)$ – векторная дельта-функция, $\mathbf{H}(x(k)) = \left[H^1(x(k)), H^2(x(k)), \ldots, H^L(x(k))\right]^T \in E^L$ – сигнальная вектор-функция, непрерывна вместе с частными производными, L, l – натуральные числа.

В работе [2] представлено решение задачи синтеза рекуррентной измерительной процедуры определения оценки $\hat{\mathbf{x}}(k)$, оптимальной в смысле минимума функционала, характеризующего погрешность измерения

$$J = \frac{1}{2}\sum_{k=0}^{N-1}\left[\mathbf{y}(k) - \mathbf{H}(\hat{\mathbf{x}}(k))\right]^T \mathbf{W}^{-1}\left[\mathbf{y}(k) - \mathbf{H}(\hat{\mathbf{x}}(k))\right]. \tag{3}$$

Алгоритм рекуррентного оценивания вектора состояния ГМ получен посредством применения метода инвариантного погружения в

дискретном варианте в виде последовательности уравнений для оценки $\hat{\mathbf{x}}_n$ процесса (1), предполагая, что N изменяется и $k = N$, в следующем виде

$$\hat{\mathbf{x}}_n(k+1) = \mathbf{F}\left(\hat{\mathbf{x}}_n(k), k\right) + \mathbf{P}_n(k+1)\mathbf{M}_n(k+1/k),$$

$$\mathbf{P}_n(k+1) = \left\{\mathbf{I} - \frac{\partial \mathbf{M}_n(k+1/k)}{\partial \hat{\mathbf{x}}}\mathbf{P}_n(k+1/k)\right\}^{-1}\mathbf{P}_n(k+1/k),$$

$$\mathbf{M}_n(k+1/k) = \mathbf{W}^{-1}\sum_{i=0}^{n}\alpha_i \frac{\partial \mathbf{H}^T}{\partial \hat{\mathbf{x}}}\left[\mathbf{y}(k+1) - \mathbf{H}\left(\hat{\mathbf{x}}_i(k+1/k)\right)\right], \quad (4)$$

$$\mathbf{P}_n(k+1/k) = \mathbf{G}\mathbf{G}^T + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \hat{\mathbf{x}}}\mathbf{P}_n(k)\frac{\partial \mathbf{F}^T}{\partial \hat{\mathbf{x}}},$$

$$\hat{\mathbf{x}}_i(0) = \hat{\mathbf{x}}(0),$$

$$\mathbf{P}_i(0) = \mathbf{P}(0),$$

$$i = \overline{0,n},\ k = \overline{0,N-1}.$$

Полученный алгоритм (4) даёт оптимальную оценку параметров для нелинейной системы в смысле минимума функционала, характеризующего среднеквадратическую погрешность измерительного канала.

2. Оценка параметров групповой меры частоты

Для реализации алгоритма (4) необходимо записать выражение (1) для групповой меры частоты (ГМЧ), состоящей из четырех высокостабильных генераторов частоты в виде

$$x(k) = A \cdot x(k-1) + W(k), \quad (5)$$

где $x(k)$ – вектор состояния ГМ для момента времени k: $x(k) = (\Delta f_1(k),\ \Delta f_2(k),\ \Delta f_3(k),\ \Delta f_4(k),\ v_1,\ v_2,\ v_3,\ v_4)^T$, $\Delta f_i(k)$ – значение отклонения частоты i-го генератора от f_N (воспроизводимого значения частоты ГМ), v_i – значение нестабильности установки частоты i-го генератора, A – некоторая матрица экстраполяции [2], $W(k)$ – вектор неизвестных возмущений.

Данные результатов внутригрупповых сличений представлены в виде

$$y(k) = C \cdot x(k) + Z(k), \quad (6)$$

где $y(k)$ – результат измерений взаимных разностей частот генераторов, $x(k)$ – вектор состояния групповой меры, $Z(k)$ – вектор погрешностей (шумов) измерений, C – матрица наблюдений (взаимных сличений):

$$C = \begin{Vmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{Vmatrix}$$

Значения, полученные в результате численного моделирования, представлены в [2].

Заключение

Полученные результаты моделирования [2], свидетельствуют о том, что использование дополнительной информации (результатов внутригрупповых сличений по всем возможным вариантам) с обработкой по алгоритму (4) позволяет получать высокоточные оценки параметров высокостабильных генераторов частоты – хранителей ГМЧ. При этом алгоритм оценки параметров групповой меры при повышении точности воспроизведения хранимой единицы физической величины ГМЧ, имеет ряд преимуществ перед традиционной методикой [3] формирования ГМЧ – наиболее полное использование всей измерительной информации, и отсутствие опорного генератора (имеющего минимальное значение нестабильности частоты).

Список литературы

1. Матвеев Ан. А. Применение калмановской фильтрации в задачах обработки измерительной информации / Ан. А. Матвеев, А. А. Матвеев // Измерительная техника. – 1989. – № 1. – С. 3.

2. Костоглотов А. А. Синтез интеллектуальной измерительной процедуры на основе метода минимальных ошибок / А. А. Костоглотов, А. А. Кузнецов // Измерительная техника. – 2005. – № 7. – С. 8-13.

3. Методические указания по формированию и использованию групповых мер физических величин [Текст]. – Введ. Указанием № 5671 от 1.07.1988. – Изд. МО СССР, 1988. – 60 с.

Алгоритмическая модель анализа поля метеорологической дальности видимости на основе комплексации радиолокационных и аэросиноптических данных

И. Е. Кузнецов, email: vaiumet@mail.ru
Д. В. Булгин, d.bulgin77@yandex.ru
А. А. Насонов, email: osnasonova@yandex.ru
Н. И. Кузнецов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В статье предлагается модель анализа метеорологической дальности видимости основанная на комплексации данных радиолокационных и наземных наблюдений, позволяющая повысить качество метеорологического обеспечения авиации в районах со слаборазвитой сетью метеорологических наблюдений.*

Ключевые слова: *метеорологическое обеспечение авиации, метеорологическая дальность видимости, радиолокационные данные, радиолокационная отражаемость.*

Введение

Одним из важных факторов, влияющих на эффективность функционирования авиационных формирований, является метеорологическая дальность видимости (МДВ) и высота нижней границы облачности (ВНГО). Наличие осадков приводит к сильной изменчивости МДВ и ВНГО, поэтому в оперативной практике метеорологического обеспечения привлекаются данные радиолокационной разведки о зонах выпадения осадков.

Таким образом, целью работы явилось повышение качества метеорологического обеспечения авиации за счет увеличения достоверности получаемой метеоинформации путем разработки методики восстановления полей метеовеличин (на примере восстановления поля МДВ и ВНГО) на основе комплексации радиолокационных и аэросиноптических данных.

© Кузнецов И.Е., Булгин Д.В., Насонов А.А., Кузнецов Н.И., 2019

1. Методика расчета поля метеорологической дальности видимости, полученного по данным радиолокационных и аэросиноптических наблюдений

Для определения МДВ необходимо провести измерения радиолокационной отражаемости Z. Измерения радиолокационной отражаемости сопровождаются погрешностями, величина которых зависит от структуры облаков и осадков; технических характеристик метеорологической радиолокационной станции; удаления метеорологических объектов от МРЛ; затухания радиолокационного сигнала по трассе распространения электромагнитной волны; характера флуктуаций отраженных сигналов, обусловленных временной изменчивостью и пространственной неоднородностью микрофизической структуры облаков и осадков; способа обработки и регистрации, отраженных от метеообъекта сигналов и т.д. [1, 2].

Данные факты приводят к существенным ошибкам в восстановлении поля МДВ по радиолокационным данным, которые необходимо учитывать в процессе радиолокационных наблюдений. Ошибка измерения радиолокационной отражаемости облаков и осадков случайна, т.к. определяется случайными параметрами $Z_{ист}$ и $Z_{изм}$. Она характеризуется законом распределения $f(\Delta Z)$ с математическим ожиданием $m(\Delta Z)$ и дисперсией $\delta^2(\Delta Z)$. Имея информацию о математическом ожидании и дисперсии этих случайных параметров и, используя теоремы о числовых характеристиках функций случайных аргументов, можно определить статистические характеристики ошибки измерения МДВ (ΔS), математическое ожидание $m(\Delta S)$ и дисперсию $\delta^2(\Delta S)$ по предлагаемым формулам [3, 4]:

$$m(\Delta S) = m(S_{ист}) - m(S_{изм}) \tag{1}$$

$$\sigma^2(\Delta S) = \sigma^2(S_{ист}) + \sigma^2(S_{изм}) - 2K \cdot \sigma(S_{ист}) \cdot \sigma(S_{изм}) \tag{2}$$

$$m(S_{изм}) = 10^{m(\lg S_{изм}) + 1{,}151 \cdot \sigma^2(\lg S_{изм})} \tag{3}$$

$$\sigma^2(S_{изм}) = m^2(S_{изм}) \cdot \left(10^{1.151 \cdot \sigma^2(\lg S_{изм})} - 1\right) \tag{4}$$

$$m(\lg S_{изм}) = \lg A + B \cdot \left[m(\lg Z_{изм})\right] \tag{5}$$

$$\sigma^2(\lg S_{изм}) = B^2 \cdot \sigma^2(\lg Z_{изм}) \tag{6}$$

Оценку погрешности измерения радиолокационной отражаемости осадков проведем в соответствии с известным принципом измерения *Z*. Допустим, что на расстоянии *R* от МРЛ находится метеорологическая цель с известной радиолокационной отражаемостью ($Z_{ист}$). Тогда

значение радиолокационной отражаемости ($Z_{изм}$) при потенциале станции $П_м$ и измеренной мощности отраженного от метеоцели радиолокационного сигнала W_i будет равно [1, 2]:

$$\lg Z_{измі} = \lg(W_i / W_ш) + 2\lg R - \lg П_M - \lg K_{осл} \qquad (7)$$

где W_i – средняя мощность принятого і– го сигнала; $W_ш$ – уровень собственных шумов радиолокатора; $П_м$ – потенциал метеорологического радиолокатора; $K_{осл}$ – ослабление электромагнитной волны.

Значение δ_{ij} на основании уравнения радиолокации определяется из выражения [1].

$$\sigma^2_{cij} = П_M \cdot Z_{ij} \cdot R_i^{-2} \cdot K_{зап} \cdot K_{осл}$$

где $K_{зап}$ – коэффициент заполнения, радиолокационная отражаемость i-го импульсного объема при j-ом зондировании.

Для расчета погрешностей восстановления МДВ необходима информация об ошибках измерения Z. Расчеты статистических характеристик ошибок измерения Z были проведены с использованием многолетних данных радиолокационных наблюдений за облаками и осадками. Результаты расчетов по предложенному алгоритму в зависимости от $Z_{ист}$, длины волны и удаления от МРЛ приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Статистические характеристики ошибок измерения Z в осадках в зависимости от $Z_{ист}$, длины волны и удаления от МРЛ

Характер осадков	Длина волны, см	Стат. хар-ки	Удаление метеоцели, км				
			10	30	50	70	90
Осадки сильные $Z_{ист}$ =33,1	3	$m[\Delta Z]$	0,8	1,5	3,2	4,3	5,1
		$\sigma^2[\Delta Z]$	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7
Осадки умеренные $Z_{ист}$ =25,2	3	$m[\Delta Z]$	0,6	1,3	2,1	2,9	3,2
		$\sigma^2[\Delta Z]$	0,4	0,4	0,4	0,41	0,41
Осадки слабые $Z_{ист}$ =13,1	3	$m[\Delta Z]$	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
		$\sigma^2[\Delta Z]$	0,38	0,38	0,38	0,4	0,4

В результате анализа проведенных расчетов установлено, что ошибка определения метеорологической дальности видимости в осадках функционально зависит от ошибки измерения

радиолокационной отражаемости осадков. С увеличением длины волны влияние ослабления электромагнитного сигнала, обусловленное осадками уменьшается

Таблица 2

Статистические характеристики ошибки измерения видимости в осадках ΔS радиолокационным способом

Характер осадков	Длина волны, см	Стат. хар-ки	Удаление метеоцели, км				
			10	30	50	70	90
Осадки сильные	3	$m[\Delta S]$	0,47	0,56	0,63	0,71	1,78
		$\sigma^2[\Delta S]$	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87
Осадки умеренные	3	$m[\Delta S]$	0,32	0,45	0,52	0,60	1,61
		$\sigma^2[\Delta S]$	0,77	0,77	0,77	0,79	0,79
Осадки слабые	3	$m[\Delta S]$	1,21	1,33	1,46	1,51	1,59
		$\sigma^2[\Delta S]$	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62

2. **Результаты исследования**

Таким образом, алгоритм сверхкраткосрочного прогноза поля метеовеличины в по данным радиолокационных и наземных наблюдений предусматривает выполнение следующих операций.

1. По имеющейся информации с предыдущего пространственно-временного шага определяется дисперсия оптимальной оценки в данной точке зондирования.
2. Вычисляется коэффициент усиления.
3. По имеющейся с предыдущего шага оценке производится экстраполяция видимости в осадках на ближайшую точку (узел регулярной сетки) области S_n.
4. Определяется видимость в осадках по данным радиолокационной станции в точке зондирования.
5. На основании полученных значений вычисляется оптимальная оценка, по значениям которой в области H_{n+1} восстанавливается поле видимости и получается новая функция.
6. Проводится корректировка полученных параметров.

Пример использования предложенной методики расчета поля метеорологической дальности видимости представлен на рисунке.

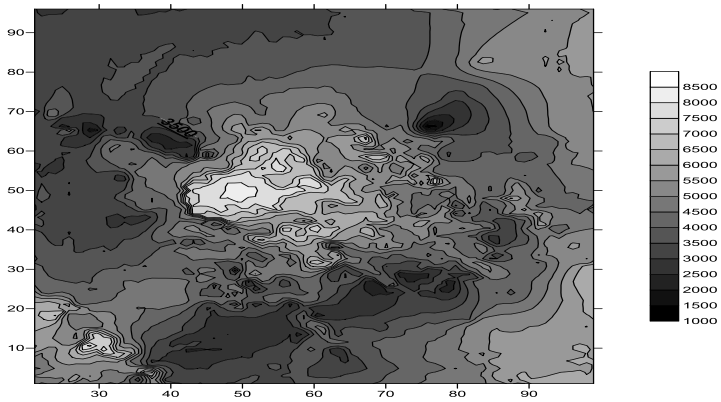


Рисунок. Поле значений видимости по данным радиолокационных и наземных наблюдений

Заключение

Проведенные расчеты показали, что точность пространственно-временного поля МДВ, полученного на основе предлагаемого метода возросла на 7-11% по сравнению с данными только радиолокационных наблюдений. Это позволяет использовать предлагаемую методику в оперативной практике метеообеспечения. Являясь адаптивной, она может быть использована в различных районах.

Список литературы

1. Билетов М.В. Дистанционные методы получения информации о состоянии атмосферы / М. В. Билетов, И. Е. Кузнецов. – Монография. Воронеж: ВАИУ, 2011. – 257 с.

2. Ветров Д.П., Кропотов Д.А. Алгоритмы выбора моделей и построение коллективных решений в задачах классификации, основанные на принципах устойчивости. – М. : Дом-Книга, 2006. – 112 с.

3. Брылев Г. Б. Радиолокационные характеристики облаков и осадков / Г. Б. Брылев, С. Б. Гашина, Г. Л. Низдойминога. – Л. : Гидрометеоиздат, 1986. – 231 с.

4. Методика прогнозирования мезометеорологических полей при ограниченной метеорологической информации в интересах боевого применения авиации / И. Е. Кузнецов, В. В. Михайлов [и др.] // Вестник ВАИУ. – 2011.– № 3(14). – С. 43-50.

Алгоритмическая модель восстановления характеристик облачности при комплексном использовании различной метеорологической информации

И. Е. Кузнецов, email: vaiumet@mail.ru
А.Ю. Качалкин, ajk_kgb@mail.ru
А.С. Белинский, email: bas1405@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В статье предлагается алгоритмическая модель пространственного восстановления характеристик облачности, основанная на вариационном анализе различной метеорологической информации и позволяющая повысить качество метеорологического обеспечения авиации в районах со слаборазвитой сетью метеорологических наблюдений.*

Ключевые слова: *метеорологическое обеспечение авиации, модель, метеоинформация, вариационный анализ.*

Введение

Облачность является существенным фактором, влияющим на безопасность полетов авиации и снижающая эффективность выполняемых ею задач. Вместе с тем, информация о ней не всегда является достоверной в силу различных причин.

Для восполнения недостающей информации об облачности в международных метеорологических центрах и в нашей стране используются системы радиолокационных и спутниковых наблюдений. Каждые в отдельности, эти системы не в полном объеме удовлетворяют современным требованиям метеорологического обеспечения в силу своих особенностей. Попытки совместного использования спутниковых, радиолокационных и станционных наблюдений за полями метеовеличин, связанных с облачностью, получили практическую реализацию в Национальной службе погоды США (программа NEXRAD), в Великобритании (системы FRONTIERS, NIMROD, GANDOLF), в Швеции (система PROMIS 600, MESAN) [1]. Процедура восстановления метеоинформации, используемая в этих программно-аппаратных комплексах, основана на достаточно большом объеме данных и высокой плотности наземных наблюдательных станций. Это

© Кузнецов И.Е., Качалкин А.Ю., Белинский А.С., 2019

делает системы ненадежными и дорогостоящими, а при отсутствии данных наземных наблюдений – неэффективными.

Цель работы – повышение эффективности метеорологического обеспечения авиации в сложных метеорологических условиях, определяемых характеристиками облаков, путем разработки моделей радиолокационного мониторинга метеообстановки с учетом методов вариационного анализа.

1. Алгоритмическая модель и методика восстановления характеристик облачности при комплексном использовании различной метеорологической информации

Задачу восстановления характеристик облачности при комплексном использовании различной метеорологической информации будем решать в три этапа.

На первом этапе необходимо провести моделирование процесса получения информации о пространственно-временном распределении количества с использованием ее статистических характеристик и модель аппроксимации данных наземных измерений.

На втором этапе необходимо разработать алгоритм коррекции поля радиолокационных измерений количества облачности по данным наземных наблюдений с использованием аппарата вариационного анализа.

На третьем этапе оценить эффективность предлагаемой процедуры. Перейдем к рассмотрению данных вопросов.

Для определения количества облачности по радиолокационным данным необходимо провести измерения радиолокационной отражательной способности метеоцели z. Измерения радиолокационной отражаемости сопровождаются погрешностями, величина которых зависит от: структуры облаков и осадков; технических характеристик метеорологической радиолокационной станции (МРЛ); удаления метеорологических объектов от МРЛ; затухания радиолокационного сигнала по трассе распространения электромагнитной волны; характера флуктуаций отраженных сигналов, обусловленных временной изменчивостью и пространственной неоднородностью микрофизической структуры облаков; способа обработки и регистрации, отраженных от метеообъекта сигналов и т.д.[1-3]. Это обусловливает ошибку определения количества облачности по радиолокационным данным

Так как поля с информацией об облачности, полученные по данным метеостанций и МРЛ, являются разнородными, то для их совместного анализа требуется использование специального алгоритма усвоения – вариационного согласования. Как показывает опыт решения задач

согласования наиболее эффективными в этом случае являются методы вариационного исчисления.

Они позволяют усваивать метеорологическую информацию, получаемую из различных источников с учетом различных физических свойств протекающего процесса и минимизировать влияние ошибок измерения при восстановлении поля облаков по данным радиолокационных наблюдений [3]. Исходя из свойств наземных и радиолокационных наблюдений в вариационный функционал необходимо включить квадратичную меру отклонения значений искомых метеовеличин от данных наземных станций, от данных радиолокационных наблюдений, а также учесть требование близости пространственных градиентов количества облачности к пространственным градиентам этих величин, восстановленным по данным радиолокационных наблюдений.

Таким образом, с учетом выше перечисленных требований функционал, подлежащий минимизации, может быть представлен в следующем виде [2]

$$J = \iint\limits_S \left[A\left(D-D_0\right)^2 + B\left(D-D_1\right)^2 + C\left(\frac{\partial(D-D_1)}{\partial x} + \frac{\partial(D-D_1)}{\partial y} \right)^2 \right] dxdy \longrightarrow \min \qquad (1)$$

где D – искомое поле метеовеличины, которое является конечным результатом процедуры вариационного согласования; D_0 – поле первого приближения, учитывающее влияние информации, полученной с сети метеорологических станций; D_1 – поле, полученное по данным радиолокационных наблюдений; A, B, C – весовые коэффициенты или матрицы, определяющие вклад четырех слагаемых в подынтегральном выражении в вариационный анализ.

Коэффициенты A, B, C должны быть обратно пропорциональными ковариационным матрицам ошибок измерений $\left(A^{-1}, B^{-1}, C^{-1}\right)$, где A^{-1} – ковариационная матрица ошибок станционных измерений, а B^{-1}, C^{-1} – ковариационные матрицы ошибок радиолокационных измерений.

Решение функционала (1) осуществляется путем получения первой вариации. После его варьирования с использованием уравнения Эйлера-Лагранжа получим формулу [4]

$$A\left(D-D_0\right)^2 - B\left(D-D_1\right)^2 - C\left(\frac{\partial(D-D_1)}{\partial x} + \frac{\partial(D-D_1)}{\partial y} \right)^2 = 0 \qquad (2)$$

доставляющую экстремум исходному функционалу.

Данное эллиптическое уравнение решается при фиксированных значениях на границах в области анализа, т.е. решается задача Дирихле. Причем решение уравнения (2) осуществляется с использованием итерационной процедуры.

Рассмотрение поля анализа по данным метеостанций важно не только как исходное для объективного анализа. При рассмотрении поля анализа по данным метеостанций также легче интерпретировать особенности производных полей, связанные с их вкладом в анализ полученных данных. Построение поля облачности по станциям необходимо производить при помощи процедуры интерполяции, основанной на использовании весовых функций. Значение поля в каждой точке сетки (i, j) определяется по формуле:

$$D_{St}(i,j) = \frac{\sum_{k=1}^{N} D_k w_k}{\sum_{k=1}^{N} w_k} \tag{3}$$

где N – количество станций, расстояния до которых от данной точки не превышают радиуса влияния, r_k – значение метеоэлемента, полученное со станции k, а w_k – весовой множитель, определяющий вклад k-ой станции в поле для точки (i, j). Если ни одна из станций не влияет на точку (i, j), то поле в этой точке определяется по данным радиолокационных наблюдений.

Аппроксимацию поля видимости на площади *S* будем проводить с использованием функционала

$$f(x,y) = ax^2 + by^2 + cx + dy + e \tag{4}$$

где x и y – координаты точки пространства, в которой определяется облачность.

Во избежание больших погрешностей при согласовании выбранной математической модели $f(x,y)$ с реальностью, целесообразно, чтобы область S принадлежала одной сплошной или очаговой зоне с осадками. При наличии над метеополигоном нескольких зон с осадками и возможностью выделения внутри этих зон прямоугольных областей, функция $f(x,y)$ определяется для каждой из этих областей.

Таким образом, решение поставленной проблемы пространственного восстановления поля облачности, включает в себя одношаговое пространственное предсказание, результаты которого корректируются в соответствии с текущей радиолокационной и аэросиноптической информацией.

2. **Результаты экспериментальных исследования**

Реализация методики в конкретном эксперименте, при наблюдающейся неравномерности распределения облачности на площади, показали, что погрешности в определении коэффициентов аппроксимации обусловлены неоднородностью микрофизических полей на рассматриваемой территории, точностью подбора аппроксимирующего поле видимости уравнения, а также количеством наземных станций (рис.).

Анализ рисунков показывает, что совместное использование данных наземных и радиолокационных наблюдений позволить повысить точность и достоверность восстановления метеорологических величин, особенно в условиях возникновения и развития локальных атмосферных явлений, вызывающих уменьшение дальности видимости и понижение высоты нижней границы облачности.

Оценка эффективности моделей проводилась как собственно по критериям качества метеоинформации: стандартное отклонение полученной функции $f(x,y)$ от значений S во всей области её определения – $\sigma(S)$, коэффициент вариации $Cv(S)$ внутри исследуемой области (таблица).

Для сравнительной оценки использовались данные, полученные радиолокационным методом и предлагаемым методом на основе алгоритма вариационного анализа. В результате анализа проведенных расчетов установлено, что ошибка определения облачности функционально зависит от ошибки измерения радиолокационной отражаемости метеообъектов.

Проведенные расчеты показали, что точность определения количества облачности с использованием комплексной информации, полученной на основе предлагаемого метода, возросла на 7-11%.

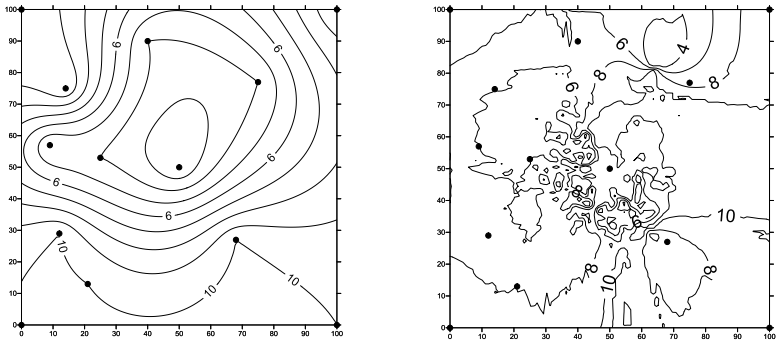
Таблица

Статистические характеристики точности аппроксимации поля облачности

Область аппроксимации, км	Количество наблюдательных станций	$\sigma(VID)$, км	$Cv(VID)$
50x50	4	2,11	0,63
	6	1,23	0,42
	8	0,55	0,15
100x100	4	3,12	0,63
	6	2,43	0,55
	8	1,56	0,34
300x300	4	1,81	0,72
	6	1,74	0,53
	8	1,63	0,31

Окончание таблицы

500x500	6	3,01	0,73
	8	2,62	0,56
	10	2,08	0,52



а) б)

Рисунок. Поле значений количества облачности по данным: а) наземных станций; б) радиолокационных наблюдений, полученное для южной территории Дальнего Востока

Заключение

Таким образом, в работе предложены модели мониторинга метеорологической обстановки на основе комплексной метеоинформации, применение которых позволяет повысить эффективность выполнения авиационных задач на территории, слабоосвещенной в метеорологическом отношении.

Список литературы

1. Базлова Т.А., Бачарников Н.В., Брылев Г.Б. и др. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. – 331 с.

2. Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 343 с.

3. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. – Л. : Гидрометеоиздат, 1993. – 230 с.

4. Кузнецов И. Е., Горбачев В. Д. Методика пространственно-временного анализа полей метеовеличин в условиях ограничения метеоинформации. Научно-технический вестник Поволжья. 2011. – № 5. – С. 98-102.

Модель и вычислительный эксперимент для исследования фильтрационных процессов при поршневом вытеснении

Н. М. Курбонов, email: nozim_kurbonov@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий

Аннотация. *В настоящей работе рассматривается математическое моделирование фильтрационных процессов на основе законов гидродинамики. Адекватность разработанной моделей была проверена путем проведения серии вычислительных экспериментов.*

Ключевые слова: *Математическая модель, численный метод, вычислительный эксперимент, пористая среда, флюид, программное средство, поршневое вытеснение, нефть, газ, вода.*

Введение

Достижение энергетической независимости является одной из основных целей любого государства. В настоящее время основными источниками энергии являются нефть и газ. Однако ограниченный объем этих продуктов, а также их поиск и извлечение – это довольно сложные вопросы, требующие все более эффективных решений.

Для удовлетворения нужд реального сектора экономики этим ресурсом необходимо ускорение процессов проектирования, разработки и ввода в действие новых нефтяных и газовых месторождений, а также наиболее полное извлечение продуктов из старых залежей.

Достижение указанной цели невозможно без разработки соответствующих математических моделей, эффективных консервативных конечно-разностных методов и программных средств для комплексного исследования процессов, происходящих при разнообразных естественных и искусственных условиях воздействия на продуктивные пласты.

Анализ многих литературных источников показал, что в исследованиях авторов не рассмотрен процесс двухстороннего вытеснения нефти газом и водой с двух сторон, в результате которого образуются зоны чистого газа, смеси нефти – газа – воды, чистой нефти. В настоящей работе предприняты усилия для восполнения данного пробела. Как было упомянуто выше, математическую модель процесса, происходящего в пластовых условиях, необходимо сформулировать на основе положений механики многофазных сред в виде задачи типа Стефана с неизвестными границами фаз.

© Курбонов Н.М., 2019

1. **Постановка задачи**

В настоящей работе исследуются сложные динамические процессы, происходящие в пластовых условиях при вытеснении нефти газом или водой в одномерной постановке.

Используя законы газогидродинамики, можно сформулировать математическую модель процесса воздействия на пласт объёмом газа и продвижения жидкости в пласте, которая приводится к решению следующей системы нелинейных дифференциальных уравнений в безразмерном виде [1-3]:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(P_{газ}\frac{K}{\mu_{г}}\frac{\partial P_{газ}}{\partial x}\right)=\frac{\partial P_{газ}}{\partial t},\ 0<x<l(t), \tag{1}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{K}{\mu_{н}}\frac{\partial P_{нефть}}{\partial x}\right)=\frac{\partial P_{нефть}}{\partial t}+F\ \text{ при }\ l(t)<x<L, \tag{2}$$

$$\left.\frac{\partial P}{\partial x}\right|_{x=0}=-A_1 q_{г}, \tag{3}$$

$$P(x,\mathrm{t})=f(x,\mathrm{t}),\ x=1,\ t>0, \tag{4}$$

$$F=A_2 q_{ж}\delta(x-\zeta_i), \tag{5}$$

$$S_{н}\frac{dl}{dt}=-\left.\frac{\partial P}{\partial x}\right|_{x=l(t)+0}, \tag{6}$$

$$\left.P_{газ}\right|_{x=l(t)-0}=\left.P_{нефть}\right|_{x=l(t)+0}, \tag{7}$$

$$\left.\frac{K}{\mu_{г}}\frac{\partial P}{\partial x}\right|_{x=l(t)-0}=\left.\frac{K}{\mu_{н}}\frac{\partial P}{\partial x}\right|_{x=l(t)+0}, \tag{8}$$

$$P(x,0)=P_{н},\ l(0)=l^{0},\ 0<x<1. \tag{9}$$

В формулах (1)-(9) приняты следующие обозначения: $S_{н}$ – насыщенность породы нефтью; K – абсолютная проницаемость породы; $\mu_{г},\mu_{н}$ – соответственно вязкости газа и нефти; $P(x,0)=P_{н}$ – начальное распределение давления; $P_{нефть}, P_{газ}$ – соответственно давления нефти и газа; ζ_i – внутренняя особая точка (нагнетательная или эксплуатационная скважина); $l(t)$ – подвижная граница раздела; L – длина пласта; $q_{г}, q_{ж}$ – интенсивности работы скважин.

Таким образом, получена замкнутая система нелинейных дифференциальных уравнений, описывающая функционирование системы «Пласт-скважина». Краевая задача, описывающая рассматриваемый процесс фильтрации, относится к задачам типа Стефана.

2. **Метод решения**

Для численного решения рассматриваемой задачи применим метода выпрямления фазовых фронтов. Система уравнений, описывающая сформулированную задачу, нелинейная относительно искомых функций $l(t)$, $P(x,\mathrm{t})$. Поэтому получить точное аналитическое решение задачи невозможно. Для её решения применяем метод конечной разности [1-3].

Дискретный алгоритм решения задачи (1)-(9) основан на применении интегро-интерполяционного метода, позволяющего построить консервативную разностную схему, которая удовлетворяет закону сохранения в каждом узле пространственно-временной сетки.

Решим задачу используя интегро-интерполяционный метод и теорему о среднем.

Прогоночные коэффициенты и граница раздела определяются с помощью соответствующих формул. Полученная нелинейная система уравнений решена методом прогонки с применением метода простой итерации в каждом временном шаге.

На основе разработанных математической модели (1)-(9) и численного алгоритма решения задачи нелинейной фильтрации «нефть-газ-вода» в пористой среде, составлено программное средство для определения основных параметров и их диапазонов изменения с целью проектирования и разработки нефтегазовых месторождений.

3. **Результаты и обсуждение.**

С помощью программы проведен ряд вычислительных экспериментов.

Проведенные численные расчеты показали, что существенными параметрами, влияющими на технологию разработки добычи углеводородов из пластовых систем, являются коэффициенты фильтрации, вязкости и структура пористых пород (см. рис. 1 - 3).

Анализ результатов проведенных численных экспериментов показывает, что при одинаковой интенсивности добычи падение давления на скважине быстрее при фильтрации нефти, чем при фильтрации с газом, а при рассмотрении в условиях наличия газа в составе нефти увеличивается текучесть смеси. Скорость падения давления на галерее при больших вязкостях нефти всё быстрее по

времени, а при небольших вязкостях нефти — сначала быстрее, достигая некоторого небольшого значения, затем начинает падать.

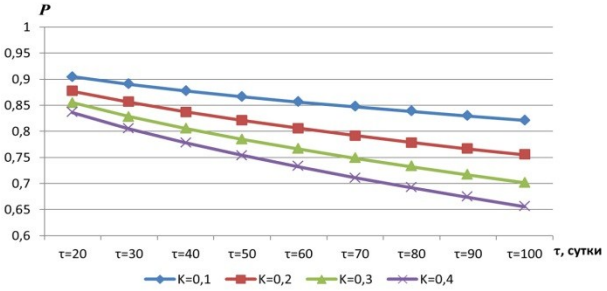


Рис. 1. Динамика перераспределения давления в пласте при различных значениях коэффициента фильтрации

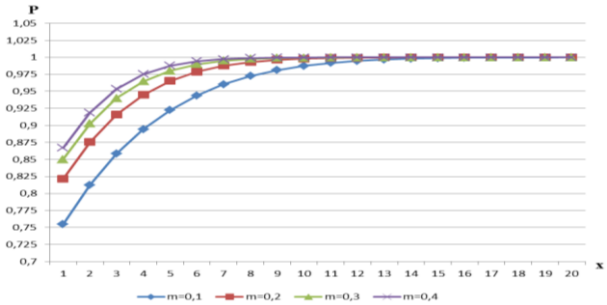


Рис. 2. Динамика перераспределения давления в пласте при различных значениях коэффициента пористости

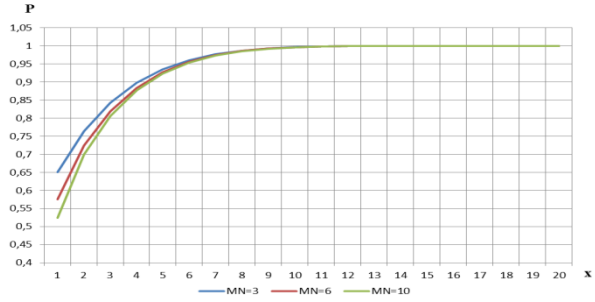


Рис. 3. Динамика перераспределения давления в пласте при различных значениях коэффициента вязкости

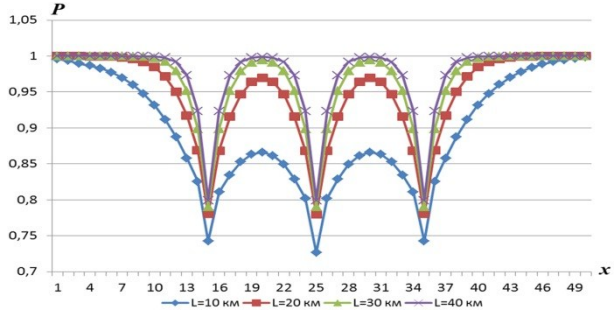


Рис. 4. Перераспределение давления в пласте при различных значениях длины пласта ($\tau = 100$ сут.)

В целом можно отметить, что динамика перераспределения давления пласта существенно зависит от мощности пласта. С увеличением мощности пласта давление в скважине и соседних точках уменьшается. А время эксплуатации продуктивного пласта (см. рис. 4) существенно зависит от его длины, мощности, числа скважин и их дебитов.

Заключение

Разработанная программа и реализованный в ней математический аппарат могут быть использованы специалистами организаций, осуществляющих добычу углеводородов, с целью повышения эффективности работы месторождений.

Список литературы

1. Равшанов Н., Курбонов Н.М. Компьютерное моделирование процесса фильтрации флюидов в пористых средах // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. –Челябинск, 2015. – Т. 4, № 2. С. 89–106. DOI: http://dx.doi.org/10.14529/cmse150207.

2. Kurbonov N. M., Saliev E. A. Computer experiment to study of filtration oil, gas and water in a porous medium // Problems of computational and applied mathematics. – Tashkent, 2016. – № 1(3). – Pp. 13-22.

3. Курбонов Н.М. Математическое моделирование фильтрационных процессов при поршневом вытеснении // Информатика: проблемы, методология, технологии : Материалы XVIII Международной научно-методической конференции, 8 - 9 февраля 2018 г. – Воронеж, 2018. – Т. 2.– С. 247-251.

Синтез диаграмм направленности диапазонных антенных решеток с максимально достижимыми коэффициентами направленного действия

М. Ю. Лукин, email: bonvian81@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»

Аннотация. *С использованием метода неопределенных множителей Лагранжа проведен синтез нулей диаграмм направленности диапазонных антенных решеток при контроле максимально достижимых коэффициентов направленного действия. Исследованы закономерности изменения направленных свойств решеток при различных угловых положениях и числе формируемых нулей диаграмм направленности.*

Ключевые слова: *антенная решетка, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, метод неопределенных множителей Лагранжа.*

Введение

Для достижения устойчивости и надежности передачи информации в радиосистемах применяются антенные решетки (АР) с высокими коэффициентами направленного действия (КНД) и нулями диаграмм направленности (ДН) в секторах, опасных для перехвата сигналов и постановки помех.

Нули ДН АР формируются на множестве циклических частот в диапазоне $\omega \in [\omega_0 - 0{,}5\Delta\omega;\ \omega_0 + 0{,}5\Delta\omega]$ шириной $\Delta\omega$ с центральной циклической частотой ω_0 при максимизации энергии излучаемого (принимаемого) поля [1, 2].

В предлагаемой работе с использованием метода неопределенных множителей Лагранжа [3] проведен синтез ДН N-элементных линейных и кольцевых диапазонных АР с фиксированными значениями для заданных угловых положений и максимально достижимыми КНД. Согласно [1, 4], за счет установления ограничений на уровень боковых лепестков ДН антенной системы достигается наименьшее среднеквадратическое отклонение главного луча от формы, соответствующей наибольшему КНД, что позволяет формировать секторные провалы ДН при сохранении направленных свойств.

© Лукин М. Ю., 2019

Цель работы – синтез ДН АР с максимально достижимыми КНД и исследование зависимостей показателей направленности от числа и плотности размещения антенных элементов, количества и угловых положений формируемых нулей.

1. Определение показателей направленности линейных и кольцевых диапазонных антенных решеток

Для описания решеток введем декартову систему координат, для определения их характеристик – сферическую систему координат с углами θ и φ, начало которой совпадает с точкой O. Угол θ отсчитывается в вертикальной плоскости от оси Oz, угол φ – в горизонтальной плоскости от оси Oy против часовой стрелки.

Будем полагать, что линейные решетки с шагом d расположены вдоль оси Oy, а элементы кольцевых решеток – на окружности радиуса $R = 0{,}5d\sin^{-1}(\pi / N)$ в плоскости $z = 0$ с центром в точке O. Антенные элементы идентичны, согласованы с питающими линиями в полосе рабочих циклических частот и развязаны по электрическим цепям.

Комплексная ДН диапазонной решетки имеет вид [3]

$$\dot{D}_{d[R]}(\theta, \varphi, \omega) = \sum_{n=1}^{N} \dot{I}_n^*(\omega)\, f_n^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega), \qquad 5$$

где $\dot{I}_n(\omega)$ – спектральная плотность тока n-го антенного элемента ($n = 1,\ldots,N$),

$$f_n^d(\theta, \varphi, \omega) = \exp(-j\omega d c^{-1}(n-1)\sin\varphi\sin\theta), \quad n = 1,\ldots,N, \qquad 6$$

– парциальная характеристики структуры линейного типа,

$$f_n^R(\theta, \varphi, \omega) = \exp(-j\omega R c^{-1}\cos(\varphi - 2\pi N^{-1}(n-1))\sin\theta), \; n = 1,\ldots,N, \qquad 7$$

– парциальная характеристика кольцевой системы, c – скорость света, * – знак комплексного сопряжения.

В соответствии с (1) КНД АР определяется выражением [3]

$$G_{d[R]}(\theta, \varphi) = C_{d[R]}(\theta, \varphi) S_{d[R]}^{-1}, \qquad 8$$

где

$$C_{d[R]}(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^{N}\sum_{p=1}^{N} \int_{\omega_0 - \Delta\omega/2}^{\omega_0 + \Delta\omega/2} \dot{I}_n^*(\omega)\, C_{np}^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega)\, \dot{I}_p(\omega) d\omega, \qquad 9$$

– угловое распределение потока энергии поля решетки,

$$S_{d[R]} = \sum_{n=1}^{N} \sum_{p=1}^{N} \int_{\omega_0 - \Delta\omega/2}^{\omega_0 + \Delta\omega/2} \dot{I}_n^*(\omega)\, S_{np}^{d[R]}(\omega)\, \dot{I}_p(\omega) d\omega \qquad 10$$

– поток энергии поля гипотетической изотропной антенной системы;

$$C_{np}^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega) = f_n^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega) f_p^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega), \quad n = 1, \ldots, N, \qquad 11$$

– коэффициенты электромагнитного взаимодействия элементов [4]

$$S_{np}^{d[R]}(\omega) = (4\pi)^{-1} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} f_n^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega) f_p^{d[R]}(\theta, \varphi, \omega) \sin\theta\, d\theta\, d\varphi, \; n = 1, \ldots, N, \qquad 12$$

– коэффициенты, характеризующие распределение поля гипотетической изотропной антенны, относительно которого оценивается уровень энергии поля решетки в направлении (θ, φ).

2. **Критерий синтеза диаграмм направленности антенных решеток**

Для формирования M нулей ДН решетки (1) требуется на множестве значений $\omega_k \in [\omega_0 - 0{,}5\Delta\omega;\ \omega_0 + 0{,}5\Delta\omega]$ для направлений (θ_m, φ_m) зафиксировать $K = \sum_{m=1}^{M} K_m \le N - 1$ локальных экстремумов глубиной α_m^k, $k = 1, \ldots, K_m$, $m = 1, \ldots, M$.

Критерий синтеза нулей ДН решетки при максимально достижимом КНД (4) определяется системой уравнений

$$\begin{cases} \left| \dot{D}_{d[R]}(\theta_m, \varphi_m, \omega_k) \right| = \alpha_m^k, \quad k = 1, \ldots, K_m, \quad m = 1, \ldots, M; \\ G_{d[R]}(\theta_0, \varphi_0) \to \max, \end{cases} \qquad 13$$

где (θ_0, φ_0) – угловое положение энергетического максимума ДН [1].

Используя неопределенные множители Лагранжа λ_m^k, $k = 1, \ldots, K_m$, $m = 1, \ldots, M$, находим, что для вычисления токов $\dot{I}_n(\omega)$, $n = 1, \ldots, N$, при которых ДН (1) и КНД АР (4) удовлетворяют условию (9), требуется минимизировать функционал [2, 4]

$$\Phi_{d[R]} = \hat{\Phi}_{d[R]} + \tilde{\Phi}_{d[R]}, \qquad 14$$

где

$$\hat{\Phi}_{d[R]} = \int_{\omega_0 - \Delta\omega/2}^{\omega_0 + \Delta\omega/2} \sum_{n=1}^{N} \sum_{p=1}^{N} I_n^*(\omega) S_{np}^{d[R]}(\omega)\, I_p(\omega) d\omega, \qquad 15$$

$$\widetilde{\Phi}_{d[R]} = \int\limits_{\omega_0-\Delta\omega/2}^{\omega_0+\Delta\omega/2} \sum_{n=1}^{N}\sum_{p=1}^{N} I_n^*(\omega) S_{np}^{d[R]}(\omega)\, I_p(\omega) d\omega\,, \qquad 16$$

Заменив в (11) и (12) интегрирование по циклической частоте квадратурным суммированием значений подынтегральных функций на множестве отсчетов [1], вычислим первую вариацию (10) по $I_n(\omega_k)$, $k=1,\ldots,K_m$, $m=1,\ldots,M$, и в результате приравнивания ее нулю найдем параметрическую оценку спектрального распределения токов решетки

$$I_n(\omega_k) = -B_k^{-1} \sum_{m=0}^{M}\sum_{s=1}^{K_m} \lambda_m^{s*} \sum_{p=1}^{N} (S_{np}^{d[R]}(\omega_k))^{-1} f_n^{d[R]}(\theta_m, \varphi_m, \omega_s)\,, \qquad 17$$

где B_k – весовой коэффициент квадратурной суммы, $k=1,\ldots,K_m$.

В результате подстановки (13) в (1), а найденных выражений последовательно в (5), (6), (4) и первое уравнение системы (9) получим систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) размером $K\times K$ относительно множителей Лагранжа λ_m^k, $k=1,\ldots,K_m$, $m=1,\ldots,M$

$$B_k^{-1} \sum_{q=0}^{M}\sum_{s=0}^{K_q}\sum_{n=1}^{N}\sum_{p=1}^{N} f_n^{d[R]}(\theta_m, \varphi_m, \omega_k)(S_{np}^{d[R]}(\omega_s))^{-1} f_p^{d[R]}(\theta_q, \varphi_q, \omega_s)\lambda_m^{s*} = -\alpha_m^k\,. \qquad 18$$

Путем численного решения СЛАУ (14) методом Гаусса с выбором главного элемента по столбцу [5] рассчитаны показатели направленности диапазонных АР.

3. Результаты синтеза диаграмм направленности антенных решеток

В таблице приведены КНД линейных АР $G_d(\theta_0=\pi/2;\varphi_0=\pi/2)$ из 10 (числитель) и 15 (знаменатель) элементов, в ДН которых сформированы нули глубиной –25 дБ, а также максимальные КНД, достижимые отсутствии нулей ДН ($M=0$).

Из представленных результатов следует, что за счет формирования в ДН 10-элементной решетки одного нуля КНД снижается на 0,5…2,3 дБ вследствие расширения главного луча в 1,1…1,15 раз; при формировании двух нулей ДН снижение КНД достигает 1,3…3,6 дБ, а ширина ДН увеличивается в 1,15…1,25 раз. При формировании в ДН 15-элементной решетки одного нуля, КНД снижается на 1,2…3,7 дБ, а при создании двух нулей – на 1,6…4,1 дБ. Степень снижения КНД уменьшается пропорционально порядковому номеру бокового лепестка ДН, в области которого формируются нули.

При задании в ДН 10-элементной решетки с нормированным шагом $\omega_0 d = 0{,}5 \ldots 2\pi c$ трех уровней $\alpha_3^1 = -25$ дБ на циклической частоте ω_0 уровень боковых лепестков ДН снижается на 1,3…2,7 дБ; при фиксации аналогичных локальных экстремумов ДН α_1^3 на трех циклических частотах он дополнительно уменьшается на 1,1…1,3 дБ.

Таблица

Максимальные КНД АР с нулями ДН

Число нулей ДН решетки		Максимальный КНД решетки, дБ		
		$\omega_0 d = 0{,}5\pi c$	$\omega_0 d = \pi c$	$\omega_0 d = 2\pi c$
$K = 3$	$M = 1$	7,4/7,7	9,3/10,2	9,2 / 10,3
	$M = 3$	7,9/8,1	8,8/9,1	8,9/9,3
$K = 6$	$M = 1$	7,2/7,6	8,1/9,3	8,2/9,5
	$M = 3$	7,1/7,9	7,3/8,6	7,8/8,9
$M = 0$		8,5/8,9	10,1/11,5	9,8/12,1

При определении шести значений α_1^6 на центральной циклической частоте средний уровень боковых лепестков ДН 15-элементной решетки лежит в пределах – (9,1…13,3) дБ; при переходе от центральной частоты к трем частотам он изменяется не более чем на 3,2 дБ.

Максимальные КНД диапазонных решеток достигаются при $\omega_0 d \approx 1{,}8\ \pi c$ практически независимо от числа элементов и нулей ДН.

При увеличении межэлементного расстояния в 1,5 раз относительная ширина секторного провала ДН в области первого – третьего боковых лепестков уменьшается в 1,1…1,2 раз вследствие повышения уровня бокового излучения на 2,4…2,7 дБ. При шести локальных экстремумах ДН потери КНД достигают 1,3…3,6 дБ, а ширина ДН увеличивается в 1,15…1,25 раз. В 15-элементной решетке с одним нулем ДН величина КНД убывает на 1,6…3,4 дБ, а при создании двух нулей – на 1,6…3,8 дБ.

За счет синтеза трех нулей ДН 4-элементной кольцевой АР с нормированным радиусом $\omega_0 R = 0{,}14 \ldots 0{,}18\, c$ путем фиксации значений на уровне –27 дБ на трех циклических частотах в относительной полосе частот $\Delta\omega = 0{,}5\ \omega_0$ достигается КНД 2,8…3,1 дБ.

Заключение

На основе метода неопределенных множителей Лагранжа проведен синтез нулей ДН диапазонных АР с максимально достижимыми КНД.

Исследованы зависимости направленных свойств решеток от числа элементов, расстояния между ними, количества и угловых положений формируемых нулей. Оценены возможности снижения среднего уровня боковых лепестков ДН за счет последовательной коррекции ее локальных экстремумов, а также достижимые полосы циклических частот, где создаются секторные провалы ДН, при контроле потерь КНД.

Показано, что за счет формирования нулей ДН АР без минимизации среднего уровня боковых лепестков для главных лучей ДН обеспечивается минимальное среднеквадратическое отклонение от исходной формы, что позволяет избежать существенных потерь КНД.

Список литературы

1. Богословский, А. В. Синтез нулей диаграмм направленности антенных решеток для излучения узкополосных и импульсных сигналов с высокими коэффициентами направленного действия / А. В. Богословский, С. Н. Разиньков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2018. – Т. 8. – № 2. – С. 32-37.

2. Разиньков, С. Н. Синтез нулей диаграмм направленности резонансных и диапазонных антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский, М. Ю. Лукин // Радиотехника. – 2017. –№ 12. – С. 44-51.

3. Бахрах, Л. Д. Синтез излучающих систем (теория и методы расчета) : монография / Л. Д. Бахрах, С. Д. Кременецкий . – М. : Радио и связь, 1974. – 232 с.

4. Попова, О. Э. Синтез сверхширокополосных дискретных излучающих структур с максимальными энергетическими показателями направленности и нулями угло-частотных характеристик / О. Э. Попова, С. Н. Разиньков // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2009. – Т. 12. – № 3. – С. 46-53.

5. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики : монография / Г. И. Марчук . – М. : Наука, 1989. – 608 с.

Математическая модель для описания движения потоков воздуха в турбинном спирометре нового типа

А. В. Максимов, email: maksimov_alexey@inbox.ru
Е. А. Киселев, email: evg-kisel2006@yandex.ru
С. Д. Кургалин, email: kurgalin@bk.ru
С. А. Зуев, email: zsa_zuev@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе мы описываем разработанную нами математическую модель взаимодействия потоков воздуха с подвижными частями прибора для турбинного спирометра нового типа. Модель основана на уравнении моментов и содержит несколько эмпирических параметров. Проведена экспериментальная проверка модели. Указан простой способ определения эмпирических параметров на этапе калибровки прибора. На основе модели предложен численный метод нахождения скорости входного потока воздуха.*

Ключевые слова: *математическая модель, турбинный спирометр, уравнение моментов.*

Введение

Для математического описания движения потоков воздуха обычно применяется модель сплошной среды. При таком подходе возникают достаточно сложные нелинейные уравнения в частных производных (уравнение Навье-Стокса, Рейнольдса и др.) [1, 2]. Их точное решение возможно лишь в некоторых простых частных случаях, а нахождение численного решения требует привлечения больших вычислительных мощностей. Поэтому часто на практике пользуются простыми эмпирическими соотношениями, содержащими несколько подстраиваемых феноменологических параметров [3].

В данной работе мы поступили аналогичным образом, поскольку модель разрабатывалась для компактного прибора, предназначенного для домашнего использования. Привлечение больших ресурсов ЭВМ в этой ситуации принципиально невозможно, поэтому такой подход представляется наиболее оптимальным решением.

1. Описание прибора и основные предположения модели

Общий вид исследуемого турбинного спирометра показан на рис. 1. Цифрами 1 и 2 обозначены проницаемые перегородки, которые

© Максимов А. В., Киселев Е. А., Кургалин С. Д., Зуев С. А., 2019

закручивают поток воздуха, 3 – подвижная турбина, удерживаемая неодимовыми магнитами 4 и 5. Количество оборотов турбины регистрируется оптическим датчиком 6. $\vec{u}$ – это скорость входного потока воздуха, $\vec{\omega}$ – угловая скорость вращения турбины, $\vec{L}$ – момент импульса турбины, а I – ее момент инерции относительно оси z.

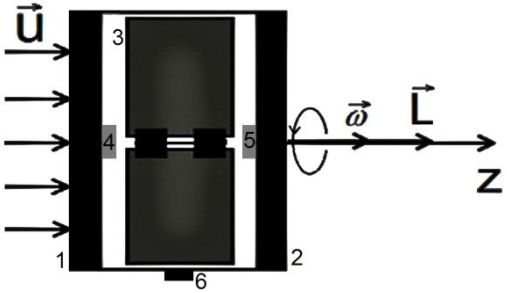


Рис. 1. Общий вид прибора и основные обозначения

В отличие от аналогичных датчиков Gold Standart и flowMir прибор содержит массивную турбину. Благодаря этому ее трудно вывести из строя при санитарной обработке спирометра в бытовых условиях. Другой особенностью является фиксация турбины не с помощью неподвижной оси, а за счет мощных неодимовых магнитов. Это позволяет легко разбирать и собирать прибор, а также снижает трение в системе. Кроме того, в отличие от аналогов в приборе используется всего один оптический датчик, регистрирующий отраженный сигнал от лопастей турбины, окрашенных специальным образом.

В качестве основного соотношения модели мы используем уравнение моментов

$$\frac{dL_z}{dt} = M_1(u_z) + M_2(\omega_z), \tag{20}$$

где $M_1(u_z)$ – момент сил, действующих на турбину, обусловленный движением потоков воздуха (мы предполагаем, что он зависит только от проекции скорости входного потока воздуха u_z), $M_2(\omega_z)$ – момент сил, вызванный трением в системе, $L_z = I\omega_z$. Общий вид функций $M_1(u_z)$ и $M_2(\omega_z)$ мы устанавливаем эмпирически.

2. Результаты экспериментов

В первой серии экспериментов нами изучалось вращение турбины по инерции после выключения стационарного источника потока

воздуха, действовавшего в течение длительного времени. В этой ситуации остаточные потоки воздуха достаточно быстро исчезают $u_z = 0$ и в формуле (1) можно положить $M_1(u_z) = 0$. Турбина при этом в течение 4-6 секунд продолжает вращаться по инерции.

Мы рассмотрели простейшую линейную модель для $M_2(\omega_z)$. Решение уравнения (1) тогда при $M_1(u_z) = 0$ имеет следующий вид

$$\omega_z(t) = \omega_z(0)e^{-pt} - \frac{q}{p}(1 - e^{-pt}), \tag{21}$$

где p, q – некоторые постоянные. Как показали эксперименты, формула (2) достаточно хорошо описывает результаты измерений. На рис. 2 изображен пример графика зависимости $\omega_z(t)$. Тонкая линия – экспериментальная кривая, жирная – теоретическая (2).

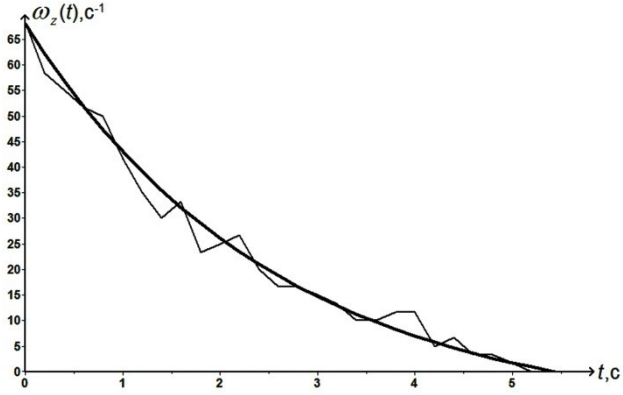


Рис. 2. Экспериментальная и теоретическая зависимость $\omega_z(t)$ при вращении турбины по инерции

Для оценки качества модели (2) мы рассчитывали коэффициент детерминации R^2

$$R^2 = 1 - \left(\sum_{i=1}^{n} (\omega_i^T - \omega_i^E)^2 \right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{n} (\omega_i^E - \overline{\omega})^2 \right), \tag{22}$$

где ω_i^E – экспериментально измеренное значение угловой скорости, $\overline{\omega}$ – экспериментальное среднее, ω_i^T определяется формулой (2) в некоторый момент времени $t = t_i$, $n = 15$. Параметры p и q

рассчитывались методом наименьших квадратов. В серии проведенных нами экспериментов в среднем R^2 ~0,97, что свидетельствуют в пользу возможности применения линейной модели для $M_2(\omega_z)$ на практике.

Для исследования общего вида $M_1(u_z)$ мы провели серию экспериментов по измерению угловой скорости ω_z в зависимости от скорости входного потока воздуха u_z в установившемся режиме, т. е. при $u_z = const$. Скорость u_z измерялась с помощью анемометра, обеспечивающего точность ~0,1 м/с.

Как показали эксперименты, зависимость $\omega_z(u_z)$ носит практически линейный характер. Подобное обстоятельство другими авторами отмечалось и для иных типов турбинных спирометров [4]. На рис. 3 показан график зависимости $\omega_z(u_z)$. Тонкая линия – экспериментальная кривая, жирная – прямая, построенная методом наименьших квадратов

$$\omega_z = k(u_z - u_{\min}), \tag{23}$$

где k и $u_{\min}$ – постоянные. Коэффициент детерминации ~0,97.

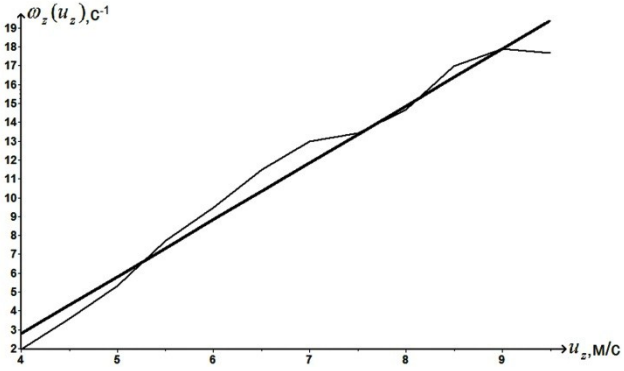


Рис. 3. Экспериментальная и теоретическая зависимость $\omega_z(u_z)$ в установившемся режиме

Зависимость $\omega_z(u_z)$ будет линейной, если $M_1(u_z)$ также линейно зависит от u_z. После соответствующих преобразований уравнения моментов (1), с учетом линейного характера зависимости $M_2(\omega_z)$ и $M_1(u_z)$, наша математическая модель приобретает следующий вид

$$u_z = \frac{1}{a}\frac{d\omega_z}{dt} + \frac{1}{k}\omega_z + u_{\min}, \qquad (24)$$

где $a = kp = q/u_{\min}$. Коэффициенты p, q, k и $u_{\min}$ легко найти на этапе калибровки, проведя измерения, аналогичные описанным выше. При этом калибровочные измерения следует проводить при различных значениях температуры и влажности с некоторой дискретизацией, сохранив полученные данные в памяти прибора.

Заключение

В данной работе нами предложена математическая модель, основанная на уравнении моментов. Главное практическое значение для определения параметров выдоха имеет формула (5), так как она позволяет, зная зависимость $\omega_z(t)$, определить скорость входного потока воздуха $u_z(t)$.

Угловая скорость ω_z в приборе измеряется оптическим датчиком в дискретные моменты времени. Производную $d\omega_z/dt$ в формуле (5) можно приближенно найти с помощью конечных разностей. Тогда, зная эмпирические параметры a, k и $u_{\min}$, можно вычислить значения u_z.

Таким образом, расчеты в рамках представленной модели не требуют привлечения больших вычислительных мощностей. Это является важным обстоятельством, так как она разработана для портативного прибора, предназначенного для использования в бытовых условиях.

В перспективе предполагается усовершенствовать математическую модель, исследовав зависимость ее параметров от влажности и температуры. Это позволит уменьшить объем данных, хранимых в приборе, и существенно упростить процедуру калибровки.

Список литературы

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : «Дрофа», 2003. – 840 с.

2. Димитриенко Ю. И. Нелинейная механика сплошной среды / Ю. И. Димитриенко. – М. : «Физматлит», 2009. – 624 с.

3. Голубев А. Г. Аэродинамика / А. Г. Голубев и др. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 687 с.

4. Chowienczyk P. J. Pocket-sized device for measuring forced expiratory volume in one second and forced vital capacity // P. J. Chowienczyk, C. P. Lawson // Britsh Medical Journal. – 1982. – V. 285. – P. 15-17.

Программный комплекс RSSYS# для математического моделирования процессов редокс-сорбции нанокомпозитами металл-ионообменник

И. А. Марков, markovigor191@gmail.com
Н. А. Тюкачёв
Е. Н. Коржов, ken@amm.vsu.ru
З. А. Шабунина, shabunina_z_a@mail.ru
Т. А. Кравченко, krav@chem.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы разработки программного комплекса RSSYS#, предназначенного для компьютерного моделирования процессов редокс – сорбции нанокомпозитами металл – ионообменник. Кратко описаны его структура и состав, а также первые результаты тестирования на основе простейших моделей кинетики указанного процесса и сопоставление с имеющимися экспериментальными данными.*

Ключевые слова: *процессы редокс-сорбции, математическое моделирование, программное обеспечение компьютерного эксперимента*

Введение

Окислительно-восстановительные свойства редокситов позволяют применять их в самых разных отраслях промышленности. В частности, они используются для обескислороживания воды. К настоящему времени синтезировано довольно большое число редокситов на органической и неорганической основе, они могут быть различными по форме и размерам. Значительную группу составляют металлсодержащие редокситы, в порах которых находится нанодисперсный металл. Изучение сорбционных процессов, сопровождающихся различными химическими реакциями, является одной из актуальных задач химических технологий [1].

Принципиальная схема промышленного реактора может быть представлена в виде цилиндра с плотной зернистой засыпкой из мелких сферических зёрен нанокомпозита радиусом r_o. Через реактор протекает жидкость, содержащая растворённый молекулярный кислород с концентрацией c_o. Процесс поглощения кислорода сопровождается его химическим взаимодействием с наночастицами металла. В результате чего на выходе из реактора кислород в жидкости отсутствует.

1. **Иерархия математических моделей**

На этапе разработки новых конструкций и химических материалов, к которым относятся нанокомпозиты металл – ионообменник, зачастую невозможно достаточно точно указать роль каждого из факторов, под действием которых осуществляется такого рода процессы. В этой связи основным инструментом для определения наилучших конструктивных параметров создаваемой установки, а также оптимальных режимов её эксплуатации, становится применение метода математического моделирования. В этой связи выполняется построение не одной, а достаточно большого числа математических моделей, с помощью которых может быть успешно проведен компьютерный эксперимент. Основные моменты разработки всей совокупности требуемых моделей для интересующего нас процесса более детально обсуждаются в [2].

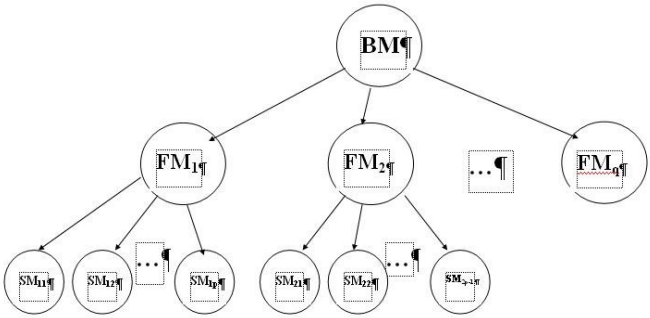


Рис. 1. Схема иерархической совокупности моделей первых двух уровней иерархии

В качестве базовой модели кинетики процесса редокс-сорбции выбрана хорошо известная модель свободного диффузионного заполнения сферы радиусом r_o веществом, содержащимся в окружающей среде с концентрацией c_o, при граничных условиях Дирихле. Соответствующая начально-краевая задача имеет точное аналитическое решение[1,2].

Построение моделей первого уровня иерархии FM_i, в том числе с гетерогенными химическими реакциями диффундирующего вещества с одним из компонентов гранулы представлены в[2]. Соответствующие начально-краевые задача относится к задачам типа Стефана с подвижной границей $r_s(t)$ и с граничным условием типа Робина на поверхности сферического зерна.

Для первой модели второго уровня иерархии SM_{11} предложена математическая модель, учитывающая наличие двух стадий химической

реакции диффундирующего компонента с веществами, входящими в состав гранулы и образующимся в ходе первой стадии этого взаимодействия [2].

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = D_i\left(\frac{\partial^2 c_i}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial c_i}{\partial r}\right), (i=1,2),\ r\in\Omega_i; \tag{1}$$

где $\Omega_1=\{r_{s1}(t) \le r \le r_{s2}(t)\}$, $\Omega 2=\{r_{s2}(t) \le r \le r_o\}$;

$$\frac{dr_{s1}}{dt} = -A_1\left.\frac{\partial c_1}{\partial r}\right|_{r=r_{S1}(t)} \tag{2}$$

$$\frac{dr_{s2}}{dt} = -A_2\left.\frac{\partial c_2}{\partial r}\right|_{r=r_{S2}(t)} + A_1\left.\frac{\partial c_1}{\partial r}\right|_{r=r_{S2}(t)} \tag{3}$$

$$t=0:\quad c_1(r,0)=c_2(r,0)=0,\quad r_{s1}(0)=r_{s2}(0)=r_0; \tag{4}$$

$$t>0,\quad r=r_{S1}(t):\quad c_1(r_s(t),t)=0; \tag{5}$$

$$r=r_{S2}(t):\quad c_1(r_{S2}(t),t)=c_2(r_{S2}(t),t); \tag{6}$$

$$D_1\left.\frac{\partial c_1}{\partial r}\right|_{r=r_{S2}(t)} = D_2\left.\frac{\partial c_2}{\partial r}\right|_{r=r_{S2}(t)} - k_0 c_2(r_{S2}(t),t) \tag{7}$$

$$r=r_0:\quad \left.\frac{\partial c_2}{\partial r}\right|_{r=r_0} = \frac{\alpha}{D_2}\left(c_o - c_2\left(r_0,t\right)\right). \tag{8}$$

Начально-краевая задача (1)-(8) относится к сопряженным задачам теории массопереноса с двумя подвижными границами и функцией стока на одной из них за счет второй стадии гетерогенной химической реакции с конечной скоростью взаимодействия диффундирующего компонента с продуктом первой стадии химического взаимодействия.

2. Применение интегро-интерполяционного метода к моделям кинетики и динамики процессов редокс-сорбции

Для численного решения начально - краевых задач типа (1)-(8) был выбран интегро-интерполяционный метод, обладающий рядом преимуществ по сравнению с разностным методом или методом конечных элементов.

На неравномерной неподвижной сетке

$$\Omega_j^n = \left\{ R_j = \sum_{k=0}^{j}\Delta R_k,\ j=0,1,...N_R;\quad \tau_n = \sum_{k=0}^{n}\Delta\tau_k,\ n=0,1,...N_\tau \right\}$$

после применения метода контрольных объемов к уравнениям и краевым условиям первой модели первого уровня иерархии [2],

предварительно приведенным к безразмерному виду, получена следующая система линейных алгебраических уравнений

$$C_s^{n+1} = 0,$$

$$C_j^{n+1} = C_j^n + \frac{\Delta\tau_n}{6V_j}\left[R_{j-1/2}^3\left(J_{j-1/2}^{n+1} - J_{j-1/2}^n\right) - R_{j-1/2}^3\left(J_{j+1/2}^{n+1} - J_{j+1/2}^n\right)\right], \quad (14)$$

$$C_{N_R-1}^{n+1} - \left(1 + Bi_* \Delta R_{N_R}\right) C_{N_R}^{n+1} = -Bi_* \Delta R_{N_R}$$

В системе алгебраических уравнений (14) введена безразмерная плотность диффузионного потока определяемая обычным образом

$$J_{j-1/2}^p = \frac{1}{\Delta R_j}\left(C_j^p - C_{j-1}^p\right), J_{j+1/2}^p = \frac{1}{\Delta R_j}\left(C_{j+1}^p - C_j^p\right) \text{ для } p=n,\ n+1\ .$$

Решение уравнений (2) и (3), определяющих положение фронтов обеих стадий гетерогенной химической реакции, то есть номера узлов сеточной области s_i, может быть выполнено метод Эйлера или Рунге-Кутты после вычислении на каждом временном шаге градиентов функций концентрации на движущихся границах.

3. Основные концепции разработки программного комплекса и его тестирование

Разработка первой версии программного комплекса осуществлялась в соответствии методологией OLYMPUS на языке программирования C# в среде разработки MS Visual Studio 2010. Проект OLYMPUS представляет собой технологию программирования задач вычислительного эксперимента, которая обобщает существующие и разрабатывает новые принципы, методы и способы создания и эксплуатации программного обеспечения [4].

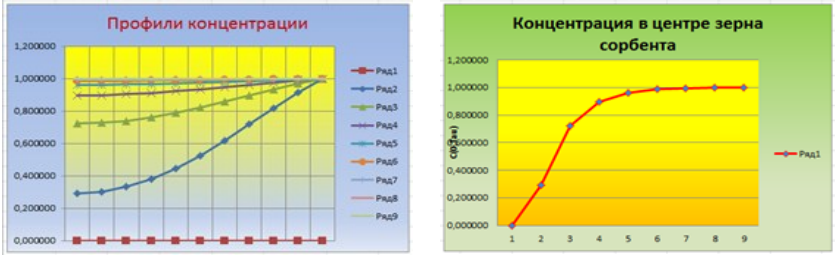


Рис. 2. Концентрационные профили и изменение концентрации в центре зерна нанокомпозита для базовой модели кинетики сорбции.

Тестирование работы комплекса в целом и отдельных программных единиц выполнялось на базовой модели процесса редокс-

сорбции, а также моделях первого и второго уровня иерархии. Сравнение проводилось также с результатами экспериментальных исследований, проводимых на кафедре физической химии Воронежского госуниверситета. Они представлены на рисунках 2 и 3.

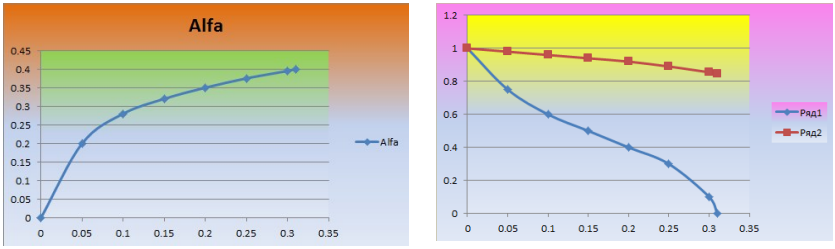


Рис. 3. Изменение степени полноты процесса сорбции $\alpha(t)$ и положений фронтов химической реакции $r_1(t)$ и $r_2(t)$

Заключение

Сопоставление полученных результатов численного моделирования с решением для базовой математической модели, а также качественное совпадение с результатами эксперимента позволяет сделать вывод о возможности использования разрабатываемого программного комплекса для компьютерного моделирования процессов редокс-сорбции нанокомпозитами металл-ионообменник.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта №17-08-00426_а).

Литература

1. Кравченко Т.А., Полянский Л.Н., Калиничев А.И., Конев Д.В. Нанокомпозиты металл-ионообменник. – М.: Наука, 2009. - 391 с.

2. Коржов Е.Н. Математическое моделирование процессов редокс-сорбции. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016. – 42 с.

3. Шабунина З.А., Корзунина В.И., Коржов Е.Н., Кравченко Т.А. Вычислительный алгоритм численного решения начально-краевой задачи кинетики процесса редокс-сорбции // Вестник ф-та ПММ ВГУ. Вып. 14. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. – с.100-105.

4. Марков И.А., Тюкачёв Н.А., Коржов Е.Н., Кравченко Т.А. Начальная стадия разработки программного комплекса для компьютерного моделирования процессов редокс-сорбции на базе технологии OLYMPUS // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: Сб. трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17-19 декабря 2018 г. – Воронеж: Изд-во «Научно-исследовательские публикации», 2018. - С. 843-851.

Научно-методический подход к созданию модели восстановления поля температуры воздуха у поверхности земли с использованием климатической и спутниковой информации

А. Б. Мартьяшкин
Р. В. Чуб , e-mail: martsash@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Предложен научно-методический подход к созданию модели восстановления температуры воздуха у поверхности земли с использованием климатической и спутниковой информации*

Ключевые слова: *Поле температуры, спутниковая и климатическая информация*

Введение

Большая роль в современных исследованиях земной атмосферы отводится метеорологическим искусственным спутникам Земли. Возможность осуществления при их помощи глобальных наблюдений открывает огромные перспективы получения разнообразной информации о состоянии атмосферы и земной поверхности, необходимой для решения широкого ряда научных и прикладных задач.

Появление спутниковой информации положило начало развитию новых методов исследования, поскольку поступающая информация имеет существенное отличие от традиционных наземных наблюдений. Если наблюдения с земной поверхности пространственно дискретны, то данные космических аппаратов позволяют наглядно оценить пространственное поле различных метеовеличин в различных спектральных каналах [1].

1. Научно-методический подход к созданию модели восстановления поля температуры воздуха

Из первого начала термодинамики следует, что изменения температуры воздуха в некоторой точке атмосферы могут быть вычислены по формуле

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\left(u\frac{\partial T}{\partial x} + v\frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\gamma_c - \gamma}{g\rho}\tau + \frac{\varepsilon}{c_p}, \qquad (1)$$

© Мартьяшкин А. Б., Чуб Р. В., 2019

где:

- T – температура воздуха,
- u и v – составляющие фактического ветра,
- $\gamma = -\partial T/\partial z$ и $\gamma_a = Ag/c_p$ – фактический и сухоадиабатический вертикальный градиенты температуры,
- A – термический эквивалент работы,
- g – ускорение свободного падения,
- ρ – плотность воздуха,
- C_p – удельная теплоемкость воздуха при ρ = const,
- p – атмосферное давление,
- ϖ – вертикальная скорость,
- ε – приток тепла за время δt, отнесенный к единице массы воздуха.

Из уравнения (1) следует, что локальное изменение температуры воздуха зависит от горизонтальной адвекции, вертикальных движений воздуха и притока тепла [2].

Вертикальные движения воздуха при устойчивой стратификации температуры в атмосфере ($\gamma < \gamma_c$) в случае восходящих движений ($\tau < 0$) температура воздуха, согласно (5.1), понижается, а в случае нисходящих движений ($\tau > 0$) – повышается. При неустойчивой стратификации – наоборот.

Приток тепла в атмосфере обусловлен турбулентным переносом тепла ($\varepsilon_т$), лучистой энергией ($\varepsilon_л$), и фазовыми преобразованиями воды в атмосфере ($\varepsilon_ф$), то есть

$$\varepsilon = \varepsilon_т + \varepsilon_л + \varepsilon_ф .$$

На изменения температуры воздуха большое влияние оказывает подстилающая поверхность. Поэтому при их изучении качестве дополнения к уравнению притока тепла привлекается как краевое условие на нижней границы атмосферы уравнение теплового баланса поверхности Земли

$$R = P_t + Q + S , \qquad (2)$$

где P_t – турбулентный поток тепла в атмосфере, Q – поток тепла в почве, S – затрата тепла на испарение, R – радиационный баланс подстилающей поверхности.

Величина R может быть записана в виде:

$$R = I(1-\alpha) - E \ .$$

Здесь I – суммарная радиация (прямое излучение Солнца, достигающее поверхности Земли в данном пункте и рассеянная радиация), α - альбедо подстилающей поверхности, E – эффективное излучение поверхности Земли. Очевидно, что изменения радиационного баланса обуславливают, прежде всего, изменения подстилающей поверхности. Вследствие турбулентного обмена в атмосфере они в свою очередь вызывают изменения температуры воздуха.

Величина R, как видно из формулы (2), зависит от суммарной радиации, альбедо и эффективного излучения подстилающей поверхности. При безоблачном небе значения I определяются, в основном, географической широтой места.

Таким образом, при восстановлении температуры воздуха у поверхности Земли за определенный срок все ее изменения за предшествующий период обусловлены тремя основными факторами, упомянутыми выше, формула (1) и тепловым балансом подстилающей поверхности.

Адвективные изменения температуры нередко превышают 10 º С за несколько часов. Такое случается, как правило, при прохождении атмосферных фронтов. В тоже время, в однородных воздушных массах адвективные изменения незначительны из-за малых градиентов температуры. И действительно, исследованиями подтверждено, что градиенты температура в пределах одной воздушной массы в широтном направлении составляют 2–5 º С на 1000 км. В меридиональном направлении эти градиенты несколько больше и составляют 7 –10 º С на 1000 км.

Вблизи земной поверхности (на уровне психрометрической будки) изменения температуры, связанные с вертикальными движениями, отсутствуют, так как ω = 0. Поэтому для уровня земной поверхности этим фактором можно пренебречь.

Таким образом, в однородной воздушной массе, у поверхности Земли, поле температуры воздуха формируется в основном под влиянием притока солнечной радиации (зависящего от широты места), который в свою очередь обуславливает радиационный баланс земной поверхности.

Известно, что термобарическое поле у поверхности Земли и на высотах соответствующее активному, быстродвижущемуся циклону отличается от термобарического поля малоподвижной слабовыраженной ложбины. Эти отличия, безусловно, вносят свой вклад в распределение поля температуры воздуха у земной поверхности. Известно также, что активные, быстродвижущиеся циклоны имеют

место, как правило, при зональной форме атмосферной циркуляции, а малоподвижные ложбины, которым соответствуют квазистационарные атмосферные фронты – при меридиональной. Поэтому учет форм атмосферной циркуляции, а значит и особенностей термобарического поля, позволит более точно восстанавливать поле температуры воздуха у Земли.

Заключение

Исходя из вышесказанного, для восстановления поля температуры для однородной (теплой или холодной) воздушной массы и при определенной (зональной или меридиональной) форме атмосферной циркуляции, необходимо исследовать зависимость значений температуры воздуха у поверхности земли, от величин, характеризующих поток суммарной радиации. Этими величинами могут быть, например широта места или многолетняя средняя месячная температура воздуха.

Литература

1. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии. Л., Гидрометеоиздат, 1985. – 283 с.

2. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. ч. I. – Л. : Гидрометеоиздат, 1986. – 530 с.

Электронный учебный тренажёр для проверки анероидно-мембранных приборов КПА-ПВД

А. В. Мастренков, e-mail: mastr.artur.vlad@gmail.com
Р.В. Репин, e-mail: roma77779@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина (г.Воронеж)

Аннотация. *В работе показано применение информационных технологий в учебном процессе для привития практических навыков работ с образцами вооружения и военной техники. Предложен вариант электронного тренажёра, а также применение методических приёмов для закрепления получаемых навыков*

Ключевые слова: *электронное пособие, электронный тренажёр, цифровая КПА-ПВД.*

Введение

Вторая половина XX века стала периодом перехода к информационному обществу. Лавинообразный рост объёмов информации принял характер информационного взрыва во всех сферах человеческой деятельности.

Информационный взрыв породил множество проблем, одной из которых является проблема обучения. Несмотря на тот факт, что образование является одним из важнейших факторов в жизни человека, у многих представителей современного человека снизился интерес к получению знаний в учебном процессе и за его пределами. Именно потребность в становлении новой системы образования призвана стимулировать обучаемых к получению профессионального образования, используя различные формы и методы организации учебного процесса. Одним из перспективных направлений развития современной образовательной системы является использование электронных учебных пособий, в которые включены электронные тренажёры.

Появление электронных учебных пособий можно воспринимать как качественно новую ступень информатизации образования.

Необходимо заметить, что электронное пособие – это не электронный вариант книги. В зависимости от вида проведения учебного занятия (лекция, семинар, самостоятельная работа) сам ход

© Мастренков А. В., Репин Р.В., 2019

занятия должен быть соответствующим образом построен для достижения эффекта от использования такого пособия. При грамотном использовании электронного учебного пособия оно может считаться мощным инструментом для самостоятельного изучения большинства дисциплин, особенно связанных с информационными технологиями.

1. Разработка тренажёра КПА-ПВД

Для повышения качества учебного процесса и интереса обучаемых к получению знания предлагается использовать электронные тренажёры. Рассмотрим электронный тренажёр КПА-ПВД.

Электронный тренажёр КПА-ПВД представляет собой электронное учебное пособие по отработке навыков работы с установкой КПА-ПВД и предназначена для получения и закрепления навыков работы с контрольно-проверочной аппаратурой КПА-ПВД с целью повышения качества технической эксплуатации и обслуживания авиационного оборудования.

Тренажёр разрабатывался с использованием визуальной, объектно-ориентированной среды программирования ActionScript 3.0.

Рис. 1. Стартовая страница электронного тренажёра

На рисунке 1 представлена стартовая станица электронного тренажёра. Дизайн стартовой страницы является утверждённым и имеет кнопку «Далее» для перехода к самой программе.

После нажатия на кнопку «Далее» стартовой страницы осуществляется переход на страницу выбора задания, представленной на рисунке 2. Слева находится инструкция по технической эксплуатации и ремонту КПА-ПВД, а справа варианты задания для работы с электронным тренажёром.

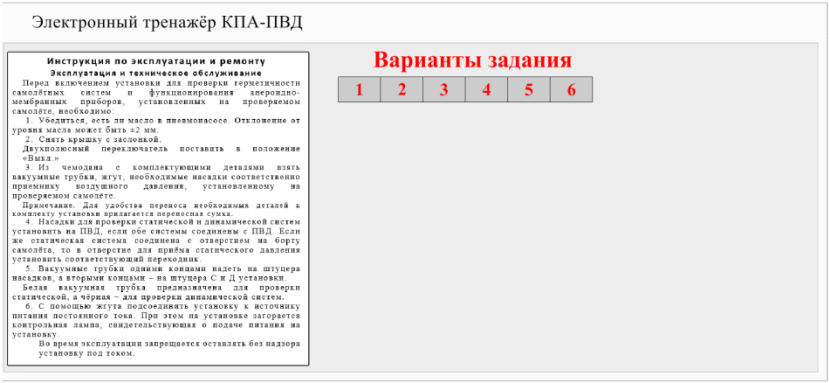


Рис. 2. Окно выбора варианта задания

Выбрав один из предоставляемых вариантов задания, можно приступать к выполнению работ по проверке анероидно-мембранных приборов на электронном тренажёре. Лицевая панель установки КПА-ПВД (слева) и приборов ДА-200 и УС-2000 (справа) представлена на рисунке 3. Сама работа выполняется по технологической карте того вида летательного аппарата, который был указан в задании.

Рис. 3. Лицевая панель КПА-ПВД (слева) и приборы ДА-200 и УС-2000 (справа)

При выполнении тренажа, необходимо соблюдать последовательность и точность выполнения операций. При невыполнении одного из требований открывается окно с описанием

замечания. Пока это окно не закрыто, невозможно выполнить какие-либо действия на тренажёре.

Для работы с электронным тренажёром используется интерактивная доска, компьютер или планшет, с помощью которых можно взаимодействовать с элементами самой установки. При помощи краном статической и динамической системы можно создавать давление(разряжение), а затем его стравливать. В результате работы стрелка на указателе скорости УС-2000 будет перемещаться по шкале, указывая созданное давление(разряжение). Также при помощи регулировочных кранов статической и динамической системы создаётся скорость создания давления(разряжения) в системах установки и в проверяемых летательных аппаратов, индикатором которой служит авиационный вариометр ДА-200.

Для включения установки предназначен трёхполюсный переключатель «ВКЛ. – ВЫКЛ. – ВКЛ.-СВЕТ.», но перед этим необходимо установить два переключателя (верхний правый угол лицевой панели КПА-ПВД) в то положение, которое указано в технологической карте.

Применение электронного тренажёра КПА-ПВД в учебном процессе, позволяет повысить качество обучения, путём привития практических навыков работ на КПА, ещё до выхода на практические занятия на образцы вооружения и военной техники. Кроме того, в настоящее время проводятся исследовательские работы по определению зависимости создаваемого давления и разряжения от угла поворота, угловой скорости поворота кранов статики и динамики, а так же зависимость угловой скорости поворота стрелки прибора от скорости изменения давления и разряжения. Данные результаты в соответствии с «Концепцией разработки информационно-диагностических средств» будут использованы для разработки прототипа цифровой КПА-ПВД, базой которой будет являться электронный тренажёр КПА-ПВД. Это позволит заменить человека-оператора при выполнении оперативных видов подготовок на летательных аппаратах и уменьшить, тем самым, отрицательное влияние человеческого фактора на безопасность полётов.

Заключение

В работе показано, что применение информационных технологий в учебном процессе возможно не только для теоретического обучения, но и для привития практических навыков работы с образцами вооружения и военной техники.

В качества примера предложен вариант электронного тренажёра контрольно-проверочной аппаратуры приёмников воздушного давления.

Предложен вариант фиксации внимания обучающегося на особенностях эксплуатации КПА.

Дано описание устройства КПА, принцип работы на аппаратуре, принцип работы и устройство приборов и механизмов, методик отыскания и устранения характерных неисправностей, технологий выполнения операций и правил по техническому обслуживанию аппаратуры.

Литература

1. Диль, В. Ф. Авиационные приборы и информационно-измерительные системы Ч.1 / В. Ф. Диль – Иркутск: ИВВАИУ (ВИ),2008. – 295 с.

2. Коровин, В. М. Учебная и методическая работа в высшем военном-учебном заведении / В. М. Коровин. – Воронеж : ВИРЭ, 2000. – 275 с.

3. Агеев, Ю.М., Белокотелов, В.П., Варенов, Б.П. Инструкция по проверке барометрического высотомерного оборудования самолётов, вертолётов (межведомственная) / В.Г. Кравцова, В. Я. Кушельман – М. : ОАО “Авиаиздат”, 2002. – 252 с.

Алгоритм фокусировки антенной решетки в условиях априорной неопределенности поляризационной структуры сигнала

В. В. Матейко
В. В. Зиновьев
А. В. Зиновьева, e-mail: vicvm@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Предлагается алгоритм фокусировки и структурная схема приемной адаптивной антенной решетки, учитывающие поляризационную структуру принимаемого сигнала, а также проводится сравнительный анализ точности измерения фаз в упомянутой схеме и обычной адаптивной антенне.*

Ключевые слова: *адаптивная антенна, поляризационная структура, алгоритм фокусировки, амплитудно - фазовое распределение, цепи автоподстройки.*

Введение

В неоднородной атмосфере характеристики направленности антенн из-за искажения волнового фронта в принимаемой или излучаемой волне могут непредсказуемо ухудшаться [1], в частности, происходит заметное увеличение уровня боковых лепестков, снижается направленность излучения, увеличивается шумовая температура. Кроме того снижаются возможности улучшения других характеристик антенны.

Обойти упомянутые препятствия возможно за счет использования адаптивных алгоритмов функционирования, в основу которых положено измерение амплитудно – фазового распределения в принимаемой волне и использование полученных данных для оценки амплитуд и фаз токов питающих излучатели антенной решетки. Подобные алгоритмы функционирования положены в основу работы адаптивных антенных решеток (ААР).

1. Структурная схема и анализ точности измерения фаз

Структурная схема адаптивной антенны изображена на рис. 1 Принимаемые элементами антенной решетки сигналы, сопоставляются в схемах сравнения, в простейшем случае состоящих из фазовых

© Матейко В. В., Зиновьев В. В., Зиновьева А. В., 2019

детекторов (ФД), которые размещают на выходе объединенных в группу нескольких каналов или в каждом канале антенной решетки.

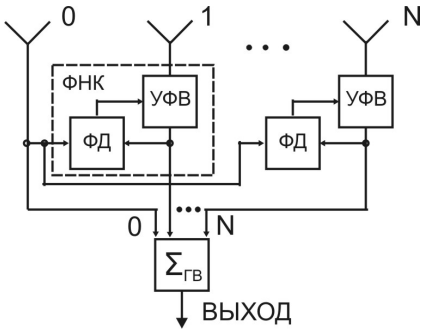


Рис. 1. Структурная схема ААР

С выхода схемы сравнения разностный сигнал, равный с точностью до постоянного множителя несовпадению фаз принятых сигналов в элементах антенной решетки, действует на электрически управляемые фазовращатели в этих каналах излучателей, выравнивая фазу сигнала в любом излучателе к фазе сигнала в канале принятого за опорный. Так достигается синфазное сложение сигналов на выходе ААР.

При фокусировке на объекты, у которого поляризация антенны не известна или изменяется, например, при фокусировке на летающие объекты или для других целей эффективность обычной ААР может значительно снижаться из - за уменьшения отношения сигнал/шум на входе следящих контуров антенны.

Для устранения этого недостатка предлагается использовать для целей фокусировки вычисление сигнала ошибки в каждом канале антенны отдельно для вертикальной и горизонтальной составляющих линейно поляризованной волны. Структурная схема антенной решетки адаптивной к поляризационной структуре принимаемого сигнала, реализующая фокусировку каждого канала антенны по горизонтальной и вертикальной составляющей принимаемой линейно поляризованной волны, представлена на рис. 2.

В каждом канале антенны, адаптивной к поляризационной структуре сигнала, содержится по два фазонастраивающихся контура (ФНК) – $ФНК_Г$ и $ФНК_В$. Каждый ФНК (с индексом г или в) предназначен для вычисления сигнала ошибки фокусировки n-го канала по горизонтальной (индекс г) или вертикальной (индекс в) составляющих линейно поляризованной волны. Для этого с выходов

отдельных излучателей решетки на $ФНК_Г$ поступают горизонтальные составляющие принимаемого сигнала, а на $ФНК_В$ – вертикальные.

Сигналы, принятые элементами антенны, сравниваются в $ФНК_{В,Г}$ в фазовых детекторах ($ФД_{В,Г}$), размещенных в каждом канале антенной решетки. Сигнал ошибки, линейно связанный с разностью фаз сигналов, принятых элементами антенной решетки, по цепям обратной связи поступают на фазовращателели ($ФВ_{В,Г}$) в данных каналах, «подгоняя» фазу сигнала в произвольном канале многоэлементной антенны к фазе сигнала в опорном канале.

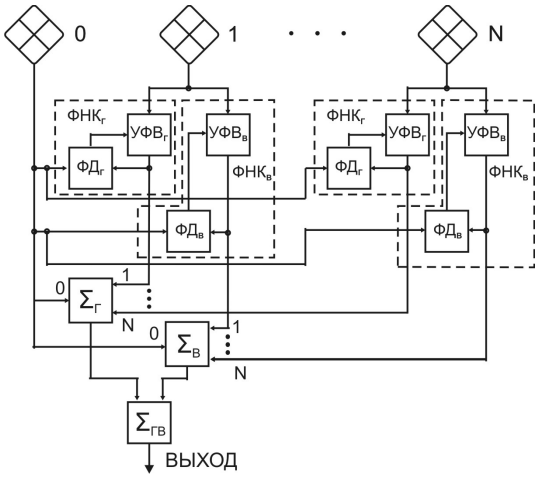


Рис. 2. Структурная схема антенной решетки, адаптивной к поляризационной структуре сигнала

Это привязка осуществляется отдельно для вертикальной и горизонтальной составляющей сигнала флуктуирующей волны. Сложение вертикально поляризованных составляющих этой волны осуществляется в сумматор $\sum_В$, а горизонтальных – в $\sum_Г$. Окончательное суммирование сфокусированных вертикально и горизонтально поляризованных составляющих происходит в сумматоре $\sum_{В,Г}$, на вход которого поступают сигналы с сумматоров $\sum_В$ и $\sum_Г$.

Для осуществления такого алгоритма фокусировки, учитывающего поляризационную структуру сигнала, требуется соответствующая антенна, обеспечивающая выделение вертикальной и горизонтальной составляющих принимаемой линейно поляризованной волны и раздельную их подачу в каналы обработки.

В конечном итоге отмеченные особенности должны привести к улучшению точности оценивания фаз. В этой связи интересно провести сравнительный анализ точности измерения фаз в схеме (описанной в статье), учитывающей при фазировании поляризационную структуру сигнала, от обычной ААР.

Для осуществления такого сравнения рассмотрим линейную антенную решетку, содержащую $R+1$ равномерно расположенных излучателей. На выходе произвольного элемента антенны α сигнал представим в следующем виде

$$y_\alpha = A_\alpha(t)\cos(\omega_0 t + \varphi(\alpha,t)) + \xi_\alpha(t),\ \alpha = \overline{0,R}$$

где α – номер элемента АР, $\xi_\alpha(t)$ – помеховый сигнал в виде белого шума имеющий вид дельта – функции

$$\left\langle \xi_\alpha(t)\xi_\beta(t+\tau)\right\rangle = \begin{cases} N_\alpha \delta(\alpha), & \alpha = \beta, \\ 0, & \alpha \neq \beta, \end{cases}$$

$$\left\langle \xi_\alpha(t)\right\rangle = 0.$$

Математическое ожидание (статистическое среднее значение) обозначено с помощью скобок $\langle\ \rangle$.

Допустим, характер амплитуды процесса модуляции определяет случайная функция $f(\alpha,t)$ таким образом, что

$$A_\alpha(t) = A_0(1 + m_\alpha f(\alpha,t)).$$

Здесь $A_0 = \left\langle A_\alpha(t)\right\rangle$, $\left\langle f(\alpha,t)\right\rangle = 0$, m_α – коэффициент модуляции.

В данной постановке задачи, случайные функции $f(\alpha,t)$ и $\varphi(\alpha,t)$, входящие в выражение (1) могут быть с требуемой точностью аппроксимированы конечным рядом стандартных многочленов со случайными коэффициентами $\rho_i(t)$ и $\psi_j(t)$, причем в разложении $f(\alpha,t)$ и $\varphi(\alpha,t)$ можно ограничиться числом N и M слагаемых соответственно. В итоге имеем,

$$f(\alpha,t) \approx \sum_{i=0}^{N} \rho_i(t) P_i(\alpha),$$

$$\varphi(\alpha,t) \approx \sum_{j=0}^{M} \psi_j(t) P_j(\alpha), \quad M, N \le R$$

При таком алгоритме функционирования процедура измерения амплитудно - фазового распределения на апертуре антенны сводится к

процедуре фильтрации коэффициентов $\rho_i(t) = \rho_{it}$ и $\psi_i(t) = \psi_{it}$ отдельно для ортогональных компонент случайно поляризованного сигнала.

Абсолютные величины ошибки в оценке амплитуды и фазы в произвольном (α) элементе в случае $N = M = R$ для рассматриваемой антенны, очевидно, равны

$$\Delta A_\alpha(t) = A_\alpha(t) - \hat{A}_\alpha(t) = A_0 m_A \sum_{i=0}^{R} \tilde{\rho}_i(t) P_i(\alpha),$$

$$\Delta\varphi(\alpha, t) = \varphi(\alpha, t) - \hat{\varphi}(\alpha, t) = A_0 m_A \sum_{j=0}^{R} \tilde{\psi}_j(t) P_j(\alpha),$$

где $\tilde{\rho}_i = \rho_i(t) - \hat{\rho}_i(t),\ \tilde{\psi}_j = \psi_j(t) - \hat{\psi}_j(t)$

Исходя из этого, среднее значение квадрата абсолютной ошибки определится соотношениями

$$\Delta\overline{A_\alpha^2} = \left(A_0 m_A\right)^2 \sum_{i=0}^{R} k_{ii}^{\rho\rho} P_i^2(\alpha),$$

$$\Delta\overline{\varphi_\alpha^2} = \sum_{j=0}^{R} k_{jj}^{\psi\psi} P_j^2(\alpha)..$$

При выводе данных соотношений, предполагается отсутствие корреляции между компонентами $\tilde{\rho}_i(t)$ и $\tilde{\psi}_i(t)$. В формулах (5,6) $k_{ii}^{\rho\rho}$ и $k_{jj}^{\psi\psi}$ – стационарные значения дисперсий ошибок оценивания компонентов векторов и $\rho_i(t)$ и $\psi_i(t)$ [3].

Для простоты примем, что коэффициент модуляции m_A в выражении (2) равен нулю, т.е. флуктуации амплитуды сигналов отсутствуют, а также что мощности полезных сигналов и спектральные плотности шумов, принимаемые сравниваемыми решетками, одинаковы. Будем считать далее, что все цепи фазовой автоподстройки простой ААР построены по критерию минимума среднеквадратической ошибки. В произвольном (α) излучателе такой антенны дисперсия измерения фазы определяется выражением [2]

$$\Delta\overline{\varphi_{0\alpha}^2} = \frac{1}{2q}\left(\sqrt{1 + 4\sigma_{\varphi\alpha}^2 q} - 1\right),$$

Здесь $q = A_0^2 / 2\beta_1 N_0$ – отношение мощности полезного сигнала к мощности шумов, $\sigma_{\varphi\alpha}^2 = \sigma_{\varphi 0}^2 \left[(R/2) - \alpha\right)^2\right]$ – дисперсия фазы на входе излучателя решетки. Для ААР, в которой используется алгоритм оценки горизонтальной и вертикальной поляризоционных составляющих

сигнала для оценки флуктуаций в амплитудно-фазовом распределения фронта падающей на апертуру антенны, дисперсия ошибки оценивания фазы определится соотношением

$$\overline{\Delta\varphi_{1\alpha}^2} = \frac{1}{2\tilde{q}_1}\left(\sqrt{1+4\sigma_{\varphi\alpha}^2\tilde{q}_1 / P_1^2(\alpha)}-1\right)P_1^2(\alpha),$$

где

$$\tilde{q}_1 = \frac{A_0^2}{2\beta_1 N_0}\|P_1\|^2 = q\|P_1\|^2.$$

Выигрыш в точности измерения фазы оценивался по формуле

$$\delta = \frac{\overline{\Delta\varphi_{0\alpha}^2}}{\overline{\Delta\varphi_{1\alpha}^2}}.$$

Результаты вычислений, проведенные по формулам (7) – (9) для 5-ти элементной решетки, нескольких значений $\sigma_{\varphi 0}$ и q, показали, что выигрыш в точности оценки фазы увеличивается с ростом дисперсии флуктуации фазы. Поэтому изложенный способ оценки целесообразно применять в ААР, работающих на прием сигналов с большими флуктуациями фаз, например, при распространении на тропосферных и ионосферных радиолиниях.

Заключение

1. Предложен алгоритм оценивания изменяющихся случайным образом во времени и по пространству амплитуд и фаз сигналов в элементах антенной решетки с учетом поляризационной структуры сигнала.

2. Полученный алгоритм обеспечивает более высокую (чем в обычных адаптивных антенных решетках) точность оценивания фаз при приеме коррелированных по пространству сигналов.

Литература

1. Шифрин Я. С. Вопросы статистической теории антенн / Я. С. Шифрин. – М. : Сов. радио, 1970. – 384 с.

2. Тихонов В. И. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов / В. И. Тихонов, Н. К. Кульман. – М. : Сов. радио, 1975. – 704 с.

3. Маслов А. Ф. Квазиоптимальный алгоритм измерения амплитуд и фаз сигналов на выходах элементов приемной антенной решетки, работающей в неоднородной среде / А. Ф. Маслов, Е. П. Нестеров. – Радиотехника. – 1983. – № 3. – С 491-500.

Разработка трехмерной модели крыла беспилотного летательного аппарата для проведения испытаний противообледенительной системы

А. В. Мельников, email: alexei.melnikov90@yandex.ru
В. А. Бобрусь, email:v.bobrus@yandex.ru
Н. Н. Самохлеб

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Проведен анализ влияния обледенения на функционирование малоразмерных беспилотных летательных аппаратов (БЛА), предложен вариант противообледенительной системы (ПОС). Рассмотрено построение трехмерной модели крыла типового БЛА, необходимой для проведения натурного эксперимента по определению эффективности предложенной ПОС.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, противообледенительная система, полунатурная модель, трехмерная модель, поляра.*

Введение

Процесс обледенения летательных аппаратов происходит при создании в атмосфере определенных условий и зависит от параметров внешней среды, таких как температура и относительная влажность воздуха, водность облаков, скорость и высота полета летательного аппарата (ЛА). Наличие в воздухе переохлажденных капель воды или кристаллов льда, представленных в виде облаков, тумана, дождя, мокрого снега и аэродинамической поверхности с отрицательной температурой значительно увеличивает вероятность обледенения [1]. Существующие ПОС основаны на потреблении энергии от бортовых источников тока, что не представляется возможным для применения в некоторых образцах БЛА.

Проведенный анализ открытых литературных источников [2, 3] позволяет сделать вывод, что вопрос борьбы с обледенением малоразмерных БЛА в настоящее время мало изучен и является актуальным. Для проведения исследований необходима разработка экспериментального образца автономно функционирующей ПОС. Для проверки эффективности функционирования предлагаемой ПОС необходимо разработать полунатурную модель крыла БЛА.

© Мельников А. В., Бобрусь В. А, Самохлеб Н. Н., 2019

1. **Обледенение поверхности крыла**

Обледенение представляет собой процесс нарастания льда на различных обтекаемых частях ЛА при полете в зоне облачности, тумана или в условиях выпадения осадков. Обледенение – одно из наиболее неблагоприятных метеорологических явлений, от которого в значительной мере зависит возможность применения ЛА для выполнения поставленных задач. В результате обледенения ежегодно происходит около 7 % всех авиационных катастроф [4].

Беспрепятственное отложение льда на аэродинамических элементах конструкции БЛА приводит к его быстрой перегрузке и неконтролируемому снижению высоты, что равносильно безвозвратной потере БЛА в реальных условиях применения. Для обеспечения функционирования БЛА класса мини необходим энергонезависимый от бортовых источников питания способ противообледенительной защиты, позволяющий продлить время нахождения БЛА в зоне обледенения. Проведенный анализ результатов исследований, посвященных проблеме льдообразования [5], показал, что при одной и той же температуре холодного твердого тела и воды скорость роста ледяного слоя зависит от теплопроводности твердого тела: чем меньше теплопроводность твердого тела, тем процесс льдообразования идет менее интенсивно. Из этого следует важный для практики вывод, что снижения интенсивности льдообразования можно добиться, например, путем крепления на кромке крыла БЛА самолетного типа сбрасываемой по мере нарастания льда пленки с низкой теплопроводностью.

2. **Противообледенительная система**

В качестве защитного противообледенительного покрытия крыла легкого БЛА рассмотрим пленку ПВХ. Выбор данного материала обоснован в [6]. Способ крепления пленки на передней кромке крыла представлен на рис. 1-2.

Перед вылетом навесные элементы устанавливаются на заранее обозначенные места, например, с помощью двухстороннего клейкого скотча. Конусы крепятся на верхней полуплоскости крыла, крючки – на нижней; источник тока, устройство управления, сервоприводы с редукторами и вытяжными тросиками в сборе – на центроплане левого и правого бортов. Ранцевые резинки зацепляются своими крючками за люверсы и защитное покрытие натягивается на крыло, нижние люверсы накидываются на крючки, а верхние люверсы накидываются на конусы и закрепляются шпильками вытяжного троса. При появлении сигнала от платы управления, редукторы сервопривода правого и левого полукрыла вращаясь, наматывают тросики на барабаны.

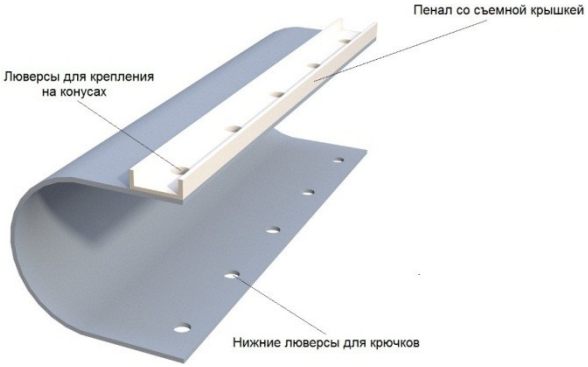
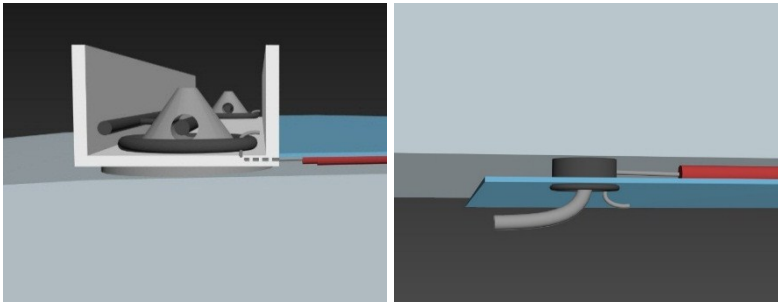


Рис. 1. Защитное противообледенительное покрытие



а б

Рис. 2. Устройство крепления и отделения противообледенительного покрытия: а – пенал со съемной крышкой (закрывает конусы, тросик и шпильки), б – крепление на нижней плоскости крыла (крючки для крепления нижних люверсов)

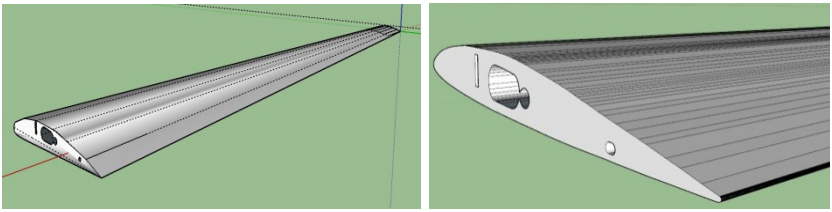
Шпильки вытяжных тросиков последовательно, начиная с крайних, выходят из отверстия конусов и синхронно освобождают люверсы. Под действием усилия натянутых ранцевых резинок защитное покрытие верхней полуплоскости крыла стягивается с передней кромки крыла вниз, резинки выходят из зацепления с нижними крючками крыла и набегающим воздушным потоком сбрасываются вместе с покрытием и льдом. Вытяжные тросики сматываются на барабаны.

Для проведения исследования эффективности данного способа необходимо установить элементы ПОС на объекте исследования (центроплане и полукрыле). Ввиду того, что объект исследования будет

подвергаться конструктивным изменениям, необходимо разработать опытный образец, повторяющий оригинал с приемлемой точностью.

3. Трехмерная модель крыла

Экспериментальный образец планируется изготовить на 3d принтере. Для этого в качестве объекта-оригинала выбрано полукрыло БЛА класса мини Орлан-10. Разработка 3d модели проводилась в среде Scetch UP, результат представлен на рис. 3.



а б

Рис. 3. Трехмерная модель крыла БЛА Орлан-10: а – общий вид крыла, б – профиль крыла на месте крепления к центроплану

Для установки конусов и крючков на поверхности крыла необходимо обеспечить плавное прилегание клейкого слоя к поверхности крыла. В экспериментальном образце задаются места установки сервоприводов, конусов, крючков и их габаритные характеристики. Далее проводится «продувка» крыла в программе XFLR5, предназначенной для исследования модели в виртуальной аэродинамической трубе. В результате работы программы будут получены поляры крыла [7]: 1) до установки элементов ПОС; 2) с учетом установленных элементов ПОС; 3) с намерзшим льдом на защитной пленке; 4) в момент сброса защитной пленки с намерзшим льдом; 5) с элементами ПОС без защитной пленки. Анализ полученных поляр позволяет сделать обоснованный вывод о наилучшем варианте конструктивного исполнения элементов ПОС.

Заключение

Таким образом, разработанная трехмерная модель крыла БЛА Орлан-10 позволяет приступить к изготовлению полунатурной модели, позволяющей исследовать эффективность функционирования предложенного способа противообледенительной защиты с учетом размещения и конструктивного исполнения его элементов.

Список литературы

1. Демидов А.И., Шишелова Т.И. Проблема обледенения летательных аппаратов и применяемые методы борьбы с ней // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 8. – Ч.2. – С. 88–89.

2. Авиация, понятная всем. Обледенение летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://avia-simply.ru/obledenenie-letateljnih-apparatov/

3. Клеменков Г.П. Моделирование процессов обледенения летательных аппаратов в аэроклиматических трубах / Г.П. Клеменков, Ю.М. Приходько, Л.Н. Пузырев, А.М. Харитонов // Теплофизика и аэромеханика. – 2008. – Т. 15. – № 4. – С. 563-572.

4. Обледенение воздушного судна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studfiles.net/preview/3315999/page:27/

5. Дмитриев В.Л. Образование льда при контакте холодного тела и жидкости // Исследования в области естественных наук. 2015. № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://science.snauka.ru/2015/03/9716.

6. Бобрусь, В.А. Способ механической защиты от обледенения крыла легкого беспилотного летательного аппарата / В.А. Бобрусь, И.В. Лосев, А.В. Мельников // Актуальные проблемы и перспективные направления развития комплексов авиационного оборудования : сб. материалов VI межд. науч-практ. конф. «Академические жуковские чтения», Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – С. 36–41.

7. Поляра крыла – что это такое, про терминологию [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.paraplanoff.net/polezno_znat/ polyara__pro_terminologiu/

Применение пакетов аналитических вычислений к исследованию алгебр голономии инвариантных связностей

Н. П. Можей, e-mail: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Работа посвящена применению пакетов аналитических вычислений к исследованию алгебр голономии инвариантных связностей. Наиболее эффективное решение этой задачи возможно в системе Maple. Проведена классификация трехмерных однородных пространств, допускающих инвариантную аффинную связность с ненулевой алгеброй голономии, описаны тензоры кривизны и кручения и сами алгебры голономии.*

Ключевые слова: *компьютерная математика, алгебра голономии, однородное пространство, группа преобразований, аффинная связность.*

Введение

Системы аналитических вычислений применяются в различных областях науки и техники. Современное программное обеспечение для использования в математических вычислениях представляет собой более или менее полную систему, включающую метод представления нечисловых данных, язык, позволяющий манипулировать с ними, и библиотеку эффективных функций для выполнения необходимых базисных алгебраических операций. Наиболее широкое применение получили универсальные математические системы, такие как Maple, Mathematica, MathCad, MatLab и другие. Они предоставляют дополнительные возможности для специалистов разных областей, с их помощью быстрее и проще решать трудоемкие научные задачи. Системы обладают универсальным математическим аппаратом и постоянно совершенствуются.

Современная дифференциальная геометрия, как и другие области математики, привлекает новейшие компьютерные технологии для решения своих задач. Применение систем символьной математики не ограничивается численными расчетами. Все чаще они используются для решения задач аналитической и дифференциальной геометрии. Налицо не только рост числа задач, решенных с помощью компьютера, но и разработка новых алгоритмов и программ для решения определенных

© Можей Н. П., 2019

типов задач. Появляются новые, совершенствуются старые алгоритмы, сейчас даже трудно оценить до конца тот вклад, который привносится в математику новыми компьютерными технологиями.

Связность на многообразии определяет (через параллельный перенос) понятие голономии. Голономия связности может быть описана через группу Ли – группу голономии. Исследование голономии было начато еще Э. Картаном для изучения и классификации симметрических пространств, позже группы голономии использовались, чтобы изучить риманову геометрию в целом. Связь групп голономии с тензорными полями рассматривается в [1] и [2], применение групп голономии в супергравитации описывается, например, в [3].

Данная работа посвящена исследованию алгебр голономии инвариантных связностей на трехмерных однородных пространствах с помощью пакетов аналитических вычислений, в частности, классификации трехмерных однородных пространств, допускающих аффинную связность с ненулевой алгеброй голономии, описанию тензоров кривизны и кручения и алгебр голономии. Работа является продолжением исследований в области дифференциальной геометрии с использованием новейших разработок компьютерной алгебры, ее целью является создание алгоритмов и программ в среде пакета Maple для исследования алгебр голономии инвариантных аффинных связностей на трехмерных однородных пространствах, нахождение самих алгебр голономии и определение условий, при которых алгебра голономии является ненулевой. Исследование проводится следующим образом: строится удобная для вычислительной работы модель объекта, создается программа для реализации в системе аналитических расчетов Maple, проводятся вычисления, анализ и истолкование полученных результатов, изучаются возможности уточнения модели.

1. **Основная часть**

Пусть M – дифференцируемое многообразие, на котором транзитивно действует группа $\bar{G}$, $G = \bar{G}_x$ – стабилизатор произвольной точки $x \in M$. Необходимое условие существования аффинной связности – представление изотропии для G должно быть точным, если $\bar{G}$ эффективна на $\bar{G}/G$ [9]. Пусть $\bar{\mathfrak{g}}$ – алгебра Ли группы Ли $\bar{G}$, а $\mathfrak{g}$ – подалгебра, соответствующая подгруппе G. Пара $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называется *изотропно-точной*, если точно изотропное представление подалгебры $\mathfrak{g}$. Там, где это не будет вызывать разночтения, будем отождествлять подпространство, дополнительное к $\mathfrak{g}$ в $\bar{\mathfrak{g}}$, и факторпространство

$\mathfrak{m} = \overline{\mathfrak{g}}/\mathfrak{g}$. *Аффинной связностью* на паре $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называется такое отображение $\Lambda : \overline{\mathfrak{g}} \to \mathfrak{gl}(\mathfrak{m})$, что его ограничение на $\mathfrak{g}$ есть изотропное представление подалгебры, а все отображение является $\mathfrak{g}$-инвариантным. *Тензор кручения* $T \in InvT_2^1(\mathfrak{m})$ и *тензор кривизны* $R \in InvT_3^1(\mathfrak{m})$ для всех $x, y \in \overline{\mathfrak{g}}$ имеют вид:

$$T(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}}) = \Lambda(x)y_{\mathfrak{m}} - \Lambda(y)x_{\mathfrak{m}} - [x, y]_{\mathfrak{m}},$$
$$R(x_{\mathfrak{m}}, y_{\mathfrak{m}}) = [\Lambda(x), \Lambda(y)] - \Lambda([x, y]).$$

Одной из важнейших характеристик связности является группа голономии. Переформулируем теорему Вана [10] об алгебре группы голономии инвариантной связности: *алгебра* Ли $\mathfrak{h}^*$ группы *голономии* инвариантной связности $\Lambda : \overline{\mathfrak{g}} \to \mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$ на паре $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ – это подалгебра алгебры Ли $\mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$ вида $V + [\Lambda(\overline{\mathfrak{g}}), V] + [\Lambda(\overline{\mathfrak{g}}), [\Lambda(\overline{\mathfrak{g}}), V]] + \ldots$, где V – подпространство, порожденное множеством $\{[\Lambda(x), \Lambda(y)] - \Lambda([x, y]) \mid x, y \in \overline{\mathfrak{g}}\}$. Будем описывать пару $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ при помощи таблицы умножения алгебры Ли $\overline{\mathfrak{g}}$ с базисом $\{e_1, \ldots, e_n\}$, где $n = \dim \overline{\mathfrak{g}}$, $\{e_1, \ldots, e_{n-3}\}$ – базис $\mathfrak{g}$, а $\{u_1 = e_{n-2}, u_2 = e_{n-1}, u_3 = e_n\}$ – базис $\mathfrak{m}$, будем выписывать аффинную связность через образы базисных векторов $\Lambda(u_1)$, $\Lambda(u_2)$, $\Lambda(u_3)$, а тензор кривизны R – через $R(u_1, u_2)$, $R(u_1, u_3)$, $R(u_2, u_3)$.

Для изучения алгебр голономии инвариантных связностей сначала получена локальная классификация трехмерных изотропно-точных однородных пространств как пар алгебр Ли, т.е. классифицированы (с точностью до изоморфизма) все точные трехмерные $\mathfrak{g}$–модули U (это эквивалентно классификации подалгебр в $\mathfrak{gl}(3, \mathbb{R})$ с точностью до сопряженности), а далее найдены (с точностью до эквивалентности) все пары $(\overline{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ такие, что $\mathfrak{g}$–модули $\overline{\mathfrak{g}}/\mathfrak{g}$ и U эквивалентны. Для нахождения аффинных связностей, тензоров кривизны и кручения и алгебр голономии для каждой пары алгебр Ли используем пакеты `DifferentialGeometry`, `GroupActions`, `LieAlgebras`, `Tensor` и другие. Например, используем пакет `DifferentialGeometry, чтобы определить алгебру Ли` $\overline{\mathfrak{g}}$. Этот пакет представляет собой набор команд и подпакетов с тесно интегрированными инструментами для вычислений в областях: исследования на многообразиях (векторные поля, дифференциальные формы и преобразования); тензорный анализ; вычисления на

пространствах джетов; алгебры Ли и группы Ли и их преобразования. Группы Ли и алгебры Ли играют существенную роль в дифференциальной геометрии и ее приложениях. Пакет DifferentialGeometry дает возможность использовать пакет LieAlgebra, содержаший большое количество команд для определения алгебр Ли и для создания новых алгебр Ли по существующим. Пакет DifferentialGeometry: GroupActions предоставляет базовые возможности для работы с группами Ли. Для алгебр Ли векторных полей на многообразии важную геометрическую информацию дают подалгебры изотропии, а также представления в касательном пространстве. Их также можно рассчитать с помощью пакета GroupActions. Пакет DifferentialGeometry: Tensor содержит набор команд для работы с тензорами на касательном расслоении любого многообразия (либо на любом векторном расслоении), этот пакет дает возможность использовать команды для стандартных алгебраических операций над тензорами, для вычисления ковариантного дифференцирования и кривизны (для метрических связностей, аффинных связностей либо связностей на векторных расслоениях).

Чтобы определить алгебру Ли $\overline{\mathfrak{g}}$, задаем ее структурные константы и используем команду DGsetup для инициализации алгебры. После инициализации можно проводить все виды вычислений и проверок. Для подалгебры $\mathfrak{g}$ указываем базис**.** Находим группу Ли $\overline{G}$ (ее алгебра Ли совпадает с $\overline{\mathfrak{g}}$). Команда `LieGroup` пакета `GroupActions` непосредственно строит глобальную группу Ли, алгебра Ли которой задана. Явную формулу для левого умножения элементов группы в координатах получаем с помощью команды `LeftMultiplication`. Находим лево- и правоинвариантные векторные поля на $\overline{G}$. Они вычисляются командой `InvariantVectorsAndForms`. Команда `LieAlgebraData` вычисляет структурные константы для правоинвариантных векторных полей, эти структурные константы совпадают со структурными константами алгебры Ли $\overline{\mathfrak{g}}$. Фактор группы $\overline{G}$ по подгруппе G (порожденной векторными полями), является трехмерным многообразием. Находим действие группы Ли $\overline{G}$ на многообразии $M = \overline{G}/G$ как композицию проекции, левого умножения dotLeft группы $\overline{G}$ на $\overline{G}$ и сечения. Локальное действие $\overline{G}$ на M вычисляется с использованием команды `InfinitesimalTransformation`. Результат можно проверить, т. к. структурные константы алгебры Ли векторных полей совпадают со

структурными константами алгебры $\overline{\mathfrak{g}}$. Единица группы $\overline{G}$ проектируется в точку на многообразии M и позволяет найти стабилизатор (подгруппу G), используя команду `IsotropySubalgebra`. Для каждой построенной пары алгебр Ли находим инвариантные аффинные связности, тензоры кривизны и кручения, алгебры голономии, используя команды пакета Maple, и определяем, при каких условиях алгебра голономии ненулевая.

Заключение

Разработаны алгоритмы и программы в системе аналитических вычислений для нахождения алгебр голономии инвариантных аффинных связностей на трехмерных однородных пространствах. С их помощью получены новые результаты в теории инвариантных связностей на многообразиях, а именно, найдены все трехмерные однородные пространства, допускающие аффинную связность с ненулевой алгеброй голономии, что эквивалентно описанию соответствующих эффективных пар алгебр Ли, описаны в явном виде тензоры кривизны и кручения и алгебры голономии указанных связностей. Методика исследований ориентирована на использование методов компьютерной алгебры, теории групп и алгебр Ли, однородных пространств.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях инвариантных связностей на многообразиях, при изучении свойств однородных пространств, а алгоритмы, разработанные в работе, могут применяться для решения аналогичных задач в других размерностях. Построенные компьютерные модели позволяют вычислять компоненты связности, тензоров кривизны и кручения, алгебры голономии на однородных пространствах.

Литература

1. Алексеевский, Д. В. Группы голономии и рекуррентные тензорные поля в лоренцевых пространствах II / Д. В. Алексеевский // Пробл. теории гравитации и элементарн. частиц. – М. : Атомиздат, 1974. – Вып. 5. – С. 5-17.

2. Кайгородов, В. Р. Полусимметрические лоренцевы пространства с совершенной группой голономии / В. Р. Кайгородов // Гравитация и теория относительн. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1978. – № 14-15. – С. 113-120.

3. Hall, G. S. Curvature, metric and holonomy in general relativity / G. S. Hall // Differ. Geom. and Appl. Proc. Conf. 24–30 Aug. – 1986. Brno, 1987. – P. 127-136.

Решение уравнения притока тепла со случайными параметрами

В. С. Ножкин, E-mail: nozhkin-v@list.ru [1]
М. Е. Семёнов [1, 2],
И. И. Ульшин [1]

[1] Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассмотрено получение первых двух моментных функций решения уравнения конвективного притока тепла, учитывающего турбулентные свойства атмосферы. Определены математическое ожидание и дисперсионная функция в случае гауссова распределения случайного процесса, входящего в уравнение притока тепла.*

Ключевые слова: *приток тепла, случайный процесс, характеристический функционал, математическое ожидание, дисперсионная функция.*

Введение

Изменения погодных условий в значительной степени связаны с различными процессами теплопередачи, протекающими в атмосфере. К ним относятся: конвективный и турбулентный теплообмен; излучение и поглощение радиации; фазовые превращения воды; молекулярный теплообмен [1, 2]. При разработке краткосрочных прогнозов погоды путем гидродинамического моделирования особенно важны количественные оценки турбулентного и конвективного потоков тепла. Турбулентный поток складывается под влиянием хаотических пульсаций скорости переноса, конвективный – связан с упорядоченным перемещением воздуха. При этом конвективный поток отличается ярко выраженной горизонтальной составляющей, обычно называемой адвективным потоком тепла [1, 2].

Гидродинамическое моделирование процессов теплопередачи связано с определенными трудностями, обусловленными, в том числе следующими соображениями. Используемые на практике модели, как правило, включают в себя уравнения, связывающие усредненные значения метеорологических параметров. Это является безусловно

© Ножкин В. С., Семенов М. Е., Ульшин И. И., 2019

оправданным для мезо- и макромасштабных уровней, охватывающих территории с горизонтальными размерами порядка сотен и тысяч километров, однако на микроуровне необходим также учет неупорядоченных хаотических возмущений, связанных с неоднородностями в поле ветра, которым подвержены значения метеорологических величин. В этом случае использование усредненных значений в уравнениях переноса приводит к ошибкам в рассчитанных значениях [1-5]. В связи с этим целью настоящей работы является получение способа, позволяющего учитывать турбулентные свойства атмосферы при моделировании микромасштабных процессов теплопередачи в атмосфере.

1. Постановка задачи

Рассматриваемое в адиабатическом приближении [1, 2] уравнение притока тепла имеет вид:

$$\frac{\partial T_B}{\partial t} + u\frac{\partial T_B}{\partial x} + v\frac{\partial T_B}{\partial y} = \frac{(\gamma_a - \gamma)}{g\rho} w \qquad (1)$$

где T_B – температура воздуха; u, v – проекции вектора скорости движения частицы на горизонтальные оси локальной системы координат; γ_a – сухоадиабатический градиент температуры; γ – вертикальный градиент температуры; g – ускорение свободного падения; ρ – плотность воздуха; w – аналог вертикальной скорости в p-системе координат.

В рассматриваемых условиях проекцию вектора скорости в уравнениях переноса естественно трактовать как случайный процесс. В целях упрощения расчетов рассматривается одномерный случай, поэтому не принимаются во внимания вертикальные движения воздуха, ось x направляется по направлению преимущественного переноса воздушной массы, и вводится обозначение $f(x) = \frac{(\gamma_a - \gamma)}{g\rho} w$. Функция $f(x)$ считается детерминированной. Тогда уравнение (1) может быть записано в виде:

$$\frac{\partial T_B}{\partial t} + \varepsilon(t)\frac{\partial T_B}{\partial x} = f(x) \qquad (2)$$

где $\varepsilon(t)$ – случайный процесс, формализующий модельные представления о динамики изменения горизонтальной компоненты вектора скорости ветра,

с детерминированным начальным условием:

$$T_B(t_0, x) = T_{B_0}(x);\ (-\infty < x < \infty) \tag{3}$$

Случайный процесс задается посредством характеристического функционала [3-5]:

$$\varphi(\nu) = M\left[\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] \tag{4}$$

где функция v принадлежит пространству $L_1(T)$ суммируемых на отрезке T функций с нормой $\|\nu\| = \int_T |\nu(\tau)|d\tau$; T – отрезок времени, на котором изучается процесс $[0;t]$; M – математическое ожидание по функции распределения процесса $\varepsilon(t)$.

Один из методов решения представленной выше задачи связан с переходом к эквивалентному детерминированному уравнению на основе подхода, развитого в работах [3-5] и связанного с понятием вариационной производной. Данный метод подразумевает идентификацию первых двух моментных функций уравнения притока тепла со случайными параметрами.

2. Математическое ожидание и дисперсионная функция решения уравнения притока тепла

Умножив уравнение (2) на $\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)$ и определив математическое ожидание полученного равенства, можно записать:

$$M\left[\frac{\partial T_B}{\partial t}\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] = M\left[-\varepsilon(t)\frac{\partial T_B}{\partial x}\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] + \\ + f(x)M\left[\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] \tag{5}$$

Для дальнейших вычислений введем в рассмотрение вспомогательное отображение:

$$y(t, x, \nu) = M\left[T_B(t, x)\exp(i\int_T \varepsilon(\tau)\nu(\tau)d\tau)\right] \tag{6}$$

где $x \in R; \nu(t) \in L_1(T)$.

С учетом введенного отображения (6), полученное равенство (5)

запишется в виде:

$$\frac{\partial y(t,x,\nu)}{\partial t} = i\frac{\delta}{\delta\nu(t)}\frac{\partial}{\partial x}y(t,x,\nu) + f(x)\varphi(\nu) \tag{7}$$

с начальным условием:

$$y(0,x,\nu) = T_{B_0}(x)\varphi(\nu) \tag{8}$$

Один из подходов к решению дифференциального уравнения с частной и обыкновенной производной, представленного равенством (7) и начальным условием (8), описан в работах [3-5]. В результате применения данного подхода математическое ожидание решения задачи (2) при начальном условии (3) принимает вид:

$$\begin{aligned} M(T_B(t,x)) &= T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\varphi(\xi\chi(0,t))\right](x) + \\ &+ f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \varphi(\xi\chi(\tau,t))d\tau\right](x) \end{aligned} \tag{9}$$

где $\overset{x}{*}$ – знак свертки функций по x; F_ξ^{-1} – обратное преобразование Фурье по ξ; ξ – двойственная к x характеристика; χ – функция, зависящая от трех переменных $\chi(\tau,w,t)$ следующим образом: $\chi(\tau,w,t) = sign(w-\tau)$ при w, принадлежащем отрезку с концами τ, t и $\chi(w,t,\tau) = 0$ в противном случае.

Вторая моментная функция решения уравнения (2) определяется соотношением:

$$\begin{aligned} M(T_B(t,x)T_B(\gamma,x_1)) &= T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\varphi(\xi_1\chi(0,\gamma) + \right.\right. \\ &+ \left.\left.\xi\chi(0,t))\right](x_1) + f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^\gamma \varphi(\xi_1\chi(\tau,\gamma) + \xi\chi(0,t))d\tau\right](x_1)\right](x) + \\ &+ f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \left(T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\varphi(\xi_1\chi(0,\gamma) + \xi\chi(\tau_1,t))\right](x_1) + \right.\right. \\ &+ \left.\left. f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^\gamma \varphi(\xi_1\chi(\tau,\gamma) + \xi\chi(\tau_1,t))d\tau\right](x_1)\right)d\tau_1\right](x) \end{aligned} \tag{10}$$

Дисперсионная функция решения уравнения (2) имеет вид:

$$D(T_B(t,x)) = \Bigg(T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\Bigg[T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\big[\varphi(\xi_1\chi(0,\gamma) +$$

$$+ \xi\chi(0,t))\big](x_1) + f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma} \varphi(\xi_1\chi(\tau,\gamma) + \xi\chi(0,t))d\tau\right](x_1)\Bigg](x) +$$

$$+ f(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\Bigg[\int_0^{t}\Big(T_{B_0}(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\big[\varphi(\xi_1\chi(0,\gamma) + \xi\chi(\tau_1,t))\big](x_1) + \tag{11}$$

$$+ f(x_1) \overset{x_1}{*} F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma} \varphi(\xi_1\chi(\tau,\gamma) + \xi\chi(\tau_1,t))d\tau\right](x_1)\Big)d\tau_1\Bigg](x)\Bigg)\Bigg|_{\substack{\gamma=t,\\ x_1=x}} -$$

$$-\left(T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\big[\varphi(\xi\chi(0,t))\big](x) + f(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^{t} \varphi(\xi\chi(\tau,t))d\tau\right](x)\right)^2$$

Равенства (9), (11) определяют математическое ожидание и дисперсионную функцию решения дифференциального уравнения (2) с начальным условием (3). Данные равенства получены для случайного процесса, характеристический функционал которого задан в виде (4). В зависимости от закона распределения случайного процесса, будет изменяться и его характеристический функционал. В работах [7-8] определен и обоснован нормальный закон распределения проекции вектора скорости, поэтому статистические характеристики решения уравнения (2) определялись для случая нормального (гауссова) распределения.

3. Математическое ожидание и дисперсионная функция решения уравнения притока тепла в случае гауссова распределения проекции вектора скорости

В случае гауссова распределения случайного процесса входящего в уравнение (2) характеристический функционал имеет вид:

$$\varphi(\nu) = \exp\left(i\int_0^{t_1} M(\varepsilon(\tau))\nu(\tau)d\tau - \frac{1}{2}\int_0^{t_1}\int_0^{t_1} b(\tau_1,\tau_2)\nu(\tau_1)\nu(\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 \right), \quad (12)$$

где $b(\tau_1,\tau_2) = M(\varepsilon(\tau_1)\varepsilon(\tau_2)) - M(\varepsilon(\tau_1))M(\varepsilon(\tau_2))$ – ковариационная функция процесса $\varepsilon(t)$.

На основании вышесказанного математическое ожидание решения задачи (2) с начальным условием (3) имеет вид:

$$M(T_B(t,x)) = T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_{\xi}^{-1}\left[\exp\left(i\xi\int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \right.\right.$$

$$\left.\left. -\frac{1}{2}\xi^2\int_0^t\int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right)\right](x) + f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^t \exp\left(i\xi\int_{\tau}^t M(\varepsilon(\tau_1))d\tau_1 - \right.\right. \quad (13)$$

$$\left.\left. -\frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau}^t\int_{\tau}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right)d\tau\right](x)$$

Вторая моментная функция решения уравнения (2) определяется выражением:

$$M(T_B(t,x)T_B(\gamma,x_1)) = T_{B_0}(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\left[T_{B_0}(x_1)\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\left[\exp\left[i\xi_1\int_0^{\gamma}M(\varepsilon(\tau))d\tau + \right.\right.\right.$$

$$+i\xi\int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2\int_0^{\gamma}\int_0^{\gamma} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \xi_1\xi\int_0^{\gamma}\int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 -$$

$$\left.\left.-\frac{1}{2}\xi^2\int_0^t\int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right]\right](x_1) + f(x_1)\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma}\exp\left[i\xi_1\int_{\tau}^{\gamma}M(\varepsilon(\tau))d\tau + \right.\right.$$

$$+i\xi\int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2\int_{\tau}^{\gamma}\int_{\tau}^{\gamma} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \xi_1\xi\int_{\tau}^{\gamma}\int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 -$$

$$\left.\left.\left.-\frac{1}{2}\xi^2\int_0^t\int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right]d\tau\right](x_1)\right](x) + f(x)\overset{x}{*}F_{\xi}^{-1}\left[\int_0^t\left(T_{B_0}(x_1)\overset{x_1}{*}\right.\right. \quad (14)$$

$$\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\left[\exp\left[i\xi_1\int_0^{\gamma}M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi\int_{\tau_1}^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2\int_0^{\gamma}\int_0^{\gamma} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \right.\right.$$

$$\left.\left.-\xi_1\xi\int_0^{\gamma}\int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau_1}^t\int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right]\right](x_1) + f(x_1)\overset{x_1}{*}$$

$$\overset{x_1}{*}F_{\xi_1}^{-1}\left[\int_0^{\gamma}\left(\exp\left[i\xi_1\int_{\tau}^{\gamma}M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi\int_{\tau_1}^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi_1^2\int_{\tau}^{\gamma}\int_{\tau}^{\gamma} b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \right.\right.\right.$$

$$\left.\left.\left.-\xi_1\xi\int_{\tau}^{\gamma}\int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2\int_{\tau_1}^t\int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2\right]\right)d\tau\right](x_1)\right)d\tau_1\Bigg](x)$$

При этом дисперсионная функция имеет вид:

$$D(T_B(t,x)) = \left(T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\exp[2i\xi \int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \right.\right.\right.$$

$$- \xi^2 \int_0^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2] \left.\right](x) + f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \left(\exp[i\xi \int_\tau^t M(\varepsilon(\tau))d\tau + \right.\right.$$

$$+ i\xi \int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi^2 \int_\tau^t \int_\tau^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \xi^2 \int_\tau^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 -$$

$$\left.\left.\left. - \frac{1}{2}\xi^2 \int_0^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2] \right) d\tau \right](x) \left.\right](x) + f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \left(T_{B_0}(x) \overset{x}{*} \right.\right.$$

$$\overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\exp[i\xi \int_0^t M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi \int_{\tau_1}^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi^2 \int_0^t \int_0^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \right. \qquad (15)$$

$$\left. - \xi^2 \int_0^t \int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2 \int_{\tau_1}^t \int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2] \right](x) + f(x) \overset{x}{*}$$

$$\overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \left(\exp[i\xi \int_\tau^t M(\varepsilon(\tau))d\tau + i\xi \int_{\tau_1}^t M(\varepsilon(\tau))d\tau - \frac{1}{2}\xi^2 \int_\tau^t \int_\tau^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \xi^2 \int_\tau^t \int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2 - \frac{1}{2}\xi^2 \int_{\tau_1}^t \int_{\tau_1}^t b(\tau_1,\tau_2)d\tau_1 d\tau_2] \right) d\tau \right](x) \left.\right) d\tau_1 \left.\right](x) \left.\right) -$$

$$\left. - \left(T_{B_0}(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}[\varphi(\xi\chi(0,t))](x) + f(x) \overset{x}{*} F_\xi^{-1}\left[\int_0^t \varphi(\xi\chi(\tau,t))d\tau \right](x) \right)^2 \right.$$

Заключение

В настоящей статье предложен подход к решению дифференциального уравнения притока тепла в атмосфере, позволяющий учитывать ее турбулентные свойства. Идентифицированы математическое ожидание и дисперсионная функция решения уравнения притока тепла со случайными коэффициентами, как в общем виде, так и для гауссова распределения.

Список литературы

1. Матвеев, Л. Т. Физика атмосферы : книга / Л. Т. Матвеев. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2000. – 778 с.

2. Белов, Я. Н. Численные методы прогноза погоды : книга / Я. Н. Белов, Е. П. Борисенков, Б. Д. Панин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 376 с.

3. Zadorozhnii, V. G. A linear firet-order differential equation with ordinary variational derivatives / V.G. Zadorozhnii // – Moscow: Pleiades Publishing, Ltd., April 1993. – Vol. 53. – P. 383-388.

4. Zadorozhniy, V. G. Stabilization of Linear Systems by a Multiplicative Random Noise / V. G. Zadorozhnii // Differential Equations. 2018. – Vol. 54, i. 6. – P. 728-747.

5. Zadorozhniy, V. G. Linear chaotic resonance in vortex motion / V. G. Zadorozhnii // Computational mathematics and mathematical physics. 2013. – Vol. 53, i. 4. – P. 486-502.

6. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник для вузов / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – Москва: Наука, 1989. – 624 с.

7. Ножкин, В. С. Стохастическая модель переноса влаги в атмосфере : / В. С. Ножкин, М. Е. Семенов, И. И. Ульшин // Сборник трудов IV международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (Самара, 21-24 апреля 2018 г.). – Самара: Новая техника, 2018. – С. 1530-1535.

8. Nozhkin V.S. et al. Stochastic model of moisture motion in atmosphere. J. Phys.: Conf. Ser. – 2018. – Vol. 1096. 012167. doi:10.1088/1742-6596/1096/1/012167.

Предсказание концентрационных пределов воспламенения с помощью математических моделей

А. Л. Осипов, email: alosip@mail.ru
О. В. Криветченко, email: kriv_ok@ngs.ru
В. П. Трушина, email: veronika07-92@mail.ru

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления»

Аннотация. Рассмотрены регрессионные модели для предсказания концентрационных пределов воспламенения химических веществ различных классов, основанные на использовании информационных и зарядовых дескрипторов. Эти дескрипторы вычисляются автоматически по структурной формуле вещества. Полученные в статье результаты прогнозирования концентрационных пределов воспламенения дают незначительную погрешность по сравнению с экспериментом.

Ключевые слова: *Предсказание, нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения, дескрипторы, линейный регрессионный анализ.*

Введение

В настоящей работе изучается перспективный подход к предсказанию концентрационных пределов воспламенения химических веществ, который основан на использовании зарядовых и информационных дескрипторов. В работах [1-2] были представлены исследования по предсказанию пожароопасных свойств химических веществ на ограниченных объемах выборки для определенных классов с помощью регрессионных и нейросетевых моделей [4]. Целью работы является создание эффективных моделей предсказания концентрационных пределов для различных классов химических веществ. Для выполнения этой цели решаются следующие задачи: автоматическое вычисление зарядовых и информационных дескрипторов, связанных с пожарными свойствами; разработка регрессионных моделей установления связи между этими дескрипторами и концентрационными пределами; создание компьютерных программ, для реализации моделей; создание баз данных, которые содержат экспериментальные данные для проверки эффективности разработанных моделей и выбранного способа описания.

© Осипов А. Л., Криветченко О. В., Трушина В. П., 2019

1. **Предсказание нижнего концентрационного предела**

С целью выявления связи пожароопасных свойств химических соединений с их структурой предлагается метод, использующий в качестве факторного признака молекулы – среднее число электронов на внешней оболочке атомов в молекуле: $Z = \sum_{i=1}^{N} n_i Z_i / N$, где n_i – число атомов i-ого сорта с числом валентных электронов Z_i (т.е. число электронов на внешней оболочке i-ого атома). Суммирование выполняется по всем атомам в молекуле; N – общее число атомов. Дальнейшее исследование связи структура – пожароопасные свойства связано с информационной функцией Шеннона: $H = -\sum_{i=1}^{N} p_i \log_2 p_i$, где $p_i = n_i / N$, причем для p_i выполняются соотношения: $0 \le p_i \le 1$, n_i – число атомов сорта i в молекуле, N – общее число атомов в молекуле. Отношение n_i / N дает долевое участие i-ого сорта атома в молекуле. Для выборки из 763 химических элементов различного класса [3-4] было вычислено количество атомов, долевое участие каждого атома в структуре вещества, а затем вычислено среднее число электронов на внешней оболочке атомов в молекуле Z. Для поиска уравнения было отобрано 649 веществ из указанной выборки. Оставшаяся часть выборки (114 элементов) была использована в качестве тестовой для прогноза нижнего концентрационного предела воспламенения (НКПВ). Для прогнозирования зависимости НКПВ от информационного фактора Н, на этих же экзаменационной и тестовой выборках были вычислены долевое участие каждого атома в молекуле и значение $\log_2 p_i$, а затем вычислено значение информационной функции Шеннона. Для прогнозирования зависимости НКПВ от Z и от H было разработано по 9 уравнений регрессии:

- линейная $y = a + bx$;
- квадратичная $y = a + bx + cx^2$;
- кубическая $y = a + bx + cx^2 + dx^3$;
- логарифмическая $y = a + b \ln x$;
- гиперболическая $y = a + \frac{b}{x}$;
- степенная $y = a \cdot x^b$;

– показательная $y = a \cdot b^x$;

– S-кривая $y = e^{a + \frac{b}{x}}$;

– экспоненциальная $y = a \cdot e^{bx}$.

По каждому из этих уравнений были вычислены средние квадратические ошибки, выбраны модели с наименьшей ошибкой. В результате исследований были получены следующие модели для исследования зависимости НКПВ от Z:

– линейная функция $y = 1{,}127Z - 1{,}242$;

– квадратичная $y = 0{,}838 - 0{,}473Z + 0{,}298Z^2$;

– кубическая $y = 4{,}844 - 4{,}901Z + 1{,}879Z^2 - 0{,}182Z^3$;

– логарифмическая $y = 2{,}827 \ln Z - 0{,}979$;

– гиперболическая $y = 4{,}339 - \frac{6{,}747}{Z}$;

– степенная $y = 0{,}331 \cdot Z^{1{,}554}$;

– показательная $y = 0{,}295 \cdot 1{,}833^Z$;

– S-кривая $y = e^{1{,}846 - \frac{3{,}779}{Z}}$;

– экспоненциальная $y = 0{,}295 \cdot e^{0{,}606Z}$.

Для исследования зависимости НКПВ от H были получены модели: линейная функция $y = 1{,}992H - 0{,}96$;

– квадратичная $y = 0{,}353 - 0{,}129H + 0{,}829H^2$;

– степенная $y = 0{,}96 \cdot H^{1{,}49}$;

– кубическая $y = 13{,}882 - 31{,}64H + 24{,}467H^2 - 5{,}709H^3$;

– S-кривая $y = e^{1{,}676 - \frac{1{,}698}{H}}$;

– логарифмическая $y = 2{,}378 \ln H + 1{,}035$;

– гиперболическая $y = 3{,}74 - \frac{2{,}683}{H}$;

– показательная $y = 0{,}282 \cdot 3{,}433^H$;

– экспоненциальная $y = 0,282 \cdot e^{1,234H}$.

В обучении была использована выборка объемом 659 химических веществ. Была вычислена средняя квадратичная ошибка по каждой модели. Наименьшее значение этого показателя было у квадратичной и линейной моделей. Для зависимости НКПВ от Z ошибка линейной регрессионной модели составила 0,823, а для квадратичной регрессионной модели ошибка составила 0,814. Для зависимости НКПВ от H ошибка линейной регрессионной модели составила 0,823, а для квадратичной регрессионной модели ошибка составила 0,818. Проанализировав регрессионные остатки для каждого вещества в каждой модели, были выявлены такие вещества, которые дают наибольшое увеличение средней квадратичной ошибки для всей модели. Их исключили из обучающей выборки. На оставшихся элементах выборки были получены следующие модели. Для зависимости НКПВ от Z это линейная функция $y = 0,972Z - 0,918$ и квадратичная $y = 0,467 - 0,098Z + 0,2Z^2$. Для зависимости НКПВ от H это линейная функция $y = 1,786H - 0,774$ и квадратичная функция $y = 0,66 - 0,529H + 0,905H^2$. Среднеквадратические ошибки этих моделей представлены в таблице в столбце II этап. Полученные модели были протестированы на экзаменационной выборке, состоящей из 114 элементов, и квадратичные модели также показали наилучшую ошибку – 0,529 и 0,481 для зависимости по Z и по H соответственно.

Таблица

Средние квадратичные ошибки НКПВ от Z и H

Модели прогнозирования	**Средние квадратичные ошибки**					
	НКПВ от Z			**НКПВ от H**		
	Обучение		**Экза-мен**	**Обучение**		Экза-мен
	I этап	II этап		I этап	II этап	
Объем выборки	659	650	114	659	649	114
Линейная	0,823	0,697	0,533	0,823	0,642	0,487
Квадратичная	0,814	0,691	0,529	0,818	0,635	0,481
Кубическая	0,827			0,948		
Логарифмическая	0,845			9,856		
Гиперболическая	0,857			0,850		
Степенная	0,837			0,837		
Показательная	0,833			0,836		
S-кривая	0,842			0,847		
Экспоненциальная	0,833			0,836		

В результате сравнительного анализа установлено, что наиболее точный прогноз НКПВ получается по квадратичной модели с использованием факторов H и Z.

Заключение

Предложены и исследованы регрессионные модели для прогнозирования концентрационных пределов воспламенения химических веществ. Показано, что разработанные регрессионные модели, в которых используются информационные и зарядовые дескрипторы, дают качественный прогноз концентрационных пределов воспламенения.

Список литературы

1. Осипов А.Л. Компьютерная оценка нижнего концентрационного предела воспламенения химических веществ / А.Л. Осипов, О.В. Криветченко // В мире научных открытий. – Красноярск: Научно-инновационный центр. – 2013. – № 10.1(46) (Математика. Механика. Информатика). – С. 34-45.

2. Осипов А. Л. Математическое моделирование концентрационных пределов воспламенения / А. Л. Осипов, О. В. Криветченко // International Journal of Advanced Studies. – 2018. – Т. 8. – № 1-2. – С. 135-141.

3. Осипов А.Л. Информационная система с Web-интерфейсом для расчета показателей пожарной опасности / А.Л. Осипов, В.П. Трушина // Internatinal Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 4-2. – С. 85-92.

4. Осипов А.Л. Моделирование концентрационных пределов на основе нейронных сетей / А.Л. Осипов, В.П. Трушина, И.О. Павлик // International Journal of Advanced Studies. – 2016. – Т. 6. – № 2. – С. 67-78.

Модель классификации химических веществ

А. Л. Осипов, email: alosip@mail.ru
В. П. Трушина, email: veronika07@mail.ru

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления»

Аннотация. *Изучается математическая модель классификации химических веществ по степени острой токсичности. Проведена апробация данной модели на большом экспериментальном материале и установлены научно обоснованные границы классов опасности химических соединений. Разработана компьютерная программа для разделения химических веществ на классы опасности.*

Ключевые слова: *Токсичность, классификация, модель, программирование, принцип гетерогенности, классы опасности.*

Введение

Одним из фундаментальных процессов в любой науке является классификация изученных объектов. Этот тезис справедлив как для естественных объектов, так и для токсичных веществ. Известные классификации опасности веществ по степени воздействия на организм содержат множество недостатков. Это стимулирует поиск более совершенных методологических принципов классификации токсикантов.

1. Описание математической модели

Согласно принципу гетерогенности распределения элементов множества, количество элементов в рациональной классификации должно быть неравномерно распределено по классам. Установлено, что в хорошо организованном сообществе элементы распределяются в соответствии с гиперболическим законом: $Q_r = \frac{Q}{r^{\beta}}$, где Q_r - количество элементов, входящих в r- ый класс; r - ранг класса, изменяющийся от 1 до 4; Q и β - постоянные. В первом классе при r =1 имеем: $Q_1 = \frac{Q_1}{1^{\beta}}$. Тогда для суммарного количества элементов Q, разбитых на четыре класса, получим:

© Осипов А. Л., Трушина В. П., 2019

$Q = \sum_{r=1}^{4} Q_r = \frac{Q_1}{1^\beta} + \frac{Q_1}{2^\beta} + \frac{Q_1}{3^\beta} + \frac{Q_1}{4^\beta} = Q_1 F$, где $F = \sum_{r=1}^{4} \frac{1}{r^\beta}$. Данное уравнение дает общее решение задачи по разбиению множества из Q элементов на n классов $(n = 4)$. Требуется определить значение β, для оценки которого используем энтропийный подход. Для n классов энтропия H рассчитывается по формуле Шеннона [1]: $H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i$, где p_i - вероятность попадания Q_i элементов множества Q в данный класс i, $(i = 1,2,3,4)$. Тогда $H = -\sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{Q} \log_2 \frac{Q_i}{Q}$. Индекс изменяется от 1 до n, предельные значения энтропии равны 0 и $H_{\max}$, причем $H_{\max}$ можно рассчитать по формуле Хартли: $H_{\max} = \log_2 n = \log_2 4 = 2$. Для отыскания величины H, используем принцип структурной гармонии систем [2]. Инвариантом, на основе которого возникает такая устойчивость, является обобщенное золотое сечение: $\left(\frac{H_{\max}}{H}\right)^n = \frac{H}{H_{\max} - H}$. В нашем случае $n = 4$ и $H_{\max} = 2$. Подставляя эти значения в эту формулу, получим следующее уравнение $H^5 + 16H - 32 = 0,$ численным решением которого является $H = 1{,}5098$. Имеем

$$Q_1 = \frac{Q}{F};\ Q_2 = \frac{Q_1}{2^\beta} = \frac{Q}{2^\beta \cdot F};\ Q_3 = \frac{Q_1}{3^\beta} = \frac{Q}{3^\beta \cdot F};\ Q_4 = \frac{Q_1}{4^\beta} = \frac{Q}{4^\beta \cdot F}.$$

Другими словами

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{1}{F};\ \frac{Q_2}{Q} = \frac{1}{2^\beta \cdot F};\ \frac{Q_3}{Q} = \frac{1}{3^\beta \cdot F};\ \frac{Q_4}{Q} = \frac{1}{4^\beta \cdot F}.$$

Аналогично

$$-\frac{Q_1}{Q} \log_2 \frac{Q_1}{Q} = -\frac{1}{F} \log_2 \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \log_2 F,$$

$$-\frac{Q_2}{Q} \log_2 \frac{Q_2}{Q} = -\frac{1}{2^\beta F} \log_2 \frac{1}{2^\beta F} = \frac{\log_2 F + \beta}{2^\beta F},$$

$$-\frac{Q_3}{Q}\log_2\frac{Q_3}{Q}=-\frac{1}{3^\beta F}\log_2\frac{1}{3^\beta F}=\frac{\log_2 F+\beta\log_2 3}{3^\beta F},$$

$$-\frac{Q_4}{Q}\log_2\frac{Q_4}{Q}=-\frac{1}{4^\beta F}\log_2\frac{1}{4^\beta F}=\frac{\log_2 F+2\beta}{4^\beta F}.$$

В итоге, получим:

$$H=\frac{\log_2 F}{F}+\frac{\log_2 F+\beta}{2^\beta\cdot F}+\frac{\log_2 F+\beta\log_2 3}{3^\beta\cdot F}+\frac{\log_2 F+2\beta}{4^\beta\cdot F}=$$

$$\frac{\log_2 F}{F}\left[1+\frac{1}{2^\beta}+\frac{1}{3^\beta}+\frac{1}{4^\beta}\right]+\frac{\beta}{F}\left[\frac{1}{2^\beta}+\frac{\log_2 3}{3^\beta}+\frac{2}{4^\beta}\right]=$$

$$\log_2 F+\frac{\beta}{F}\left[\frac{1}{2^\beta}+\frac{\log_2 3}{3^\beta}+\frac{2}{4^\beta}\right].$$

Отсюда получаем уравнение для вычисления параметра β, а именно $\log_2 F+\frac{\beta}{F}\left[\frac{1}{2^\beta}+\frac{\log_2 3}{3^\beta}+\frac{2}{4^\beta}\right]=1{,}5098.$ Параметр β при этом получился равным $\beta=1{,}5887,$ а $F=1{,}6176.$ На основе изложенных методологических принципов была проведена обработка массива токсикологических данных по LD_{50} для 4774 химических веществ, содержащихся в базе данных [3-4], при поступлении их в желудок крыс. Границы классов по этому массиву экспериментальных данных представлены в следующей таблице 1.

Таблица 1

Классификация токсичности химических веществ

Показатель	Классы токсичности веществ			
	I-чрезвычайно токсичные	II-высокотоксичные	III-умеренно токсичные	IV-малотоксичные
LD_{50} (мг/кг) Введение в желудок	<25	25-100	101-500	>500

2. **Программное обеспечение**

Ниже представлено программное обеспечение на языке программирования C# для классификации химических веществ на четыре и семь классов опасности. Основной интерфейс программы представлен на рис. 1.

Рис. 1. Интерфейс программы

В главной формы представлены следующие элементы: 2 текстовых поля и 5 кнопок: Выход (не нуждается в комментарии), Добавить LD_{50} (пользователь может добавлять новые значения LD_{50} в конец файла), Очистить (обнуляет все значения текст боксов, обнуляет результаты расчётов), Рассчитать (рассчитывает границы классов токсичности, выводит результат вычислений на экран), Считать файл (открывает файл выбранного формата и считывает его построчно).Теперь подробнее о каждом элементе: Считать файл – предлагает пользователю файловый диалог для выбора файла. На формат входного файла не накладывается никакого ограничения. Файл должен содержать только числовые значения (как целые, так и вещественные), разделенные переводом строки. Рассчитать – основная функция программы, которая реализует алгоритм расчета количества элементов в классах, упорядочивает массив, и находит граничные значения классов. Очистить – очищает текущую форму от результатов вычислений, а также все текстовые поля. После очищения, массив исходных чисел обнулен, и перед следующей операцией расчёта необходимо считать файл еще раз. Добавить LD_{50} – кнопка, которая осуществляет вызов файлового диалога для выбора пользователем файла, в который будет записываться значение из нижнего текстового поля. Количество классов – текстовое поле, для ввода количества классов (т.к. оптимальное число классов варьируется

от 4 до 9, то реализована работа именно с ними). На рис. 2 приведен скриншот работающей программы.

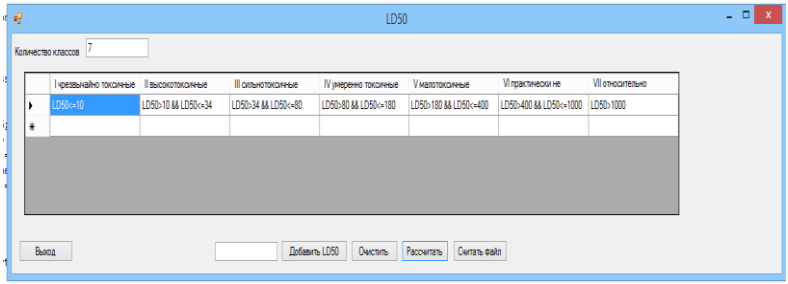


Рис. 2. Расчёт границ семи классов токсичности

Предложенную классификацию можно считать результатом развития и совершенствования известных классификаций, в которых числовые характеристики границ классов выбраны произвольно.

Заключение

Применение разработанного подхода позволяет теоретически обосновать числовые характеристики границ классов, составляющих большой массив известных веществ, по величине LD_{50}.

Список литературы

1. Яглом А. И. Вероятность и информация / А. И. Яглом, И. М. Яглом. – М. : Наука, 1973. – 512 с.

2. Сороко Э. М. Структурная гармония систем / Э. М. Сороко. – Минск: Наука и техника, 1984. – 264 с.

3. Осипов А. Л. Компьютерные методы оценки параметров токсикологии / А. Л. Осипов, В. П. Трушина, М. В. Яблонских // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 1-2. – С. 49-54.

4. Осипов А.Л. Информационные технологии в задачах классификации токсических веществ / А.Л. Осипов, В.П. Трушина, Р.Е. Баглай // Internatinal Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 4-2. – С. 79-84.

Особенности компьютерного моделирования поверхностей с помощью программы ScanViewer

И. А. Осипова, phys@nnn tstu.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности применения программы ScanViewer для компьютерного моделирования и последующего анализа поверхностей различных морфологий.*

Ключевые слова: *компьютерное моделировние, сканирующая микроскопия, программа ScanViewer.*

Введение

Атомно-силовой микроскоп (АСМ) может использоваться для наблюдения и изучения всевозможных морфологических особенностей и несовершенств структур, локализованных на изучаемых поверхностях.

Известно, что научное исследование проходит в несколько этапов, в том числе постановка проблемы, выдвижение гипотезы исследования, подтверждение или опровержение ее результатами эксперимента. В этом исследование несовершенств поверхностей на различных материалах и компьютерное моделирование результатов дает широкие возможности для формирования научного мировоззрения школьников, приобретения практических навыков работы со сканирующим микроскопом, умения обработки полученных изображений программой Scan Viewer, использования разнообразных фильтров, которые позволяют более точно рассмотреть нужные элементы, отсеять несущественные, получать сечения поверхностей в исследуемых направлениях.

1. Разработка моделей

В лаборатории по нанотехнологиям Политехнического лицея-интерната ТГТУ проводятся учебные занятия с учащимися лицея и студентами вуза – будущими специалистами в области нанотехнологий [3, 5]. Целью этих занятий является знакомство с устройством, принципом действия и возможностями зондовой микроскопии, программой для обработки полученных изображений Scan Viewer, отрабатываются навыки использования разнообразных фильтров, позволяющих более точно рассмотреть нужные элементы, отсеять несущественные, получать сечения поверхности в исследуемых направлениях, т. е. получить наиболее верную и точную информацию о

© Осипова И. А., 2019

поверхности посредством компьютерного моделирования. В ознакомительном плане как правило исследуется поверхность заранее известного вида, например устройство лазерного CD диска, обучающиеся могут убедиться в том, что просканированная, обработанная и проанализированная ими помощью программы Scan Viewer поверхность диска действительно имеет именно тот вид, о котором им известно, определить глубина и ширина питов, шаг и число дорожек, рассмотреть на его основе устройство отражательной дифракционной решетки, найти ее период. На рис. 1 показаны 2D изображение диска и его сечение в горизонтальном направлении.

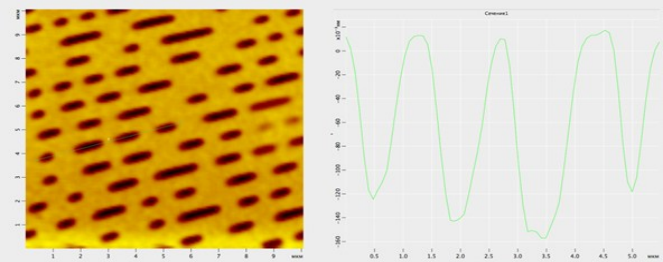


Рис. 1. 2D изображение диска и его сечение в горизонтальном направлении

Лаборатория используется также и в научных целях. Неоднократно на базе лаборатории проводилась исследовательская работа учащимися лицея, ребята выступают на научно-практических конференциях [4]. Несмотря на то, что сканирующий зондовый микроскоп создавался для учебного эксперимента, с его помощью неоднократно проводились исследования научного уровня. В частности сотрудниками лаборатории было проведено изучение рельефа поверхностей–металлов [3] и полимеров [1,2]. Исследовалась структура оксидной пленки на поверхности алюминия. В опытах использовали образцы из высокочистого алюминия A5N, измерялась толщина оксидного слоя алюминия до и после воздействия окислительной смеси. Выявлены особенности толщины оксидной пленки с точность от 2 нм до 50 нм. Так же проводилось исследование поверхности микрофильтрационной мембраны марки МФА-МА, применяемой для фильтрации растворов в химической технологии. В ходе исследования устанавлены особенности поверхности мембраны, внешний вид, оценены размеры микропоры (~ 1-3 мкм на уровне 10 мкм от основания) (рис. 2). Исследования микро и нанофильтрационных мембран продолжается в настоящее время.

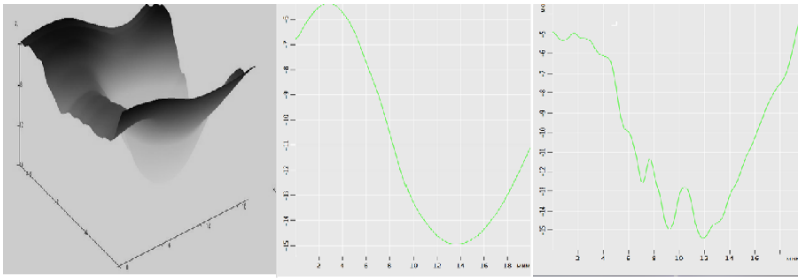


Рис. 2. Информационная модель описания процесса функционирования ИС при формировании рабочей программы

На рис. 3 показаны сканы изображений поверхностей МПС и МФФК микрофильтрационных пленок. Хорошо видно, что исследуемый объект может быть рассмотрен в 2D формате с использованием различных фильтров – сглаживающих, градиентных, фильтров резкости, что позволяет сгладить погрешности сканирования, связанные с неровностью поверхности, шумами и т.д. можно исследовать сечение объекта в интересующих направлениях, измерять параметры морфологических особенностей, в частности оценивать их размеры на сечениях в интересуемых направлениях.

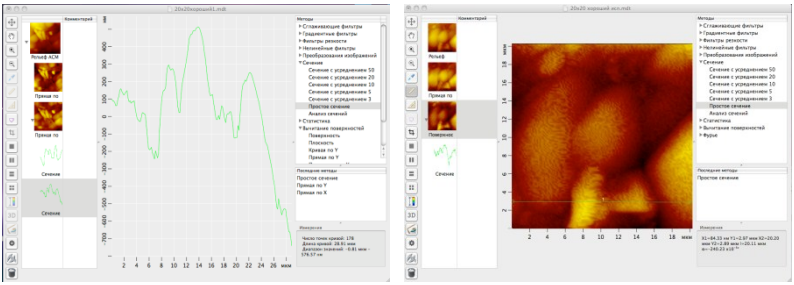


Рис. 3. Сканы изображений поверхностей МПС и МФФК микрофильтрационных пленок

На рис. 4 показаны исходные 3D модели поверхностей этих пленок, на которых можно увидеть объемные изображения, оценить размеры неровностей, выявить особенности и наметить интересующие направления дальнейшего исследования модели, построенной с помощью программы Scan Viewer.

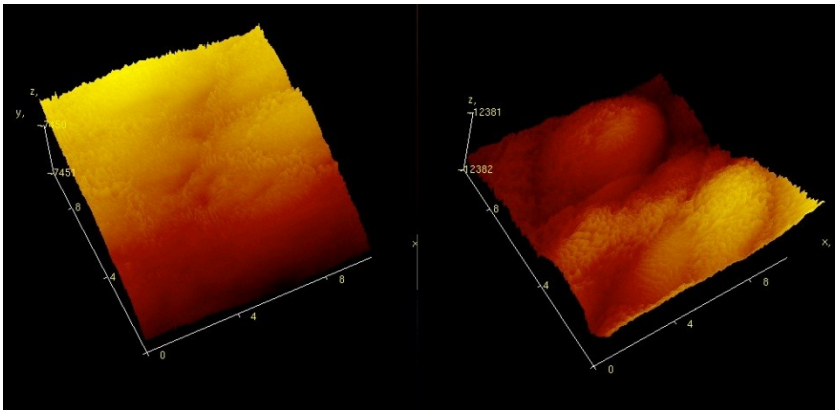


Рис. 4. 3D модели поверхностей

Заключение

Таким образом, АСМ представляет большие возможности для исследований как в учебных, так и научных целях, позволяет выявлять особенности строения поверхностей с точностью от нескольких нанометров. Программа Scan Viewer имеет большой арсенал средств для анализа полученных изображений, от возможности детального иммледования поверхности в целом и отдельных мельчайших ее частей, до фильтрации, обработки от шумов различного типа. Это позволяет акцентировать внимание на существенных особенностях и отсеять неважное и ошибочное. Однако, учитывая особенности имеющегося микроскопа, наиболее успешно он проявляет себя при изучении объектов размером несколько микрометров. Так же важно для дальнейшей работы с изображениями выполнить исследования тех же поверхностей любым другим способом.

Литература

1. Иванов,В.Е., Осипова И.А., Лазарев С.И., Поликарпов В.М. Исследование морфологии поверхности микрофильтрационных мембран МФА-МА методом атомно-силовой микроскопии. // Теплофизические исследования и измерения в энергосбережении, при контроле, управлении и улучшении качества продуктов, процессов и услуг: материалы Седьмой международной теплофизической школы: в 2 ч. Тамбов 20-25 сентября. 2010 г. /ГОУ ВПО ТГТУ. – Тамбов, 2010. – Ч. II. – С. 219-220.

2. Иванов В.Е. Атомно-силовая микроскопия как метод исследования поверхности твердых тел / В.Е. Иванов, Г.С. Баронин,

П.В. Комбарова // Труды Естественнонаучного и гуманитарного факультета Тамбовского государственного технического университета: сборник научных и научно-методических статей. – Тамбов : Издательство Першина Р.В., 2014. – С.65-75

3. Осипова И. А. Организация профессионально направленной среды при подготовке будущих инженеров в условиях непрерывной системы образования «школа-вуз» Труды Естественнонаучного и гуманитарного факультета Тамбовского государственного технического университета: сборник научных и научно-методических статей. – Тамбов: Издательство Першина Р.В. – 2014. – С. 241-250.

4. Попов И, Сибелев С., Осипова И.А. Исследование поверхности мембран методом атомно-силовой микроскопии. / XXI форум исследователей «Грани творчества», краткие тезисы докладов под ред. д.т.н. проф. Е.И. Глинкина. – Тамбов, изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – С. 22.

5. Физика. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / Ю. М. Головин, О. С. Дмитриев, О. В. Исаева, И. А. Осипова, В. Б. Вязовов, В. М. Поликарпов, В. М. Холодилин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – 153 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Моделирование процесса местоопределения в условиях неопределенности пространственного размещения элементов угломерной системы координат

М. Л. Паринов
И. В. Цалиев
Е. В. Петренков

Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы имитационного моделирования процесса фазового пеленгования и угломерной координатометрии в интересах оценки влияния неопределенности в пространственном размещении антенных элементов пеленгатора на точность определения координат источника излучения.*

Ключевые слова: *Моделирование, координатометрия, угломерная система координат.*

Введение

В настоящее время одним из базовых компонентов вооруженного противоборства, который фактически определяет развитие конфликта в целом и существенным образом влияет на его исход, является противоборство в информационном пространстве. Подобные тенденции, обуславливаются охватом единым информационным полем высокоинтегрированной системы управления всех элементов, участвующих в вооруженном противостоянии. В данных условиях возникает в достаточной степени существенная проблема, связанная с минимизацией проявления разведывательных признаков в радиочастотном спектре электромагнитных волн, причиной которой является использование принципов время-частотно-энергетической адаптации при реализации организационно-технических мер функционирования элементов системы управления.

Решение сформулированной выше проблемы, в части касающейся энергетической составляющей, возможно за счет приближения к излучающим радиоэлектронным средствам (РЭС) чувствительной к электромагнитному полю компоненты разведывательной системы [1], что определяет необходимость оценки влияния точности

© Паринов М. Л., Цалиев И.В., Петренков Е.В., 2019

позиционирования элементов на пеленгования и местоопределения источников радиоизлучения (ИРИ).

Сказанное выше определяет цель настоящей статьи, заключающейся в разработке модели процесса угломерного местоопределения, учитывающей случайный характер пространственного положения ее элементов.

1. Постановка задачи

Под элементами угломерной системы местоопределения в рассматриваемой задаче будем понимать элементы антенной решетки, входящей в состав средств, обеспечивающих пеленгование источников радиоизлучения [2].

В качестве исходных данных определим законы распределения координат антенных элементов на плоскости: $f_i^j(x), f_i^j(y)$, где $i=\overline{1,N}$ - номер элемента решетки, $j=\overline{1,M}$ - номер пеленгаторного поста угломерной системы. Введем ограничение при построении базовой математической модели на количество элементов решетки, определяемое их минимальным числом, необходимым для реализации фазового метода пеленгования – $N=2$.

Опираясь на результаты, полученные в [2,3], уравнение линий положения источника излучения запишем в виде:

$$y^j=\sqrt{(\frac{2\pi d^j}{\lambda\Delta\varphi^j})^2-1}(x^j-x_{12}^j)+y_{12}^j \qquad (1)$$

где $x_{12}^j=\frac{x_1^j+x_2^j}{2}, y_{12}^j=\frac{y_1^j+y_2^j}{2}, d^j=\sqrt{(x_1^j-x_2^j)^2+(y_1^j-y_2^j)^2}$; $\Delta\varphi^j$ - разность фаз между элементами решетки.

Рассматривая угломерную систему, включающую в себя 2 пеленгаторных поста, для координат источника излучения получим следующие соотношения:

$$x=\frac{y_{12}^2-y_{12}^1+Ax_{12}^1-Bx_{12}^1}{A-B}, \qquad (2)$$

$$y=\frac{AB(x_{12}^1-x_{12}^2)+Ay_{12}^2-By_{12}^1}{A-B}, \qquad (3)$$

$$A=\sqrt{(\frac{2\pi d^1}{\lambda\Delta\varphi^1})^2-1}, B=\sqrt{(\frac{2\pi d^2}{\lambda\Delta\varphi^2})^2-1}. \qquad (4)$$

Принимая во внимание характер распределения координат антенных элементов, подчиняющегося нормальному закону [2,3], получить аналитическое соотношение, определяющее закон распределения координат источника, в соответствии с функциональным преобразованием (2,3,4), представляет в достаточной степени сложную задачу.

2. **Имитационное моделирование**

Данное обстоятельство определяет необходимость использования методов имитационного моделирования в интересах формирования математической модели рассматриваемого процесса.

Основой имитационной модели является аналитический алгоритм (2,3,4), а также известные методы статистического моделирования и преобразования законов распределения случайных величин [4].

В частности, рассмотрим особенности формирования множества реализаций координат антенных элементов пеленгаторов, плотности вероятности распределения которых определяются следующими функциями:

$$f_i^j(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{x_i^j}} e^{-\frac{(x-mx_i^j)^2}{2(\sigma_{x_i^j})^2}}, \; f_i^j(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{y_i^j}} e^{-\frac{(y-my_i^j)^2}{2(\sigma_{y_i^j})^2}}. \qquad (5)$$

В соответствии с выражениями (5), опираясь на рекомендации, изложенные в [4], для получения множества реализаций рассматриваемых величин, воспользуемся следующими соотношениями:

$$\left\{\xi_k^{x_i^j}\right\}^K = \Phi^{-1}(z), \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{x-mx_i^j}{\sqrt{2}\sigma_{x_i^j}}} e^{-t^2} dt, \qquad (6)$$

где $\{\bullet\}^{-1}$ - операция обращения функции; $z_k = ravn[0,1]^K$ - равномерно распределенная случайная величина в интервале $[0,1]$.

Аналогичным образом формируется множество реализаций величины относительной фазовой пространственной задержки между антенными элементами, закон распределения которой также является нормальным [3]. Сказанное выше позволяет определить структуру вычислительного алгоритма имитационной модели в виде, представленном на рис. 1.

В интересах обоснования параметров имитационной модели, в частности, количества ее реализаций, целесообразно использовать вероятностный критерий, ориентированный на формирование величины

достоверности оценки математического ожидания в соответствии со следующим соотношением [4]:

$$P\left(\left|m_{x(y)} - x_u(y_u)\right| \le \delta\right) \ge \alpha \qquad (7)$$

где $m_{x(y)}$ – среднее значение оцениваемой величины; $x_u(y_u)$ – истинное значение; δ – требуемая степень отклонения; α – достоверность оценки.

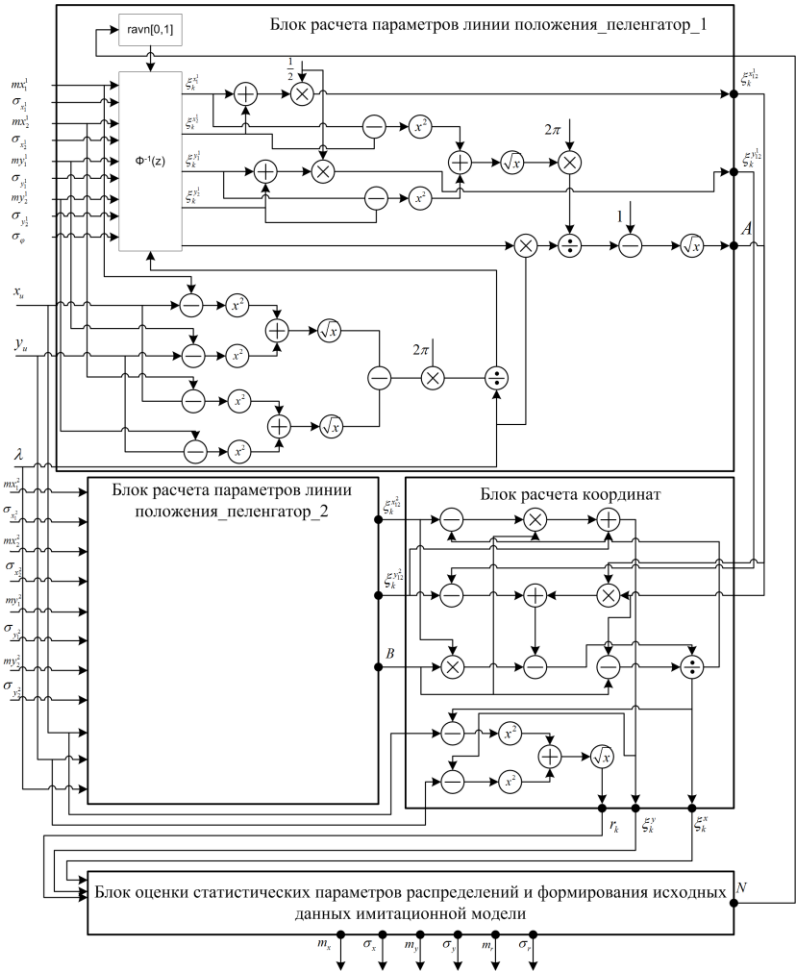


Рис. 1. Вычислительный алгоритм имитационной модели

На рис. 2 представлены графики зависимости вероятности сходимости математического ожидания к истинному значению для различных величин среднеквадратических отклонений исходных распределений координат и степени отклонения.

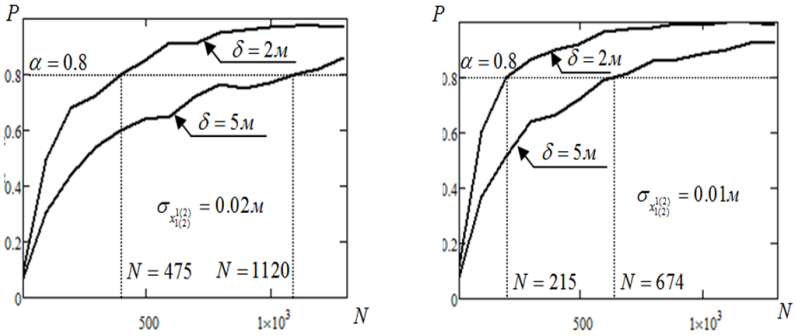


Рис. 2. Зависимости вероятности сходимости для различных исходных данных

Анализ представленных зависимостей позволяет сформулировать требования к количеству реализаций имитационной модели. Так, при дисперсии исходного распределения координат $\sigma_{x_{1(2)}^{1(2)}} = 0.02м$ и величине степени отклонения равной $\delta = 2м$ и $\delta = 5м$ количество реализаций модели для обеспечения достоверности $\alpha = 0.8$ должно составлять $N = 1120$ и $N = 475$ соответственно, уменьшении дисперсии распределения вдвое с $0.02м$ до $0.01м$, при сохранении тех же значений отклонения и достоверности, приводит к сокращению количества реализаций до значений $N = 674$ и $N = 215$ соответственно.

Приведенный выше анализ определяет необходимость адаптации количества реализаций при изменении дисперсии исходного распределения, что реализовано в вычислительном алгоритме в виде обратной связи.

3. **Вычислительный эксперимент**

На основе разработанной модели проведен вычислительный эксперимент по оценке влияния неопределенности пространственных параметров размещения антенных элементов пеленгаторов на точность определения координат, выраженной в величине математического ожидания линейной ошибки, рассчитываемого на основе выражения:

$$m_r = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} r_i; \quad r_i = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2} \tag{8}$$

На рис. 3 представлены зависимости математического ожидания ошибки от среднеквадратического отклонения распределения координат, а также функция распределения линейной ошибки для различных значений СКО координат антенных элементов.

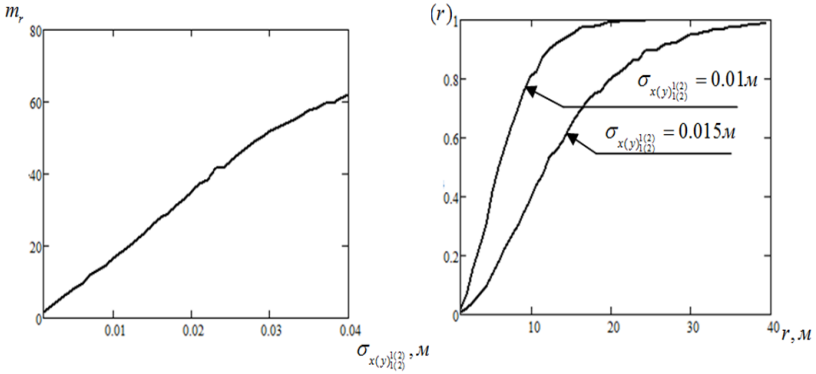


Рис. 3. Зависимость среднего значения линейной ошибки от точности позиционирования антенных элементов пеленгаторов

Анализ представленных на рисунке 3 зависимостей свидетельствует о существенном влиянии неопределенности, выраженной, в частности, в среднеквадратическом отклонении координат, в позиционировании антенных элементов пеленгаторов на точность определения координат источника излучения. Так, при формировании области достоверного размещения элементов двухэлементной антенной решетки в виде окружности диаметром в 1.5 метра для обоих пеленгаторов среднее значение линейной ошибки местоопределения будет составлять 60 метров при длине волны источника в 1 метр и его удалении от линии угломерной базы в 1 километр.

Заключение

Таким образом, в статье предложен подход к имитационному моделированию процесса фазовой пеленгации и угломерной координатометрии основанный на статистических методах, базирующихся на функциональных преобразованиях законов распределения случайных величин при формировании множества их реализаций. На основе сформулированного подхода разработана

имитационная модель рассматриваемых процессов, а также, с использованием вероятностных критериев, обоснованы ее параметры. Результаты моделирования могут быть использованы в интересах обоснования требований к пространственному размещению забрасываемых средств пеленгования и координатометрии.

Литература

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения / Козирацкий Ю. Л. Паринов М. Л. [и др.]. – М. : Радиотехника, 2013. – 232 с.

2. Козирацкий Ю. Л. Способы синхронизации в забрасываемой пространственно-распределенной системе пеленгования / Ю. Л. Козирацкий, М. Л. Паринов, С. В. Петренков. – М. : Радиотехника. – 2015. – № 12. – С. 22-27.

3. Кукес И. С. Основы радиопеленгации / И. С. Кукес, М. Е. Старик. – М. : «Сов. Радио», 1964. – 640 с.

4. Вентцель Е. С. Теория вероятности / Е. С. Вентцель. – М. : Высшая школа, 2006. – 575 с.

Разработка алгоритма автоматического обнаружения трещин на основе преобразования Хафа

Е. В. Петрова, e-mail: 577366@bsu.edu.ru
А. А. Черноморец

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Аннотация. *Разработан алгоритм автоматического распознавания трещин на основе метода Хафа.*

Ключевые слова: *распознавание изображений, сегментация, преобразование Хафа.*

Введение

Задача распознавания объектов на изображениях является одной из актуальных задач распознавания. Существует множество предметных областей, где важно уметь качественно решать такие задачи – распознавание текстов, сравнение отпечатков пальцев, охранные системы, системы распознавания автомобильных номеров и многие другие.

Решение задачи распознавания объектов на изображении предполагает определение наличия объекта на изображении и нахождение его положения в системе координат пикселей исходного изображения. Положение объекта в зависимости от выбранного алгоритма может определяться координатами прямоугольника, описывающего объект, либо контуром этого объекта, либо координатами набора точек, наиболее характерных для объекта. Решение задачи поиска объектов позволяет анализировать качественный состав сцены, а также получать информацию о взаимном расположении объектов [1]. Сложность задачи поиска объектов на изображении обусловлена многими причинами, среди которых можно выделить несколько основных:

1. Низкое разрешение изображений. В результате чего, признаки объектов могут быть плохо различимы.
2. Наличие сложной фоновой структуры на изображениях. Это подразумевает наличие на изображениях посторонних объектов, которые могут иметь визуальные признаки, схожие с искомым объектом.

© Петрова Е. В., Черноморец А. А., 2019

3. Различные искажения, полученные в процессе регистрации изображений. Регистрация изображений может производиться при неудачных ракурсах, плохих погодных условиях, различных углах и условиях освещения. В результате этого, на изображениях могут быть различные шумовые помехи, символы могут быть подвержены аффинным и проекционным искажениям.

Количество искомых объектов на изображении заранее не известно.

Поэтому исходное изображение требует применения различных алгоритмов предварительной обработки, что в свою очередь усложняет процесс распознавания, делает его более громоздким, увеличивает объем и время вычислений. Поэтому на сегодняшний день до сих пор существует потребность в разработке эффективных методов и алгоритмов, применяющихся при решении задачи распознавания объектов на изображении.

2. Разработка алгоритма выделения трещины на изображении

Процесс реализации поиска объектов на изображении обычно разделяют на несколько этапов:

1. Процедура предобработки – используется практически всегда после получения информации с датчика, и представляет собой применение операций усреднения и выравнивания гистограмм, различного типа фильтров для исключения помех, возникающих в результате аппаратной дискретизации и квантования, а также подавления внешних шумов.

2. Сегментация – заключается в процессе поиска однородных областей на изображении.

3. Распознавание – входными данными являются изображения, полученные в результате шумоподавления и процесса сегментации [2].

В настоящее время большинство систем работают согласно данной схеме.

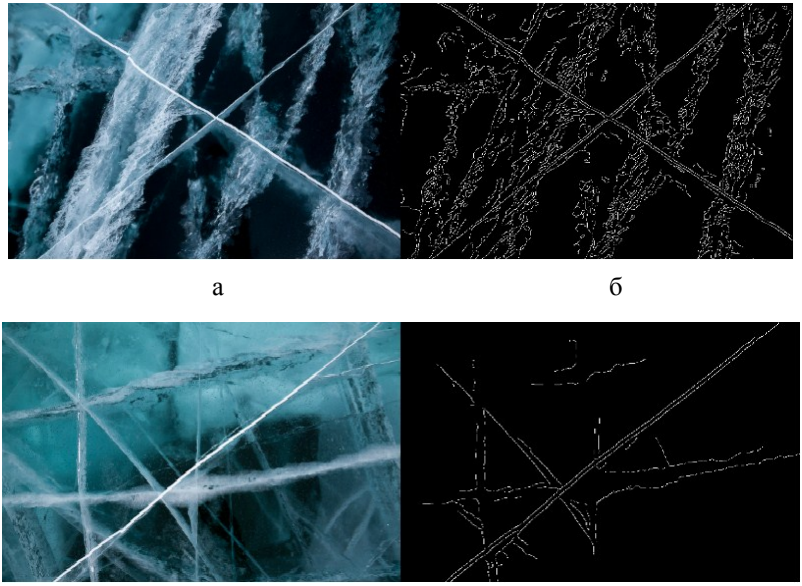
Одним из примеров подхода к обнаружению объекта является преобразование (метод) Хафа. Данный метод в большинстве случаев применяется для двумерных изображений, где в качестве «областей интереса» использует в основном контуры объектов. Преобразования Хафа позволяют указать параметры семейства кривых и обеспечивает поиск на изображении множества кривых заданного семейства. Преобразования Хафа основываются на представлении искомого объекта в виде параметрического уравнения. Параметры этого уравнения представляют фазовое пространство или пространство Хафа. Затем, берётся двоичное изображение, перебираются все точки границ и делается предположение, что точка принадлежит линии искомого объекта. Для каждой точки изображения рассчитывается нужное

уравнение и получаются необходимые параметры, которые сохраняются в пространстве Хафа. Следующим шагом является обход пространства Хафа и выбор максимальных значений, за которые «проголосовало» больше всего пикселей картинки, на основании чего определяются параметры для уравнений искомых прямых. Далее производится отсев найденных линий по показателям наименьшей допустимой длины и допустимому расстоянию между коллинеарными сегментами.

3. Вычислительны эксперименты в среде MatLab

Данная схема была реализована в виде программы в среде Matlab и протестирована на ряде изображений ледового покрова Автоматическое распознавание тещин, позволит заменять ресурсозаратные процессы работой одного алгоритма. В связи с этим задача разработки методов автоматизированной обработки изображений ледяного покрова актуальна в настоящее время.

Результат применения преобразования Хафа для исследуемых изображений представлен на рис. 1.



а б

в г

Рис. 1. Результаты вычислительных экспериментов: *а, в* – исходное изображение, *б, г* – результат автоматического выделения трещин

Из увиденного на рисунке 1 следует, что на исследуемом изображении много шумов и неприемлемое количество разрывов.

Достоинство данного метода заключается в том, что он является инвариантным к яркости и цвету изображения.

Недостаток данного метода заключается в том, что он восприимчив к любой области изображения, имеющей прямоугольную форму. Это снижает эффективность его применения на изображениях со сложной фоновой структурой.

Заключение

В данной работе рассмотрено применение метода Хафа для решения задачи обнаружения трещин на изображениях ледового покрова акватории. Результаты вычислительных экспериментов показали, что данный метод не всегда дает качественный результат. В связи с этим актуальным является проведение дополнительных исследований с целью разработки подхода к решению данной задачи на основе интеллектуальных сверточных нейронных сетей.

Литература

1. Бошляков И. А., Коновалов К. В. Алгоритм определения сплошных линий разметки дорожного полотна // Издатель ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана» – Молодежный научно-технический вестник # 05, май 2015.

2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений Издание 3-е, исправленное и дополненное Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с.

Гистерезисное управление динамикой гибкого обратного маятника

А.Е. Пигарев, e-mail: pae@mail.ru [1,2]
А.И. Драбо [1]
Аббас З.Х.А., email: zainab.hatiff@gmail.com [2]
М.А. Попов, email: soeltic@gmail.com [2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)
[2] ФГБОУ ВПО ВГТУ

Аннотация. *Изучается динамика системы, состоящей из гибкого обратного маятника и люфта в основании его крепления. Разработан алгоритм стабилизации маятника в окрестности вертикального положения, основанный на принципе обратной связи. Также, в работе решается задача оптимизации по параметрам управляющего воздействия.*

Ключевые слова: *обратный гибкий маятник, гистерезис, градиентный метод, оптимизация, разностная схема*

Введение

В настоящей работе рассматривается задача стабилизации в вертикальном положении обратного маятника, представляющего собой гибкий стержень, одним концом шарнирно закрепленный на цилиндре, движение которого вызывается горизонтальным перемещением поршня.

1. Постановка задачи

Рассмотрим модель динамики обратного маятника в предположении малых отклонений от вертикального неустойчивого равновесия. Изучаемая система представляет собой гибкий стержень, одним концом шарнирно закрепленный на цилиндре, движение которого вызывается горизонтальным перемещением поршня (Рис. 1.).

Здесь (x, y) – система отсчета гибкого стержня массой m, длиной l и плотностью ρ, где ось Ox совпадает с касательной к профилю стержня в точке его крепления; θ – угол наклона системы координат стержня; $(X, \bar{x})$ – инерциальная система координат рассматриваемой механической системы, M – масса цилиндра с раствором L, F – сила, приложенная к поршню массой m_p, трактуемая как управление.

© Семёнов М.Е., Драбо А.И., Аббас З.Х.А., Попов М.А., 2019

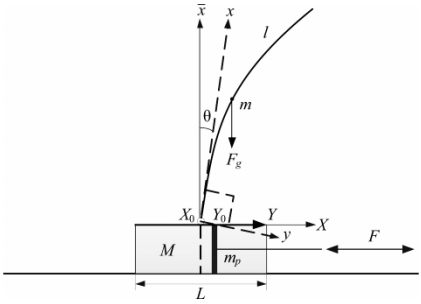


Рис. 1. Модель гибкого маятника

2. **Динамика системы**

Одной из особенностей, рассматриваемой в данной работе механической системы, является наличие люфта в опоре стержня, а так как люфт является одним из видов гистерезисных зависимостей, то следуя классическим схемам М.А. Красносельского и А.В. Покровского [10], будем трактовать его как преобразователь, определенный на пространстве непрерывных функций, динамика которого описывается соотношениями: вход-состояние и состояние-выход.

Выход преобразователя-люфта на монотонных входах удобно определить следующим соотношением:

$$X(t) = \Gamma[X_0, L]Y(t) = \begin{cases} 0, & |Y(t) - X_0| \le \dfrac{L}{2}, \\ Y(t) - \dfrac{L}{2}, & Y(t) - X_0 > \dfrac{L}{2}, \\ Y(t) + \dfrac{L}{2}, & Y(t) - X_0 < -\dfrac{L}{2}. \end{cases}$$

Здесь $X(t)$ – перемещение центра цилиндра, $Y(t)$ – перемещение поршня в горизонтальной плоскости. Сила, приложенная к опоре стержня, определяется следующим соотношением:

$$f(t) = \Gamma[X(0,t), Y(t), L, F_0]F = \begin{cases} 0, & |X(0,t) - Y(t)| \le L, \\ F & |X(0,t) - Y(t)| > L, \end{cases}$$

где L – величина раствора цилиндра, F – сила, трактуемая как управление, приложенное к поршню. В свою очередь, движение поршня подчиняется уравнению

$$m_p \ddot{Y}(t) = F.$$

Рассмотрим физическую модель маятника (1. Рис. 1.). Будем считать, что отклонение y и угол наклона стержня θ малы, то есть $x \approx \bar{x}$, а граничные условия системы, определяющие кривизну стержня имеют вид:

$$\begin{cases} y(0,t) = y''(0,t) = 0, \\ y''(l,t) = y'''(l,t) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Для описания движения изучаемой системы, используем формализм Лагранжа и, переходя к системе координат $(X, \bar{x})$, модель рассматриваемой механической системы будет иметь следующий вид (здесь $X = X(x,t)$):

$$\begin{cases} \ddot{X} + \dfrac{EI}{\rho} X'''' = gX'(0,t), \\ M\ddot{X}(0,t) = f(t) - mgX'(0,t) - EIX'''(0,t), \\ ml\ddot{X}'(0,t) + m\ddot{X}(0,t) = mgX'(0,t) + EIX'''(0,t), \end{cases}$$

В дальнейшем, управление маятником будем строить по принципу обратной связи, т.е. считаем, что величина силы, приложенной к цилиндру, определяется следующим равенством:

$$F = k \cdot \operatorname{sign}(ae_1 + e_2). \quad (2)$$

где коэффициенты $a > 0$, $k > 0$ и $e_1 = \int_0^l X'dl$, $e_2 = \int_0^l \dot{X}'dl$.

Параметр e_1 – интегральный угол отклонения стержня, e_2 – интегральная угловая скорость стержня. Решение задачи стабилизации обратного гибкого маятника в окрестности вертикального положения будет заключаться в поиске таких значений коэффициентов a и k, при которых параметры e_1 и e_2 будут ограничены.

Таким образом, система уравнений, описывающая динамику исследуемой механической системы, имеет следующий вид:

$$
\begin{cases}
\ddot{X} + \dfrac{EIl}{m} X'''' = gX'(0,t), \\
(M+m)\ddot{X}(0,t) + ml\ddot{X}'(0,t) = f(t), \\
\dfrac{g}{l}(M+m)X(0,t) - \dfrac{MEI}{m} X'''(0,t) = f(t), \\
f(t) = \Gamma\left[X(0,t), Y(t), L, F_0\right]F, \\
m_p \ddot{Y}(t) = F, \\
F = k \cdot sign(ae_1 + e_2), \\
e_1 = \int\limits_0^l X'dl, \\
e_2 = \int\limits_0^l \dot{X}'dl.
\end{cases} \qquad (3)
$$

3. **Результаты компьютерного моделирования**

Ниже представлены результаты моделирования поведения обратного гибкого маятника без люфта. Характеристики исследуемой механической системы и начальные условия: *Материал стержня – сталь,* $m = 1$ кг; $M = 10$ кг; $l = 1$ м; $\rho = 1,04$ кг/м; $E = 210 \cdot 10^9$ Па; $I = 0.087$ кг·м^2, $\alpha = 0.06$. В процессе оптимизации решения были найдены коэффициенты $a = 22$ и $k = 1.15$.

Фазовая траектория исследуемой системы, представляющая собой зависимость интегрального угла отклонения стержня от его интегральной угловой скорости и соответствующая ей функция Ляпунова показаны на Рис. 2.

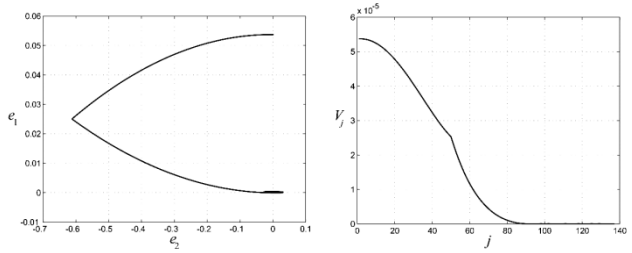


Рис. 2. Фазовая траектория (слева) и функция Ляпунова (справа) системы без люфта ($a = 22$, $k = 1.15$)

Как видно из Рис. 2. , обратный маятник с течением времени стремится к устойчивому вертикальному положению.

Изменим коэффициенты управления, пусть $a = 40$ и $k = 1$. График фазовой траектории и функции Ляпунова для этого случая приведены на Рис. 3.

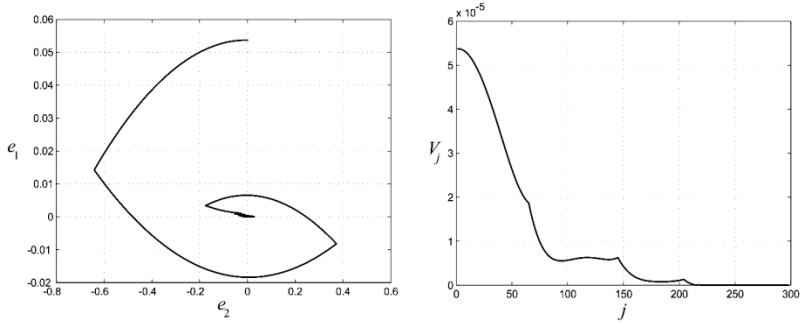


Рис. 3. Фазовая траектория (слева) и функция Ляпунова (справа) системы без люфта ($a = 40$, $k = 1$)

Как видно из рисунков, изменение найденных коэффициентов приводит к увеличению времени стабилизации.

Добавим в модель системы люфт опоры стержня. Итог поиска коэффициентов для такой системы (при тех же основных параметрах): $a = 8.4$; $k = 1.39$.

Примем величину люфта $L = 0.02$ м, $m_p = 1$ кг. Фазовая траектория и функция Ляпунова такой системы показаны на Рис. 4.

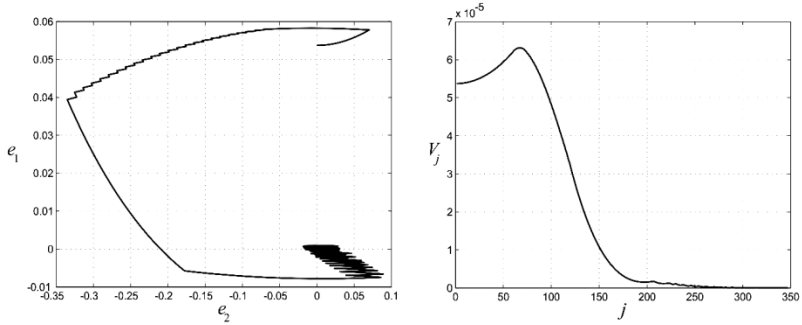


Рис. 4. Фазовая траектория (слева) и функция Ляпунова (справа) системы с люфтом $L = 0.02$ м ($a = 8.4$, $k = 1.39$)

Система при заданных параметрах с течением времени приходит в устойчивое состояние. Изменим коэффициенты управления, пусть $a = 15$, $k = 6$. Результаты моделирования приведены на Рис. 5.

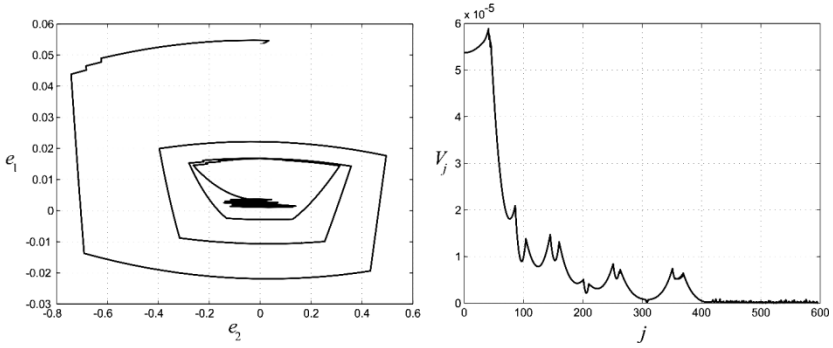


Рис. 5. Фазовая траектория (слева) и функция Ляпунова (справа) системы с люфтом $L = 0.02$ м ($a = 15$, $k = 6$)

Как и в случае с системой без люфта, изменение коэффициентов приводит к увеличению времени стабилизации.

Заключение

В настоящей работе рассмотрена физическая модель обратного гибкого маятника с люфтом в основании его крепления, предложен метод стабилизации маятника в окрестности вертикального положения. В качестве алгоритма оптимизации при стабилизации маятника был использован градиентный метод дробления шага. Динамика изучаемой физической системы проиллюстрирована с помощью численного моделирования.

Список литературы

1. Stephenson A. «On an induced stability» //Phil. Mag. 15, 233 (1908).

2. Капица П.Л. Маятник с вибрирующим подвесом // УФН. 1951. № 44. С. 7–20.

3. Капица П.Л. Динамическая устойчивость маятника при колеблющейся точке подвеса // ЖЭТФ. 1951. № 21. С. 588–597.

4. Черноусько Ф.Л., Акуленко Л.Д., Соколов Б.Н. Управление колебаниями. М.: Наука, 1980. 383 с.

5. Решмин С. А., Черноусько Ф. Л. Оптимальное по быстродействию управление перевернутым маятником в форме синтеза // Известия РАН. Теория и системы управления. 2006. № 3. С. 51-62.

6. Матвеев М. Г., Семенов М.Е., Шевлякова Д.В., Канищева О.И. Зоны устойчивости и периодические решения перевернутого маятника с гистерезисным управлением // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. №11. С. 8–14.

7. Mikhail E. Semenov, Andrey M. Solovyov, Peter A. Meleshenko Elastic inverted pendulum with backlashin suspension: stabilization problem // Nonlinear Dynamics. 2015. Vol. 82. P. 677–688.

8. Semenov M.E., Meleshenko P.A., Solovyov A.M., Semenov A.M. Hysteretic Nonlinearity in Inverted Pendulum Problem // Springer Proceedings in Physics. Structural Nonlinear Dynamics and Diagnosis. 2015. Vol. 168. P. 463–506.

9. Chao Xu, Xin Yu Mathematical model of elastic inverted pendulum control system //Journal of Control Theory and Applications. 2004. N. 3.P. 281-282.

10. Красносельский М.А., Покровский А.В. Системы с гистерезисом. М.: Наука, 1983.

11. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1977.

12. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.

13. Семёнов М.Е., Матвеев М.Г., Лебедев Г.Н., Соловьёв А.М. Стабилизация обратного гибкого маятника с гистерезисными свойствами. Мехатроника, автоматизация, управление. 2017. Т. 18. № 8. С. 516-525.

14. Semenov M.E., Grachikov D.V., Rukavitsyn A.G., Meleshenko P.A. On the state feedback control of inverted pendulum with hysteretic nonlinearity В сборнике: MATEC Web of Conferences 2. – 2014. – С. 5009.

15. Solovyov A.M., Semenov M.E., Meleshenko P.A., Reshetova O.O., Popov M.A., Kabulova E.G. Hysteretic nonlinearity and unbounded solutions in oscillating systems В сборнике: Procedia Engineering 3. Сер. "3rd International Conference" Information Technology and Nanotechnology", ITNT 2017" 2017. – С. 578-583.

16. Solovyov A.M., Semenov M.E., Meleshenko P.A., Barsukov A.I. Bouc-wen model of hysteretic damping В сборнике: Procedia Engineering 3. Сер. "3rd International Conference" Information Technology and Nanotechnology", ITNT 2017" 2017. – С. 549-555.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 17-01-00251, 19-08-00158

Исследование разработанного программного обеспечения для оптимизации бортовой информационно-вычислительной сети

Г. А. Платошин, e-mail: gaplatoshin@2100.gosniias.ru
Н. И. Сельвесюк, e-mail: nis@gosniias.ru

Государственный научный центр ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»
(ГНЦ ФГУП ГосНИИАС)

Аннотация. *В статье рассмотрены подпрограммы разработанного специального программного обеспечения, для оптимизации бортовой информационно-вычислительной сети, определена структура разработанного специального программного обеспечения, описан графический интерфейс. На примере уровня систем рассмотрена логика работы специального программного обеспечения.*

Ключевые слова: *Ключевые слова: авиационный комплекс, архитектура информационно вычислительной сети, уровни проектирования сети, синтез и оптимизация бортовой информационно-вычислительной сети.*

Введение

Авионика прошла в своем развитии достаточно длительный путь – от отдельных приборов и устройств, обеспечивающих решение некоторых автономных задач обеспечения полета воздушных судов до современных сложных аппаратно-программных сетевых комплексов с развитой архитектурой, позволяющих решать реальные задачи комплексного автоматизированного управления полетом.

При проектировании современных комплексов авионики используют принцип Распределенной модульной электроники (РМЭ), который предполагает, что стандартизированные компоненты систем авионики размещаются в определенных точках воздушного судна, что обусловлено желанием минимизировать коммуникационные линии, а также время отклика устройств. Для реализации концепции РМЭ создаются аппаратные компоненты нового типа, которые обеспечивают локальное управление вводом-выводом данных. Данные, предоставляемые датчиками и исполнительными механизмами, локально собираются устройствами ввода-вывода и передаются по сети

© Платошин Г.А., Сельвесюк Н.И., 2019

AFDX в централизованные вычислительные модули, поскольку периферийные устройства, как правило, обладают ограниченными вычислительными возможностями. Количество устройств, которые ведут обмен данными достигает нескольких сотен. Результатом проектирования РМЭ является большое количество возможных вариантов архитектуры. Вместе с тем важно соблюдать различные ограничения по ресурсам, безопасности, отказоустойчивости и многим другим при этом следует учитывать противоречивость некоторых критериев [1]. Дополнительная сложность связана с естественным требованием к локализации программных приложений. Указанная локализация реализуется посредством операционной системы реального времени (ОСРВ). Каждое приложение выполняется в собственной программной среде, на виртуальном устройстве. В настоящее время не существует однозначного решения задачи оптимального проектирования архитектуры РМЭ [2]. Поскольку архитектура, вместе с авионикой составляют порядка 30% от общей стоимости самолета, цена ошибки допускаемой при проектировании архитектуры чрезвычайно велика. Зачастую архитектура неудовлетворяющая критериям оптимальности (как с точки зрения распределения информационных ресурсов, так и распределения вычислительных средств), не в полной мере отвечает заданным требованиям, что в свою очередь очевидным образом сказывается на функционировании основных, жизненно важных систем летательного аппарата. Устранение подобных проблем – дорогостоящий процесс, что в свою очередь делает воздушное судно еще более дорогим и менее конкурентоспособным [3]. В связи с этим ГосНИИАС совместно с ВГТУ разработали специальное программное обеспечение (СПО) для оптимизации БИВС [4].

1. Структура разработанного СПО

Разработанное СПО функционирует на базе метамодели системы РМЭ, приведенной на рис. 1.

Структура архитектуры системы РМЭ основана на трех уровнях – системы, оборудования и установки [5]. Верхний уровень системы отражает функциональную структуру. Она строится следующим образом. Каждой функции соответствует программный пакет, который в свою очередь состоит из элементарных задач, структура которых определяется передаваемыми сигналами или (и) логической последовательностью выполнения задач. Выбранные на начальном этапе проектирования состав и структура задач, определяет их распределение по устройствам на следующем уровне. Соответственно планирование линий связи между устройствами определяется сигналами первого уровня.

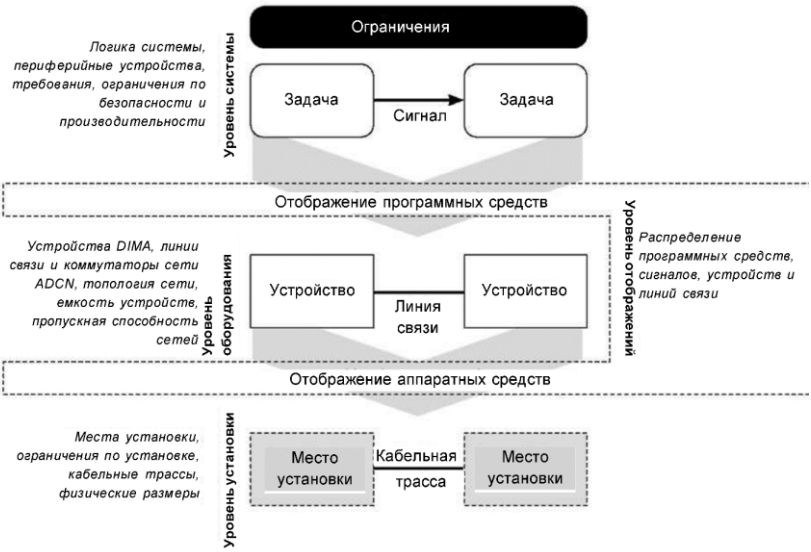


Рис. 1. Метамодель архитектуры системы с РМЭ

Далее, состав и структура устройств на втором уровне служит исходной информацией для проектирования мест установки устройств и прокладки кабельных трасс на уровне установки. Таким образом, нерациональное построение состава и структуры задач на системном уровне влечет за собой неэффективные решения на последующих уровнях метамодели, поскольку отображение программного обеспечения в устройства РМЭ и отображение устройств в места установки зависит от функционально-структурной организации задач. И наоборот, удачный выбор функционально-структурной организации задач может обеспечить успешные решения на уровнях оборудования и установки.

СПО содержит 8 подпрограмм оптимизации [4], изображенные на рис. 2, при этом подпрограммы с I по V требуют от пользователя начальной инициализации, а для VI, VII и VIII исходными данными служат расчетные выходные данные подпрограмм предыдущих уровней.

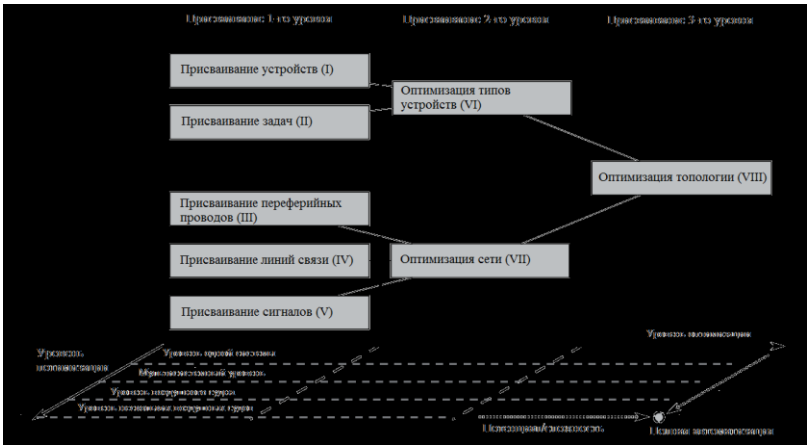


Рис. 2. Этапы создания системы с РМЭ с помощью СПО

Представленная метамодель порождает следующие моделируемые сущности, которыми оперирует СПО:

Таблица 1

Уровни метамодели БС с РМЭ

Уровень метамодели	**Моделируемые сущности**
Системы	Функция Интерфейс взаимодействия Таблица совместимости функций Граф взаимодействия
Оборудование	Вычислитель Коммутатор Оконечное устройство Таблица стоимости и веса интерфейсных линий
Установка	Опорная точка (свойства: место установки вычислителей, место установки коммутаторов, место установки периферии) Таблица расстояний

2. Графический интерфейс разработанного СПО

Разработанный с помощью среды разработки Qt Creator C++ 4.2.0 интерфейс пользователя представлен на рис. 3. Интерфейс базируется на метамодели архитектуры системы с РМЭ (рис. 1) и включает в себя все этапы проектирования БС ЛА, построенной на основе РМЭ (рис. 2).

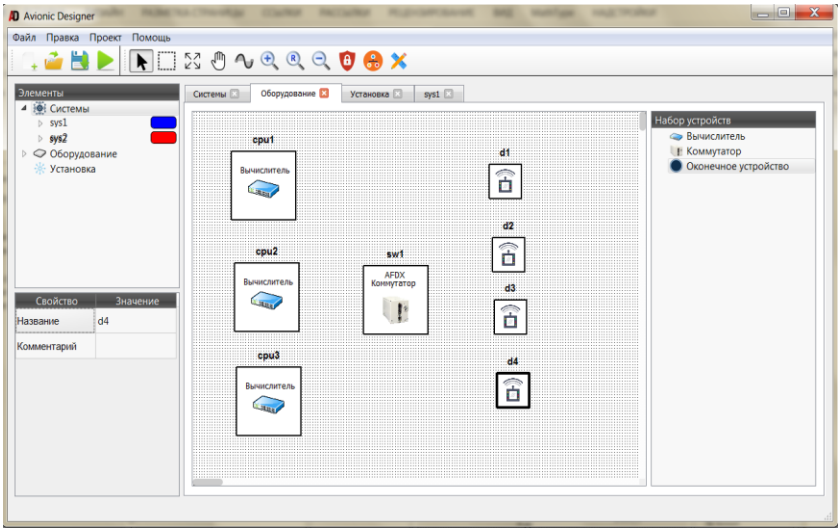


Рис. 3. Интерфейс пользователя. Добавление оборудования

3. Работа СПО на примере уровня систем

Для инициализации процесса построения и оптимизации архитектуры бортовой сети на базе РЭМ с помощью разрабатываемого СПО пользователю необходимо сформировать требования к создаваемой архитектуре, являющиеся входными данными СПО.

На уровне систем пользователю необходимо задать набор систем, каждая из которых объединяет в себе логически связанные задачи (функции), выделенные в отдельную функциональную подгруппу. Графический интерфейс пользователя позволяет создать символ каждой системы с заданным «цветом» и комментарием. При этом соответствующий «цвет» будет наследоваться в дальнейшем всеми функциями, входящими в состав системы.

Таблица 2

Параметры систем

Параметр	Описание
Имя	Имя системы
Цвет	Цвет системы и входящих в нее объектов
Комментарий	Краткая характеристика функционирования

Далее, пользователь создает функции и внешние порты в каждой из систем, а также связи между ними.

Таблица 3

Свойства внешних портов ввода-вывода

Параметр	Описание
Имя	Имя порта
Комментарий	Краткая характеристика функционирования

Таблица 4

Параметры функций

Параметр	Описание
Имя	Имя функции
Комментарий	Краткая характеристика функционирования
Тип	Тип функции, определяющий в дальнейшем ее совместимость с другими функциями системного уровня
ОЗУ	Объем используемой оперативной памяти
ПЗУ	Объем используемой энергонезависимой памяти
$T_{выз}$	Период вызова
N_T	Количество системных тактов, необходимых для выполнения функции

Далее, пользователю необходимо указать связи между всеми функциями каждой из созданных систем, а также связи между системами. Предполагается, что обмен данными между функциями производится по интерфейсу AFDX, а их связи формируют виртуальный канал. Таким образом, при создании каждой новой связи между функциями СПО запрашивает от пользователя параметры формируемого виртуального канала:

При создании каждого нового соединения по AFDX, СПО «проверяет» корректность введенных данных по следующему критерию:

Пропускная способность виртуального канала:

$$Band = \frac{L_{\max}}{BAG};$$

Нагрузка на виртуальный канал:

$$Load = \frac{DataSize}{T_{выз}};$$

Необходимо выполнение условия: $Load < Band$.

Таблица 5

Параметры виртуального канала

Параметр	Описание
BAG	Минимальный промежуток времени между передачей кадров при нулевом джиттере порождения кадров
L_{max}	Максимальный размер кадра, передаваемый по данному виртуальному каналу
DataSize	Размер сообщения, передаваемого по виртуальному каналу
Направление	Указывается имя передающей функции

Связь между функциями и внешними портами ввода-вывода может осуществляться как по интерфейсу AFDX (с запросом параметров из Табл. 6), так и по произвольному каналу связи с заданным порядковым номером (например *SPI_1*, *I2C_3* и т.п.).

На следующем этапе пользователю необходимо заполнить таблицу совместимости функций, объединенных в подгруппы по их типам. Под совместимостью понимается возможность или запрет на «нахождение» функций заданного типа совместно с функциями других типов в одном вычислителе.

После задания всех входных данных системного уровня СПО формирует взвешенный ориентированный граф связей между всеми элементами системного уровня.

Подобным образом задается оборудование и места установки оборудования. После того как все необходимые пользователю данные внесены в систему начинается процесс синтеза и оптимизации. Процесс синтеза и оптимизации архитектуры БС состоит из двух основных этапов (уровней оптимизации):

– Распределение функций по вычислителям;
– Распределение оборудования по местам установки.

На этапе распределения функций по вычислителям СПО распределяет по вычислителям все функции, указанные пользователем на уровне систем. При этом с одной стороны необходимо выполнение ряда ограничений, с другой стороны СПО определяет набор вычислителей каждого из доступных типов, а также их количество, как квазиоптимальное множество, достаточное для реализации всех указанных функций.

На этапе распределения оборудования по местам установки СПО находит квазиоптимальное распределение оборудования по местам установки с учетом всех целевых ограничений и параметров оптимизации, заданных пользователем на уровне установки. При этом, с одной стороны – необходимо выполнение ряда ограничений, с другой стороны – СПО должно определить набор типов коммутаторов, а также их количество, как квазиоптимальное множество, достаточное для реализации связи между всем оборудованием БС.

Заключение

Основными трудностями, с которыми сталкивается разработчик при компоновке системы РМЭ, являются:

- Ограничения по ресурсам.
- Ограничения по безопасности.
- Ограничения по пропускной способности
- Ограничение по размерам и др.

Также при оптимизации архитектуры дополнительную сложность вызывают противоречащие друг другу цели. Большое количество функций и аппаратных компонентов создает множество вариантов возможных архитектур, которые невозможно оценить. Например, для распределения 20 функций, среди пяти устройств, существует несколько миллионов теоретических комбинаций. Реальные архитектуры имеют 1000 функций, распределяемых среди 40 устройств. Эти комбинации ограничиваются ресурсами и другими ограничениями. Все оцениваемые архитектуры необходимо сначала проверить на предмет соблюдения этих ограничений. Существует несколько тысяч таких ограничений. Проектирование полной архитектуры и проверка всех ограничений после этого, скорее всего, приведет к получению недопустимой архитектуры. И наконец, большое количество целей из разных областей, частично противоречащих друг другу, затрудняет выбор окончательной архитектуры. Разработанное специальное программное обеспечение, позволит на этапе моделирования произвести алгоритмическую реализацию процесса поиска квазиоптимальной архитектуры бортовой сети, построенной на основе РМЭ. СПО интегрировано в графический интерфейс и позволяет в удобной для пользователя форме реализовывать процесс оптимизации БС с учетом различных целевых установок.

Список литературы

1. Grabowski G., Balser B., Forster M. Integrated Modular Avionics with COTS directed to Open System and Obsolescence Management // Electronics. 2001. № January. С. 23–25. Федосов Е.А., Косьянчук В.В.,

Севельсюк Н.И. Интегрированная модульная авионика // Радиоэлектронные технологии. 2015. № 1. С. 66–71

2. Кучерявый А.А. Авионика. СПб, «Лань. 2016. 452 с.

3. Kravtsov V. Optimum Functions Distribution on IMA Components // European and Russian Joint Avionics Forum – New Generation of IMA Solutions for Future Aircraft. 2009.

4. Платошин, Г.А. Математический аппарат для оптимизации бортовой информационно-вычислительной сети воздушного судна / Платошин Г.А., Сельвесюк Н.И.// Сборник научных статей по материалам докладов V Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки» – «АВИАТОР», г. Воронеж, 15-16 фев. 2018 г. – Воронеж, 2018.

5. Annighöfer B., Thielecke F. A systems architecting framework for optimal distributed integrated modular avionics architectures // CEAS Aeronaut. J. 2015. Т. 6, № 3. С. 485–496.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-08-00463а.

Анализ влажностного режима Арктической зоны на основе спектрально-сингулярного анализа

В. В. Попов, email: inessa-05@yandex.ru[1]
Д. М. Минаков, email: inessa-05@yandex.ru[1]
И. В. Попова, email: inessa-05@yandex.ru[2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматриваются методические подходы к применению аппарата сингулярного спектрального анализа (SSA) для повышения качества поддержки обеспечения метеозависимых организационно-технических систем. Предложены новые подходы к решению задачи оценки влажностного режима Арктики на основе трендовой и периодической составляющей ряда.*

Ключевые слова: *сингулярный спектральный анализ, влажностный режим Арктической зоны, одномерный однородный ряд, траекторная матрица.*

Введение

Прогноз статистического ряда гидрометеорологической величины предполагает, что данные, полученные за определенный временной интервал, характеризуют значения этой же величины в будущем. Важно понимать, что вследствие стохастичности ряда зачастую существуют причины, в силу которых информация выделенная из накопленных данных не может описать поведение ряда в будущем. Например, прохождение атмосферного фронта, изменение количества облачности, может неблагоприятно повлиять на будущие значения температуры и влажности воздуха, которые в свою очередь, могут повлиять на другие параметры атмосферы.

Для ряда авиационных потребителей прогностические значения метеорологического временного ряда должны быть весьма точными и строиться не только на трендовой и периодической составляющей, но и наилучшим образом определять вариации стохастической компоненты. В подобных ситуациях прогнозирование временных рядов классическими методами не может быть единственным подходом. Зачастую различные подходы к прогнозированию объединяют или модифицируют, чтобы обеспечить наиболее точные прогнозы [1].

© Попов В. В., Минаков Д. М., Попова И. В., 2019

1. Применение сингулярного спектрального анализа для прогноза рядов гидрометеорологических величин

Для анализа и прогноза временных рядов гидрометеорологических величин, и в частности характеристик влажности, предлагается на первом этапе для анализа свойств ряда использование метода SSA, а на втором – для прогнозирования значений ряда метод локальной аппроксимации.

Целесообразность применения метода SSA обоснована возможностью определения основных составляющих временного ряда и подавления шума.

Основу метода составляет сингулярное разложение траекторной матрицы, столбцами которой являются вектора вложения – отрезки ряда длины L, основного параметра метода, называемого длиной окна. Анализ членов сингулярного разложения позволяет сначала классифицировать их как относящиеся к одной из компонент ряда, а затем выделить эту компоненту, которая характеризует структуру ряда. Такой ряд можно задать с помощью линейной рекуррентной формулы (ЛРФ) и начальных значений. Метод SSA позволяет находить коэффициенты линейной рекуррентной формулы, управляющей рядом и, следовательно продолжить ряд. Ряды, управляемые ЛРФ, тесно связаны с рядами конечного ранга, т.е. рядами, сингулярное разложение которых при достаточно большой длине ряда и достаточно большой длине окна имеет фиксированное число ненулевых компонент [2, 3]. Метод SSA предлагается использовать для прогноза гидрометеорологических временных рядов.

Структура метода для одномерного однородного ряда представлена следующим образом.

На основе наблюдений за влажностью определяется статистический ряд наблюдений

$$\mathbf{F}_i = (f_1, \ldots f_i, \ldots f_N), \qquad i = \overline{1, N}. \tag{1}$$

Длина ряда N должна быть достаточно большой для возможности его преобразования в последовательность векторов Z_j (матрицу временного ряда) длины L. Число таких векторов K определяется из соотношений $1<L<N$ и $K=N-L+1$.

В ходе преобразования вектора принимают вид:

$$\mathbf{Z}_k = (f_k, f_{k+1}, \ldots f_{k+L-1})^T \qquad k = \overline{1, K}. \tag{2}$$

Матрица временного ряда $\mathbf{Z} = \left(\mathrm{Z_{lk}}\right)$, называемая траекторной, состоит из векторов Z_k в качестве столбцов и содержит l строк.

В целях сингулярного разложения вводится ковариационная матрица $\mathbf{S} = \mathbf{Z}\,\mathbf{Z}^T = (z_{lk})(z_{kl}^T)$.

Затем определяются собственные числа и собственные вектора матрицы ***S***. Числа $\lambda_1,\ldots\lambda_l,\ldots\lambda_L$ являются собственными значениями матрицы ***S***, если существует ненулевой вектор ***U***= (U_1, U_2,…, U_L) удовлетворяющий уравнению ***SU***= λ ***U***.

Вектор ***U*** является собственным вектором матрицы ***S*** соответствующий собственным числам λ_l.

Далее рассматривается матрица $\boldsymbol{Z}^T\boldsymbol{Z}$, у которой собственный вектор ***V*** соответствует тем же собственным числам λ_l . Ортонормированные компоненты вектора ***V*** находятся из соотношения

$$V_j = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}}\mathbf{Z}^T U_j . \tag{3}$$

На основе полученных λ_l, U_l, V_l траекторная матрица примет вид

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Z}_1 + \ldots + \mathbf{Z}_j + \ldots + \mathbf{Z}_d , \tag{4}$$

где $\mathbf{Z}_j = \sqrt{\lambda_j}\, U_j V_j^T$.

При этом собственное число является характеристикой вклада матрицы в разложение.

Этап группировки предопределяет процедуру разделимости ряда т.е. возможность отфильтровать составляющие временного ряда: медленные тренды, сезонные и другие периодические или колебательные составляющие, а также шумовые компоненты.

При процедуре группировки сингулярное разложение траекторной матрицы представляется в виде нескольких результирующих матриц.

После проведенных преобразований над матрицами, в общем случае, они не являются ганкелевыми, поэтому над ними необходимо провести процедуру диагонального усреднения. Данная процедура проводится в целях восстановления матриц во временной ряд.

Далее определяются характеристики ряда: трендовая и сезонные компоненты, величина шумовой дисперсии.

Основной и важной задачей является определение одного или нескольких прогностических значений временного ряда.

В ходе исследования представленная методика была применена к статистическому ряду средних суточных значений относительной влажности воздуха для января и июля за период 1981-2018 гг. Статистические ряды составлены для 21 области, границы которых определены согласно работы [4]. В работе длина ряда *N=38* и в ходе преобразования в траекторную матрицу выбрана длина *L=15*.

2. **Обсуждение результатов**

Для преобразованного ряда рассчитаны трендовая компонента и шумовая дисперсия средней суточной относительной влажности воздуха для всех рассматриваемых областей для января и июля, в качестве примера на рисунках 1 и 2 такие расчеты представлены для одной из областей.

Полученные результаты распределения и характера трендов, представленные на рис. 1 и 2, хорошо согласуются с результатами [4].

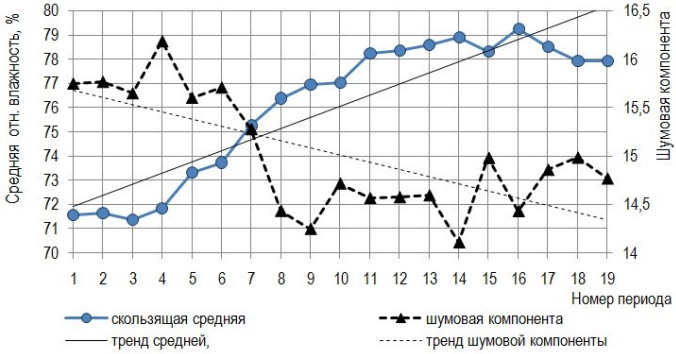


Рис. 1. Ход $\bar{x}_c$ и σ_c средней относительной влажности скользящих 15-летних периодов (июль, область 1.5)

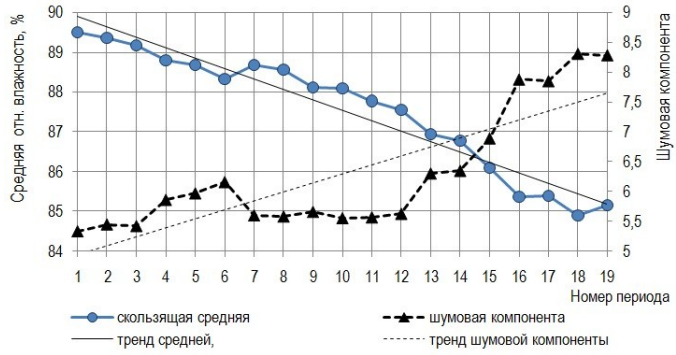


Рис. 2. Ход $\bar{x}_c$ и σ_c средней относительной влажности скользящих 15-летних периодов (июль, область 1.1)

Анализ показал, что зимой среднесуточная относительная влажность имеет тенденцию к повышению по всему Арктическому

региону, а тенденция шумовой дисперсии в прибрежной зоне указывает на стабилизацию влажностного режима, в морской зоне и на южной границе Арктики преобладает тенденция к увеличению разброса значений среднесуточной относительной влажности (относительно средней), а значит – на усиление аномальности режима влажности. В летний сезон года среднесуточная относительная влажность имеет тенденцию к понижению в морской и пробрежной зонах а на южной границе Арктической зоны она повышается от года к году. Тенденция шумовой дисперсии характеризуется противоположными знаками. В морской и пробрежной зонах преобладает тенденция к увеличению разброса значений среднесуточной относительной влажности, а на южной границе характеризуется стабилизацией влажностного режима.

Заключение

Данные тренды обоснованы расчетом значений статистических параметров влажностного режима в рамках территориально-временного районирования Арктической территории. Расчеты проведены для 21 области Арктической зоны России, структурированных по широтно-меридиональному принципу. Это позволило выявить новые климатические закономерности.

Таким образом, в работе показано, что исследование особенностей и тенденций изменения климата в Арктике и ряда климатических характеристик осуществляется через оценку климатических показателей с применением методики сингулярного спектрального анализа. На основе анализа рядов для 21 области Арктической зоны России выявлены определенные устойчивые периоды колебаний приземной влажности воздуха.

Список литературы

1. Матвеев М. Г. Модель анализа динамики векторного метеорологического процесса / М.Г. Матвеев, В.В. Михайлов, М.Е. Семенов, Е.А. Сирота // Вестник ВГУ. Серия «Системный анализ и информационные технологии», 2013. – № 1. – С. 89-94.

2. Голяндина Н. Э. Метод Гусеница-SSA : анализвременных рядов: учебное пособие / Н. Э. Голяндина.– Санкт-Петербург, 2004. – 76 с.

3. Данилов Д. Л. Главные компоненты временных рядов : Метод «Гусеница» / Д. Л. Данилов, А. А. Жиглявский. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский университет, 2007. –308 с.

4. Попов В.В. Ранжирование климатических экстремальных территорий на основе теории нечеткой логики. / В. В. Попов, И. И. Ульшин, П. А. Тимофеев // Нелинейный мир. Международный научно-технический журнал. М. : Радиотехника. 2014. – № 9.. – Т. 12. – С. 4-11.

Алгоритм расчета показателей разведывательной защищенности сетей авиационной радиосвязи

М.Ю. Пресняков, e-mail: presmax@mail.ru,
А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Предложен алгоритм расчета показателей разведзащищенности, позволяющий производить сравнительную оценку существующих и перспективных методов обеспечения разведзащищенности.*

Ключевые слова: *разведзащищенность, демаскирующие признаки, показатели разведзащищенности, коэффициент разведзащищенности*

Введение

В современных военных конфликтах большое внимание уделяется информационному противоборству, основными задачами которого являются обеспечение устойчивого функционирования системы управления своих войск (сил) и подавление системы управления противника войсками и оружием [1].

Материальной основой системы управления является система связи, следовательно, устойчивость управления зависит от способности системы связи функционировать в условиях деструктивных воздействий со стороны противника [2]. При этом повышаются требования к разведывательной защищенности (разведзащищенности) системы связи.

При управлении авиацией важнейшее значение имеют сети радиосвязи, обладающие большим количеством демаскирующих признаков (ДМП) и требующие применения существующих и перспективных методов обеспечения разведзащищенности. Выбор методов обеспечения разведзащищенности и оценка их эффективности требуют применения показателей разведзащищенности, учитывающих как ДМП средств радиосвязи, так и возможности систем радио и радиотехнической разведки (РРТР) по их обнаружению и оценке [3].

Таким образом, разработка алгоритмов расчета показателей разведывательной защищенности сетей авиационной радиосвязи является актуальной задачей.

© Пресняков М.Ю., Рябов А. В., 2019

1. **Выбор показателей разведзащищенности**

В качестве главного показателя разведзащищенности системы связи может быть выбран коэффициент разведзащищенности $K_{рз}$, определяющий способность системы связи противостоять мерам РРТР, направленным на разведку параметров элементов системы связи и вскрытие структуры системы управления [2, 3].

Задача разведки параметров элементов системы связи, как правило, разбивается на несколько последовательно решаемых задач [2, 3]:

– обнаружения источников радиоизлучений (ИРИ);

– оценка параметров радиосигналов необходимых для радиопротиводействия;

– определение местоположения (пеленгация) ИРИ, радионаблюдение;

– определение типа ИРИ и их экземплярного опознавания.

Необходимо отметить, что если ИРИ не обнаружен, то оценка его параметров теряет всякий физический смысл.

Коэффициент $K_{рз}$ является вероятностной величиной и составляет полную группу с вероятностью радиоразведки $P_{рр}$ [2], которая представляет собой произведение безусловной вероятности энергетического обнаружения ИРИ $P_{обн}$ и условных вероятностей:

– установления частотно-временного контакта с ИРИ $P_к$, при условии что его энергетическое обнаружение произошло;

– анализа характеристик ИРИ $P_а$, при условии, что его энергетическое обнаружение произошло и частотно-временного контакт установлен;

– правильного измерения пеленга на ИРИ $P_{пел}$, при условии, что его энергетическое обнаружение произошло, частотно-временной контакт с ИРИ установлен и анализ его характеристик произведен;

– опознавания ИРИ $P_{оп}$, при условии, что его энергетическое обнаружение произошло, частотно-временной контакт установлен, анализ характеристик и измерение пеленга произведены.

В соответствии с этим коэффициент разведзащищенности $K_{рз}$ может быть представлен в виде [2, 3]:

$$K_{\text{рз}} = 1 - P_{обн} \cdot P_к \cdot P_а \cdot P_{пел} \cdot P_{оп} \,. \qquad 1$$

Входящие в выражение (1) вероятности являются частными показателями разведзащищенности системы связи и, в общем случае, зависят как от энергетических, так и временных показателей средств

радиосвязи. При этом энергетические показатели должны характеризоваться энергетическими соотношениями мощностей или уровней сигналов и помех на входе радиоприемного устройства (РПУ), а временные показатели – отражать динамику поведения во времени средств связи и систем РРТР [3].

2. Алгоритм расчета показателей разведзащищенности

Поскольку логика функционирования системы РРТР основана на том, что каждое последующее событие наступает только после того как произошло предыдущее, то анализ зависимости коэффициента $K_{рз}$ (1) от входящих в него частных показателей целесообразно осуществлять последовательно.

При оценке зависимости коэффициента разведзащищенности $K_{рз}$ от вероятности обнаружения, примем равной единице все условные вероятности в (1): $P_к = 1$; $P_а = 1$; $P_{пел} = 1$; $P_{оп} = 1$.

В этом случае $K_{рз}$ может быть определен из выражения [2]:

$$K_{\text{рз}} = \Phi\left(h - q_{\text{р}} \Big/ \sqrt{q_{\text{р}}}\right), \qquad 2$$

где h – пороговое значение обнаружения сигнала на фоне помехи, определяемое по заданному значению вероятности ложной тревоги [4].

Анализ выражения (2) показывает, что на этапе обнаружения, разведзащищенность элементов сети радиосвязи будет полностью определяться отношением сигнал/помеха q_p на входе радиоприемного устройства (РПУ) системы РРТР, а, следовательно – мощностью излучения передатчиков элементов сети радиосвязи.

Анализ параметров источника радиоизлучений (ИРИ) системой РРТР, осуществляется после его обнаружения. Следовательно, при оценке зависимости коэффициента $K_{рз}$ от условных вероятностей установления контакта $P_к$ и анализа $P_а$, примем равной единице безусловную вероятность энергетического обнаружения ИРИ $P_{обн} = 1$ и условные вероятности пеленгации и опознавания: $P_{пел} = 1$ и $P_{оп} = 1$. В этом случае $K_{рз}$ будет определяться временем излучения ИРИ $t_и$, временем прохода $t_{пр}$ приемником поиска системы РРТР по диапазону и временем анализа $t_а$ радиосигнала системой РРТР. При экспоненциальном законе распределения указанных параметров, выражение для коэффициента разведзащищенности принимает вид [3]:

$$K_{рз} = 1 - P_к \cdot P_а = 1 - \frac{1}{1 + t_{пр} / t_и} \cdot \frac{1}{1 + t_и / t_а} \qquad 3$$

Следовательно, на этапе оценке параметров радиосигналов, разведзащищенность сети радиосвязи определяется временем работы на излучение на фиксированной частоте передатчиков сети радиосвязи и временными характеристиками системы РРТР.

Пеленгация источника радиоизлучений (ИРИ) системой РРТР, осуществляется после его обнаружения и анализа параметров. Для оценки зависимости коэффициента разведзащищенности $K_{рз}$ от условной вероятности правильного измерения пеленга ИРИ $P_{пел}$ примем равной единице безусловную вероятность энергетического обнаружения ИРИ $P_{обн} = 1$ и условные вероятности установления контакта $P_к = 1$, анализа $P_а = 1$ и опознавания $P_{оп} = 1$. При этом выражение для определения коэффициента $K_{рз}$ принимает вид [3]:

$$K_{рз} = 1 - \exp\left[-3\left(U^2_{прм\,р} / U^2_{с\,р}\right)\right], \qquad 4$$

где $U_{прм\,р}$ – чувствительность разведывательного приемника; $U_{прм\,р}$ – уровень сигнала на входе разведывательного приемника.

Из выражения (4), следует, что на этапе пеленгации, коэффициент разведзащищенности $K_{рз}$ определяется уровнем мощности радиосигнала на входе РПУ системы РРТР при заданной его чувствительности.

Опознавание (идентификация) источника радиоизлучений (ИРИ) системой РРТР, осуществляется после его обнаружения, анализа параметров и установления его местоположения. Для оценки зависимости коэффициента разведзащищенности $K_{рз}$ от условной вероятности опознавания ИРИ $P_{оп}$ примем равной единице безусловную вероятность энергетического обнаружения ИРИ $P_{обн} = 1$ и условные вероятности установления контакта $P_к = 1$, анализа $P_а = 1$ и правильного измерения пеленга $P_{пел} = 1$. При этом выражение для определения коэффициента $K_{рз}$ принимает вид [3]:

$$K_{рз} = 1 - P_{пер}\left[1 - \exp\left(K_И \cdot \ln\left(1 - P^{тр}_{оп}\right)\right)\right], \qquad 5$$

где $P_{пер}$ – вероятность перехвата источника радиоизлучения; $K_И$ – коэффициент информативности ДМП; $P_{оп}^{тр}$ – требуемая вероятность опознавания источника радиоизлучения.

Из выражения (5) следует, что на этапе опознавания, коэффициент $K_{рз}$ определяется информативностью ДМП.

Разработанный алгоритм (2) – (5) позволяет произвести оценку разведзащищенности на основе последовательного расчета частных показателей, входящих в выражение (1).

Заключение

Предложенный алгоритм (1) – (5) расчета показателей разведзащищенности сетей авиационной радиосвязи, позволяет провести сравнительную оценку разведзащищенности существующих сетей авиационной радиосвязи при использовании различных методов обеспечения разведзащищенности. Алгоритм может быть использован как при проектировании перспективных сетей авиационной радиосвязи, так и при обосновании методов обеспечения разведзащищенности существующих радиосетей.

Литература

1. Вооруженные силы зарубежных государств: Информационно-аналитический сборник / А.Н. Сидоркин [и др.]; отв. ред. А.Н. Сидоркин. – М. : Воениздат, 2009. – 528 с.

2. Боговик А. В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – С.Пб. : Военная академия связи, 2006. – 184 с.

3. Рябов А.В. Уточнение математического аппарата оценки разведывательной защищенности системы связи авиационного соединения / А. В. Рябов, М.Ю. Пресняков // V Международная научно-техническая конференция «Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации», 14–15 мая 2015 г. [Текст]: [сб. мат-лов тез. докл.] / редкол. : А. В. Михайлов [и др.]. – Минск: Военная академия Республики Беларусь, 2015. – С. 113-114.

4. Тихонов В. И. Статистическая теория радиоэлектронных систем: учебник / В. И. Тихонов, В. С. Ефименко, А. Г. Журавлёв – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2000. – 757 с.

Электродинамический анализ и синтез линейной антенной решетки на боковой поверхности цилиндра конечной длины

С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru
О. Э. Разинькова, email: razinkova-olga@rambler.ru
М. Ю. Лукин, email: bonvian81@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *На основе метода наведенных токов для расчета полей проводящего объекта с осевой симметрией и принципа эквивалентности поля односторонней элементарной щели и тока элементарного магнитного диполя построена электродинамическая модель и проведен анализ диаграммы направленности щелевой антенной решетки на боковой поверхности проводящего цилиндра конечной длины. С использованием метода неопределенных множителей Лагранжа разработан способ и выявлены закономерности формирования диаграммы направленности требуемой формы при достижении максимального коэффициента направленного действия решетки с учетом экранирования несущей поверхностью.*

Ключевые слова: *элементарный щелевой вибратор, элементарный магнитный диполь, принцип эквивалентности токов и полей, метод наведенных токов, неопределенные множители Лагранжа.*

Введение

Ввиду малых массогабаритных характеристик и форм конструкции, встраиваемых в корпус носителя, щелевые антенные решетки находят широкое применение в мобильных радиоэлектронных комплексах. При этом их направленные свойства существенным образом зависят от форм, размеров и отражательных свойств несущих поверхностей [1].

Анализ и синтез антенных систем выполняются с использованием математических моделей, базирующихся на решении краевых задач для приемоизлучающих элементов, расположенных на объектах, соответствующих фрагментам корпусов носителей. При моделировании диапазонная решетка элементарных щелевых вибраторов (ЭЩВ) может быть представлена системой элементарных магнитных диполей [2] с электромагнитными связями через поля вторичного излучения [1, 2].

© Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Лукин М. Ю., 2019

В предлагаемой работе на основе метода наведенных токов [2] и аналитического представления электрического поля элементарного магнитного диполя вблизи идеально проводящего объекта с осевой симметрией [3, 4] построена электродинамическая модель и проведен анализ линейной щелевой антенной решетки на боковой поверхности круглого цилиндра конечной длины. С использованием метода неопределенных множителей Лагранжа [5] сформирована требуемая форма диаграммы направленности (ДН) решетки при максимально достижимом коэффициенте направленного действия (КНД) с учетом экранирующего влияния цилиндра.

1. Электродинамическая модель решетки элементарных щелевых вибраторов на поверхности цилиндра

Для расчета токов цилиндра при дифракции электрического поля ЭЩВ на его поверхности введем цилиндрическую систему координат (ρ, ϕ, z); для вычисления поля, ДН и КНД решетки – сферическую систему координат (r, ϕ, θ), где угол θ отсчитывается от оси Oz.

Будем полагать, что цилиндр радиуса a и длиной h расположен вдоль оси Oz цилиндрической системы координат; через его края проходят параллельные плоскости с координатами $z = \mp h/2$. Решетка состоит из N элементов с шагом d; первый элемент размещен в точке с координатами $(a, 0, l)$. Размеры цилиндра и решетки удовлетворяют условиям: $(N-1)\,d \le h - |l|$, $|l| \le h/2$.

В соответствии с методом наведенных токов [2] распределение токов на цилиндре конечных размеров считается тождественным распределению на бесконечно протяженном цилиндре. Плотность поверхностных токов цилиндра практически монотонно убывает по мере удаления от источника электромагнитного поля; при $h/\lambda >> 1$, где λ – длина волны, амплитуды токов в точках с координатами $z = \mp h/2$ достаточно малы. Поэтому волнами поверхностных токов, отраженных от краев цилиндра и затекающих за края, можно пренебречь [1]; а токам антенных элементов, согласно принципу эквивалентности [2], поставить в соответствие поля элементарных магнитных диполей.

Комплексная ДН решетки определяется выражением [2, 5]

$$\dot{F}(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^{N} i_n^* f_n(\theta, \phi), \qquad (1)$$

где i_n – комплексная амплитуда тока n-го антенного элемента, $n = 1, \ldots, N$, представляющая собой произведение модуля

тангенциальной составляющей напряженности электрического поля на поверхности магнитного вибратора на периметр его поперечного сечения [2],

$$f_n(\theta,\phi) = D_n(\theta,\phi)\exp(-j2\pi\lambda^{-1}(a\cos(\phi-\phi_0)\sin\theta+(l+(n-1)d)\cos\theta)) \quad (2)$$

– парциальная диаграмма n-го антенного элемента [5], $D_n(\theta,\phi)$ – дифракционный множитель несущей поверхности, * – знак комплексного сопряжения.

Выражение для КНД решетки имеет вид [5]

$$G(\theta,\phi) = 4\pi(\sum_{n=1}^{N}\sum_{p=1}^{N} i_n^* C_{np}(\theta,\phi)\, i_p)\cdot(\sum_{n=1}^{N}\sum_{p=1}^{N} i_n^* S_{np}\, i_p)^{-1}, \quad (3)$$

где

$$C_{np}(\theta,\phi) = f_n(\theta,\phi)f_p(\theta,\phi), \qquad n,p = 1,...,N, \quad (4)$$

– элементы матрицы, характеризующей взаимодействие n-го и p-го антенных элементов [5],

$$S_{np} = \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} f_n(\theta,\phi)f_p(\theta,\phi)\sin\theta\, d\theta\, d\phi, \qquad n,p = 1,...,N, \quad (5)$$

– элементы матрицы, характеризующей мощность изотропного излучения гипотетической антенной системы, по уровню которой оценивается мощность, излучаемая решеткой [5].

Для расчета множителя $D_n(\theta,\phi)$, $n = 1,...,N$, электрическое поле решетки представим в виде суперпозиции полей антенных элементов и цилиндра. По аналогии с [3] находим, что его поляризационные компоненты определяются выражениями:

$$\dot{E}_\theta(r,\theta,\phi) = -j\frac{\exp(-j2\pi r\lambda^{-1})}{2r\lambda}\left[\mu_0 c\sum_{n=1}^{N} M_{\theta n}(\theta,\phi)+\sum_{n=1}^{N} L_{\phi n}(\theta,\phi)\right], \quad (6)$$

$$\dot{E}_\phi(r,\theta,\phi) = -j\frac{\exp(-j2\pi r\lambda^{-1})}{2r\lambda}\left[\mu_0 c\sum_{n=1}^{N} M_{\phi n}(\theta,\phi)+\sum_{n=1}^{N} L_{\theta n}(\theta,\phi)\right], \quad (7)$$

где

$$\begin{bmatrix} M_{\theta[\phi]n}(\theta,\phi) \\ L_{\theta[\phi]n}(\theta,\phi)\end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{\theta[\phi]}(\theta,\phi) \\ L_{\theta[\phi]}(\theta,\phi)\end{bmatrix} e^{-j2\pi\lambda^{-1}(a\cos(\phi-\phi_0)\sin\theta+(l+(n-1)d)\cos\theta}, \quad (8)$$

– дифракционные функции n-го вибратора, $n = 1,...,N$,

$$\begin{bmatrix} M_0(\theta,\phi) \\ L_\theta(\theta,\phi)\end{bmatrix} = a\sin\theta\int_0^{2\pi}\int_{-h/2}^{h/2}\begin{bmatrix} H_\phi(a,\phi',z') \\ -E_\phi(a,\phi',z')\end{bmatrix} e^{j2\pi\lambda^{-1}(a\cos(\phi-\phi')\sin\theta+z'\cos\theta)}\, dz'd\phi' \quad (9)$$

,

$$\begin{bmatrix} M_\theta(\theta,\phi) \\ L_\theta(\theta,\phi) \end{bmatrix} = a \sin\theta \int_0^{2\pi} \int_{-h/2}^{h/2} \begin{bmatrix} H_\phi(a,\phi',z') \\ -E_\phi(a,\phi',z') \end{bmatrix} e^{j2\pi\lambda^{-1}(a\cos(\phi-\phi')\sin\theta+z'\cos\theta)}\, dz'd\phi' \quad (10)$$

– функции, характеризующие распределение полей на поверхности цилиндра длины h, $H_{\phi[z]}(r',\phi',z')$ и $E_{\phi[z]}(r',\phi',z')$ – азимутальные и продольные компоненты магнитного и электрического полей на поверхности $r'=a$ бесконечно протяженного цилиндра [3, 4], μ_0 – магнитная проницаемость свободного пространства, c – скорость света.

Аппроксимируем поля рядами цилиндрических функций с представлением компонентов магнитного и электрического полей эквивалентными токами. Это позволит вычислить в аналитическом виде интегралы в (9), (10) и найти (8) путем суммирования рядов тригонометрических функций азимутальных гармоник [3] с весовыми коэффициентами в виде соотношений функций Ханкеля.

В результате из (2), (6) – (10) находим

$$D_n(\theta,\phi) = \sqrt{D_{n\theta}^2(\theta,\phi) + D_{n\phi}^2(\theta,\phi)}\,, \qquad n, p = 1,...,N\,, \quad (11)$$

где

$$D_{n\theta}(\theta,\phi) = \alpha_\lambda(2\cos\theta\cos\phi\exp(j2\pi\lambda^{-1}\sin\theta\cos\phi) - \sum_{m=0}^{\infty}\varepsilon_m j^m\cos(m\phi)\gamma_{nm}^{\theta})\,, \quad (12)$$

$$D_{n\theta}(\theta,\phi) = -\alpha_\lambda(2\sin\phi\exp(j2\pi\lambda^{-1}\sin\theta\cos\phi) - \sum_{m=1}^{\infty} j^m\sin(m\phi)\gamma_{nm}^{\phi})\,, \quad (13)$$

$$\alpha_\lambda = 2\pi^2\mu_0 l_0 a\lambda^{-2}\,, \quad (14)$$

l_0 – длина магнитного диполя, $\varepsilon_m = \begin{cases} 1, & m=0 \\ 2, & m\neq 0 \end{cases}$; выражения для расчета множителей γ_{nm}^{θ}, $m\geq 0$, и γ_{nm}^{ϕ}, $m\geq 1$, в (12) и (13) получены в [4].

2. Анализ направленных свойств линейной решетки элементарных щелевых вибраторов на боковой поверхности цилиндра

С использованием (1), (11) – (14) проведен расчет нормированных ДН $F(\theta,\phi) = \dfrac{|\dot{F}(\theta,\phi)|}{\max\limits_{\theta,\phi}|\dot{F}(\theta,\phi)|}$ и КНД решеток из $N=6$ и $N=12$ элементов с шагом $d/\lambda = 0{,}2\ldots0{,}5$, расположенных на цилиндре с электрической

длиной $h/\lambda = 9{,}2$ и электрическим радиусом $a/\lambda = 0{,}9$ на относительном удалении от одного из краев $l/\lambda = 1{,}4$. На рис. 1 приведены зависимости $F_{\pi/2}(\theta) = F(\theta, \pi/2)$ при $d/\lambda = 0{,}2$.

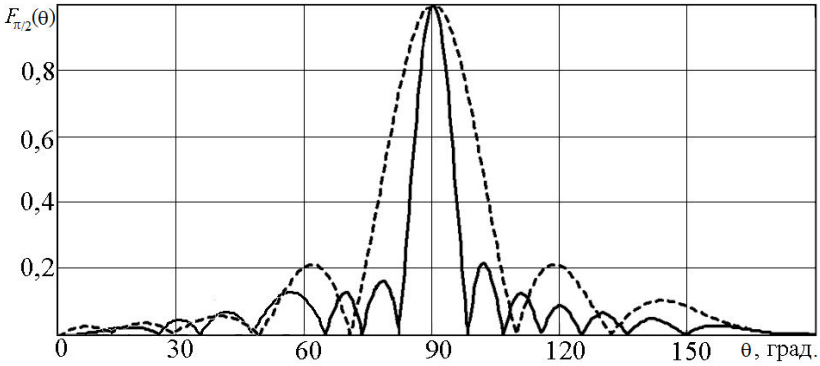


Рис. 1. Нормированная ДН решетки из 6 (пунктирная линия) и 14 (сплошная линия) элементов

Распределение $F_{\pi/2}(\theta)$ в меридиональной плоскости цилиндра, как и ДН ЭЩВ [1, 2], имеет лепестковую структуру. Неравномерность распределения составляющих поля (6), (7) убывает по мере увеличения угла ϕ.

С увеличением числа ЭЩВ ширина ДН решетки снижается тем быстрее, чем больше отношение d/λ. По мере роста N при $d/\lambda =$ 0,2…0,5 наблюдается практически монотонное повышение КНД решетки. За счет возрастания d/λ с 0,2 до 0,5 значение (3) для системы из $N = 9$ элементов увеличивается в 2,3 раз.

3. Синтез антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия и нулями диаграмм направленности

В [5, 6] на базе метода неопределенных множителей Лагранжа разработаны методики синтеза антенных решеток с малым уровнем боковых лепестков ДН и ее минимальным среднеквадратическим отклонением от требуемой формы. Однако применение этих методик может приводить к значительному снижению КНД антенной решетки, ухудшающему характеристики передачи-приема сигналов [7].

Поэтому предлагается применять критерий, согласно которому выполняется максимизация КНД при фиксированных уровнях ДН в определенных направлениях. Вместо одиночного множителя Лагранжа для минимизации интеграла разности формируемой и требуемой ДН во

второй степени осуществляется расчет множителей Лагранжа для множества направлений (θ_q, ϕ_q), $q = 1,...,Q$, $Q \le N-1$.

Критерий синтеза определяется системой уравнений

$$\begin{cases} G(\theta_0, \phi_0) \to \max, \\ \left| \dot{F}(\theta_q, \phi_q) \right| = \alpha_q, \qquad q = 1 \ldots Q, \quad Q \le N-1, \end{cases} \tag{15}$$

где α_q – уровни ДН для угловых положений (θ_q, ϕ_q), $q = 1,...,Q$.

В соответствии с методом неопределенных множителей Лагранжа для достижения максимума КНД при Q фиксированных значениях ДН решетки требуется минимизировать функционал

$$\Phi = \sum_{n=1}^{N} \sum_{p=1}^{N} i_n^* S_{np} i_p + \sum_{q=0}^{Q} \tilde{\lambda}_m \sum_{n=1}^{N} f_n(\theta_q, \phi_q) i_n^*, \tag{16}$$

где λ_q – неизвестные множители Лагранжа, $q = 1,...,Q$.

Приравнивая нулю первую вариацию (16), получим

$$i_n = -\sum_{q=0}^{Q} \lambda_q^* \sum_{p=1}^{N} S_{np}^{-1} f_p(\theta_q, \phi_q), \tag{17}$$

где S_{np}^{-1} – элементы матрицы, обратной S_{np}, $n, p = 1,...,N$.

Подставляя (17) в первое уравнение системы (15), получим систему линейных алгебраических уравнений относительно множителей Лагранжа

$$\sum_{s=0}^{Q} \lambda_s^* \sum_{n=1}^{N} \sum_{p=1}^{N} f_n(\theta_q, \phi_q) \, S_{np}^{-1} f_p(\theta_s, \phi_s) = -\alpha_q, \quad q = 1,...,Q, \tag{18}$$

По результатам численного решения системы уравнений (18), выполненного методом Гаусса с выбором главного элемента матричного оператора по столбцу, из (17) найдено распределение токов решетки, удовлетворяющее (15).

На рис. 2 приведены нормированные ДН $F_{\pi/2}(\theta)$ решеток с такими же электрическими размерами, как на рис. 1, полученные при контроле уровней для 5 направлений, отмеченных жирными точками:

– 90°, 60°, 62°, 118°, 120° при 6;
– 90°, 76°, 78°, 102°, 104° при 14.

Исходя из определения ДН, в направлении ее максимума величина 1, для углов – 0,01, . Результаты получены при последовательной коррекции ДН путем добавления , , в направлении наибольшего бокового лепестка.

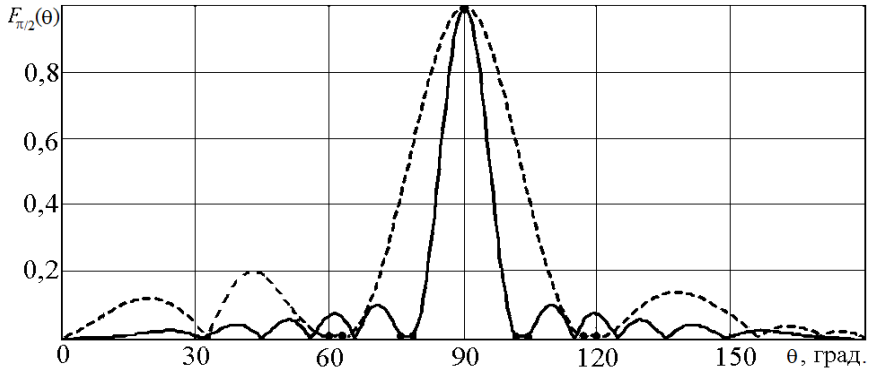


Рис. 2. Нормированная ДН решетки из 6 (пунктирная линия) и 14 (сплошная линия) элементов с контролируемыми уровнями в =5 направлениях

Согласно полученным результатам, уровень боковых лепестков ДН не более 0,01 достигается в секторах углов шириной 5°. За счет подавления первых боковых лепестков до уровня 0,01 в секторе углов 5° ширина главного луча возрастает примерно в 1,9 раз. При фиксации значений ДН на уровне 0,1, , для тех же угловых положений ширина секторов углов, где обеспечивается средний уровень боковых лепестков 0,1, достигает 15°. При контроле ДН решетки из 14 элементов в 6 направлениях: 90°, 76°, 78°, 102°, 104°, 106° – уровень боковых лепестков не более 0,01 обеспечивается в секторах углов шириной до 7° при расширении главного луча в 1,95 раз. Подавление первых боковых лепестков ДН решетки может приводить к возрастанию дальних боковых лепестков. При удалении первого ЭЩВ от края цилиндра на расстояние 1,4 их уровень повышается на 4,6 дБ, а при 0,4 дополнительно возрастает на 1,3 дБ.

Заключение

С использованием метода наведенных токов для расчета полей идеально проводящего объекта с осевой симметрией и принципа эквивалентности поля односторонней элементарной щели и тока элементарного магнитного диполя проведен электродинамический анализ решетки ЭЩВ на боковой поверхности проводящего цилиндра конечной длины. Исследованы зависимости ДН и КНД решетки от электрических размеров цилиндра, числа и взаимного расположения антенных элементов.

На основе метода неопределенных множителей Лагранжа разработан способ формирования ДН заданного вида при максимально достижимом КНД. Выявлены закономерности изменения ширины ДН решетки при различных уровнях подавления боковых лепестков с учетом экранирования несущей поверхностью.

Список литературы

1. Резников, Г. Б. Антенны летательных аппаратов : монография / Г. Б. Резников . – СПб. : Сов. радио, 1967. – 416 с.
2. Неганов, В. А. Электродинамика и распространение радиоволн : монография / В. А. Неганов [и др.] ; под ред. В. А. Неганова . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 2004. – 648 с.
3. Шорохова, Е. А. Рассеяние электромагнитных волн, возбуждаемых элементарными источниками, на круглом проводящем цилиндре конечных размеров / Е. А. Шорохова // Радиотехника и электроника. – 2007. – Т. 52. – № 5. – С. 528-537.
4. Kuehl, H. H. Radiation from a radial electric dipole near a long finite circular cylinder / H. H. Kuehl // IRE Transaction. – 1961. – AP-9. – No 6. – P. 546-553.
5. Бахрах, Л. Д. Синтез излучающих систем (теория и методы расчета) : монография / Л. Д. Бахрах, С. Д. Кременецкий . – М. : Радио и связь, 1974. – 232 с.
6. Кашин, В. А. Методы фазового синтеза антенных решеток / В. А. Кашин // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – № 1. – С. 47-60.
7. Разиньков, С. Н. Синтез кольцевых антенных решеток с максимальными коэффициентами направленного действия и нулями диаграмм направленности / С. Н. Разиньков, А. В. Богословский // Антенны. – 2011. – № 5(168). – С. 26-29.

Компьютерное моделирование пространственных закономерностей на основе статистики глобального индекса Морана

Г. Г. Рапаков [1], e-mail: grapakov@yandex.ru,
В. А. Горбунов [1]
К. А. Абдалов [2]

[1] Вологодский государственный университет
[2] Вологодская городская больница № 1

Аннотация. *Выполнено исследование территориального распределения онкологических заболеваний на основе глобальной статистики Морана в ходе поддержки управленческих решений для муниципального проекта активного долголетия.*

Ключевые слова: *глобальная статистика Морана I, пространственная кластеризация, поддержка принятия решений*

Введение

Использование математико-картографического моделирования на основе современных геоинформационных систем и технологий (ГИС) в качестве методической основы обработки данных медико-социологического мониторинга позволяет оценивать значимость медико-социальных проблем, проводить ситуационный анализ и повышает качество принятия управленческих решений. Практическая значимость работы определяется использованием результатов оценки глобального индекса Морана при исследовании пространственной автокорреляции входного набора данных в ходе исполнения муниципальной концепции активного долголетия в части онкопатологии. Актуальной является задача моделирования территориального распределения онкологических заболеваний на основе методов пространственной статистики при информационно-аналитической поддержке проекта активного долголетия для предотвращения преждевременной смертности населения [1, 2].

1. Цель исследования

Исследование алгоритмов идентификации статистически значимых пространственных кластеров позволит повысить эффективность формирования управленческих стратегий медицинской профилактики и выполнить компьютерное моделирование территориальных

© Рапаков Г. Г., Горбунов В. А., Абдалов К. А., 2019

закономерностей распространения онкопатологий, что обуславливает новизну работы.

2. Материалы и методы

Межведомственную работу по формированию здоровьесберегающего пространства активного долголетия регулируют ряд нормативно-правовых актов [2]. Информационной базой стали данные медико-социологического мониторинга с ошибкой выборки не более 5% и доверительной вероятностью $\alpha = 0{,}95$, что отвечает требованиям пилотного проекта. Пространственное моделирование случаев заболевания для когорты онкобольных по г. Вологде за период наблюдения с 2007 по 2016 гг. представлено на рисунке. Для геообработки использовались инструменты ГИС ArcGIS (Spatial Statistics Analysis Tools) [3].

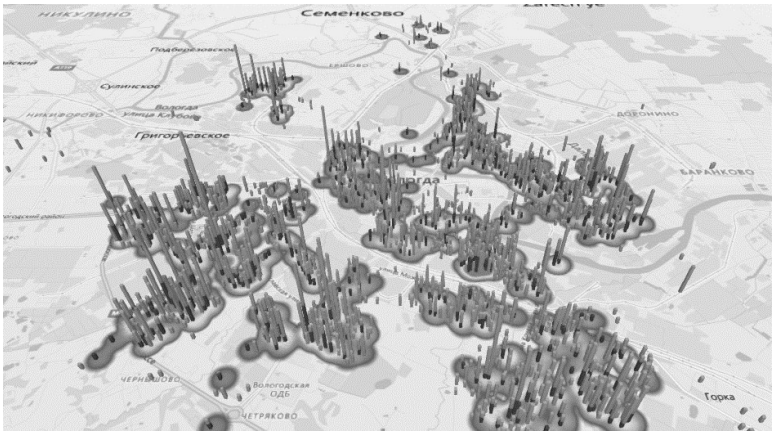


Рисунок. Пространственное моделирование случаев заболевания

3. Результаты исследования и обсуждение

В ходе кластерного анализа на основе глобальной статистики Морана (Global Moran's I) выполняется сканирование входного набор данных и исследуется его пространственная автокорреляция. Одновременно учитываются как расположение объектов, так и их значения. Нулевая гипотеза утверждает, что анализируемые атрибуты набора объектов распределены хаотично между объектами в исследуемой области (пространственные процессы носят случайный характер). Для оценки значимости индекса Морана применяются z -оценка и p -значение.

Индекс Морана I :

$$I = \frac{n}{S} \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^{n} z_i^2}, \qquad 6$$

где:

– n – число объектов в наборе данных;

– $S = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_{i,j}$ – совокупность всех пространственных весов;

– $w_{i.j}$ – пространственный вес для объектов i и j ;

– z_i – отклонение атрибута i -го объекта от его среднего значения $x_i - X$.

Если величины p и z указывают на статистическую значимость, появляется возможность отклонить нулевую гипотезу для наблюдаемой структуры значений. Положительный индекс Морана указывает, что модель сгруппирована и имеет тенденцию к кластеризации. Пространственная кластеризация значений набора данных характеризуется таким их размещением, при котором объекты с высокими значениями изучаемых свойств размещаются рядом с другими высокими значениями, а объекты с низкими значениями — рядом с иными низкими. Отрицательный индекс Морана свидетельствует, что набор объектов рассредоточен и существует склонность к дисперсному распределению. В этом случае объекты с высокими значениями изучаемых свойств располагаются поблизости от объектов с низкими значениями.

При вычислении индекса Морана используется нормализация по вариации, поэтому I принимает значения в диапазоне от –1 до +1. Статистика общего индекса Морана является асимптотически нормальной. В том случае, если гистограмма распределения входного класса указывает на значительное искажение данных, то рассчитанное по умолчанию пороговое значение гарантирует минимум 8 соседей. Автоматически вычисленный диапазон расстояний может оказаться не вполне отвечающим требованиям проводимого анализа кластеров. Применение пространственной автокорреляции наиболее эффективно, когда оценивается общая структура и тренд данных, а исследуемые пространственные процессы последовательны в границах области изучения [4, 5]. Определение пространственных взаимоотношений отражает внутренние связи между объектами набора данных.

Особенностью пространственной концептуализации распространения злокачественных новообразований (ЗНО) является точечный характер размещения объектов. Исходя из свойства непрерывности и интерференции, удачным является выбор значения параметра вычисления INVERSE_DISTANCE (обратное расстояние).

В качестве метода определения расстояния используется метрика Евклида, при этом каждому объекту гарантируется наличие, по крайней мере, одного соседнего элемента. Пороговое значение для поиска соседства составляет 1842,876 метра. В связи с использованием географических координат пространственный расчет выполняется с помощью хордовых измерений, которые быстро вычисляются и дают хорошие оценки геодезических расстояний для точек, разделенных интервалом не более 30 градусов. Количество объектов во входном классе определяется объемом выборки и значительно превышает минимально необходимое для использования пространственной автокорреляции 30 значений.

Получена сводка глобального индекса Морана для типа распределения — кластеризован и следующих входных классов пространственных объектов: возраст, пол, год проведения мониторинга (Таблица).

Таблица

Сводка глобального индекса Морана

Класс объектов	Индекс Морана	z -оценка	p -значение
Возраст	0,054	5,376	0,000
Год	0,019	1,901	0,057
Год мониторинга	0,024	2,391	0,017

Интерпретация результатов позволяет заключить, что в случае положительной z -оценки и статистически значимого p -значения нулевая гипотеза может быть отклонена. С вероятность меньше p полученный тип распределения может быть результатом случайного выбора. Пространственное распределение значений в каждом наборе данных кластеризовано.

Вычисление диапазона расстояний до числа соседних объектов позволяет определить расстояние, на котором пространственная кластеризация наиболее очевидна. По умолчанию каждому объекту обеспечивается не менее одного соседа. В качестве метода определения расстояния используется метрика Евклида [6, 7]. По данным медико-социологического мониторинга для входного класса пространственных

объектов рассчитаны среднее и максимальное расстояния до ближайшего соседа: 15,816 и 1842,692 метров.

Сведения по территориальной контрастности могут найти применение в адресных мероприятиях для коррекции работы онкологической службы и направленного анализа факторов, вызывающих увеличение риска развития ЗНО.

Заключение

При помощи глобальной статистики Морана (Global Moran's I) исследована пространственная автокорреляция входного набора геоданных медико-социологического мониторинга случаев заболевания ЗНО за 2007 – 2016 гг. по г. Вологде. Выполнена проверка нулевой гипотезы, утверждающей, что пространственные процессы носят случайный характер. Для оценки значимости индекса Морана применены z -оценка и p -значение. Получена сводка глобального индекса Морана для типа распределения — кластеризован и следующих входных классов пространственных объектов: возраст, пол, год проведения мониторинга. Нулевая гипотеза для них отклонена. Пространственное распределение значений в каждом наборе данных кластеризовано.

Литература

1. Рапаков, Г. Г. Методы анализа выживаемости в задачах активного долголетия (опыт г. Вологды): монография/ Г. Г. Рапаков; М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т, Международ. акад. наук эколог. и безопасн. жизнедеятельности. – Вологда: ВоГУ, 2015. – 119 с.
2. Вологда — город долгожителей [Электронный ресурс]: концепция активного долголетия на территории муниципального образования «Город Вологда» на период до 2035 года: решение Вологодской городской Думы от 29 декабря 2014 г. № 129. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: : http://vologda-portal.ru/oficialnaya_vologda/index.php?SECTION_ID=8401
3. Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 1: Geographic Patterns and Relationships / A. Mitchell. – ESRI Press, 2001. – 190 p.
4. Mitchell, A. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics / A. Mitchell. – ESRI Press, 2005. – 252 p.
5. Getis, A. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics / A. Getis, K. Ord // Geographical Analysis. – 1992. – Vol. 24, Issue 3. – pp. 189–206.
6. Fischer, M. M. Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications / M. M. Fischer, A. Getis. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 811 p.
7. Bivand, R. S. Applied Spatial Data Analysis with R / R. S. Bivand, E. Pebesma, V. Gomez-Rubio. – Springer Science+Business Media New York, 2013. – 413 p.

Динамика осциллятора Ван дер Поля под воздействием гистерезисного управления

О. О. Решетова, email: o.o.reshetova@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Работа посвящена изучению модели осцилляторов Ван дер Поля с гистерезисной связью. Предложен алгоритм управления хаотической динамикой на основе диссипации энергии посредством гистерезисных преобразователей.*

Ключевые слова: *осциллятор Ван дер Поля, модель Боука-Вена, гистерезисное управление.*

Введение

Осциллятор Ван дер Поля является одной из основных моделей для анализа автоколебаний, позволяющей описать универсальный механизм возникновения автоколебаний через бифуркацию Андронова–Хопфа, возможность появления как квазигармонических, так и релаксационных колебаний.

Изучению уравнения Ван дер Поля посвящено большое количество работ ввиду его важного прикладного значения. Отметим некоторые из автоколебательных систем, поведение которых моделируется посредством уравнения Ван дер Поля: различные системы в радиотехнике, такие триодный генератор и генератор на туннельном диоде, динамика кардиоритмов [1], а также разнообразные приложения в робототехнике, в частности, модели поворачивающегося робота[2].

Известно, что осциллятор Ван дер Поля может реализовывать не только периодические, но и квазипериодические, а также и хаотические автоколебания [3]. Классической задачей, связанной с хаотической динамикой, является задача управления. Основные методы управления системами с динамикой подобного типа [4-6] основаны на различных модификациях принципа обратной связи в сочетании с методами теории дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Одним из перспективных методов управления хаотической динамикой является использовании гистерезисных преобразователей в контуре управления, формируемого по принципу обратной связи. Системы, включающие в управляющих элементах гистерезисные преобразователи, были рассмотрены в работах [7, 8]. Отметим тот факт, что гистерезисные операторы на каждом такте колебаний абсорбируют энергию

© Решетова О. О., 2019

пропорциональную площади петли [9], в этом смысле возможность гистерезисного управления хаотическими системами представляется интересной и значимой. Традиционно, при описании моделей гистерезиса используются два подхода: первый из них основан на операторной трактовке в терминах преобразователей с пространством состояний и входно-выходными соответствиями [10], второй основан на феноменологическом подходе, в котором гистерезисная петля описывается посредством дифференциальных и алгебраических соотношений – наиболее популярной в этом смысле является модель Боука-Вена [11].

1. Осциллятор Ван дер Поля с периодическим внешним воздействием

Поведение осциллятора ван дер Поля, находящегося под воздействием внешней силы, с периодом близким к периоду автономных колебаний описывается уравнением вида:

$$\begin{aligned} &\ddot{x} - \dot{x}(\lambda - x^2) + \omega_0^2 x = A\cos(\omega t), \\ &x(0) = x_1. \end{aligned} \qquad (1)$$

где λ – управляющий параметр, ω_0 – частота собственных колебаний осциллятора, ω – частота внешнего сигнала, A – его амплитуда.

Для динамики поведения системы (1) характерно следующее явление: в определенном интервале частоты внешней силы колебания системы синхронизуются с внешним воздействием по частоте, причем упомянутый частотный интервал (полоса синхронизации) тем шире, чем больше интенсивность воздействия. Этот эффект – синхронизация внешней силой наблюдается в системах самой разной природы – в радиотехнических и электронных устройствах, в лазерах, в механических системах, в колебательных химических реакциях, в биологических объектах. Кроме синхронизации на частоте воздействия может реализоваться также синхронизация на гармониках и субгармониках, когда частоты воздействия и отклика кратны друг другу или, в самом общем случае, находятся в некотором рациональном отношении.

При анализе динамике поведения системы (1) отметим следующее: при слабом внешнем воздействии имеются три периодических решения, но лишь одно из них устойчиво. При увеличении значения амплитуды A будет существовать единственное решение. При фиксированном значении A с увеличение расстройки частот $(\omega_0 - \omega)$ можно наблюдать появление иных типов движения, а именно квазипериодических и хаотических.

Перейдем к рассмотрению следующей модели:

$$\ddot{x} + \dot{x} = A\cos(\omega_0 t) + \Phi_{BW}(x,t)$$
$$\Phi_{BW}(x,t) = \alpha x(t) + (1-\alpha)Dz(t) \qquad (2)$$
$$\dot{z} = \dot{x} - \beta\left|\dot{x}\right|z^{n-1} - \gamma\dot{x}\left|z\right|^{n}$$

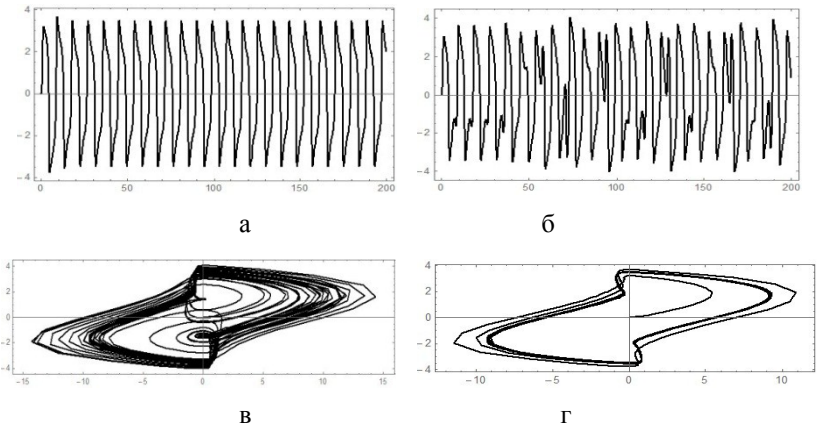
Система уравнений (2) описывает осциллятора Ван дер Поля, под воздействием периодического воздействия, а также гистерезисного управления формализованного посредством модели Боука-Вена. Начальные и граничные условия определены аналогично с системой (1).

2. **Результаты численного моделирования**

Анализ различных динамических режимов поведения системы (1) показал, что на ряду с периодическим и квазипериодическим режимом, при определённом значении параметров возможно возникновение хаотического поведения. Для того, чтобы убедится в том, что подобранные значения параметров соответствуют хаотическому режиму поведения, были вычислены показатели Ляпунова. При условии, что параметры уравнения, описывающего осциллятор Ван дер Поля с периодическим возмущением советуют следующим значениям $\lambda = 3.4, \omega_0^2 = \pi, A = 2\pi, \omega = 0.7$ значения показателей Ляпунова равны: $\{0.109414, -2.41502, 0.0\}$, что подтверждает хаотическое поведение в системе.

На следующих графиках отражена динамика решения системы (1) и (2) и их фазовые портреты (рис. 1)

Как следует из результатов численного моделирования, системы (1) и (2) имеют существенные отличия в динамике поведения. Объяснить это можно тем, что включение гистерезисного звена приводит к диссипации энергии и, как следствие, к изменению динамических характеристик рассматриваемой системы. Продемонстрируем бифуркационные диаграммы для системы (1) и (2) в зависимости от амплитуды внешнего воздействия, которые подтверждают выше описанные результаты (рис. 2).

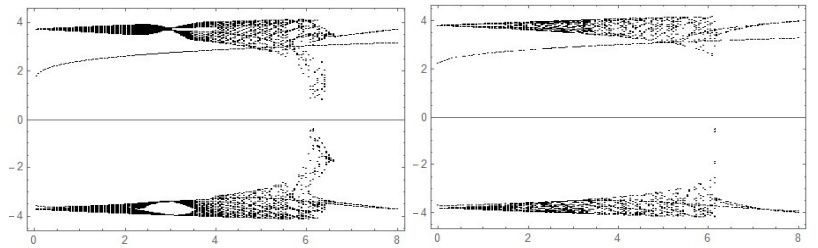


а б

в г

$$\lambda = 3.4, \omega_0^2 = \pi, A = 2\pi, \omega = 0.7$$

Рис. 1. Решение и фазовый портреты системы (1) и (2):
а – решение системы (1), б – решение системы (2), в – фазовый портрет системы (1), г – фазовый портрет системы (2)



а б

$$\lambda = 3.4, \omega_0^2 = \pi, \omega = 0.7$$

Рис. 2. Бифуркационные диаграммы в зависимости от амплитуды внешнего воздействия для системы (1) и (2):
а – система (1), б – система (2)

Заключение

В работе была рассмотрена модель осциллятора Ван дер Поля, находящегося под воздействием гармонической силы и силы гистерезисной природы. На основе анализа численных результатов бифуркационных диаграмм и соответствующей динамики показателей

Ляпунова была установлена эффективность регуляризирующей роли гистерезисного звена.

Список литературы

1. Van der Pol, B. The heartbeat considered as a relaxation oscillation, and an electrical model of the heart / B. Van der Pol, J. van der Mark // Philosophical Magazine & Journal of Science. –1928. –Vol. 6. –№ 38. –P. 763.
2. Veskos, P. Developmental acquisition of entrainment skills in robot swinging using van der Pol oscillators / P. Veskos, Y. Demiris // Proceedings of the Fifth International Workshop on Epigenetic Robotics: Modeling Cognitive Development in Robotic Systems Lund University Cognitive Studies. –2005. – P. 87.
3. Кузнецов С. П. Динамический хаос и однородно гиперболические аттракторы: от математики к физике // УФН. –2011. – №181:2. – С. 121–149.
4. Ott, E. Controlling Chaos / E. Ott, C. Grebogi, J. A. Yorke, // Phys. Rev. Lett. –1990. –V.64. –P. 1196.
5. Pyragas, K. Continuous Control of Chaosby Self-Controlling Feedback // Phys. Lett. –1992. –V.170. –P. 421-427.
6. Магницкий, Н. А. О стабилизации неподвижных точек хаотических отображений / Н. А. Магницкий // Доклады РАН. – 1996. – Т. 351. – № 2. – С. 175-177.
7. Стабилизация обратного гибкого маятника с гистерезисными свойствами / М. Е. Семенов, М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, А. М. Соловьёв // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – № 8. – С. 516–525.
8. Стабилизация обратного маятника на двухколесном транспортном средстве / В. И. Ряжских [и др.]// Вестник Южно-Ур. ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ. – 2017. – № 9. – С. 41 –50.
9. Семенов, М.Е. Неограниченные и диссипативные колебания в системах с релейными нелинейностями / М.Е. Семенов, П.А. Мелешенко, О.О. Решетова // Воронежского государственного университета: Физика. Математика. –2018. –№3. – С. 159 –171.
10. Красносельский, М. А. Системы с гистерезисом / М. А. Красносельский, А. В. Покровский. – М.: Наука, 1983. – 272 с.
11. Ikhouane, F. Dynamic properties of the hysteretic Bouc-Wen model / F. Ikhouane, V. Manosa, J. Rodellar // Systems & Control Letters. – 2007. –V. 56. –P. 197–205.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-01-00158, № 17-01-00251).

Температурное поле пластины с отверстием, нагреваемой горячей средой по поверхностям и внешней границе

В. И. Ряжских, e-mail: ryazhskih_vi@mail.ru
А. В. Ряжских
В. А. Рябцев, e-mail: wlandrr@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В вариационной формулировке рассматривается краевая задача о стационарном температурном поле тонкой плоской изотропно проводящей пластины, нагреваемой по поверхностям и внешней границе. Задача решается гибридным методом, использующим методы оптимизации, конечных элементов и конечных разностей.*

Ключевые слова: *теплообмен, температурное поле, пластина, гибридный метод, метод оптимизации, конечные элементы, метод конечных разностей.*

Пусть δ, T, λ – толщина, температура и коэффициент теплопроводности материала пластины, $\theta \geq T$ -температура окружающей среды $u = \theta - T$. При постоянной θ уравнение стационарной теплопроводности пластины в системе координат x, y имеет вид

$$Au = -\Delta u + m^2 u = 0 \tag{1}$$

где k, – коэффициенты теплопередачи на поверхностях пластины; $m^2 = 2k/(\lambda\delta)$; $\Delta u = u_{xx} + u_{yy}$ – оператор Лапласа.

Пусть $\overline{G}$ - область, занятая срединной плоскостью пластины в системе $x0y$ (рисунок), G -открытое множество, S - граница $\overline{G}$, а $\vec{\nu}$ – нормаль к границе. Пусть на S_5 задана температура. Вследствие симметрии на частях $S_l\ (l = 3, 4)$ выполняется условие Неймана [2]

$$\partial u / \partial \nu = 0 \tag{2}$$

а на частях $S_q\ (q = 1, 2)$ – происходит конвективный теплообмен с окружающей средой по закону Ньютона

$$\partial u / \partial \nu = k(\theta - T) = ku \tag{3}$$

© Ряжских В. И., Ряжских А. В., Рябцев В.А., 2019

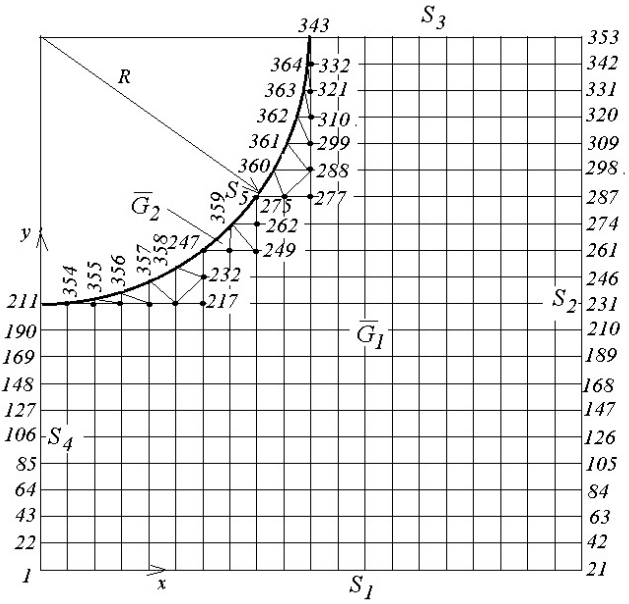


Рисунок. Область рассмотрения

Если ds - элемент границы $S_j (j = 1..5)$, а c_x, c_y - направляющие косинусы внешней нормали $\vec{\nu}$, то энергетическая норма u [2]

$$U(u) = (Au, u) = U_G - J_S$$

где $U_G = \iint\limits_G (u_x{}^2 + u_y{}^2)dxdy + m^2 \iint\limits_G u^2 dxdy$; $J_{Sl} = 0$; $J_S = \sum\limits_{j=1}^{5} J_{Sj}$;

$$J_{S5} = \int\limits_{S5} u(gradu, \vec{\nu})ds = \int\limits_{S5} u(u_x c_x + u_y c_y))ds;\ J_{Sq} = k \int\limits_{Sq} u^2 ds.$$

Пусть $u \in L_2(\overline{G})$, $u \in L_2(\overline{G})$ не равна тождественно нулю всюду в G и удовлетворяет указан-ным граничным усло-виям. Согласно [2], оператор A в $L_2(\overline{G})$ положителен. Решение задачи Дирихле для оператора Лапласа при смешанных краевых условиях, к которым относятся условия (2)-(3) единственно. Аналогично [2] можно доказать, что смешанные граничные условия для функционала U является естественными, то есть для функции u, доставляющей минимум U, эти условия удовлетворяется автоматически. Поэтому при минимизации

U можно использовать в первом приближении, функции u, не удовлетворяющие (2) и (3), что значительно упрощает и проблемы выбора начального приближения и алгоритм вычислений.

Гибридный метод применительно к данной задаче заключается в разделении области $\overline{G}$ на область $\overline{G}_1$ сравнительно простой формы (с границами, параллельными и перпендикулярными осям координат, в которой краевая задача аппроксимируется МКР, и область $\overline{G}_2$, примыкающую к сложной части границы $\overline{G}$, в которой используются конечные элементы. С помощью КЭ можно, хотя бы приближенно, воспроизвести криволинейную часть границы $\overline{G}$, не используя фиктивных узлов сетки. На границе $\overline{S}$ между $\overline{G}_1$ и $\overline{G}_2$, являющейся внутренней для $\overline{G}$, можно не ставить никаких граничных условий, поскольку вклад $\overline{S}$ в энергию системы равен нулю.

Можно показать [3], что вариация интеграла S_5 по u равна 0. Поэтому для определения u вместо (4) можно использовать функционал

$$U(u) = \iint\limits_{G1} \left[(gradu)^2 + m^2 u^2 \right] dxdy + \iint\limits_{G2} \left[(gradu)^2 + m^2 u^2 \right] dxdy +$$

$$+ k\left(\int\limits_{S1} u^2 ds + \int\limits_{S2} u^2 ds \right) = U_1(u) + U_2(u) + J_1(u) + J_2(u) .$$

Для вычисления U_2 МКЭ в области $\overline{G}_2$ используется простейший треугольный элемент с узлами в вершинах [4].

Пусть $u_k \ (k = i, j, m)$ – температура в узлах КЭ с локальными номерами 1,2,3, соответствующими глобальным номерам узлов i, j, m. Температура в точке с координатами x и y представляется в виде линейной по x и y функции $\tilde{u} = \hat{N}\hat{u} = [N_1, N_2, N_3]^T [u_i, u_j, u_m]^T$, где $N_{(..)}$- функция формы КЭ; $\hat{u} = [u_1, u_2, u_3]^T$ – матрица-столбец узловых температур для $\overline{G}$.

Пусть p - номер КЭ, n – количества КЭ, а r - количество узлов КЭ и сетки в $\overline{G}$. При замене $\overline{G}_2$ системой КЭ U_2 заменяется функционалом $\tilde{U}_2 = \sum\limits_{p=1}^{n} \hat{u}_p{}^T \tilde{D}_{e\,p} \hat{u}_p = \hat{u}^T D_2 \hat{u}$,

Вектор градиент функционала $\widetilde{U}_2$ в точке $\hat{u}$ $grad\widetilde{U}_2 = 2D_2\hat{u}$.

Область $\overline{G}_1$ заменяется системой регулярно расположенных узлов с шагами h_x и h_y вдоль осей x и y, а производные от температуры во внутренних узлах $\overline{G}_1$ – центральными конечно – разностными выражениями с точностью порядка h_x^2 или h_y^2. С учетом разностных выражений u_x и u_y получается $U_1(u) \cong \widetilde{U}_1(\hat{u}) = \hat{u}^T D_1 \hat{u}$, где D_1 - симметричная матрица, системы разностных уравнений, в которой неизвестными считаются величины температуры во всех узлах, покрывающих $\overline{G}_1$, в том числе и граничных и входящих в КЭ.

Вектор градиент $\widetilde{U}_1$ в точке $\hat{u}$ $grad\widetilde{U}_1 = 2D_1\hat{u}$.

Для вычисления J_1 и J_2 использовалась формула трапеций.

Пусть D – матрица типа D_1 для всей области $\overline{G}$. Тогда D симметричная матрица, $\widetilde{U} = \hat{u}^T(D_1 + D_2 + E_1 + E_2)\hat{u} = \hat{u}^T D\hat{u}$, а вектор – градиент функционала $\widetilde{U}$ в точке $\hat{u}$ равен

$$grad\widetilde{U} = \hat{\widetilde{U}}_u = \partial\widetilde{U} / \partial\hat{u} = (2\hat{u}^T D)^T = 2D^T\hat{u}.$$

Поскольку вторая вариация $\widetilde{U}$ по $\hat{u}$ положительна, $\widetilde{U}$ выпукл по $\hat{u}$ и, следовательно, имеет локальный минимум в $\overline{G}$. При минимизации $\widetilde{U}$ по $\hat{u}$ градиентными методами [5] требуется многократно вычислять $\widetilde{U}$ и его градиент $\hat{\widetilde{U}}_u$. При этом можно не формировать матрицу D явно, поскольку вклады КЭ и узлов сетки в $\widetilde{U}$ и его величину и градиент можно определить на основании полученных выражений. Это сильно уменьшает объем потребной оперативной памяти и позволяет решать задачи с количеством узлов порядка сотен даже на ПЭВМ со средними возможностями без использования оверлейных методик.

В качестве примера рассматривается задача для квадратной пластины толщиной 1 см со сторонами 10 см, в центре которой имеется отверстие радиуса $R =$ 5 см при $\alpha =$ 28 $Bm/м^2K$, $k =$ 48 $Bm/мK$, $\theta =$ $400\,^{\circ}C$. Использовалось всего 28 КЭ и 364 узла, из которых только 32 узла, входят в КЭ (11 принадлежат только КЭ, а 21 – являются общими узлами КЭ и сетки). Приняты следующие условия для На границе S_5 $T =$ $100\,^{\circ}C$, а на $S_1..S_4$ заданы условия (2) и (3).

Вычисления проводились по оригинальной программе на алгоритмическом языке TurboPascal 7.0. Функционал $\widetilde{U}$ минимизировался методом градиентного спуска с проектированием градиента $\hat{\widetilde{U}}_u$ на область $\overline{G}$ [3], то есть компоненты градиента в точках S_5 полагались равными нулю. Вектор $\hat{u}$ определялся по формуле $\hat{u}_{i+1} = \hat{u}_i + \alpha \widetilde{U}_{ui}$, где $\hat{\widetilde{U}}_{ui} = \hat{\widetilde{U}}_{ui}(\hat{u}_i)$; α - в первом приближении заданная величина и изменяющаяся в процессе вычислений с учетом информации о величине $\widetilde{U}_{Ti}$ и различии направлений $\hat{\widetilde{U}}_u(\hat{u}_i)$ и $\hat{\widetilde{U}}_u(\hat{u}_{i-1})$. В качестве начального приближения использовался вектор $\hat{u}_0$, удовлетворяющий граничным условиям на S_5. Вычисления показали, что результат минимизации $\widetilde{U}$ слабо (в пределах вычислительных погрешностей) зависит от выбора $\hat{u}_0$. Наиболее быстрая сходимость наблюдается при определении компонентов $\hat{u}_0$ линейной интерполяцией по граничным значениям температуры. Скорость сходимости вычислений, конечно, зависела и от величин температуры на границах $\overline{G}$ и от выбора α. При начальном $\alpha = 1$ решение получалось за 100-400 приближений за несколько минут в режиме диалога и просмотра результатов решения.

Результаты решения приведены в таблице, где N - номер узла. Как видно, в узлах, равноотстоящих от углового узла 21, где вследствие симметрии температурного поля относительно центра отверстия следовало ожидать одинаковых температур, температуры отличаются всего на 1-2%. Что подтверждает достаточно высокую точность метода.

Таблица

Результаты решения

	N 1	4	7	10	13	16	19	21
	T 18 4.444	18 5.924	191. 289	19 8.002	206. 169	21 2.290	21 6.872	21 8.660
	N 21	63	126	18 9	246	28 7	32 0	35 3
	T 218 .660	217 .421	211. 167	20 9.087	196. 736	18 9.771	18 5.108	18 3.387

Литература

2. Ряжских, В. И. Об одном методе решения краевых задач с эллиптическими операторами / Ряжских В.И. Ряжских А.В., Рябцев В.А. // ж. «Прикладная физика и математика». – 2018. – №2. – С. 46-50.

3. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. – М.: Наука, 1970. – 512 с.

4. Ряжских В.И., Ряжских А.В., Рябцев В.А. Моделирование МКЭ температурного поля тонкой пластины с отверстиями при теплоотдаче на обеих поверхностях и внешней границе. «Информатика: проблемы, методология, технологии» Материалы XVII Международной научно-методической конференции, Воронеж 9-10 февраля 2017 г. Том 2. Воронеж, Издательство «Научно исследовательские публикации» ООО «Велборн», 2017, с.378-385 http://welborn@scirep.ru

5. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Перевод с английского. – М. : Мир, 1975. – 542с.

6. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. – М.: Наука, 1983. – 384 с.

Алгоритм формирования оценок высот рельефа местности для автономной навигации беспилотных летательных аппаратов с использованием малогабаритной РЛС

Л. Б. Рязанцев, e-mail: kernel386@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная Академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В работе предложен алгоритм, позволяющий улучшить разрешение бортовых радиовысотомеров по угловым координатам и повысить детальность формируемого профиля рельефа местности на участках коррекции за счет применения методов синтезирования апертуры антенн. Представлены результаты экспериментальной проверки разработанного алгоритма с использованием малогабаритной РЛС С-диапазона, установленной на пилотируемом вертолете.*

Ключевые слова: *синтезирование апертуры антенны, непрерывное излучение, радиолокационное изображение, корреляционно-экстремальное наведение.*

Введение

На сегодняшний день, основными средствами автономной навигации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) являются приемники глобальных радионавигационных систем GPS, ГЛОНАСС и др. Однако в случаях, когда использование глобального навигационного поля не представляется возможным, определение собственных координат носителя на участке коррекции может быть получено путем корреляционно-экстремального сопоставления измерений оценок высоты полета относительной земной поверхности, полученных с помощью радиовысотомера, с цифровой картой местности, заложенной в память бортовой ЭВМ [1]. Как правило, установка узконаправленных антенн на БПЛА не всегда возможна из-за наличия массогабаритных ограничений, а применение слабонаправленных антенн приводит к ухудшению разрешающей способности по угловым координатам. В результате даже при использовании широкополосных сигналов, возможна оценка лишь средней высоты рельефа местности на достаточно протяженном участке полета, что требует весьма продолжительного времени (десятки секунд) на проведение измерений

© Рязанцев Л. Б., 2019

высоты для последующей оценки координат БПЛА. Существенно повысить разрешающую способность радиовысотомера по угловым координатам и, как следствие, снизить время на проведение измерений можно за счет применения методов синтезирования апертуры антенны. Кроме того, дополнительным информативным признаком для повышения точности определения координат могут служить оценки высот деревьев и лесных массивов на участке коррекции, которые также могут быть получены радиовысотомером совместно с оценками высот рельефа местности.

1. Разработка алгоритма

Для измерения высоты полета летательных аппаратов наиболее широкое применение нашли РЛС непрерывного излучения, которые характеризуются незначительной средней излучаемой мощностью, относительной простотой формирования широкополосных зондирующих сигналов, демодуляции и обработки принятых сигналов и, как следствие, простотой конструкции и низким энергопотреблением. Определение высоты полета такими РЛС основано на излучении антенной сигнала с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) в направлении поверхности, находящейся под летательным аппаратом, приеме отраженного сигнала, его демодуляции путем перемножения с зондирующим сигналом, усилении, оцифровки с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП), сжатии по дальности путем выполнения быстрого преобразования Фурье, с последующей реализацией алгоритмов цифровой обработки сигналов с применением методов синтезирования апертуры антенны [2].

Формирование оценок высот рельефа местности осуществляется по сформированному с использованием методов синтезирования апертуры радиолокационному изображению (РЛИ) профиля рельефа местности. Для описания алгоритма формирования РЛИ введем следующие обозначения: $\dot{\mathbf{A}}$ – двумерная матрица комплексных отсчетов оцифрованного траекторного сигнала с количеством строк, равным N_s, и столбцов, равным N_k; $\dot{\mathbf{B}}$ – блок комплексных отсчетов оцифрованного траекторного сигнала, представляющий собой двумерную матрицу с количеством строк, равным N_s, и столбцов, равным $N_б$; $\mathbf{I}$ – двумерная матрица выходного амплитудного РЛИ с количеством строк, равным $N_s = F_s T_м$, где F_s – частота дискретизации АЦП, и столбцов, равным N_y; $\dot{\mathbf{A}}_k$ – k-й столбец матрицы $\dot{\mathbf{A}}$; $\dot{\mathbf{A}}^i$ – i-я строка матрицы $\dot{\mathbf{A}}$; $\dot{\mathbf{A}} = \dot{\mathbf{A}} \cdot \dot{\mathbf{S}}$ – поэлементное

перемножение матриц $\dot{\mathbf{S}}$ и $\dot{\mathbf{A}}$ одинаковой размерности, результатом которого является матрица $\dot{\mathbf{A}}$ той же размерности.

Алгоритм формирования РЛИ профиля рельефа местности основан на алгоритме простой свертки, применяемом в задачах радиовидения [3], и представляет собой последовательное циклическое выполнение следующих этапов. Количество циклов соответствует количеству столбцов матрицы $\mathbf{I}$.

На первом этапе каждого n-го цикла оцифрованный АЦП траекторный сигнал (1) запоминается в виде блока, представляющем собой матрицу комплексных отсчетов $\dot{\mathbf{B}}$. Каждый столбец матрицы сжимается по дальности путем выполнения операции дискретного преобразования Фурье

$$\dot{\mathbf{B}}_k^i = \mathcal{F}_k\left\{\dot{\mathbf{B}}_k^i\right\}, \tag{14}$$

где $\mathcal{F}_k\{\cdot\}$ – оператор дискретного преобразования Фурье по элементам столбца k.

Количество столбцов $N_б$ матрицы $\dot{\mathbf{B}}$ определяется как $N_б = \Delta y / \left(V_н T_м\right)$, где Δy – шаг по путевой дальности, величина которой выбирается соизмеримой с разрешающей способностью по путевой дальности $\delta\ell = h_н \lambda_0 / \left(2 V_н T_c\right)$; $V_н$ – скорость носителя РЛС; $h_н$ – априорная высота полета БПЛА относительно земной поверхности; $\lambda_0 = c / f_0$; f_0 – начальная частота зондирующего сигнала; c – скорость света; T_c – время синтезирования апертуры. Для снижения вычислительных затрат Δy может превышать $\delta\ell$, но при этом снижается детальность формируемого профиля рельефа местности. Время синтезирования апертуры T_c выбирается исходя из времени нахождения точечного отражателя в элементе разрешения по высоте: $T_c \le 2\sqrt{h_н \delta h + \delta h^2} / V_н$, где $\delta h = c_0 / \left(2\Delta f_c\right)$.

На втором этапе осуществляется поблочное формирование матрицы $\dot{\mathbf{A}}$, для чего производится сдвиг элементов каждой ее строки влево на N_m отсчетов и замена последних элементов на элементы матрицы $\dot{\mathbf{B}}$, т.е.

$$\dot{\mathbf{A}}_k^i = \dot{\mathbf{A}}_{k+N_б}^i, \ \dot{\mathbf{A}}_{N_k - N_б + m}^i = \dot{\mathbf{B}}_m^i, \tag{15}$$

где $i = \overline{0, N_s - 1}$, $k = \overline{0, N_k - N_б}$, $m = \overline{0, N_б - 1}$.

Количество столбцов N_k матрицы $\dot{\mathbf{A}}$ выбирается исходя из условия нахождения точечного отражателя в элементе разрешения по высоте за время T_c, т.е. $N_k \le T_c / T_м$.

На третьем этапе осуществляется фокусировка РЛИ путем умножения отсчетов в каждой строке матрицы $\dot{\mathbf{A}}$ на матрицу опорных сигналов $\dot{\mathbf{S}}$

$$\dot{\mathbf{A}} = \dot{\mathbf{A}} \cdot \dot{\mathbf{S}}, \qquad (16)$$

где элементы матрицы $\dot{\mathbf{S}}$ задаются выражением $\dot{S}_k^i = \exp\left(-j \frac{2\pi f_0 T_м^2 V_н^2}{c h_i} \left(k - N_k/2 \right)^2 \right)$; $h_i = i h_{\max} / N_s$; $h_{\max}$ – максимальное априорно возможное значение высоты полета БПЛА, которая соответствует последней строке матрицы $\dot{\mathbf{A}}$.

На четвертом этапе n-го цикла формируется *n*-й столбец матрицы $\mathbf{I}$, каждый элемент которого представляет собой абсолютную величину суммы значений отсчетов соответствующей строки матрицы $\dot{\mathbf{A}}$

$$\mathbf{I}_n^i = \left| \sum_{k=0}^{N_k - 1} \dot{\mathbf{A}}_k^i \right|, \qquad (17)$$

Количество строк N_y матрицы $\mathbf{I}$ выбирается из условия $N_y = L_y / \Delta y$. По сформированному РЛИ профиля рельефа местности осуществляется нахождение оценок высоты $\hat{h}_n$ в каждом столбце матрицы $\mathbf{I}$ путем сравнения амплитуды отсчетов с порогом. При этом для уменьшения ложных выбросов производится предварительное усреднение скользящим окном отсчетов каждого n-го столбца матрицы $\mathbf{I}$ сформированного РЛИ по $N_{ср}$.

Экспериментальная проверка алгоритма

Экспериментальная проверка осуществлялась с использованием малогабаритной РЛС С-диапазона, являющейся совместной разработкой Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная Академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) и АО «НПП «Радар ммс» (г. Санкт-Петербург). РЛС устанавливалась на вертолет Robinson (рис. 1), при этом антенны ориентировались в надир. Полет вертолета осуществлялся на высотах от 50 до 200 м над земной поверхностью со скоростью 80…130 км/ч в окрестностях города Воронеж.

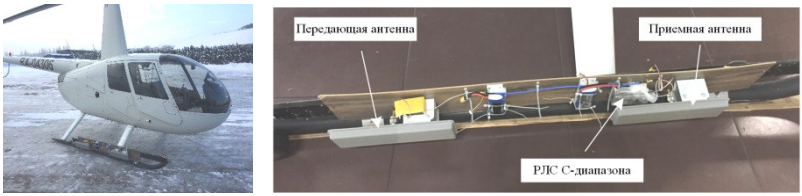
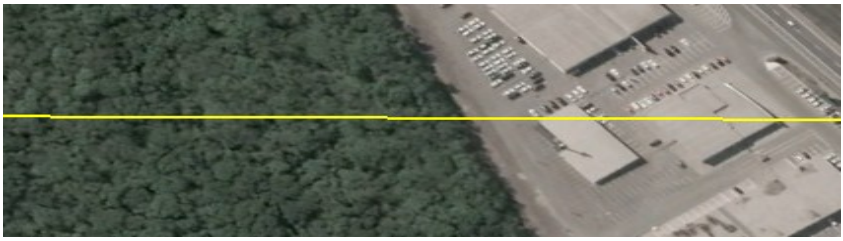
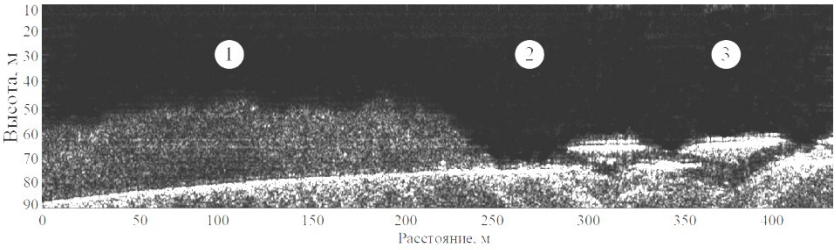


Рис. 1. Вид установленной РЛС С-диапазона на вертолете Robinson



а



б

1 – лесной массив; 2 – асфальтированный участок; 3 – промышленные здания

Рис. 2. Участок маршрута полета (а) и соответствующий ему вид сформированного РЛИ профиля рельефа местности (б)

Вид участка маршрута полета вертолета в программе Google Maps (координаты начала участка – $51^0$46’21.55”С $39^0$11’56.72”В, окончания – $51^0$46’32.95”С $39^0$11’41.86”В) и сформированное на этом участке РЛИ профиля рельефа местности предложенным алгоритмом (выражения (1)-(4) при значениях $N_k = 128$ и $N_б = 5$) представлены на рис. 2. Сечение РЛИ профиля местности, соответствующее расстоянию

108 м на рис. 2, представлено на рис. 3, а сформированные по РЛИ оценки высот рельефа местности и деревьев лесного массива после сравнения с порогом – на рисунке 4.

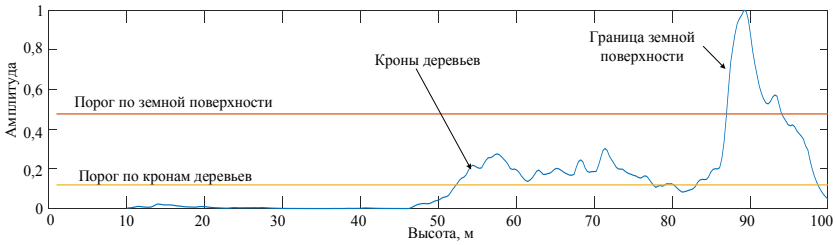


Рис. 3. Сечение РЛИ профиля местности

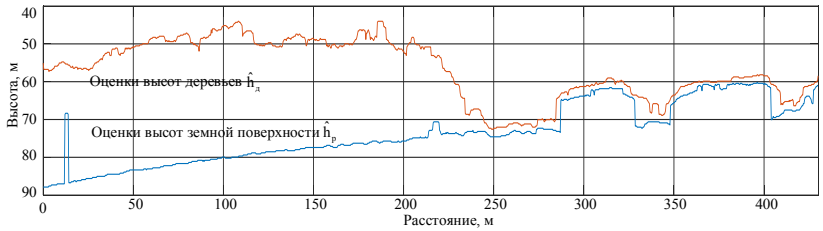


Рис. 4. Оценки высот рельефа местности и деревьев

Анализ рис. 4 показывает, что характер изменения оценок высот деревьев и лесных массивов также может использоваться в качестве информационного поля для решения задач автономной корреляционно-экстремальной навигации БПЛА. Также по разнице значений оценок $\hat{h}_p$ и $\hat{h}_o$ может быть осуществлена классификация участков земной поверхности, которая также может учитываться при составлении цифровых карт местности. Так, по разнице оценок, представленных на рис. 4 можно выделить наличие леса на участке траектории от 0 до 220…250 м, а по характерному резкому перепаду высот на участках 270-330 и 350-405 м можно выделить наличие искусственных сооружений.

Заключение

Использование методов синтезирования апертуры позволяет существенно улучшить разрешение бортовых радиовысотомеров по угловым координатам и повысить детальность формируемого профиля рельефа местности на участках коррекции, что в конечном счете

обеспечивает снижение времени на проведение измерений высоты для последующей оценки координат БПЛА. По результатам проведенного практического эксперимента установлено, что решение задач автономной навигации может быть осуществлено не только по оценкам высот профиля рельефа местности, но и в ряде случаев (при не выраженном профиле земной поверхности на участках коррекции) могут использоваться оценки высот отдельных деревьев, посадок и лесных массивов, полученные с использованием бортового радиовысотомера. Кроме того, полученные оценки могут быть использованы для классификации участков земной поверхности и учитываться при составлении цифровых карт местности.

Список литературы

1. Бортовой комплекс высокоточной навигации с корреляционно-экстремальной навигационной системой и цифровой картой рельефа местности / А.И. Наумов, Е.К. Кичигин [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2019. – Том 9. – Вып. 6-1. – С. 51-55.

2. Алгоритм формирования радиолокационных изображений с субметровым разрешением в малогабаритных РЛС с синтезированной апертурой / Л.Б. Рязанцев, И.Ф. Купряшкин [и др.] // Цифровая обработка сигналов. – 2018. – №2. – С. 53-58.

3. Школьный Л.А. Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрирование радиолокационных изображений / Л.А. Школьный. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008.

Поиск in silico потенциальных сайтов связывания с заряженными и гидрофобными носителями на поверхности молекул инузиназ из продуцентов рода Aspergillus

Ф. А. Сакибаев, e-mail: farkhatlukum@gmail.com
С. М. Макин, e-mail: integral_po_dx@mail.ru
А. С. Бородина, e-mail: atomintheuniverse@gmail.com
М. Г. Холявка, e-mail: holyavka@rambler.ru
В. Г. Артюхов, e-mail: artyukhov@bio.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Выявлены аминокислотные остатки на поверхности молекул мономеров и димеров инулиназ из продуцентов рода Aspergillus, доступные для растворителя не менее чем на 20%. Изучено распределение заряженных и гидрофобных аминокислот на поверхности молекул данных ферментов. Предложены наиболее перспективные носители для адсорбционной иммобилизации представленных в работе инулиназ.*

Ключевые слова: *инулиназа, иммобилизация, димер, сайты связывания, молекулярный докинг.*

Введение

В настоящее время инулин является перспективным биотехнологическим субстратом. Он представляет собой линейный фруктан, содержащий от 20 до нескольких тысяч единиц фруктозы [1].

Фруктоза считается безопасной альтернативой сахарозы, поскольку оказывает благоприятное влияние на пациентов с сахарным диабетом, увеличивает усваиваемость железа у детей и имеет более высокую подслащивающую способность [2, 3]. Кроме того, фруктоза лучше растворима в воде, чем сахароза, имеет меньшую вязкость, при этом ее метаболизм не требует присутствия инсулина [4]

Инулиназы представляют собой гидролитические ферменты, способные расщеплять инулин. Эти энзимы подразделяются по механизму гидролиза на экзо- и эндоинулиназы. Экзоинулиназы (КФ 3.8.1.80) отщепляют концевые остатки фруктозы от молекулы инулина, эндоинулиназы (КФ 3.2.1.7) осуществляют гидролиз инулина вдали от концевых остатков с образованием инулоолигосахаридов.

Иммобилизация инулиназ на ионообменных носителях КУ-2, АВ-17-2П, ВИОН КН-1, АВ-16-ГС и АМ 21А приводит к увеличению

© Сакибаев Ф. А., Макин С. М., БородинаА. С., Холявка М. Г., Артюхов В. Г., 2019

температурного оптимума ферментов до 70 °С. При этом практически неизменным остается оптимальное значение pH среды [5].

1. Методы исследования

Пространственные структуры экзоинулиназ были получены из их аминокислотных последовательностей путем реконструкции методами высокопроизводительного компьютерного моделирования на основе молекулы экзоинулиназы из Aspergillus awamori (PDB ID: 1Y4W). В случае эндоинулиназ в качестве матрицы для реконструкции пространственной структуры их макромолекул выступала эндоинулиназа из Aspergillus ficuum (PDB ID: 3SC7).

Моделирование белковых комплексов (димеров) осуществляли в программах Zdock, ClusPro, GRAMM_X, HEX, SwarmDock. Перед проведением численных расчетов центры молекул инулиназы и параметры бокса («ячейки») мы задавали вручную, добиваясь того, чтобы обе молекулы фермента полностью были внутри расчетной области пространства. Каждый из лигандов в расчетах докинга имел максимальную конформационную свободу [6].

Выявление аминокислотных остатков на поверхности молекул ферментов с доступностью для растворителя не менее 20 % проводили с использованием программы Swiss-Pdb Viewer 4.1.0.

Расстояние между ближайшими атомами аминокислотных остатков (r) вычисляли на основе их координат по формуле:

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Аналогичным способом были рассчитаны расстояния от активного центра инулиназы до заряженных и гидрофобных аминокислотных остатков на поверхности ее молекулы.

Критерием группировки аминокислотных остатков в локальное скопление служила степень их удаленности друг от друга. Остатки были отнесены нами к одному скоплению в случае, если среднее расстояние от каждого из них до трех ближайших аминокислот из определяемого скопления не превышало 10 Å. За начальное положение локального скопления принимали три аминокислотных остатка, среднее расстояние между которыми также не превышало 10 Å.

2. Результаты и обсуждение

Поверхность молекулы димера экзоинулиназы из Aspergillus ficuum (ADM21204.1) характеризуется наличием 7 локальных скоплений заряженных аминокислотных остатков. Распределение аминокислот на поверхности фермента отличается для двух мономеров по

количественному и качественному составу как одиночных, так и организованных в скопления остатков.

Присутствующие на поверхности экзоинулиназы из Aspergillus ficuum скопления заряженных аминокислотных остатков локализованы преимущественно на участках, удаленных от активного центра.

Поскольку в составе представленных в области каталитического N-концевого домена локальных скоплений преобладают отрицательно заряженные аминокислоты, иммобилизация экзоинулиназы из Aspergillus ficuum на положительно заряженных носителях может привести к значительному снижению активности энзима. При этом в области некаталитического С-концевого домена преобладают положительно заряженные аминокислотные остатки, что может свидетельствовать о вероятном связывании фермента с отрицательно заряженными носителями с сохранением значительной доли активности.

Гидрофобные аминокислотные остатки на поверхности молекулы димера экзоинулиназы из Aspergillus ficuum образуют 9 локальных скоплений. Поскольку часть из них находится в непосредственной близости к активным центрам мономеров фермента, его связывание с гидрофобными носителями, вероятно, приведет к экранированию субстрата и, как следствие, значительной потере активности энзима.

Поверхность молекулы димера экзоинулиназы из Aspergillus awamori (CAC44220.1) характеризуется наличием 10 участков локального скопления заряженных аминокислотных остатков, распределенных неравномерно по мономерам белка: одна из них содержит 6, другая – 4 скопления.

В области некаталитического С-концевого домена оба мономера содержат по два скопления, в которых преобладают положительно заряженные аминокислотные остатки. Вероятно, связывание с данными участками отрицательно заряженного носителя при адсорбционной иммобилизации фермента не приведет к экранированию субстрата от активных центров молекулы, что может говорить о перспективности носителей данного типа для иммобилизации экзоинулиназы из Aspergillus awamori.

Участки локального скопления в области каталитического N-концевого домена характеризуются преобладанием отрицательно заряженных аминокислотных остатков.

Гидрофобные аминокислотные остатки образуют 3 скопления на поверхности одного мономера и 4 скопления на поверхности другого мономера в составе димера экзоинулиназы из A. awamori. В непосредственной близости к активным центрам энзима расположены 4

скопления (по два на каждый мономер), что позволяет сделать вывод о вероятном перекрывании активного центра носителем при иммобилизации фермента на гидрофобных полимерах и значительной потере активности гетерогенного препарата.

Поверхность димера эндоинулиназы из A. niger (AAN64131.1) характеризуется наличием 8 участков локального скопления заряженных аминокислотных остатков в области N-концевого домена??? (4 из них расположены в области N-концевого домена)

Гидрофобные аминокислотные остатки образуют 8 скоплений на поверхности одного мономера и 5 скоплений на поверхности другого мономера в составе димера эндоинулиназы из A. niger. Данные скопления локализованы преимущественно в области N-концевого домена, в том числе в непосредственной близости к каналу, через который предположительно происходит проникновение субстрата к активному центру фермента. На основании изложенного выше можно предположить, что иммобилизация эндоинулиназы из A. niger на гидрофобных носителях, вероятно, приведет к невозможности проникновения субстрата к активным центрам и, как следствие, к значительной потере активности гетерогенного препарата.

3. **Заключение**

Анализ поверхностей представленных в работе димеров инулиназ показал неравномерность распределения заряженных и гидрофобных аминокислотных остатков.

Поверхность димера экзоинулиназы из A. ficuum характеризуется наличием 7 скоплений заряженных и 9 скоплений гидрофобных аминокислотных остатков. Для адсорбционной иммобилизации данного фермента, вероятно, наиболее перспективными являются отрицательно заряженные носители.

Поверхность димера экзоинулиназы из A. awamori характеризуется наличием 10 скоплений заряженных и 7 скоплений гидрофобных аминокислотных остатков. Для адсорбционной иммобилизации данного фермента наиболее перспективными также являются отрицательно заряженные носители.

Поверхность димера эндоинулиназы из A. niger характеризуется наличием 8 скоплений заряженных и 13 скоплений гидрофобных аминокислотных остатков, однако, они расположены вблизи N-концевого домена (4 скопления из 8 заряженных расположены в области N-концевого домена), что необходимо учитывать при подборе методов и условий иммобилизации.

Список литературы

1. Production of Inulinases: Recent Advances / P. Singh, P.K. Gill // Food Technol. Biotechnol. – 2006. – Vol. 44 (2). – pp. 151-162.

2. Pawan, G.L.S. Molecular structure and function of food carbohydrates / G.L.S. Pawan, G.G. Birch, L.F. Green // Applied Science Publishers. – 1973. – pp. 65–80

3. Roberfroid, M.B. Dietary fructans. / M.B. Roberfroid, M. Delzenne // Annual Review of Nutrition. – 1998 – Vol. 18. – pp. 117-143.

4. Fleming, S.E. Preparation of high-fructose syrup from the tubers of the Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) / S.E. Fleming , J.W.D. GrootWassink, // CRC Critical Rev. Food Sci. Nutr. – 1979 – Vol. 12. – pp. 1-28.

5. Ковалева, Т.А. Разработка гетерогенного катализатора на основе иммобилизованного препарата инулиназы из Kluyveromyces marxianus / Т.А. Ковалева, М.Г. Холявка, А.С. Таха // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2007. – № 7 (5). – С. 80-87.

6. Надмолекулярная организация инулиназ из Aspergillus awamori, Aspergillus ficuum и Kluyveromyces marxianus: сравнительный аспект. / Холявка М.Г. [и др.] // Биофизика. – 2018. – Т. 63. – № 6. – С. 1079-1089

Особенности структуры коллагеназы из Clostridium histoliticum и распределение заряженных и гидрофобных аминокислот на поверхности ее молекулы

Ф. А. Сакибаев, e-mail: farkhatlukum@gmail.com
С. М. Панкова, e-mail: sazykina.93@mail.ru
А. Н. Дубовицкая: e-mail: nastyadubovijkaya@mail.ru
М. Г. Холявка, e-mail: holyavka@rambler.ru
В. Г. Артюхов, e-mail: artyukhov@bio.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Изучены локализация и структура внутренних полостей, туннелей и пор в составе молекулы коллагеназы из Clostridium histoliticum. Выявлено распределение заряженных и гидрофобных аминокислот на поверхности молекул данного фермента. Предложены наиболее перспективные носители для адсорбционной иммобилизации представленной в работе коллагеназы.*

Ключевые слова: *коллагеназа, иммобилизация, структура фермента, сайты связывания.*

Введение

Коллагеназа (3.4.24.7) – фермент, относящийся к семейству металлопротеаз.

Коллагеновые волокна обладают высокой устойчивостью к действию большинства протеиназ, что обусловлено их структурой. Однако коллагеназа способна к раскручиванию тройной спирали коллагена и расщеплению его цепей до небольших фрагментов [1].

Коллагеназы активно используются в промышленности и медицине, производстве фармацевтических препаратов и косметики. Средства, содержащие коллагеназу, часто применяют в лечении контрактуры Дюпюитрена, болезни Пейрони, при удалении и предупреждении рубцов от ожогов, ран, растяжек [2].

Использование гетерогенных препаратов на основе иммобилизованных энзимов имеет ряд преимуществ, таких как большая стабильность, возможность регенерировать препарат, пролонгированность действия активной субстанции и, следовательно, снижение концентрации действующего вещества.

Структура коллагеназы обуславливает особенности функционирование молекулы. Так, показано, что петли вблизи

© Сакибаев Ф. А., Макин С. М., БородинаА. С., Холявка М. Г., Артюхов В. Г., 2019

активного центра коллагеназы служат фильтром селективности субстрата [3].

Эффективное применение ферментов в промышленности с сохранением активности на достаточно высоком уровне требует понимания их структурно-функциональных свойств.

1. Методы исследования

В качестве объекта исследования была выбрана коллагеназа из Clostridium histolyticum (4ARE). Выявление аминокислотных остатков на поверхности молекулы фермента с доступностью для растворителя не менее 20 % проводили с использованием программы Swiss-Pdb Viewer 4.1.0.

Расстояние между ближайшими атомами аминокислотных остатков (r) вычисляли на основе их координат по формуле:

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

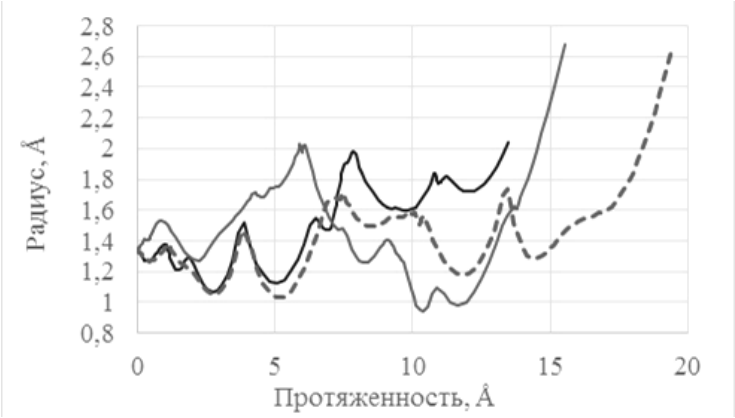
Аналогичным способом были рассчитаны расстояния от активного центра инулиназы до заряженных и гидрофобных аминокислотных остатков на поверхности ее молекулы.

Критерием группировки аминокислотных остатков в локальное скопление служила степень их удаленности друг от друга. Остатки были отнесены нами к одному скоплению в случае, если среднее расстояние от каждого из них до трех ближайших аминокислот из определяемого скопления не превышало 10 Å. За начальное положение локального скопления принимали три аминокислотных остатка, среднее расстояние между которыми также не превышало 10 Å.

2. Результаты и обсуждение

Молекула коллагеназы содержит 16 туннелей, 10 из которых находятся в пептидазном домене, а 6 – в активаторном домене. Самый крупный туннель имеет протяженность 30,69 Å и находится в активаторном домене коллагеназы. Самый маленький туннель имеет протяженность 4,95 Å и расположен в пептидазном домене.

Три туннеля из пептидазного домена имеют общую начальную точку, при этом два из них перекрываются на участке протяженностью 4,568 Å. В составе активаторного домена также содержатся туннели, имеющие общую начальную точку, однако, их дальнейшее перекрывание не выявлено (рис. 1).



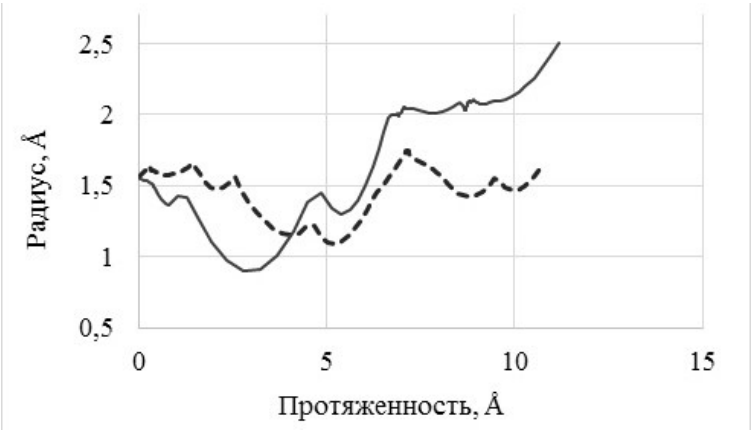


Рис. 1. Профили туннелей, находящихся в пептидазном (слева) и активаторном (справа) доменах и имеющих общую начальную точку

В активаторном домене наблюдается совпадение профилей двух туннелей на всей их протяженности с незначительными отклонениями (рис. 2).

Молекула коллагеназы содержит 4 поры, находящиеся в пептидазном домене; 2 из них перекрываются на протяженности 6,648 Å (рис. 3). Наибольшая пора имеет протяженность 30,47 Å, наименьшая – 18,75 Å. Кроме того, значительная часть объема представленных в молекуле пор сообщается с полостями трех туннелей, находящихся в том же домене.

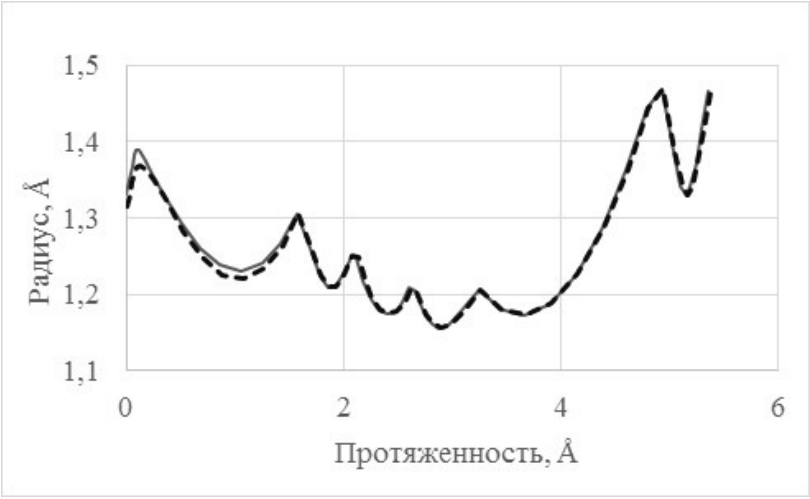


Рис. 2. Профили туннелей, находящихся в активаторном домене и в значительной степени перекрывающихся на своей протяженности.

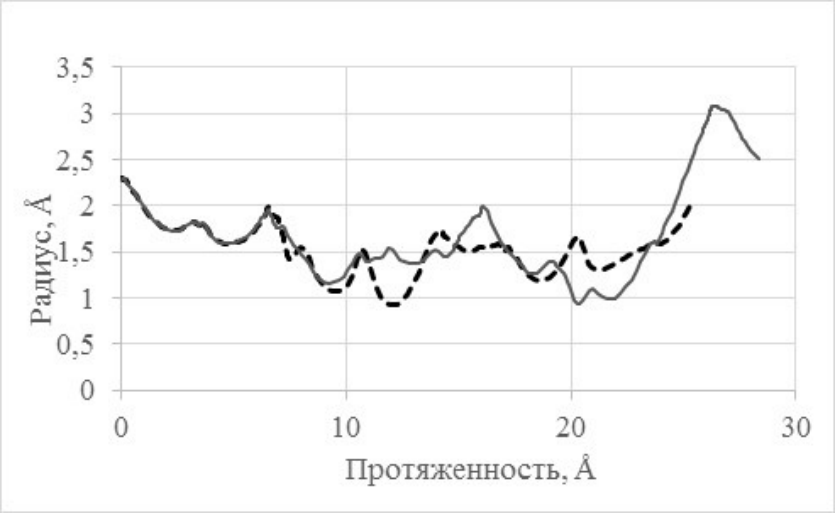


Рис. 3. Профили пор, находящихся в пептидазном домене и перекрывающихся на некоторой протяженности

В составе молекулы коллагеназы присутствуют 11 полостей, 8 из которых расположены в пептидазном домене, а 3 – в активаторном домене. Самая большая полость имеет объем 0,334 нм^3 и расположена в активаторном домене. Самая маленькая полость объемом 0,092 нм^3 находится в пептидазном домене.

Анализ модели молекулы коллагеназы показал наличие 9 участков локального скопления заряженных и 6 участков локального скопления гидрофобных аминокислот на поверхности фермента; их состав представлен в таблице.

Распределение аминокислотных остатков по скоплениям, вероятно, увеличит площадь связывания фермента с носителем при адсорбционной иммобилизации.

Таблица

Состав участков локального скопления заряженных и гидрофобных аминокислотных остатков на поверхности коллагеназы

Заряженные остатки	**Гидрофобные остатки**
Lys365, Asp368, Lys371, Lys374, Glu381, Asp405, His409, Glu478, Asp398, Lys401, Lys408, Asp428, Glu477, Lys396, Asp404, Lys429, Lys480, Asp388, Asp400, Glu432, Lys434, Asp491, Lys395, Glu433, Asp678, Lys413, Lys682, Lys759, Lys436, Asp683.	Leu459, Val461, Gly462, Leu538, Ala464, Pro499, Trp539, Pro543, Gly540, Tyr545, Tyr599, Tyr607
Lys161, Lys217, Asp211, Asp204, Arg212, Asp216	Tyr112, Phe113, Tyr129, Gly159
Lys457, Glu460, Arg721, Asp536, Asp466	
Lys137, Lys184, Asp182, Glu173, Arg176	Pro510, Ile514, Leu675, Ile673
Glu303, Lys304, Asp305, Lys307	
Glu546, Lys547, Asp641, Lys638, Glu642, Lys646, Asp650, Lys592, Lys627, Lys645, Glu656, Lys593, Asp601, Lys620, Asp649, Asp586, Asp600, Glu619, Glu663, Lys667, Lys574, Asp583, His587, Lys630, Glu732, Lys582, Asp603, Lys734, Lys741, Arg769, Lys775, Lys584, Glu727, Glu738, Asp773, Asp666, Lys730, Asp779, Lys742, Glu748, Lys752	Trp141, Phe148, Tyr198, Tyr150, Tyr201, Gly205, Phe295, Tyr202, Gly299, Tyr302
	Ala180, Ala236, Pro229, Val281, Tyr280, Pro278, Ala334
Lys227, Glu257, Lys232, Lys314	Ala581, Tyr668, Trp604, Val585
Lys267, Glu271, Asp316	
Asp120, Glu122, Lys156, Lys140	

3. **Заключение**

В составе молекулы коллагеназы присутствуют 16 туннелей, 11 полостей и 4 поры. При этом в пептидазном домене содержится 10 туннелей, 8 полостей и все представленные поры; в активаторном домене расположено 6 туннелей и 3 полости. Протяженность туннелей и пор варьирует в пределах от 4,95 до 30,69 Å и от 18,75 до 30,47 Å соответственно. Объем внутренних полостей варьирует от 0,0915 $нм^3$ до 0,334 $нм^3$.

Три туннеля в составе пептидазного и два туннеля в составе активаторного доменов, а также две поры имеют общую начальную точку. Четыре туннеля и две поры перекрываются частично, и два туннеля перекрываются в значительной степени на всей их протяженности.

Наиболее перспективными для иммобилизации коллагеназы являются гидрофобные носители в силу распределения аминокислотных остатков по удаленным друг от друга на некоторое расстояние скоплениям, вследствие чего может увеличиваться площадь связывания энзима с носителем.

Список литературы

1. Cell Surface Collagenolysis Requires Homodimerization of the Membrane-bound Collagenase MT1-MMP / Y. Itoh [et. al] // Molecular Biology of the Cell. – 2006. – Vol. 17. – PP. 5390–5399

2. Особенности биотехнологий клостридиальных коллагеназ – перспективных ферментов медицинского назначения / А. Д. Конон [и др.]// Медицина экстремальных ситуаций – 2016 –№ 2 (56) – С. 45-57

3. Eckhard, U. Structural basis for activity regulation and substrate preference of clostridial collagenases g, h, and t. / U. Eckhard, E. Schonauer, H. Brandstetter // J. Biol. Chem. – 2013. – Vol. 288. – P. 20184-20194.

Алгоритм определения типа лейкоза на основе анализа рельефа поверхности лимфоцитов на изображениях клеток крови

К. К. Самхарадзе, email: koba2100@mail.ru
Д. С. Батищев, email: batishchev@bsu.edu.ru
В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *Разработан эффективный алгоритм, позволяющий определить тип лейкоза на основе анализа рельефа поверхности лимфоцитов на изображениях клеток крови.*

Ключевые слова: *лейкоз, рельеф поверхности, клетки крови, лейкоциты.*

Введение

В медицине для проведения анализов периферической крови все чаще применяются автоматические приборы, что облегчает и ускоряет лабораторную диагностику. Однако в случае лейкоза современных автоматизированных средств недостаточно, так как морфологические отличия между опухолевыми (бластными) и нормальными клетками зачастую минимальны. Анализ периферической крови при острых лейкозах до сих пор требует участия врача, который проводит визуальный анализ мазка крови под микроскопом, это приводит к значительной субъективности результата, вследствие влияния человеческих факторов, квалификации врача, длительного срока подготовки специалиста и большой трудоемкости анализа опухолевых клеток под микроскопом.

На сегодняшний день наблюдается рост числа заболеваний лейкозом (острым лимфобластным (ОЛЛ) и миелобласным (ОМЛ) лейкозами), а выявление их на ранней стадии развития заболевания затруднено в силу вышеуказанных причин, поэтому при диагностике лейкоза актуальной является задача автоматизация микроскопического анализа мазков крови [1].

Большинство таких исследований производится с использованием атомно-силовой микроскопии, а именно сканирующих микроскопов высокого разрешения [2]. Результаты первоначального сканирования математически обрабатываются с помощью специального программного

© Самхарадзе К. К., Батищев Д. С., Михелев В. М., 2019

обеспечения (ПО), которое поставляется с оборудованием. Причем, такие ПО (например, Nova) предназначены в основном только для приборов, выпускаемых определенными компаниями [3], где оценка таких параметров, как размер и число глобулярных выступов и углублений рельефа клетки крови, производится вручную.

В связи с этим возникает необходимость в разработке алгоритмического и программного обеспечения, которое позволит автоматизировать процесс исследования поверхности клеток крови больных лейкозом.

Поверхность лимфоцита состоит из множества углублений и выступов, количество, высота и ширина которых указывают на наличие и тип лейкоза. Интерес представляют углубления и выступы, основания которых находятся на прямой параллельной горизонтальной оси с некоторой погрешностью. Поэтому для обнаружения лейкоза необходимо выполнить следующие задачи:

- найти все углубления и выступы;
- выбрать подходящие для анализа;
- вычислить количество найденных углублений и выступов;
- определить среднюю ширину и высоту углублений и выступов.

Для решения данных задач авторами статьи разработан алгоритм, с помощью которого осуществляется поиск глубинных выступов и впадин на отсканированной поверхности клеток крови.

Рассмотрим данный алгоритм на примере поиска впадин на поверхности – карте высот, где каждой точке соответствует определенная высота (рис. 1):

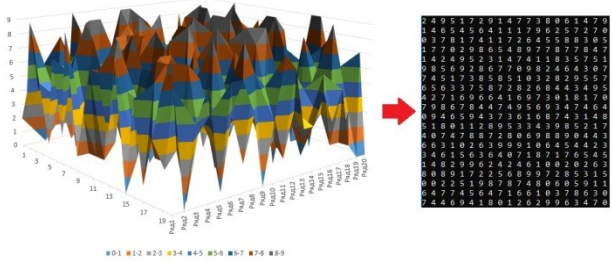


Рис. 1. Пример 3D поверхности и ее карта высот

4. начиная с минимальной высоты, на карте высот отмечаются потенциальные точки, которые можно отнести к впадинам (рис. 2 (а)) (в данном случае минимальная высота = 0);

2. осуществляется рекурсивный проход из отмеченных точек по всем возможным направлениям – соседним потенциальным точкам или

точкам, точно являющимися впадинами, для определения края впадины– heightEdge.

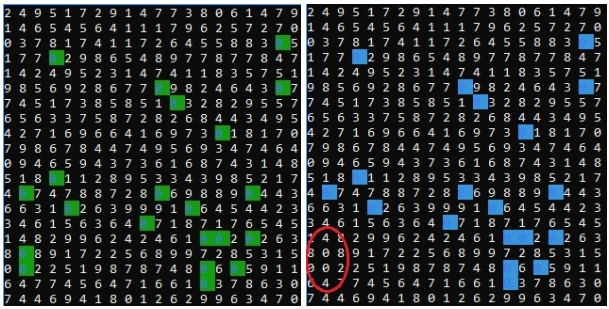
3. после определения края, осуществляется второй аналогичный рекурсивный проход и проверяется, входят ли отмеченные точки во впадину (рис. 2 (б)) исходя из условий:

height ≤ heightEdge - условие вхождения во впадину

height ≥ heightEdge - условие вхождения в выступ,

где height – высота рассматриваемой точки в рекурсивном проходе.

4. увеличивая минимальную высоту на 1, алгоритм повторяется с шага 2; при достижении условия, когда минимальная высота равна максимальной, поиск впадин останавливается.



а б

а – потенциальные впадины, б – точно впадины

Рис. 2. Определение впадин

После окончания работы алгоритма на карте высот будут отмечены точки, которые точно являются впадина или входят в них (рис. 3).

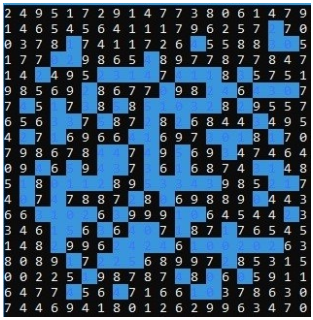


Рис. 3. Определение впадин

Определение выступов осуществляется аналогично, но для этого необходимо инвертировать данные.

Тестирование алгоритма проводилось на отсканированной микроскопом поверхности маска крови [4] (рис. 4), результаты приведены в таблице.

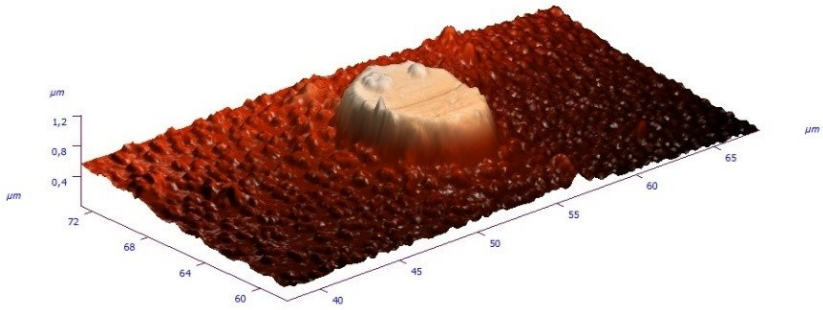


Рис. 4. Изображение поверхности лимфобласта

Таблица

Сравнение рассчитанных значений с эталонными

	Образцы	Рельеф поверхности					
		Глобулярные выступы			Углубления (инвагинации)		
		число	высота, нм	ширина, нм	число	высота, нм	ширина, нм
Экспериментальные данные	Здоровые	36.0 ± 0.9	41.3 ± 3.7	15.0 ± 0.9	18.0 ± 0.1	17.3 ± 0.6	221.8 ± 24.0
	ОЛЛ	12.5 ± 0.7	30.3 ± 1.8	48.9 ± 1.5	13.2 ± 0.9	25.2 ± 1.4	53.8 ± 2.2
	ОМЛ	9.9 ± 1.8	27.5 ± 3.0	78.8 ± 21.7	10.5 ± 1.8	21.3 ± 2.0	82.5 ± 21.7
Расчетные данные	Здоровые	31	42.5	15.7	18	17.7	233.4
	ОЛЛ	12	31.2	49.1	14	25.8	52.9
	ОМЛ	10	29.4	87.9	11	20.6	87.1

Результаты определения углублений и выступов на поверхности клетки крови приведены в таблице. Таким образом, появилась возможность, с помощью разработанных алгоритмов определять

принадлежность клетки к соответствующему состоянию лейкоза. Среднее время выполнения расчётов с учетом загрузки исходных данных составляет менее трех минут [5], что значительно меньше времени, затрачиваемого на такой анализ вручную.

Заключение

Разработанный алгоритм позволяет точно выполнить поиск всех впадин/выступов, присутствующих в исследуемых образцах, маска крови. Полученные результаты подтверждают, что с помощью разработанного алгоритмического и программного обеспечения можно проводить диагностику лейкозов и определять его типа достаточно быстро и точно.

Список литературы

1. Шамрай Е. А. Упруго-эластические свойства и рельеф поверхности лимфоцитов больных острым и хроническим миелобластным лейкозом / Е. А. Шамрай, А. Г. Рядинская, С. С. Беляева // Научный результат. Серия Физиология. – 2016. – №1(7). – С. 23-26.
2. Использование технологий атомно-силовой микроскопии для оценки структуры и свойств поверхности клеток крови / М. Ю. Скоркина [и др.] // Научный результат. Серия Физиология. – 2015. – №4(6). – С. 23-26.
3. Nova. Программа управления СЗМ [Электронный ресурс]: Справочное руководство. – Режим доступа: https://www.ntmdt-si.ru/data/media/files/manuals/Russian/nova.programma_upravleniya.pdf.
4. Ryabikh M.S., Batishchev D.S., Mikhelev V.M. Blood cell image analysis and processing method for leukemia typing/ American Scientific Journal. 2017. № 16. С. 14-19.
5. Батищев Д. С. Инфраструктура высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения и анализа данных персональной медицины / Д. С. Батищев, В. М. Михелев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2016. – № 2 (223). – С. 88-92.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-07-00133_А.

Исследование взаимосвязи характеристик сейсмического шума и гидрометеорологических параметров на различных геологических территориях

И. Н. Сафронич
М. Б. Мозиков

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
ФИЦ ЕГС РАН, ФГБОУ ВО «ВГУ», г. Воронеж

Аннотация. *На основе метода осредненного спектра и метода минимальных амплитуд был произведен анализ корреляционных связей между вариациями атмосферного давления и параметрами микросейсмического шума.*

Ключевые слова: *сейсмический шум, гидрология, атмосферное давление, корреляционная связь, осредненный спектр, метод минимальных амплитуд*

Введение

Достаточно информативным геофизическим показателем является микросейсмический шум. Микросейсмический шум (микросейсмы) представляет собой непрерывные малоамплитудные колебания земной поверхности, которые возникают, за счет эндогенных процессов в земной коре, а так же из-за воздействия океанических процессов на земную кору, и атмосферных процессов.

Интенсивность микросейсм может быть различной на разных станциях в зависимости от их местоположения, грунтовых условий, особенностей сезонных и суточных вариаций. Кроме пространственной и временной неравномерности, микросейсмы также характеризуются неравномерностью распределения интенсивности в зависимости от частоты, что обусловлено локальными различиями комплекса вызывающих их причин.

Степень изученности микросейсмического шума в различных диапазонах частот не одинакова. Микросейсмический шум в частотном диапазоне от 0.01 до 20 Гц является наименее изученным, однако в [1] рассматривается как наиболее информативный для сейсмопрогностических целей. Этот низкочастотный диапазон микросейсмического шума находится на стыке между низкочастотной сейсмологией и исследованием медленных геофизических процессов. В нем содержатся колебания, индуцированные атмосферными и

© Сафронич И. Н., Мозиков М. Б., 2019

океаническими процессами, а также различными модами собственных колебаний Земли, которые возбуждаются после сильнейших землетрясений [2].

Но даже при широком спектре практического применения рассматриваемого явления, факторы, влияющие на изменения сейсмического шума, как и сама его природа в целом остаются дискуссионными вопросами. Но для повышения качества описанных выше методов необходимо снизить воздействие сторонних процессов на параметры сейсмического шума.

1. **Метод осредненного спектра и метод минимальных амплитуд**

Метод осредненного спектра наиболее широко применим при решении задач анализа микросейсмического фона. Он основан на осреднении гармоник микросейсмического шума, полученных при помощи преобразования Фурье с наложением окна Хемминга.

Но у данного метода есть ряд недостатков. Во первых, с использованием метода осредненного спектра сейсмические данные не могут обрабатываться в реальном времени. Во вторых, в данном методе используется селекция интервалов. Это значит, что из шума убираются сильные помехи, но правило, определяющее исключение помех выбирается непосредственно исследователем, что обуславливает некоторый субъективизм.

Метод минимальных амплитуд не требует селекции интервалов. Метод основан на экспериментально полученном статистическом свойстве МФ для территории Воронежского кристаллического массива (ВКМ).

Путем разбиения непрерывного интервала записи на k равных по длительности окон и вычисления амплитудных спектров используя дискретное преобразование Фурье, весовое окно Хемминга и сглаживание по 3-м значениям можно рассчитать частотную характеристику микросейсмического шума.

Свойство дискретного преобразования Фурье позволяет представить амплитудный спектр записи как сумму амплитудных спектров всех действующих сейсмических процессов, среди которых постоянно будет присутствовать только микросейсмический фон. Тогда при достаточной длительности интервала и статистически значимом количестве окон k полученная характеристика S(f) будет включать минимальные амплитуды постоянно присутствующего процесса, т.е. микросейсмического фона.

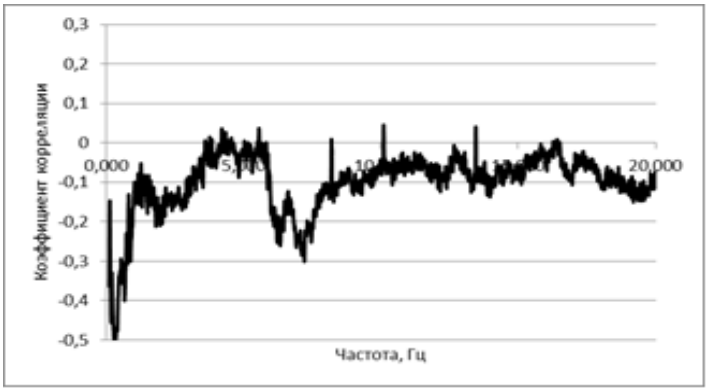


Рис. 1. Зависимость коэффициента корреляции между вариациями микросейсмического фона и атмосферного давления, полученные с помощью метода осредненного спектра.

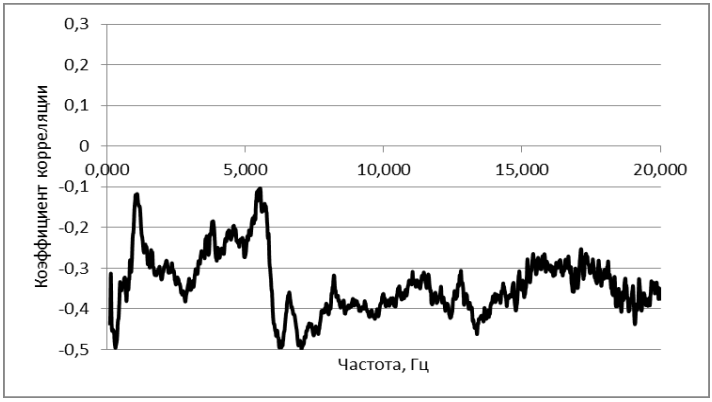


Рис. 2. Зависимость коэффициента корреляции между вариациями микросейсмического фона и атмосферного давления, полученные с помощью метода минимальных амплитуд.

После проведения анализа графиков, построенных по одному и тому же архивному материалу был сделан вывод, что наиболее оптимальным для продолжения исследований в данной области является метод минимальных амплитуд. Он адаптирован непосредственно для Воронежского кристаллического массива и обеспечивает большую стабильность уровня коэффициента корреляции.

2. Вычисление корреляционных связей между атмосферным давлением и параметрами микросейсмического шума

В качестве исходных данных для исследования были использованы материалы сейсмической станции VSR (Новохоперск) и интерполированные значения атмосферного давления со станций Урюпинск и Поворино за срок с 01.09.2017 по 30.11.17.

Для определения атмосферного давления в точке с координатами сейсмической станции использовался метод интерполяции (аппроксимации) по обратному средневзвешенному расстоянию.

В целях минимизации антропогенной нагрузки на станции учитываются только отсчеты, произведенные ночью (21:00, 00:00 и 3:00 GMT)

По результатам расчетов можно сделать вывод, что по всем направлением регистрации микросейсм наблюдается заметная корреляция с атмосферным давлением (по шкале Чеддока) в низкочастотном интервале (от 0,1 до 1,1 Гц) и в интервале от 4 до 20 Гц. Это напрямую указывает на то, что вариации атмосферного давления вносят свой вклад в микросейсмический фон.

Рис. 3. Зависимость коэффициента корреляции между вариациями спектра Накамуры и атмосферного давления для станции VSR.

Следующим шагом является пересчет указанных моделей по методу Накамуры и аналогичное исследование корреляционной связи (рис.3). Спектр Накамуры несет в себе информацию непосредственно о среде в области микросейсмического зондирования. Следовательно, наличие заметной корреляции вариаций атмосферного давления с этим

параметром указывают на значительное воздействие данного метеорологического параметра на среду. В частности, резкое повышение коэффициента корреляции в диапазоне частот больше 5 Гц связано с влиянием атмосферного давления на осадочный чехол, расположенный в районе станции на глубине 200-300 метров.

Заключение

В ходе проведенного исследования с целью выявления корреляционных связей между параметрами микросейсмического фона и атмосферным давлением был произведен анализ микросейсм с помощью двух методов: метода осредненного спектра и метода минимальных амплитуд были получены следующие результаты:

– метеорологические параметры (в частности – атмосферное давление) в значительной степени связаны с литосферой.

– атмосферное давление непосредственно влияют на геосреду в районе проведения исследования (о чем делается вывод на основе анализа спектра Накамуры)

– полученные результаты справедливы не только для сейсмически опасного региона, но и для сейсмически стабильного региона станции (Новохоперск).

Проведенное исследование открывает возможности для повышения качества проведения микросейсмического районирования территорий и, как следствие, минимизации последствий землетрясений.

Литература

1. Любушин А.А. Карты свойств низкочастотных микросейсм для оценки сейсмической опасности // Физика Земли. 2013. № 1. С. 11–20. 166 Касимова В.А.

2. Сафронич И. Н. Анализ данных в частотной области с использованием процессора обработки сигналов программного комплекса WSG / И. Н.

3. Nakamura Y. Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications / Y. Nakamura // Proc. 12th World Conf. Earthquake Eng. New Zealand. – 2000. – P. 1-8.

Математические подходы к описанию гистерезисных явлений: от теоретических основ к практической реализации

М. Е. Семенов, email: mkl150@mail.ru[1,2,3]
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru [1]
П. А. Мелешенко, email: melechp@yandex.ru[1,4]
А. М. Соловьев, email: darkzite@yandex.ru [5]
О. О. Решетова, email: o.o.reshetova@gmail.com[1]
Е. А. Карпов, email: believedream95@gmail.com [1]

[1]Воронежский государственный университет
[2]ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Воронеж
3Воронежский государственный технический университет, Воронеж
[4]ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж
[5]АО «Концерн «Созвездие», Воронеж

Аннотация. *В работе рассматривается общий подход, основанный на операторной трактовке, к описанию систем с ярко выраженными гистерезисными свойствами. В рамках указанного подхода рассматриваются проблемы стабилизации и управления классом неустойчивых механических систем. Также устанавливаются свойства простейших колебательных систем с гистерезисной вынуждающей силой, в частности показывается, что в условиях, обеспечивающих «срабатывание» гистерезисного звена на первом такте колебания решения соответствующей системы не ограничены. Также изучаются характеристики демпфирующих устройств, основанных на гистерезисных свойствах современных материалов, доказывается эффективность гистерезисного демпфера в сравнении с классическими демпфирующими устройствами, основанный на диссипации механической энергии посредством линейного и нелинейного вязкого трения.*

Ключевые слова: *гистерезис, перевернутый маятник, гистерезисный демпфер, материал Ишлинского, нелинейные колебания.*

Введение

Необходимость учитывать нелинейности гистерезисного типа отмечается во многих областях: в моделях систем автоматического регулирования [1], теории твердого тела, при описании экономических и

© Семенов М.Е., Матвеев М.Г., Мелешенко П.А., Соловьев А.М., Решетова О. О., Карпов Е.А., 2019

биологических систем. Первые работы, посвященные изучению систем с гистерезисными нелинейностями появились в 1946 году [2]. Формальное описание в рамках теории систем, гистерезисные явления получили в 1983 году в монографии М.А. Красносельского и А.В. Покровского [3]. Отметим ряд результатов, полученных в этом направлении, а именно работу Покровского А.В. [4], в которой рассматривается динамика осциллятора с сильной (в том числе и гистерезисной) нелинейностью, исследуется его фазовый портрет и геометрические свойства решений. Отметим также работу [5] посвященную диссипативности систем обыкновенных дифференциальных уравнений с гистерезисными нелинейностями, в которой доказывается, что в случае гармонического возбуждения осциллятора с гистерезисной силой, формализуемой посредством оператора Прейзаха, резонанс будет иметь место лишь для гармонических сил с достаточно большой амплитудой.

В настоящей работе проводится исследование ряда динамических систем с ярко выраженными гистерезисными свойствами.

1. **Обратный маятник с гистерезисным управлением: вертикальная осцилляция точки подвеса**

Рассмотрим модель перевернутого маятника с осциллирующей нижней точкой подвеса [6,7]. Впервые она была изучена П.Л. Капицей. Основание маятника представляет собой физическую систему (P, S), состоящую из цилиндра длины H и поршня P, которые перемещаются вдоль направления вертикальной оси (рис. 1).

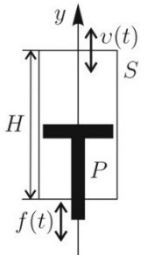


Рис. 1. Цилиндр в основании маятника

Координата $f(t)$ определяет положение поршня, а положение цилиндра определяет координата $v(t)$. Определим, что «ведущий» элемент в системе (P, S) –цилиндр P. Тогда в этом предположении

система *(P, S)* представляет преобразователь Г с входным сигналом $f(t)$ (положение поршня) и выходным сигналом $v(t)$ (положение цилиндра). Такой преобразователь называется люфтом.

Предположим, что ускорение поршня периодически изменяется от $-a\omega^2$ до $a\omega^2$ с частотой ω. Запишем линеаризованные уравнение движения такого маятника с безразмерными параметрами в следующем виде:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = p(\tau)x_1, \end{cases} \qquad (1)$$

$$x(0) = x_{10}, x(0) = x_{20}.$$

Матрица системы (1.1) имеет вид $\mathbf{P}(\tau) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ p(\tau) & 0 \end{pmatrix}$, где $p(\tau) = k - sG(\tau, H)\operatorname{sgn}(\sin\tau)$, k и s определяются параметрами системы, $\tau=\omega t$, а G – преобразователь-люфт. Матрица $\mathbf{P}(\tau)$, является периодической функцией времени с периодом 2π, так что для любого момента времени τ справедливо равенство $\mathrm{P}(\tau + 2\pi) = \mathrm{P}(\tau)$. Устойчивость по Лагранжу связана с *матрицами монодромии* и оценки ее собственных значений, называемых *мультипликаторами*. В частности, достаточно, чтобы все они находились внутри единичного круга $|\rho| < 1$. Как было показано в [8] это условие эквивалентно неравенству

$$\begin{aligned} &|(2ch\left(2\sqrt{k}\Delta\tau\right)ch(k_1\gamma) + (\frac{\sqrt{k}}{k_1} + \frac{k_1}{\sqrt{k}})sh\left(2\sqrt{k}\Delta\tau\right)sh(k_1\gamma))\cos(k_2\gamma) + \\ &+ ((\frac{\sqrt{k}}{k_2} - \frac{k_2}{\sqrt{k}})sh\left(2\sqrt{k}\Delta\tau\right)ch(k_1\gamma) + (\frac{k_1}{k_2} - \frac{k_2}{k_1})ch^2\left(\sqrt{k}\Delta\tau\right)sh(k_1\gamma) + \\ &+ (\frac{k}{k_1k_2} - \frac{k_1k_2}{k})sh^2\left(\sqrt{k}\Delta\tau\right)sh(k_1\gamma))\sin(k_2\gamma)| < 2 \end{aligned} \qquad (2)$$

Параметрам, удовлетворяющим неравенству (1.2), соответствуют почти периодические колебания маятника относительно верхнего положения.

Следует отметить, что периодические решения лежат на прямых определяемые следующими соотношениями $\varphi_{10} = \frac{a_{12}}{1-a_{11}}\varphi_{20}$, $\varphi_{20}=\frac{a_{21}}{1-a_{22}}\varphi_{10}$, где $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ параметры матрицы монодромии, как было показано в работе [8]. Непосредственный анализ показывает, что все периодические решения неустойчивые.

2. Неограниченные и диссипативные колебания в системах с релейными нелинейностями

Рассмотрим систему, динамика которой описывается уравнением (3) с заданными начальными условиями:

$$\ddot{x} + \omega^2 x = R[\alpha, \beta, \omega_0]x$$
$$x(0) = x_0,\ \dot{x}(0) = x_1 \qquad (3)$$

где $R[\alpha, \beta, \omega_0]$-оператор неидеального реле с отрицательным спином.

Теорема: Пусть $x_0 \notin [\alpha; \beta]$. Тогда отвечающее ему решение не ограничено.

Иными словами, если начальное значение таково, что гистерезисное звено, «срабатывает», то решение ему соответствующее не ограничено [9].

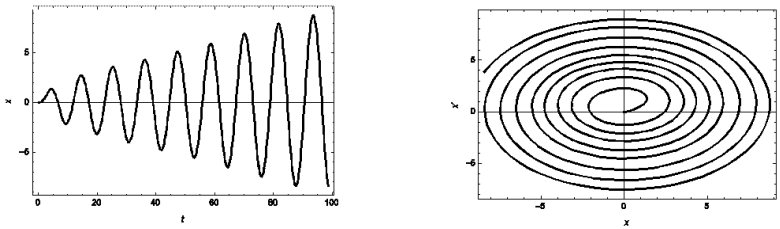


Рис. 2. Решение и фазовый портрет уравнения (3) с заданными начальными условиями

Замечание 1. Очевидно, что решение будет осциллировать и при этом скорость роста амплитуды будет пропорциональна $\sqrt{t}$.

Замечание 2. Очевидно, что теорема остается верной и для других гистерезисных нелинейностей. Единственное требование к ним заключается в положительной площади петли.

Если же начальное значение лежит на отрезке $[\alpha;\beta]$, то ему соответствует ограниченное на всем положительном временном интервале решение.

Приведем обобщение полученных результатов для систем с различными видами трения (сухого и вязкого). Вязкое трение описывается следующим соотношением:

$$\begin{aligned} &\ddot{x} + 2b\dot{x} + \omega^2 x = R[\alpha, \beta, \omega_0]x \\ &x(0) = x_0,\ \dot{x}(0) = x_1 \end{aligned} \tag{4}$$

Динамика решения отвечает следующей закономерности: как только амплитуда решения становится достаточно велика, то работа силы трения уравновешивает энергию, полученную осциллятором от гистерезисного преобразователя.

Колебания осциллятора с сухим трением и гистерезисным внешним воздействием описывается соотношением

$$\ddot{x} + \eta\,\mathrm{sgn}(\dot{x}) + x = R[\alpha, \beta, \omega_0]x \tag{5}$$

$$\Delta E = -\eta \int_0^T \left|\dot{x}\right| dt + S_{петли} \tag{6}$$

Из соотношение (6) следует, что приращение энергии будет положительно, если работа сил трения будет меньше площади петли и отрицательна в противном случаи. То есть изучаемую систему можно трактовать, как систему с отрицательной обратной связью. Также верно будет выражение $2\left(x_{\max} - x_{\min}\right)\eta = S_{петли}$, это значит, что амплитуда установившихся колебаний будет такова, что работа силы трения на периоде будет равна площади петли.

3. Вибрационный гистерезисный демпфер на основе материала Ишлинского

Рассмотрим механическую систему, находящуюся под действием вынуждающей периодической силы при наличии демпфирующего звена [10] (рис. 3). Механическая система состоит из цилиндра массой *M*, груза массой *m*, пружины с жесткостью *k* и демпфирующего звена *D*, двигающийся без трения в горизонтальной плоскости. К цилиндру приложена вынуждающая сила *f*(*t*) изменяющаяся по гармоническому закону.

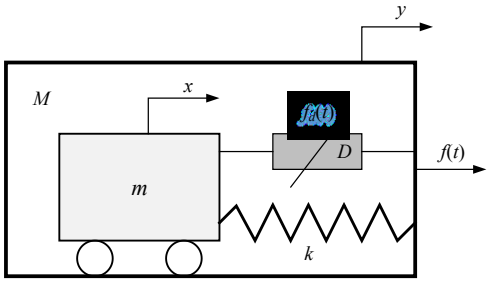


Рис. 3. Исследуемая механическая система

Пусть закон изменения силы $f(t)$, приложенной к цилиндру M:

$$f\left(t\right)=Y\omega^2\sin\left(\omega t\right), \tag{7}$$

где Y – амплитуда, ω – частота воздействия.

Уравнение описывающее динамику исследуемой механической системы в относительных величинах будет иметь следующий вид:

$$\frac{d^2u}{d\tau^2}+\alpha\mathbf{W}\left[\tau,z_j\left(\tau\right)\right]u+u=A\Omega^2\sin\left(\Omega\tau\right),\quad j=\overline{1,N}, \tag{8}$$

где коэффициент $\alpha=S/k$, S – площадь сечения демпфирующего материала, $\mathbf{W}$ – преобразователь Ишлинского, $u=y(\tau)-x(\tau)$, а $\tau=\omega t$. Проведем сравнительный анализ вязкого и гистерезисного демпферов. Сравнение указанных типов демпфирующих элементов наиболее репрезентативно может быть представлено в терминах передаточных функций, отражающих эффективность использования рассматриваемого демпфера в области резонанса системы и за ее пределами.

Передаточная функция силы:

$$T_{ff}=\frac{\max\limits_{\tau}\left|m\omega_0^2\dfrac{d^2x}{d\tau^2}\right|}{Y\omega^2}. \tag{9}$$

Передаточная функция «перемещение-сила»:

$$T_{fd}=\frac{\max\limits_{\tau}\left|x\left(\tau\right)\right|}{Y\omega^2}. \tag{10}$$

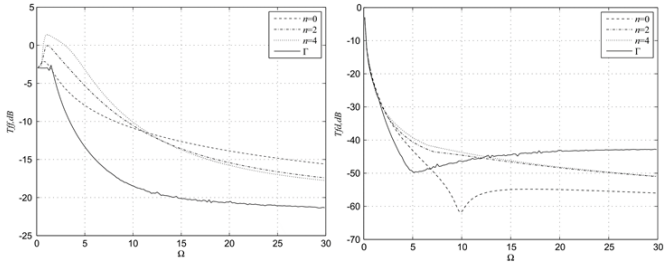


Рис. 4. Передаточные функции силы (слева) и «перемещение-сила» (справа) для гистерезисного (Г), линейного вязкого (n=0) и нелинейного вязкого (n>0) демпферов

Как видно из результатов моделирования, в случае использования гистерезисного демпфера на основе материала Ишлинского, возможно добиться высокой эффективности демпфирования как в области резонанса, так и за ее пределами, по сравнению с использованием линейного или нелинейного вязкого демпферов.

Заключение

В настоящей работе проводилось исследование обратного маятника с вертикально осциллирующим подвесом, управляемым посредством воздействия гистерезисной природы. В результате исследования получены явные критерии устойчивости для линеаризованных уравнений движения.

В результате исследования резонансных свойств системы с гистерезисной вынуждающей силой удалось установить, что в условиях, обеспечивающих «срабатывание» гистерезисного звена на первом такте колебания решения соответствующей системы не ограничены. Проведено обобщение для систем с различными видами трения.

В результате исследования колебательной системы с гистерезисным звеном было показано, что гистерезисный вибрационный демпфер на основе материала Ишлинского имеет ряд важных преимуществ по сравнению с демпферами, построенными на основе вязкого трения.

Список литературы

1. Зоны устойчивости и периодические режимы перевернутого маятника с гистерезисным управлением / Матвеев М. Г., Семенов М. Е., Шевлякова Д. В., Канищева О. И. // Мехатроника, автоматизация, управление. –2012. – №11. – С. 8 –14.

2. Андронов, А. А. Простейшие линейные системы с запаздыванием/ А. А. Андронов, А. Т. Майер //Автоматика и телемеханика. –1946. – №7. – С. 95 –106.

3. Красносельский, М. А. Системы с гистерезисом / М. А. Красносельский, А. В. Покровский. – М.: Наука, 1983. – 272 с.

4. Красносельский, М. А. Нелинейные почти периодические колебания / М. А. Красносельский, В. Ш. Бурд, Ю. С. Колесов. – М: Наука, 1970. – 304с.

5. Красносельский, А. М. Диссипативность нерезонансного маятника с ферромагнитным трением / А. М. Красносельский, А. В. Покровский //Автоматика и телемеханика. –2006. – №2. – С. 57 –69.

6. Стабилизация обратного маятника на двухколесном транспортном средстве / В. И. Ряжских [и др.]// Вестник Южно-Ур. ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ. – 2017. – № 9. – С. 41 –50.

7. Стабилизация обратного гибкого маятника с гистерезисными свойствами / М. Е. Семенов, М. Г. Матвеев, Г. Н. Лебедев, А. М. Соловьёв // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2017. – №8. – С. 516–525.

8. Модель динамики обратного маятника с гистерезисным управлением / М. Е. Семенов [и др.]// Вестник Воронежского государственного университета: Физика. Математика. –2016. – № 4. – С. 165–177.

9. Hysteretic nonlinearity and unbounded solutions in oscillating systems / A. M. Solovyov, M. E. Semenov, P. A. Meleshenko et al. // Procedia Engineering. –2017. – Vol. 201. – Pp. 578–583.

10. Nonlinear Damping: From Viscous to Hysteretic Dampers /M. E. Semenov, A. M. Solovyov, P. A. Meleshenko et al. // Proceedings in Physics. –2018. – Vol. 199. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63937-6_15.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-01-00158, № 17-01-00251).

Состав и структура комплекса программ оптимизации процесса подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств

Е. Н. Середа, email: sereda-en@mail.ru

ФГКОУ ВО «Воронежский институт МВД России»

Аннотация. *Рассмотрен комплекс программ, в котором реализованы модели и алгоритмы оптимизации одно- и многоцелевого процесса подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств.*

Ключевые слова: *процесс подготовки, моделирование, оптимизация, чрезвычайные обстоятельства, комплекс программ.*

Введение

В последнее время на территории Российской Федерации наблюдаются тенденции роста количества и масштабов негативных последствий чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, биологического, социального, криминогенного характера, появляются их новые виды и формы. Для выполнения задач при ликвидации их последствий привлекаются специалисты МЧС, Росгвардии, территориальных органов МВД России. В этой связи актуальной задачей является совершенствование подготовки кадров, способных эффективно выполнять служебные задачи в условиях чрезвычайных обстоятельств.

Подготовка специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств имеет определенную специфику. Наиболее востребованы краткосрочные формы обучения, которые осуществляют повышение квалификации и ускоренную подготовку отдельных категорий специалистов к действиям в новых условиях профессиональной деятельности. В основном, программы обучения групп специалистов разрабатываются традиционным образом, что представляет собой достаточно трудоемкий и рутинный процесс. При этом, как правило, не учитывается уровень начальной подготовки специалистов, часто не удается оптимально распределить ресурсы, имеющиеся в образовательной организации, и построить эффективную траекторию обучения. Для формирования оптимальных траекторий подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств

© Середа Е. Н., 2019

предлагается использовать специальное математическое и программное обеспечение.

1. Особенности и формализация задачи оптимизации подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств

При организации процесса подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств необходимо учитывать следующие особенности [1, 2]:

1. категории обучающихся каждый раз различны, обучающиеся в таких группах имеют разный уровень подготовки, стаж службы и др.;

2. подготовка специалистов может осуществляться в плановом порядке, а может быть внеплановой, когда имеют место ограничения на время обучения;

3. для каждого курса повышения квалификации или переподготовки требуется составление уникальной программы обучения в зависимости от видов чрезвычайных обстоятельств;

4. обучение может быть ориентировано либо на подготовку однородной группы, в которой обучающиеся приобретают одинаковые компетенции (одноцелевое обучение), либо на подготовку разнородной группы, при которой в одной группе готовятся специалисты по нескольким родственным направлениям деятельности, и каждый из них выполняет свои функциональные обязанности (многоцелевое обучение);

5. траектория обучения должна быть оптимальна для данной группы с точки зрения имеющихся методических и технических возможностей образовательной организации и др.

Общая задача организации рассматриваемого процесса обучения имеет большую размерность, следовательно, целесообразно использовать различные методы редукции, предполагающие последовательную оптимизацию отдельных групп параметров общей задачи [3]. Проведена декомпозиция данной задачи, результаты приведены в работе [4].

При оптимизации процесса обучения выделены два варианта:

– оптимизация одноцелевого обучения в единой группе,

– оптимизация одноцелевого и многоцелевого обучения с возможностью освоения компетенций по подгруппам

В результате проведенных исследований выделены множества, характеризующие данный процесс [4]: множество компетенций, которые имеются или требуется сформировать у специалистов; множество модулей (курсов, программ) обучения, каждый из которых позволяет сформировать одну или несколько компетенций; множество направлений деятельности, подготовку по которым осуществляет

образовательная организация; множество обучающихся; множество действий (шагов) по обучению, каждый из которых реализует обучение одного или группы сотрудников в соответствии с одним из модулей; множество вариантов ресурсов для выполнения действий по обучению.

При организации одноцелевого обучения специалистов необходимо:

– определить начальный уровень подготовки;
– определить цели обучения;
– построить модель процесса обучения с учетом возможностей образовательной организации;
– определить оптимальную траекторию обучения специалистов с учетом заданных критериев.

Решение общей задачи оптимизации процесса многоцелевого обучения включает несколько этапов:

– определение оценок возможности формирования у обучающихся компетенций, соответствующих направлениям подготовки;
– выбор оптимального варианта распределения обучающихся по направлениям подготовки;
– формирования подгрупп обучающихся каждому модулю и выбор действий для обучения;
– составление расписания выполнения действий по обучению.

Разработанные математические модели, позволяющие оптимизировать процесс одно- и многоцелевой подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств представлены в работах [3–7]. Данные модели послужили основой для создания комплекса программ.

2. **Описание комплекса программ**

При разработке комплекса программ учтены особенности одно- и многоцелевого обучения.

Программа «Выбор траектории обучения специалистов с различным начальным уровнем подготовки» позволяет осуществить визуализацию модели образовательного процесса, определить возможные траектории группового обучения специалистов с различным начальным уровнем подготовки, выбрать оптимальную для данной группы специалистов траекторию обучения. Программа включает модули автоматизированной генерации модели образовательного процесса и автоматизированной генерации оптимальной траектории обучения специалистов при одноцелевом обучении. Фрагмент интерфейса программы представлен на рис. 1.

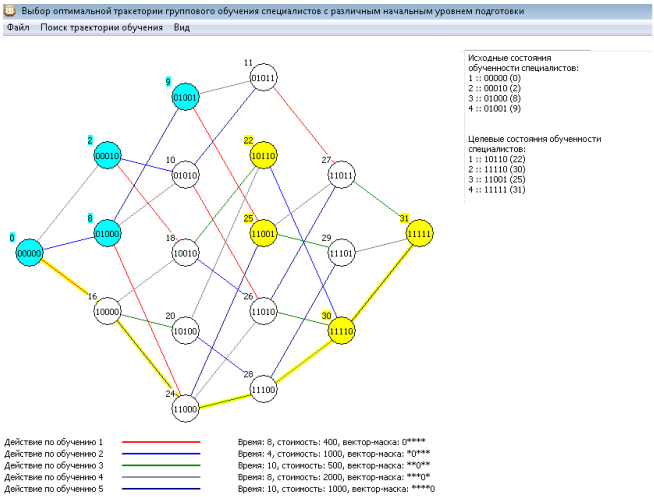
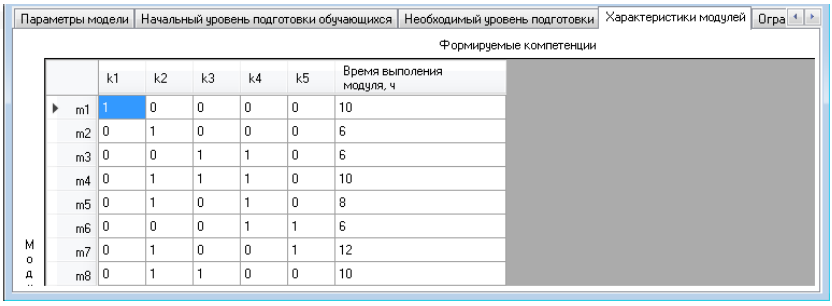


Рис. 1. Фрагмент интерфейса программы «Выбор траектории обучения специалистов с различным начальным уровнем подготовки»

Для генерации оптимальных траекторий обучения при многоцелевой подготовке специалистов разработаны программы: «Выбор учебных модулей», «Выбор учебных действий».

Фрагмент интерфейса программы «Выбор учебных модулей представлен на рис. 2.



	k1	k2	k3	k4	k5	Время выполения модуля, ч
m1	1	0	0	0	0	10
m2	0	1	0	0	0	6
m3	0	0	1	1	0	6
m4	0	1	1	1	0	10
m5	0	1	0	1	0	8
m6	0	0	0	1	1	6
m7	0	1	0	0	1	12
m8	0	1	1	0	0	10

Рис. 2. Фрагмент интерфейса программы «Выбор учебных модулей»

Данные программы позволяют на основе информации о начальных и требуемых компетенциях специалистов, о характеристиках учебных

модулей и учебных действий, заданных ограничениях на возможность подготовки обучающихся определить учебные модули и учебные действия для включения в программу обучения.

Заключение

Использование разработанного комплекса программ позволит в автоматизированном режиме строить адаптивные траектории подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств.

Список литературы

1. Моделирование коллективных действий сотрудников органов внутренних дел : монография / В. В. Меньших [и др.]. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2017. – 236 с.
2. Щукин, В. М. Особенности организации деятельности территориальных органов МВД России при участии в ликвидации чрезвычайных ситуаций / В. М. Щукин // Труды Академии управления МВД России. – 2017. – № 1 (41). – С. 67-71.
3. Menshikh, V. V. Optimization of Training Modules Choice During Multipurpose Training of Specialists / V. V. Menshikh, E. N. Sereda // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 27-34.
4. Меньших, В. В. Декомпозиция задачи оптимизации процесса обучения действиям при возникновении чрезвычайных обстоятельств на основе системного подхода / В. В. Меньших, Е. Н. Середа // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 1. – С. 47-54.
5. Меньших, В. В. Модель и алгоритм оптимизации выбора направлений подготовки при многоцелевом обучении / В. В. Меньших, Е. Н. Середа // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2017. – № 4(19). – Режим доступа: https://moit.vivt.ru/?p=5592&lang=ru
6. Меньших, В. В. Математическая модель оптимизации траектории обучения сотрудников органов внутренних дел действиям при чрезвычайных обстоятельствах / В. В. Меньших, Е .Н. Середа // Вестник Воронежского института МВД России. – 2015.– № 3. – С. 36-44.
7. Меньших В.В. Моделирование процесса выбора траекторий обучения сотрудников органов внутренних дел действиям при чрезвычайных обстоятельствах / В. В. Меньших, Е .Н. Середа, А.Н. Копылов // Вестник Воронежского института МВД России. – 2016. – №2. – С. 203-212.

Оптимизация и имитационное моделирование гальванического процесса

Д.С. Соловьев [1,2], E-mail: solovjevdenis@mail.ru

[1] ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
[2] ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *В работе поставлены задачи оптимизации и имитационного моделирования гальванического процесса. Продемонстрированы результаты решения поставленных задач на примере нанесения цинкового покрытия.*

Ключевые слова: *гальванический процесс, толщина покрытия, оптимизация, имитационное моделирование, случайный процесс*.

Введение

Гальваническое покрытие – это металлическая пленка, которая при минимальной толщине позволяет защитить металлические изделия от преждевременной коррозии, одновременно с этим придавая им дополнительную твердость, износостойкость и декоративные свойства. Метод гальваники наибольшее распространение получил в машиностроении, в сфере радиотехники, в строительной отрасли [1]. Процессы нанесения гальванических покрытий широко исследуются с точки зрения получаемых структурных характеристик, электрических свойств и коррозионной стойкости. Контролируя такие переменные, как плотность тока и температура электролита, можно получить гальванические покрытия с различными характеристиками, требуемыми для конкретных областей применения. Оптимизация данных переменных и последующее имитационное моделирование является эффективным инструментом для исследования и анализа технологических процессов нанесения гальванических покрытий.

Целью работы является исследование возможности интенсификации гальванического процесса с помощью оптимизации условий электролиза и его последующее имитационное моделирование.

© Соловьев Д.С., 2019

1. 1. Постановка задачи оптимизации и имитационного моделирования гальванического процесса

Рассмотрим постановку задачи оптимизации гальванического процесса с различной толщиной получаемого покрытия и его (процесса) последующего имитационного моделирования.

Найти температуру электролита (t^*, ºС) и силу тока (I^*, А) в гальванической ванне, при которых длительность (T^*, мин) получения покрытия заданной толщины (δ^{zad}, мкм) будет минимальной:

$$T = \frac{\delta^{zad} \cdot \rho \cdot S}{k \cdot I \cdot \eta(I,t)} \to \min, \tag{1}$$

с учетом следующих ограничений:

$$I_{\min} \le I \le I_{\max}, \tag{2}$$

$$t_{\min} \le t \le t_{\max}, \tag{3}$$

где k – электрохимический эквивалент металла (г·А$^{-1}$·мин$^{-1}$); ρ – плотность металла (г·м$^{-3}$); S – площадь поверхности изделия-катода (м^2); η – выход металла по току; min, max – экстремальные значения.

Для имитационного моделирования выходной координатой выступает толщина осаждаемого покрытия (δ, мкм), а входной координатой – температура электролита (t, ºС) [2].

Изменение температуры $t(\tau)$ электролита описывается следующим случайным процессом [3]:

$$t(\tau) = \frac{1}{N_s} \sum_{i=k}^{k+N_s} x(\tau_i) \sqrt{\frac{\sigma_0^2}{\sigma_x^2 \cdot \alpha_0 \cdot A_2}} A_1 e^{-A_2 \alpha_0 (i-k)} + M_o, \tag{4}$$

где A_1, A_2 – параметры генератора случайных чисел; N_s – число суммируемых членов ряда x; x – ряд равномерно распределенных случайных чисел с дисперсией σ_x^2 и матожиданием $M_x = 0$.

Матодижание M_0 для случайного процесса (4) совпадает с оптимальным значением температуры (t^*, ºС), найденным в результате решения задачи оптимизации (1).

Корреляционная функция (K) для случайного процесса определяется согласно экспоненциальной зависимости:

$$K(\tau) = \sigma_0^2 \cdot e^{-\alpha_0 \cdot \tau}, \tag{5}$$

где σ_0^2 – дисперсия (ºС^2); α_0 – параметр аппроксимации; τ – время (мин).

2. Пример решения задачи оптимизации и имитационного моделирования гальванического процесса

В качестве примера решения задачи оптимизации и имитационного моделирования рассмотрим гальванический процесс цинкования с получением заданной толщины покрытия δ^{zad} = 50 мкм на поверхности изделия-катода площадью S = 2 м^2. Электрохимический эквивалент цинка $k = 2.03 \cdot 10^{-2}$ г·А$^{-1}$·мин$^{-1}$, плотность цинка $\rho = 7.133$ г·м$^{-3}$.

Выход металла по току описывается функцией вида:

$$\eta(I,t) = \frac{0.01 \cdot t^2 + 0.001 \cdot t}{0.0001 \cdot I^2}.$$

Экстремальные значения для (2) и (3) составляют 700 А ÷ 900 А и 20 ºС ÷ 30 ºС соответственно.

Для решения задачи оптимизации (1) применялся метод Ньютона, который использует информацию из гессиана и градиента, то есть выпуклости и наклона целевого критерия, для вычисления оптимума [4]. К его достоинству относится то, что для большинства квадратичных функций он возвращает оптимальное значение всего за 1 или 2 итерации, что даже быстрее, чем по методу сопряженного градиента.

В результате решения задачи оптимизации (1) для нанесения цинкового покрытия при указанных исходных данных и ограничениях получено следующее оптимальное значение длительности гальванического процесса T^* = 78.5 мин для величины температуры электролита t^* = 30 ºС и силы тока I^* = 200 А.

На рис. 1 демонстрируется график случайного процесса.

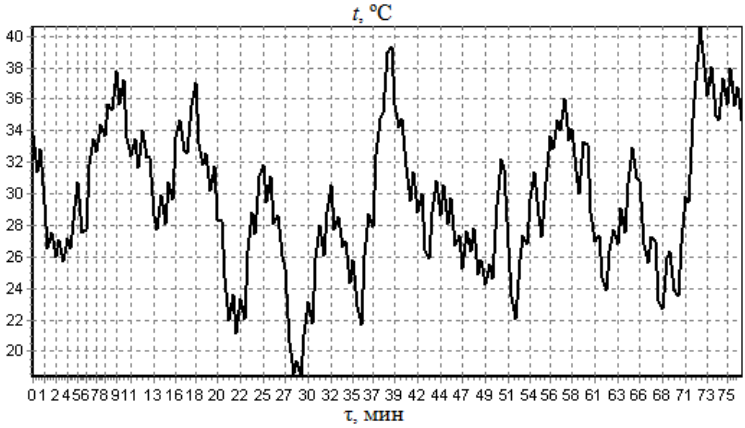


Рис. 1. График случайного процесса

Для имитационного моделирования принята величина матожидания $M_0 = t^* = 30$ ºС, а также следующие значения параметров корреляционной функции (5): $\sigma_0^2 = 15$ ºС^2; $\alpha_0 = 0.1$.

На рис. 2 приводится имитационное моделирование роста толщины гальванического покрытия с учетом и без учета случайного процесса изменения температуры электролита в виде (4).

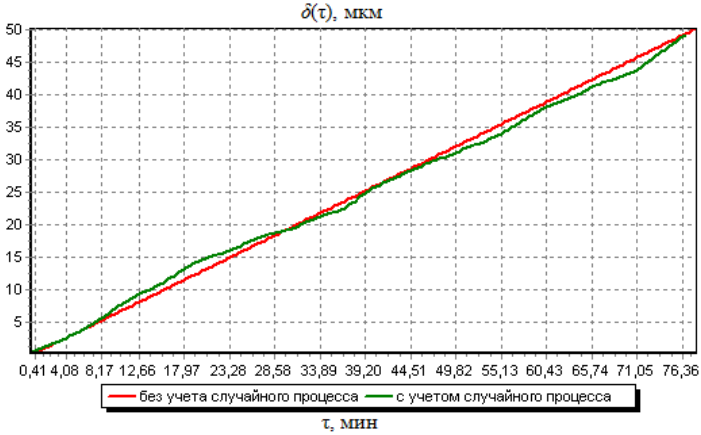


Рис. 2. Рост толщины цинкового покрытия

Заключение

Анализ полученных результатов показывает, что при незначительном отклонении температуры электролита t от ее оптимальной величины t^* результирующая величина покрытия δ отличается от требуемой величины δ^{zad} не более чем на 1 % при неизменной длительности гальванического процесса.

Литература

1. Вирбилис, С. Гальванотехника для мастеров. Справочное издание под ред. А.Ф. Иванова. – М. : Металлургия, 1990. – 208 с.
2. Решмин, Б.И. Имитационное моделирование и системы управления / Б.И. Решмин. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 74 с.
3. Вишневский Л.Д. Математическая статистика и случайные процессы: Практикум / Л.Д. Вишневский, Д.В. Гусак, Т.А. Погребецкая, Г.Л. Тер-Саакянц. – К. : Вища школа, 1992. – 530 с.
4. Потапов, М.М. Методы оптимизации. Учебник и практикум / М.М. Потапов, Б.А. Будак, Л.А. Артемьева. – М. : Юрайт, 2016. – 376 с.

Выбор наиболее эффективных параметров для воздействия на качество гальванического покрытия

И. А. Соловьева [1], e-mail: good.win32@yandex.ru
Д. С. Соловьев [1,2]

[1] ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
[2] ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

Аннотация. *Работа посвящена выбору наиболее эффективных параметров гальванического процесса для улучшения качества осаждаемого покрытия с применением компьютерного моделирования.*

Ключевые слова: *гальванический процесс, толщина покрытия, неравномерность, компьютерное моделирование.*

Введение

Для повышения коррозионной и износостойкости, а также придания декоративных свойств металлических изделий активно применяются гальванические покрытия [1]. Толщина и равномерность покрытия – одни из основных качественных показателей для гальванического покрытия. При осаждении гальванических покрытий ожидается, что оно получится высокого качества, поэтому для каждого обрабатываемого изделия указывается заданная толщина покрытия и его равномерность распределения по поверхности. Для получения покрытия с заданными характеристиками (в плане равномерности) должны быть выбраны соответствующие оптимальные параметры для гальванического процесса.

Целью работы является выбор наиболее эффективных оптимальных параметров для улучшения качества осаждаемого покрытия в результате гальванического процесса.

Исследование эффективности влияния оптимальных параметров на улучшение качества гальванического покрытия

Неравномерность толщины покрытия можно оценить согласно критерию Каданера:

$$R = S_k^{-1} \cdot \int_{S_k} \delta(x, y, z) \cdot \delta^{zad} \cdot dS_k \,, \qquad (1)$$

где δ^{zad} – заданная толщина (мкм); (x,y,z) – декартовы координаты точки на поверхности изделия (м, м, м); S_k – поверхность изделия (м^2).

© Соловьева И. А., Соловьев Д. С., 2019

С одной стороны сопротивление электролита (χ, Ом·м) и напряженность электрического поля, как следствие и неравномерность покрытия, зависят от расстояния (l_{ak}, м) между анодом (a) и катодом (k):

$$\chi = r \cdot s_{el} \cdot l_{ak}^{-1}, \tag{2}$$

где r – сопротивление электролита (Ом); s_{el} – площадь сечения электролита (м^2).

С другой стороны неравномерность толщины покрытия зависит от распределения плотности тока (i_k, А/м^2) на поверхности изделия:

$$i_k = I \cdot S_k^{-1}, \tag{3}$$

в свою очередь сила тока (I, А) линейно зависит от напряжения (U_{ak}, В):

$$I = U_{ak} \cdot r^{-1}. \tag{4}$$

В связи с этим в качестве оптимальных параметров для улучшения качества осаждаемого покрытия выбраны межэлектродное расстояние (l_{ak}) и сила тока (I).

Ввиду присутствия пространственных координат в (1) формула (3) для расчета плотности тока примет следующий вид [2]:

$$i_k = -\chi \nabla \varphi(x,y,z)\big|S_k, \tag{5}$$

$$i_a = \chi \nabla \varphi(x,y,z)\big|S_a, \tag{6}$$

где φ – электрический потенциал (В); S_a – поверхность анода (м^2); i_a – плотность тока на аноде (А/м^2).

Толщину покрытия в (1) определим согласно закону Фарадея:

$$\delta(x,y,z) = k \cdot \rho^{-1} \cdot \eta(I,t) \cdot i_k(x,y,z) \cdot T, \tag{7}$$

где k – электрохимический эквивалент металла (г·А$^{-1}$·мин$^{-1}$); ρ – плотность металла (г·м$^{-3}$); η – выход металла по току; t – температура электролита (ºС); T – длительность процесса (мин).

Электрический потенциал задается уравнением Лапласа [3]:

$$\begin{cases} \Delta\varphi(x,y,z) = 0 \\ \varphi(x,y,z) + F_a\left(i_a(x,y,z)\right)\big|S_a = U_{ak} \\ \varphi(x,y,z) + F_k\left(i_k(x,y,z)\right)\big|S_k = 0 \\ \partial\varphi(x,y,z) \cdot \partial\vec{n}^{-1}\big|S_{ins} = 0 \end{cases}, \tag{8}$$

где F_a, F_k – функции анодной и катодной поляризации (В); $\vec{n}$ - нормаль к поверхности изолятора; S_{ins} – поверхность изолятора (м^2).

Рассмотрим влияние l_{ak} и I на примере моделирования процесса никелирования. На рис. 1 и 2 демонстрируются распределение потенциала в сечении электролита и покрытия на поверхности изделия.

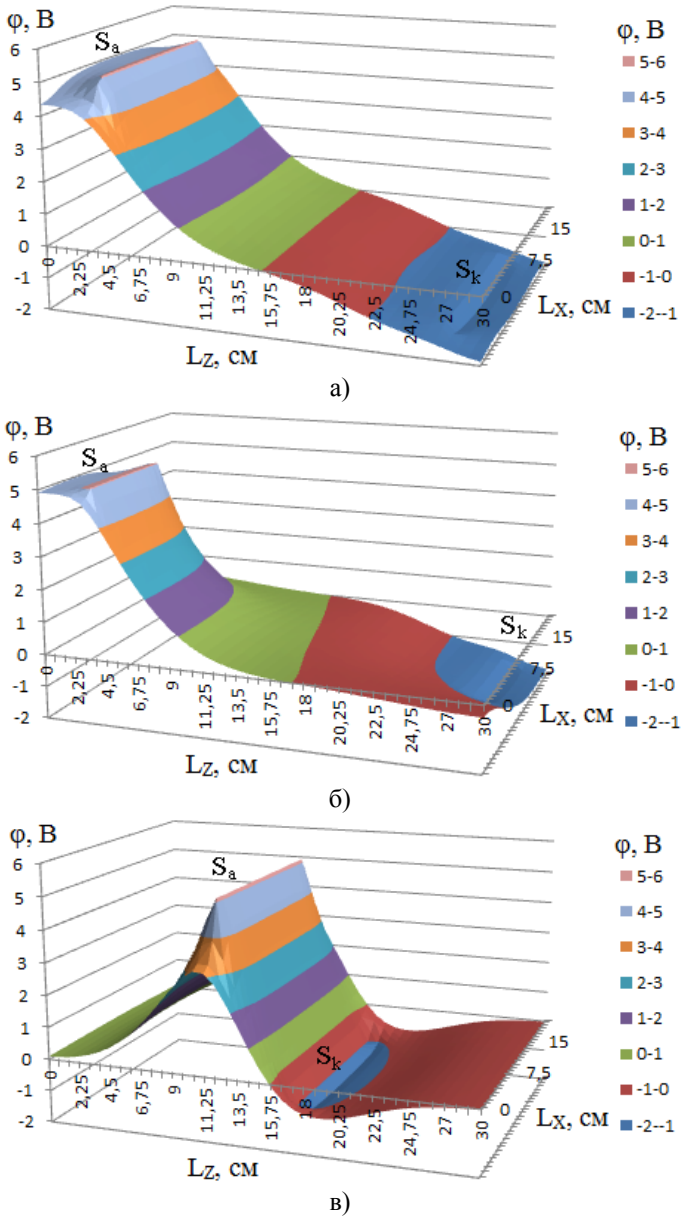
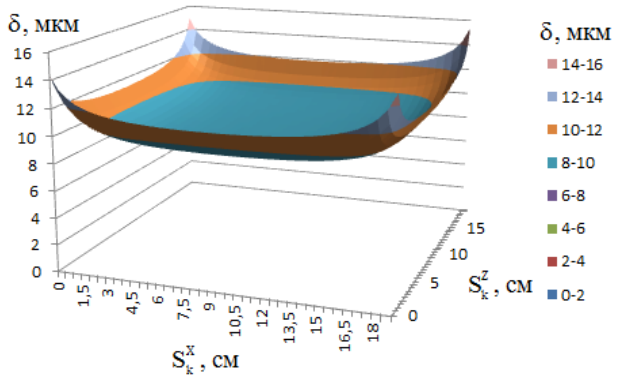
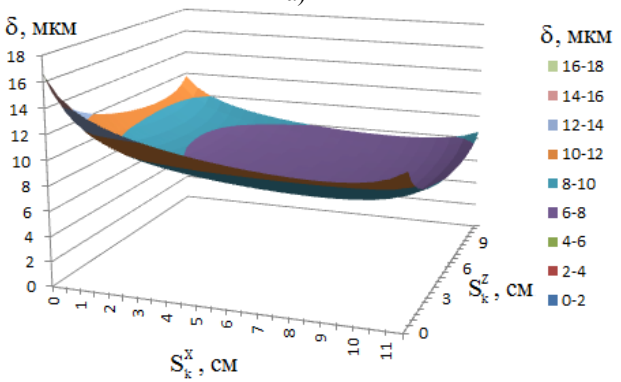


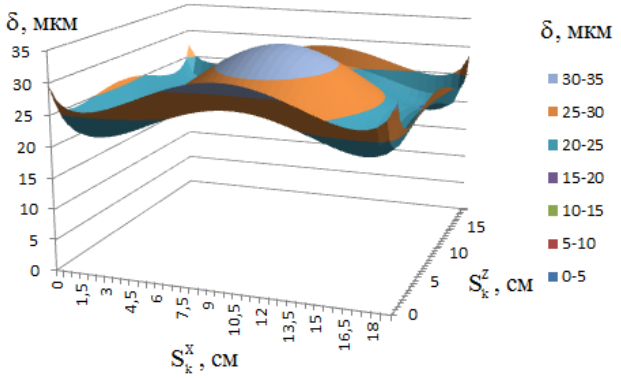
Рис. 1. Распределение потенциала в сечении электролита



а)



б)



в)

Рис. 2. Распределение покрытия на поверхности изделия

На рис. 1 и 2 L_x, L_z и S_k^x, S_k^z означают длину и ширину ванны и катода. Уравнения математической модели решались методом конечных разностей с использованием процедуры верхней релаксации [4]. При моделировании использовались плоские анод и катод с $\delta^{zad} = 9$ мкм при $T = 15$ мин. В таблице представлены значения критерия (1).

Таблица

Значение критерия неравномерности при различных l_{ak} и I

(l_{ak}, м) / (I, А)	**10**	**20**	**30**
0.1	1.665	1.758	1.901
0.15	1.512	1.633	1.787
0.2	1.417	1.554	1.693

Анализ полученных в таблице результатов показывает, что наименьшее значение критерия неравномерности получается при наибольшем значении межэлектродного расстояния и наименьшей силе тока.

Заключение

Неравномерность и толщина покрытия прямо пропорциональны силе тока и обратно пропорциональны межэлектродному расстоянию. При этом в промышленных технологических процессах отсутствует возможность варьирования расположениями электродов ввиду неподвижности опор для штанг в конструкции гальванических ванн, что затрудняет, а в ряде случаев, делает невозможным использование данного управляющего воздействия. В свою очередь программное управление силой тока от источника питания является реализуемым в реальных гальванических процессах. Поэтому в качестве наиболее эффективного параметра (с точки зрения практической реализации) для улучшения качества осаждаемого покрытия в результате гальванического процесса предлагается использовать силу тока.

Литература

2. 1. Коротин, А. И. Технология нанесения гальванических покрытий. – М.: Высшая школа, 1984. – 200 с.

3. Хазанов, Е .Е. Математическое моделирование химико-технологических процессов: Учебное пособие, перераб. / Е. Е. Хазанов, В.В. Гордеев, В.Е. Хазанов. – СПб. : Лань, 2014. – 176 с.

4. Захаров, Е.В. Уравнения математической физики / Е.В. Захаров, И.В. Дмитриева, С.Т. Орлик. – М.: Академия, 2010. – 320 с.

5. Еремина-Соленикова, Е. В. Численные методы: Учебное пособие / Е. В. Еремина-Соленикова. – СПб. : Лань, 2007. – 256 с.

Дискретная гистерезисная модель системы синус-Гордона

А. В. Толкачев[1], e-mail: tolkachev.akim@mail.ru
А. В. Толкачев[2], e-mail: alex82tol@yandex.ru

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
[2] ФГБОУВО «Рязанский государственный радиотехнический университет»

Аннотация. *В работе рассматривается нелинейная динамическая система, представляющая собой набор нелинейных осцилляторов, связанных пружинами (система синус-Гордон) с гистерезисными блоками (гистерезисная нелинейность рассматривается в рамках модели Боука-Вена). В частности, исследуются волновые процессы (солитонные возбуждения) с учетом гистерезисной природы связи между отдельными элементами системы.*

Ключевые слова: *модифицированная система синус-Гордона, солитон, гистерезис, модель Боука-Вена.*

Введение

До второй половины двадцатого века для описания различных физических явлений использовались в основном линейные или квазилинейные модели. Такой подход является достаточно простым и наглядным, но не всегда адекватным методом моделирования современных физических и технических систем. В рамках линейной парадигмы происходит декомпозиция исходной системы на ряд простых подсистем, влияние которых на совокупную динамику может быть учтено изолировано. Однако в дальнейшем стало понятно, что допущение о линейности модели приводит к потере важных качественных характеристик исследуемых явлений.

Известно, что в случае нелинейной системы совокупность ее частей не определяет в полной мере особенности динамики и эволюции такой системы. Нелинейность проявляется в образовании новых структур, которые являются временно или пространственно когерентными. Эти новые структуры представляют собой достаточно большие объекты, обладающие уникальными свойствами. Одним из результативных выводов указанного подхода является концепция солитонов [1].

© Толкачев А. В., Толкачев А. В., 2019

Начало исследований солитонов связанно с изучением распределения энергии в нелинейных цепочках связанных осцилляторов более известной как проблема Ферми-Паста-Улама. Важную роль в решении этой проблемы внесло использование методов компьютерного моделирования.

Одной из базовых моделей для исследования нелинейных процессов является модель синус-Гордона (физическая реализация которой представляет собой цепочку нелинейных осцилляторов связанных пружинами, работающими на кручение) [2,3].

Еще одним из примеров сильно нелинейных систем, играющих значительную роль в современных исследованиях, является гистерезис. Гистерезисное поведение свойственно как для характеристик веществ (сегнетоэлектрики, ферромагнетики и так далее), так и для динамики множества механических систем (люфт, упор и так далее). Причем в механических системах гистерезисные нелинейности возникают вследствие старения материала и должны быть учтены на уровне моделирования динамики соответствующих систем. Учет гистерезиса в таких системах приводит к исследованию нелинейных операторно-дифференциальных уравнений, что представляет отдельную, сложную задачу.

Целью настоящей работы является исследование динамики колебательной системы со многими степенями свободы в условиях гистерезисной связи между отдельными звеньями такой системы. Именно, рассматривается модель синус-Гордона в случае, когда связи между маятниками содержит гистерезисную нелинейность. На основе численного моделирования изучается динамика солитоноподобного образования.

1. Система синус-Гордона с гистерезисными связями

Ниже рассматривается механическая система с гистерезисными связями, физическая модель которой показана на рис. 1. Она представляет собой цепочку одинаковых маятников, нанизанных на струну и связанных пружинами. Принципиальное отличие рассматриваемой механической системы состоит в том, что в связь между двумя соседними маятниками включена гистерезисная нелинейность типа люфт. Отметим, что указанная система представляет собой модификацию системы синус-Гордона [4].

Пусть μ масса маятника, его момент инерции - μl^2, длина - l, постоянная кручения пружины - κ. При отклонении m-го маятника из положения равновесия на угол θ_m на маятник действует момент силы тяжести $\mu g l \sin\theta_m$ и момент силы кручения со стороны соседних пружин

$-\kappa\left(\theta_m-\theta_{m-1}\right)+\kappa\left(\theta_{m+1}-\theta_m\right)$. Поскольку в систему включена гистерезисная нелинейность, уравнение движения можно представить в виде:

$$\begin{cases} \mu l\ddot{\theta}_m = -\mu g l\sin\theta_m + \omega_m^{left} + \omega_m^{right}, \\ \omega_m^{left} = L\left[\omega_m^{left}(t_0); y_m^{left}(t_0)\right] y_m^{left}(t), \\ y_m^{left}(t) = -\kappa\left(\theta_m-\theta_{m-1}\right), \\ \omega_m^{right} = L\left[\omega_m^{right}(t_0); y_m^{right}(t_0)\right] y_m^{right}(t), \\ y_m^{right} = \kappa\left(\theta_{m+1}-\theta_m\right), \end{cases} \quad (1)$$

где зависящие от времени выходы ω_m^{left}, ω_m^{right} и входы y_m^{left}, y_m^{right} (эти входы являются соответствующими моментами, влияющими на один маятник с левой и правой сторон относительно соседнего маятника соответственно) являются соответствующими выходами и входами для физически реализуемого преобразователя $L[\cdot]$. Следуя известному подход Красносельского-Покровского [5] к описанию гистерезисных операторов, указанные преобразователи посредством полугруппового тождества, а также специальной предельной конструкции могут быть доопределены на всех монотонных входах.

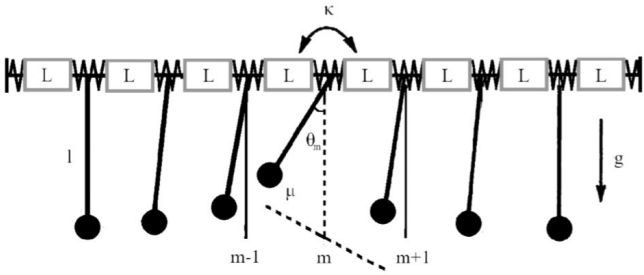


Рис. 1. Система синус-Гордона с гистерезисными связями.

2. **Численный эксперимент**

Известно, что операторная трактовка гистерезисной нелинейности подразумевает негладкость соответствующего оператора. Поэтому для численного моделирования используем аппроксимацию люфта в рамках модели Боука-Вена [6, 7, 8, 9]. В таком случае система синус-Гордона с гистерезисной нелинейностью примет следующий вид:

$$\begin{cases} \mu l\ddot{\theta}_m = -\mu g l \sin\theta_m - \alpha\kappa\left(\theta_m - \theta_{m-1}\right) + \left(1-\alpha\right)\kappa z_m^{left} + \alpha\kappa\left(\theta_{m+1} - \theta_m\right) + \left(1-\alpha\right)\kappa z_m^{right}, \\ \dot{z}_m^{left} = \left[A - \left|z_m^{left}\right|^n \left(\beta + \mathrm{sgn}\left(z_m^{left}\left(\dot{\theta}_m - \dot{\theta}_{m-1}\right)\right)\right)\gamma\right]\left(\dot{\theta}_m - \dot{\theta}_{m-1}\right) \\ \dot{z}_m^{right} = \left[A - \left|z_m^{right}\right|^n \left(\beta + \mathrm{sgn}\left(z_m^{right}\left(\dot{\theta}_{m+1} - \dot{\theta}_m\right)\right)\right)\gamma\right]\left(\dot{\theta}_{m+1} - \dot{\theta}_m\right) \end{cases} \quad (2)$$

где A, β и γ – безразмерные параметры, которые определяют форму и размер петли гистерезиса, а $n \geq 1$ – скалярная величина, регулирующая гладкость перехода от упругого отклика к пластическому отклику. Слагаемое $\left(1-\alpha\right)\kappa z_m^{...}$ является гистерезисной составляющей первого уравнения, где $0 < \alpha < 1$, $\kappa > 0$. Гистерезисная часть включает в себя безразмерную переменную $z_m^{...}$, которая является решением нелинейного дифференциального уравнения первого порядка (второе и третие уравнение в системе (2) соответственно).

Проведем численное моделирование динамики рассматриваемой механической системы, описываемой уравнениями (2). А именно, получим численные решения задачи Коши для (2) с использованием метода Рунге-Кутты 4-го порядка.

Отметим, что в результате интегрирования такой системы ожидаемо появление солитоноподобных решений. Уединенные волны, являющейся решением для (2), рассматриваются как динамические объекты, которые в течение длительного времени моделирования сохраняют энергию. Цепочка имеет конечную длину $m = 100$ (напомним, что рассматривается дискретная система), причем концы закреплены. Начальные условия для маятников.

$$\theta_1\left(t_0\right), \dot{\theta}_1\left(t_0\right), \ldots, \theta_{m-1}\left(t_0\right), \dot{\theta}_{m-1}\left(t_0\right), \theta_m\left(t_0\right), \dot{\theta}_m\left(t_0\right)$$

генерируют множество солитонных решений, движущихся с различными скоростями по $\left(m,t\right)$ - плоскости с отражением на концах цепочки $\left(m=1, m=100\right)$. Для параметров гистерезисных блоков, формализуемых посредством модели Боука-Вена, $z_m^{left}\left(t_0\right), z_m^{right}\left(t_0\right)$ начальные условия по умолчанию нулевые.

Чтобы изучить влияние гистерезисных связей в системе рассмотрим случай, когда возбуждаются колебания 25-го $\left(\theta_{25}\left(t_0\right) = 2\pi, \dot{\theta}_{25}\left(t_0\right) = 0\right)$ и 75-го маятников $\left(\theta_{75}\left(t_0\right) = \pi, \dot{\theta}_{75}\left(t_0\right) = 0\right)$ с соответствующими начальными условиями. При указанных начальных условиях в цепочке возбуждаются колебания соответствующих

компонент (рис. 2 панель левая). В том случае, когда гистерезис в связях учитывается (рис. 2 правая панель), наблюдается пространственная локализация колебаний.

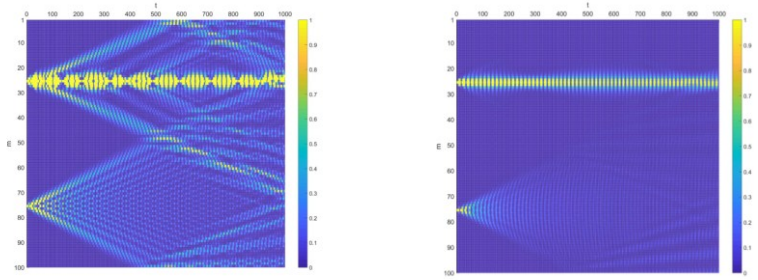


Рис. 2. Моделирование динамики локализованных (солитоноподобных) колебаний маятников в цепочке без гистерезиса (левая панель) и с гистерезисом (правая панель) в связях

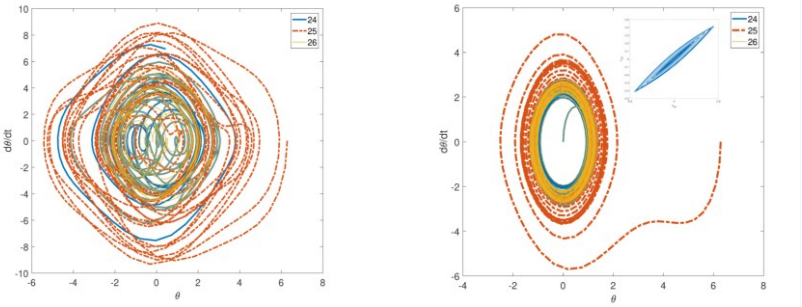


Рис. 3. Фазовые портреты маятников 24-го, 25-го, 26-го без гистерезиса (верхняя панель) и с гистерезисом (нижняя панель) в звеньях

Рассмотрим более подробно эволюцию состояний $\left(\theta_m(t), \dot{\theta}_m(t)\right)$ компонент цепочки в окрестности 25-го маятника. На рис. 3 представлены фазовые портреты для 24-го, 25-го, 26-го маятника. Как следует из представленных результатов, в отсутствие гистерезисных связей $(\alpha = 1)$ динамика маятников демонстрирует сложную колебательную структуру. Однако в присутствии гистерезисных блоков

в связях $(\alpha = 0.5, \beta = 0.1, \gamma = 0,9)$ динамика в окрестности 25-го маятника регуляризуется и имеет место предельный цикл. Для правой панели вверху на рис. 3 показана соответствующая петля гистерезиса, полученные как решение второго уравнения в системе (2).

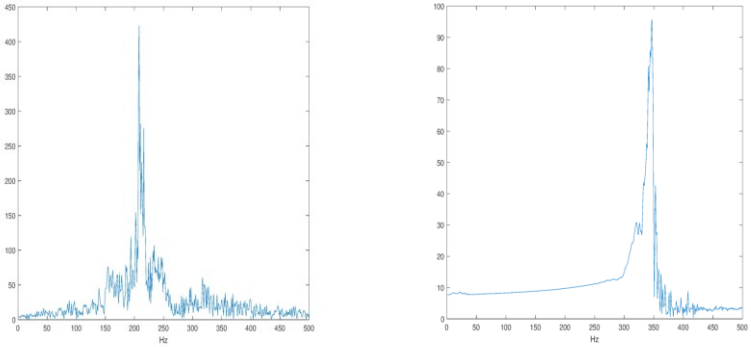


Рис. 4. Спектр колебаний 25-го маятника без гистерезиса (верхняя панель) и с гистерезисом (нижняя панель) в цепи

Кроме того, исследуем влияние гистерезисной природы связей между маятниками посредством методов спектрального анализа. Произведем преобразование Фурье для колебательных движений 25-го маятника с учетом гистерезиса $(\alpha = 0.5, \beta = 0.1, \gamma = 0,9)$ и без $(\alpha = 1)$, результаты чего представлены на рис. 4. Как следует из результатов, спектр колебаний 25-го маятника модифицируется при включении гистерезисных связей, именно, гистерезис в такой системе играет роль фильтра, гасящего частоты, отвечающие малоамплитудным колебаниям, при этом выделяя основную частоту.

Заключение

В настоящей работе исследована динамика колебательной системы со многими степенями свободы в условиях гистерезисной связи между отдельными звеньями. Рассматриваемая система может быть классифицирована как модифицированная механическая модель системы синус-Гордона в случае, когда связи между маятниками содержат гистерезисную нелинейность. Гистерезисная нелинейность формализовалась посредством модели Боука-Вена, допускающей достаточно простую численную реализацию решения системы дифференциальных уравнений, отвечающих моделируемой системы. На основе численного моделирования была исследована динамика

солитонного решения в указанной системе с учетом гистерезисных связей. Кроме того, результаты численного моделирования демонстрируют регуляризирующую роль гистерезисных связей в характере колебательных движений рассматриваемой системы. Отмечены фильтрующие свойства гистерезисных связей с точки зрения спектрального анализа колебательных движений отдельных компонент системы.

Литература

1. Филипов, А.Т. Многоликий солитон / А.Т. Филипов. — Москва: Наука, 1990. — 288 с.
2. Заславский, Г.М. Введение в нелинейную физику: от маятника до турбулентности и хаоса/ Г.М. Заславский, Р.З. Сагеев. - Москва: Наука, 1988. - 368 с.
3. Скотт, Э. Нелинейная наука. Рождение и развитие когерентных структур / М. Скотт. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 560 с.
4. . Scott, A. C. A Nonlinear Kline-Gordon Equation / A. C. Scott // American Journal of Physics. – 1969. – Vol. 37. – P. 53-61.
5. Красносельский, М.А. Системы с гистерезисом / М.А. Красносельский, А.В. Покровский — Москва: Наука, 1983. — 272 с
6. Charalampakis, A. E. The response and dissipated energy of Bouk-Wen hysteretic model revisited / A. E. Charalampakis // Archve of Applied Mechanics. – 2015. – Vol. 85. – P. 1209-1223.
7. Ikhouane, F. On the Hysteretic Bouc-Wen Model. Part I: Forced Limit Cycle Characterization / F. Ikhouane, J. Rodellar // Nonlinear Dynamics - 2005. - Vol. 42. - P. 63-78.
8. Tolkachev, A V. Sine-Gordon system with hysteretic links / A. V. Tolkachev, M E Semenov, P A Meleshenko, O O Reshetova, A F Klinskikh, E A Karpov // Journal of Physics: Conf. Series – 2018 –Vol. –P. 1096.
9. Meleshenko, P. A. Discrete hysteretic sine-Gordon model: soliton versus hysteresis / P A Meleshenko, A. V. Tolkachev, M E Semenov, A. V Perova, A. I. Barsukov, A F Klinskikh // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 241.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-08-00053 и проект 19-08-00158).

Влияние параметров среды на скорость распространения нестационарных волн при формировании газотермических покрытий

Г. И. Трифонов, email: trifonov_gi@mail.ru
Л.А. Кукарских, email: kukarskih.liubov@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *При формировании плазменных покрытий используется транспортирующий аргон с композитными включениями. Исследуется влияние параметров аргона и композитов на скорости распространения безвихревых и эквиволюминальной волн.*

Ключевые слова: *среда, аргон, композит, волна.*

Введение

В связи с широким использованием композитных материалов в сфере газотермической обработки (плазменного напыления) поверхностей деталей, а также спектра решаемых научно-практических задач в авиастроении, машиностроении и других наукоемких областях в той или иной степени связано с исследованием нестационарных упругих волн в пористых средах [1].

В частности, рассмотрим транспортирующий инертный газ, а именно аргон, с композитными порошковыми включениями, которые являются основой наносимого покрытия, как двухкомпонентную среду – упругую пористую среду, насыщенную газом, а взаимопроникающее движение упругой и газообразной фаз как движение газа в деформируемой пористой среде с определенными физико-механическими характеристиками.

Процесс износа рабочих поверхностей деталей сопровождается распространением волн ускорения [2], поэтому имеет смысл составить математическую модель распространения этих волн и выявить влияние параметров среды на формировании газотермического покрытия.

1. Безвихревые и эквиволюминальные волны ускорений

Будем считать, что при плазменном напылении композитные материалы и аргон являются сплошными средами, так как размеры пор малы по сравнению с расстоянием, на котором изменяются

© Трифонов Г. И., Кукарских Л. А., 2019

кинематические и геометрические характеристики напыления, и в каждой точке пространства будет два вектора смещения: вектор смещения упруго - вязкопластической фазы (скелета композитов) и вектор смещения газа (аргона).

При этом необходимо учитывать, что для насыщенной газом упругой пористой среды, характерно соотношение $R_0 \le K \le K_0$ [3]. K – модуль всестороннего сжатия пористого скелета с пустыми порами; R_0 – модуль сжимаемости газа; K_0 – истинный модуль сжимаемости упруго - вязкопластической фазы.

Математическую модель распространения волн ускорения в такой среде можно представить, как совокупность уравнений:

1. деформации упруго-вязкопластической фазы представлены в виде суммы упругих и пластических;
2. тензор упругих деформаций связан с тензором напряжений обобщенным законом Гука;
3. тензор скорости пластической деформации связан с тензором напряжений локальным условием пластичности и соотношениями ассоциированного закона течения;
4. уравнения движения.

2. Распространение нестационарных волн, модель Бингама

Волна ускорения в рассматриваемой пористой среде определяется изолированной поверхностью Ω, на которой напряжения, сила, действующая на аргон, и скорости перемещения фаз непрерывны, а их частные производные претерпевают разрыв.

Запишем соотношения на различных сторонах волновой поверхности Ω [4]:

$$[\dot{T}_{ij}] = \lambda[V^{(1)}_{k,k}]\delta_{ij} + \mu([V^{(1)}_{i,j}] + [V^{(1)}_{j,i}]) + Q_1[V^{(2)}_{k,k}]\delta_{ij}$$

$$[\dot{N}] = Q_1[V^{(1)}_{k,k}] + Q_2[V^{(2)}_{k,k}]\,.$$

$$\rho_{11}[\dot{V}^{(1)}_i] + \rho_{12}[\dot{V}^{(2)}_i] = [T_{ik,k}]\,,\ \ \rho_{12}[\dot{V}^{(1)}_i] + \rho_{22}[\dot{V}^{(2)}_i] = [N_{,i}] \qquad (19)$$

$$Q_1 = (1-m)R_0\,,\ \ Q_2 = mR_0$$

где T_{ij} – тензор напряжений; N – сила, действующая на газ, отнесенная к единице площади поперечного сечения пористой среды; λ, μ – коэффициенты Ламе пористого материала; m – пористость; δ_{ij} – символ Кронекера; ρ_{12} – коэффициент динамической связи фаз (упруго-вязкопластической и газа), ρ_1 и ρ_2 – массы фаз в единице объема среды; ρ_{11} и ρ_{22} – эффективные массы; $V_j^{(\alpha)}$, (α=1,2) – скорости перемещения фаз.

Индекс 1 вверху – композитные материалы, индекс 2 – аргон. По повторяющимся латинским индексам предполагается суммирование от единицы до трех, по греческим – от единицы до двух.

Применяя к выражениям (1) геометрические и кинематические условия совместности первого порядка для фаз [5], получим систему уравнений для определения скоростей распространения волн:

$$\begin{aligned}(\lambda+\mu)\lambda_j^{(1)}\nu_i\nu_j+\mu\lambda_i^{(1)}+A_1\lambda_j^{(2)}\nu_i\nu_j=\rho_{11}G^2\lambda_i^{(1)}+\rho_{12}G^2\lambda_i^{(2)}\\ Q_1\lambda_j^{(1)}\nu_i\nu_j+Q_2\lambda_j^{(2)}\nu_i\nu_j=\rho_{12}G^2\lambda_i^{(1)}+\rho_{22}G^2\lambda_i^{(2)}\end{aligned} \qquad 20$$

где $\lambda_i^{(\alpha)}$, $\lambda_j^{(\alpha)}$ – величины скачков первых производных скоростей перемещений фаз; G – скорости волновой поверхности Ω; ν_j – единичный вектор нормали к поверхности Ω.

Произведем преобразование системы уравнений (2) и введем обозначения $\lambda_i^{(1)}\nu_i=\omega_1$, $\lambda_j^{(1)}\nu_j=\omega_1$, $\lambda_i^{(2)}\nu_i=\omega_2$, $\lambda_j^{(2)}\nu_j=\omega_2$. Обозначим G через G_b и предположим, что на волновой поверхности $\lambda_i^{(1)}\nu_i=\omega_1\neq 0$, $\lambda_i^{(2)}\nu_i=\omega_2\neq 0$. Тогда получим однородную систему уравнений для определения скоростей безвихревых волн относительно w_1 и w_1. Результатом решения системы (2) будет уравнение:

$$\left(\rho_{11}\rho_{22}-\rho_{12}^2\right)G_b^4-\left(\rho_{11}Q_2-2\rho_{12}Q_1+\rho_{22}\left(\lambda+2\mu\right)\right)G_b^2+\left(Q_2\left(\lambda+2\mu\right)-Q_1^2\right)=0 \qquad 21$$

Из уравнения (3) следует, что в насыщенной газом упруго-вязкопластической пористой среде распространяются безвихревые волны двух типов и, квадрат скорости которых находится по формуле:

$$G_b^2=\frac{1}{2\left(\rho_{11}\rho_{22}-\rho_{12}^2\right)}\left(\left(\rho_{11}mR_0-2\rho_{12}\left(1-m\right)R_0+\rho_{22}\left(\lambda+2\mu\right)\right)\pm\sqrt{D}\right) \qquad 22$$

$$D=\left(\rho_{11}mR_0-2\rho_{12}\left(1-m\right)R_0+\rho_{22}\left(\lambda+2\mu\right)\right)^2-4\left(\rho_{11}\rho_{22}-\rho_{12}^2\right)\left(mR_0\left(\lambda+2\mu\right)-\left(1-m\right)R_0^2\right)$$

Если на волновой поверхности $\lambda_i^{(1)}\nu_i=0$, $\lambda_i^{(2)}\nu_i=0$ и не все $\lambda_j^{(1)}$, $\lambda_j^{(2)}$, равны нулю одновременно, то система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{aligned}\left(\mu-\rho_{11}G^2\right)\lambda_1^1-\rho_{12}G^2\lambda_1^2=0\\ -\rho_{12}G^2\lambda_1^1-\rho_{22}G^2\lambda_1^2=0\end{aligned} \qquad 23$$

Решая систему (5) и обозначив G через $G\alpha$, получим формулу для определения скорости распространения эквиволюминальной волны $G\alpha$:

$$G_\alpha=\sqrt{\frac{\mu\rho_{22}}{\left(\rho_{11}\rho_{22}-\rho_{12}^2\right)}}\,. \qquad 24$$

В формулах (4) и (5) присутствуют коэффициенты Ламе λ и μ, которые выражаются через характеристики среды: коэффициент Пуассона ν и модуль Юнга E, следующим образом [6]:

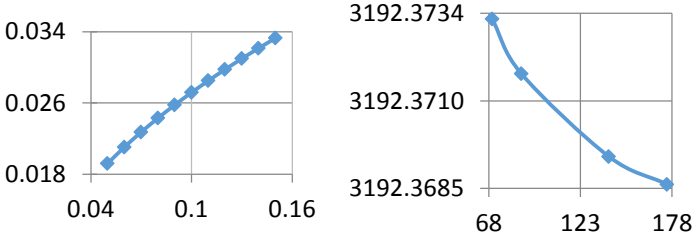
$$\lambda + 2\mu = \left(\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} + 2\frac{E}{2(1+\nu)} \right) = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} . \qquad 25$$

Итак, в рассматриваемой среде, существует два типа безвихревых и одна эквиволюминальная волны.

Скорости распространения скоростей, как видно из формул (4) и (6), зависят от параметров среды, вернее, учитывают физические характеристики среды. Используя значения коэффициента Пуассона и модуля Юнга для транспортирующего аргона и композитных материалов напыления, получим скорости распространения волн при формировании газотермических покрытий.

3. Зависимости скорости распространения безвихревой волны ускорений от характеристик образования материала покрытия

На основе полученных уравнений математической модели распространения волн ускорения, а также беря за основу усредненные данные по технологическим параметрам плазменного напыления, составим графики зависимостей. На рисунке показаны зависимость скорости распространения безвихревой волны ускорений от пористости композитного материала и зависимость скорости распространения безвихревой волны от величины динамической связи среды при плазменном напылении.



а б

а – зависимость скорости распространения безвихревой волны от пористости композитного материала, б – зависимость скорости распространения безвихревой волны от величины динамической связи среды,

Рисунок. Зависимости скорости распространения безвихревой волны ускорений от различных характеристик образования материала покрытия

Заключение

Проведенное исследование распространения и затухания слабых разрывов при формировании газотермических покрытий показало, что в такой среде существует по два типа волн ускорений, для которых скорости распространения выражаются теми же формулами, что и в упругой среде.

В упруго-вязкопластической пористой среде существует два типа безвихревых и одна эквиволюминальная волны [7].

Список литературы

1. Пузряков А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления / А. Ф. Пузряков; М.: Изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2008. – 360 с.
2. Трифонов Г. И. Математическое моделирование процессов плазменного напыления покрытий трехкомпонентных сред / Г. И. Трифонов, В. С. Поленов, С. Ю. Жачкин // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – №10. – С. 131-136.
3. Косачевский Л. Я. О распространении упругих волн в двухкомпонентных средах / Л.Я. Косачевский // ПММ. –1959. – Вып.6. – Т. 23. – С. 1115-1123.
4. Поленов В. С. О распространении нестационарных упругих волн в однородных пористых средах / В. С. Поленов, Т. И. Масликова // Изв. РАН. МТТ. – 2005. – № 1. – С.104-108.
5. Biot M. A. Theory of elastic waves in a fluid-saturated porous solid / M. A. Biot // J.Acoust. Soc. America. – 1959. – V. 28. – №2. – P.168-178.
6. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование / А. Ф. Ильющенко [и др.]; Минск: Беларус. навука, 2011. – 357 с.
7. Кукарских Л. А. Волновые процессы в пористых средах/ Л. А. Кукарских, А. Г. Белых // V МНПК. – Белгород, 2015. № 5. – С. 13–16.

Оптимизация ассортимента химических средств защиты растений с помощью математических моделей

В. П. Трушина, email: veronika07@mail.ru
А. Л. Осипов, email: alosip@mail.ru

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления»

Аннотация. *Исследуются математические модели и программные средства, позволяющие проводить оптимизацию ассортимента химических средств защиты растений с учетом природоохранных мероприятий. Проведены вычислительные эксперименты, показывающие эффективность предложенных моделей и программных средств их реализации.*

Ключевые слова: *Оптимизация, дискретная математика, программирование, моделирование, пестициды, токсичность.*

Введение

Сельское хозяйство ежегодно несет огромные потери от различных вредных организмов. Только в растениеводстве общие мировые потери от вредителей, болезней и сорняков оцениваются суммой 120 млрд долл. в год. Использование химических препаратов является неотъемлемым фактором возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому в решении важнейшей проблемы увеличения урожайности центральную роль играют химические средства борьбы с болезнями, сорняками и вредителями [1-2]. В этих условиях важное значение приобретает проблема совершенствования структуры ассортимента химических средств защиты растений (ХСЗР), решение которой будет способствовать повышению эффективности производства и применения пестицидов, улучшению использования основных фондов, сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, росту урожайности сельскохозяйственных культур, снижению загрязненности окружающей среды. Все эти проблемы невозможно решить без создания соответствующих баз данных, математических моделей и программного обеспечения. Это показывает высокую актуальность разрабатываемой темы, носящий прикладной и теоретический характер. Целью статьи является разработка математической модели, базы данных и приложения для оптимизации ассортимента химических средств защиты растений. Для выполнения цели решаются следующие задачи: создание базы

© Трушина В. П., Осипов А. Л., 2019

данных по мировому ассортименту пестицидов, которая содержит экспериментальные данные для проверки эффективности тех или иных моделей; разработка математических моделей для оптимального набора пестицидов; разработка программных средств, для реализации используемых моделей.

1. Построение математической модели

Пусть у нас имеется множество $X = \{1, 2, \ldots m\}$ – множество всех разрешенных к применению на территории РФ пестицидов. Индекс i будет принимать значения из множества X, обозначая конкретный пестицид. Отдельное множество культур, на данной стадии разработки математической модели, вводиться не будет, так как в большинстве случаев, на поле произрастает не более одной сельскохозяйственной культуры, которая требует обработки. Пусть g_i^0 – затраты, связанные с закупкой i-ого пестицида на обработку одного га культуры. В них входит стоимость пестицидов, их доставка, при необходимости затраты на хранение, заработная плата рабочих и т.д. Введем бинарную переменную x_i, которая принимает значение 1, если i-ый пестицид применяется против заданного множества вредителей и 0 – иначе.

Множество $Y = \{1, 2, \ldots n\}$ – множество вредителей, которые появляются со 100% вероятностью на конкретном поле. Индекс j будет принимать значения из множества Y, обозначая конкретный пестицид. Пусть v_j – площадь обрабатываемой территории от j-ого вредителя, измеряемая в гектарах (га). Пусть g_{ij} – затраты, связанные с применением i-ого пестицида против j-ого вредителя, в них может входить стоимость восстановления природы после применения данного пестицида. Окончательно целевую функцию можно представить в виде:

$$\sum_{i=1}^{m} g_i^0 x_i + \sum_{j=1}^{n} v_j \min_{i/x_i=1} g_{ij} = \min_{i/x_i=1} s(x_1, x_2, \ldots x_m),$$ то есть требуется найти минимум функции $s(x_1, x_2, \ldots x_m)$ по переменным $x_1, x_2, \ldots x_m$. Здесь $\min_{i/x_i=1} g_{ij}$ означает, что берется минимум g_{ij} по всем i, таким, что $x_i = 1$. На практике данная формула может применяться, когда нам известна вся внутренняя информация компании о затратах на

применение конкретных пестицидов. Пока таких данных у нас нет, корректное использование формулы невозможно, так как нам просто не хватает информации для ее применения. В этом случае возникает необходимость проинтерпретировать g_{ij}, как нечто иное. Для этого введем новые переменные HP_i и LD_{50}. Пусть HP_i – норма расхода i-ого пестицида на один га обрабатываемой территории. В дальнейшем, если один пестицид работает против нескольких требуемых вредителей на одной культуре с разными нормами расхода, то при расчетах будем брать наибольшее значение среди всех норм расхода. Чем меньше норма расхода пестицида, тем лучше он нам подходит в природоохранных целях. LD_{50} – общепринятое обозначение средней дозировки вещества, которое вызывает гибель половины членов испытуемой группы. Обычно измеряется в единицах массы вещества на единицу массы испытуемого объекта. Так как мы ищем минимум g_{ij}, то логично записать HP_i в числитель, а LD_{50} в знаменатель. Тогда мы можем проинтерпретировать g_{ij} как: $g_{ij} = HP_i / LD_{50}$. В этом случае окончательная формула принимает вид:

$$\sum_{i=1}^{m} g_i^0 x_i + \sum_{j=1}^{n} v_j \min_{i/x_i=1} HP_i / LD_{50} = \min_{i/x_i=1} s\left(x_1, x_2, \ldots x_m\right).$$

На этом разработка математической модели окончена, и можно переходить к разработке базы данных.

2. Разработка базы данных

Базу данных было решено создавать при помощи свободной реляционной системы управления базами данных MySQL. Для удобства разработки был выбран инструмент для визуального проектирования БД MySQL Workbench Community Edition. Перед началом разработки была создана схема базы данных.

База данных состоит из девяти таблиц, восемь из которых являются содержательными, а одна связывает информацию о пестицидах, культурах и вредителях. После окончательного заполнения базы данных, стала доступна полная и структурированная информация о 96 культурах, 285 вредителях, 328 действующих веществах и 1640 пестицидах. На основе разработанной базы данных было создано программное приложение. Приложение разрабатывалось на языке Java [2] и имеет формат клиент-серверного. Средой разработки была выбрана IntelliJ

IDEA 2017.3.4 Community Edition. После запуска приложения пользователю на выбор предоставляют три основных сценария работы:

Получение списка пестицидов. Пользователь из готового списка культур выбирает ту, с которой он работает, после этого у него появляется полный список вредителей (с подвидами), которые могут угрожать данной культуре. Пользователь выбирает из полного списка тех вредителей, которые угрожают данной культуре. Далее он может выбрать два варианта развития событий: получить полный список пестицидов. Пользователь получит полный список препаратов, которые покрывают множество его вредителей, без рекомендаций по применению; получить рекомендованный список пестицидов. Пользователь получит рекомендованный список пестицидов, которые будут получены после расчета по предложенной выше математической модели, которая учитывает экономию бюджета и уменьшение токсического действия препаратов.

Посмотреть информацию о пестициде. Если у пользователя возникает необходимость в получении информации о конкретном пестициде, он может перейти в раздел «Пестициды», выбрать один из видов ХСЗР (гербициды, десиканты, инсектициды, моллюскоциды, нематициды, родентициды, фумиганты, фунгициды), далее появится список пестицидов, относящихся к данной группе. После этого пользователь выбирает интересующий его пестицид, кликает на него и на экране появляется вся доступная информация по данному пестициду.

В дальнейшем предполагается разработать Web-интерфейс к базе данных [4-5].

Заключение

В результате разработано программное приложение, которое позволяет подбирать оптимальный список пестицидов по предлагаемой модели, минимизируя вред, наносимый природе от химических средств защиты растений. Разработанное приложение содержит большое количество структурированной информации, которая до этого была разрозненной и не полной.

В моделях критерием качества оптимизации ХСЗР служат величины суммарных затрат на производство и применение или величина получаемого экономического эффекта, а также некоторые локальные критерии качества типа количество летальных доз LD_{50}, которые остаются в окружающей среде после выбора соответствующего ассортимента и многие другие. Проведены вычислительные эксперименты по выбору оптимального ассортимента ХСЗР, в котором в

качестве критерия оптимизации служит количество летальных доз LD_{50} остающихся в окружающей среде.

Предложены и исследованы математические модели и программные средства для оптимизации ассортимента химических средств защиты растений. Показана эффективность предлагаемых моделей по выбору оптимального ассортимента с учетом минимального количества выделяемых ими токсических доз.

Список литературы

1. Степанов А.Б. Оптимизация ассортимента ХСЗР с учетом требований охраны окружающей среды / А.Б. Степанов, Б.В. Ермоленко // Химическая промышленность, 1980. – № 10. – С. 13-17.

2. Осипов А.Л. Разработка математических моделей и программного обеспечения для оптимизации ассортимента химических средств защиты растений / А.Л. Осипов, В.П. Трушина, В. А. Пангельская // International Journal of Advanced Studies. – 2018. – Т. 8. – № 2-2. – С. 24-31.

3. Герберт Шилдт. Java 8. Полное руководство/ Г. Шилдт. – 9-е издание. – М.: «Вильямс», 2015. – 1376 с.

4. Осипов А.Л. Анализ и прогнозирование липофильности лекарственных веществ на основе физико-химических свойств / А. Л. Осипов, В.П. Трушина // International Journal of Advanced Studies. – 2018. – Т. 8. – № 2-2. – С. 32-37.

5. Осипов А.Л. Информационная система с Web-интерфейсом для расчета показателей пожарной опасности / А.Л. Осипов, В. П. Трушина // Internatinal Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 4-2. – С. 85-92.

Моделирование и исследование затухания наводок в токопроводящей линии вблизи поглощающей поверхности

А. В. Усков, e-mail: sc79@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Рассмотрена упрощенная модель формирования наводок в тонком проводе, расположенном в комнате многоэтажного здания вблизи поглощающей поверхности в виде бетонного пола. На основе метода моментов выполнен расчет токов, наведенных внешним полем в тонком проводе с изоляцией с учетом влияния близкорасположенной подстилающей поверхности.*

Ключевые слова: *побочные электромагнитные излучения и наводки, экспериментальные исследования, защита информации, затухание сигналов, численные методы.*

Введение

Канал утечки информации за счет наводок в токопроводящих линиях, расположенных вблизи технических средств обработки конфиденциальной информации, является одним из наиболее существенных и доступных для перехвата при условии выхода линии за границу контролируемой зоны [1]. Как правило, технические средства размещаются внутри помещений многоэтажных зданий. В связи с этим при оценке защищенности информации от утечки за счет наводок необходимо учитывать особенности достаточно сложного пространства, окружающего проводную линию. Очевидно, что затухание наведенного в линии сигнала складывается из затухания сигнала в материалах проводов и затухания, обусловленного влиянием окружающего пространства.

В работе [2] показано, что затухание сигнала, обусловленное потерями только в проводящем и изоляционном материале типовых проводных линий длиной порядка десяти метров при размещении линии на удалении более 1 м от поверхностей стен, пола и потолка весьма незначительно. Однако практика показывает, что в реальных линиях затухание сигнала может быть весьма существенным. Например, в [3-5] были измерены достаточно значительные уровни затухания сигналов в различных проводных линиях. Однако в данных работах не учитывалось

© Усков А.В., 2019

влияние пространства вблизи исследуемой линии на результаты измерений.

В связи с этим предполагалось, что измеренное затухание сигналов зависит только от параметров и структуры самой линии. Следует полагать, что наблюдаемые на практике существенные затухания наведенных сигналов в линии обусловлены не столько потерями в материалах проводной линии, сколько влиянием внешних факторов, например, наличием вблизи линии отражающих и поглощающих поверхностей в виде земли, стен, пола, потолка.

1. **Условия проведения экспериментальных исследований.**

Измерительная установка включала генератор сигналов, анализатор спектра в качестве приемника, излучающая дипольная антенна, токосъемник.

Источник сигнала и излучающая антенна представляют собой модель источника побочных электромагнитных излучений (технического средства обработки информации). Исследования проводились на частоте 300 МГц. Измерения проводились в комнате размером 15 м×5 м с высотой потолка 3 м.

В качестве проводной линии рассматривался тонкий медный провод радиусом 0,25 мм в изоляции из полипропилена толщиной 0,2 мм (из состава сетевого кабеля CAT-5). Длина линии составляла 8,7 м.

Для исследования влияния близкорасположенной поглощающей поверхности на затухание сигнала в линии измерения проводились при размещении исследуемой линии на высоте 0,01 м над уровнем пола. Излучающая антенна размещалась на диэлектрическом штативе над линией на высоте 1 м от начала линии. Рассматривались два варианта ориентации антенны в пространстве: ось антенны параллельна проводу (рис. 1) и перпендикулярна проводу линии (рис. 2).

Определялось значение амплитуды тока в проводной линии, отнесенное к максимальному значению амплитуды тока в излучающей антенне:

$$I_н(f,l) = I(f,l)/I_A(f)\ , \qquad (1)$$

где $I_A(f)$ - измеренное значение амплитуды тока на зажимах передающей антенны; $I(f,l)$ - измеренное распределение уровня наведенного тока в линии.

2. **Результаты экспериментальных исследований и их анализ.**

Результаты измерений относительного уровня тока в линии, расположенной вблизи поверхности пола, представлены на рис. 3, 4.

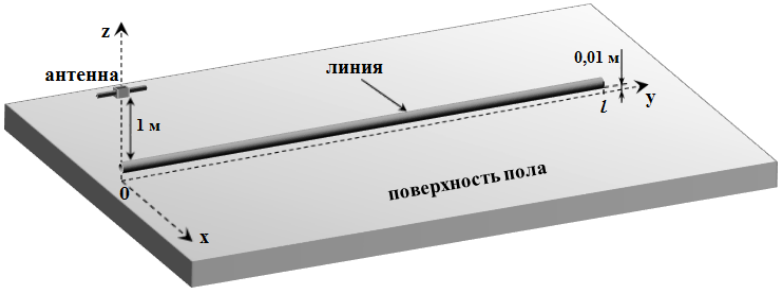


Рис. 1. Схема размещение излучающей антенны параллельно проводной линии

Рис. 2. Схема размещение излучающей антенны перпендикулярно проводной линии

Также на рисунках приведены результаты численных расчетов распределения тока вдоль тонкого медного провода расположенного на высоте 0,01 м над поверхностью с параметрами $\varepsilon=5$ и $\sigma=5\cdot10\text{-}3$ См/м. Расчеты проводились на основе метода моментов [6] с учетом наличия изоляции провода [7]. Диэлектрическая проницаемость изоляции (полипропилена) принята равной 2,2 . Для учета влияния подстилающей поверхности (пола) использовалась модель подстилающей поверхности Зоммерфельда-Нортона [7].

Анализ рисунков 3, 4 показывает, что подстилающая поверхность вблизи проводной линии оказывает существенное влияние на распределение наведенного в линии тока. При этом становится заметным затухание сигнала вдоль линии. Особенно велико затухание

при параллельном размещении излучающей антенны относительно линии (рис. 3).

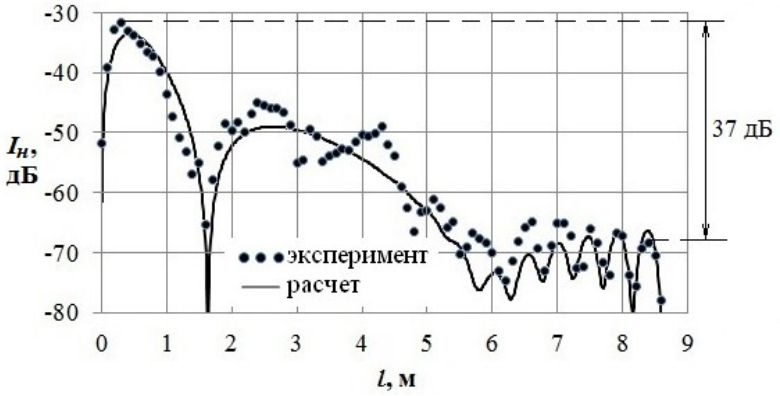


Рис. 3. Результаты измерений и расчетов относительного уровня тока, наведенного в тонком проводе, при параллельном расположении антенны

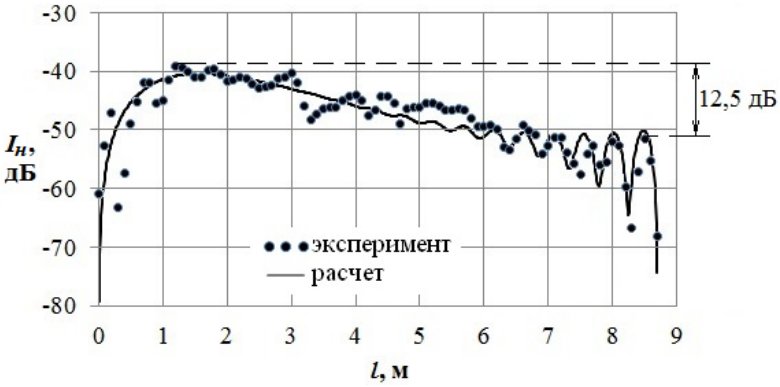


Рис. 4. Результаты измерений и расчетов относительного уровня тока, наведенного в тонком проводе, при перпендикулярном расположении антенны

Погонное затухание тока в линии, рассчитываемое как отношение изменения уровня тока (в децибелах) на небольшом участке провода к длине этого участка, носит неравномерный характер и, как правило, на начальном участке провода после пучности тока имеет наибольшее

значение, а при удалении уменьшается или даже близко к 0 дБ/м (например, на участке провода 6-8,7 м, рис. 3).

При ориентации антенны перпендикулярно проводу полное затухание сигнала существенно меньше. Как и в предыдущем случае погонное затухание носит неравномерный характер и на удалении 6-8,7 м практически равно 0 дБ/м. На данном участке линии затухание сигнала практически отсутствует. В результате при сложении прямого и отраженного от конца линии сигнала появляется ярко выраженные осцилляции сигнала. Кроме того, на участке провода от 0 до 2 м. погонное затухание имеет отрицательный знак, уровень сигнала на указанном участке возрастает с удалением от начала провода.

Заключение

Наблюдается достаточно хорошее соответствие экспериментальных результатов и результатов численных расчетов. Следовательно, модель подстилающей поверхности Зоммерфельда-Нортона может использоваться при расчетах наведенных в линии токов внутри здания при размещении линии вблизи поверхностей пола, потолка, и стен.

Список литературы

1. Бузов Г. А. Защита от утечки информации по техническим каналам : Учебное пособие / Г. А. Бузов, С. В. Калинин, А. В. Кондратьев. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.
2. Катруша А. Н. Экспериментальные исследования уровней наводок в токопроводящей линии / Катруша А.Н. // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2016. – № 10.
3. Пятачков А. Г. О результатах исследования сетей электропитания технических средств, используемых для обработки конфиденциальной информации / Пятачков А.Г. // Вопросы защиты информации. – 1996. – № 1.
4. Пятачков А.Г. Кое-что о каналах утечки информации в сетях электропитания / Пятачков А.Г. // Конфидент. – 2000. – № 3. – С. 64-72.
5. Исследование реальных затуханий сигналов в проводных линиях / Акчурин Р.Ф. [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 3. – С. 28-29.
6. Митра Р. Вычислительные методы в электродинамике / Митра Р. – М. : Издательство «Мир», 1977. – 485 с.
7. Федоров Д. Утилита «NEC-2 for MMANA» [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : http://www.qsl.net/ua3avr/Read_me_Rus.htm

Модулирующие свойства объектов в нелинейной радиолокации

Н. А. Усов, email: nauvrn@rambler.ru
В. Н. Похващев, email: mlst@rambler.ru

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются аспекты, связанные с особенностями нелинейного преобразования спектра зондирующего радиолокационного сигнала объектами зондирования, а основное внимание сосредоточено на модулирующих свойствах указанных объектов.*

Ключевые слова: *нелинейная радиолокация, объект с нелинейными электрическими свойствами, комплексное воздействие, амплитудная модуляция, фазовая модуляция, индекс модуляции.*

Введение

В нелинейной радиолокации, весьма широко и успешно применяемой на современном этапе для решения различных задач [1], до настоящего времени не решен целый ряд проблемных вопросов [2]. Здесь и низкая дальность действия, и недостаточное угловое разрешение, и отсутствие радиолокационных изображений, и многое другое.

Одним из моментов, освещению которого в известных опубликованных результатах научных исследований практически не уделено внимания, является комплексное воздействие на объект, наблюдаемый техническими средствами нелинейной радиолокации.

Известно [3], что за счет дополнительного вибрационного воздействия на область пространства с возможным местонахождением объекта наблюдения последний может быть идентифицирован по характерному изменению тонального сигнала, являющегося результатом выделения огибающей высокочастотной импульсной последовательности (зондирующего сигнала технического средства нелинейной радиолокации).

Моделирование этого процесса представляет собой весьма своевременную, важную и актуальную задачу, поскольку может позволить сформулировать вывод относительно вида модуляции,

© Усов Н. А., Похващев В. Н., 2019

которым будет наделен зондирующий радиолокационный сигнал, падающий на объект с нелинейными электрическими свойствами.

Цель статьи – разработка математической модели, описывающей модуляцию зондирующего сигнала нелинейной радиолокационной станции объектом с нелинейными электрическими свойствами.

1. Описание модулирующих свойств (моделирование)

Для достижения поставленной цели ограничим пространство наблюдаемых объектов нестабильными нелинейными контактами типа «металл-окисел-металл» или «металл-диэлектрик-металл». Особенности таких объектов подробно представлены в [4-5]. Основной из них является нелинейность вольтамперной характеристики, в случае небольших напряжений (воздействий $s(t)$) примерно подчиняющейся закономерности вида:

$$i(t) = \frac{s(t) + \beta s^3(t)}{R(t)}. \quad (1)$$

В выражении (1) β представляет собой коэффициент нелинейности вольтамперной характеристики, $R(t)$ – изменяющееся во времени сопротивление рассматриваемого контакта.

Знаменатель выражения (1) ввиду озвученной выше возможности наличия дополнительного вибрационного воздействия (например, мощного сигнала звуковой частоты, способного обеспечить изменение толщины диэлектрика в структуре нестабильного контакта) может быть записан как:

$$R(t) = R_0 + K_{\text{г}} \sin(\Omega t + \psi_0). \quad (2)$$

В выражении (2) R_0 есть начальное сопротивление контакта (до начала всех видов воздействий), $K_{\text{г}}$ – коэффициент изменения сопротивления, зависящий от мощности звукового воздействия и параметров контакта, Ω – циклическая звуковая частота, ψ_0 – начальная фаза низкочастотного (звукового) воздействия.

Зададимся квазимонохроматическим зондирующим сигналом циклической частоты ω:

$$s(t) = s_0 \sin(\omega t + \phi_0). \quad (3)$$

В выражении (3) s_0 и ϕ_0 являются соответственно амплитудой и начальной фазой высокочастотного зондирующего радиолокационного сигнала.

Изложенное позволяет переписать равенство (1) в виде:

$$i(t)=\frac{s_0\sin(\omega t+\phi_0)+\beta\left(s_0\sin(\omega t+\phi_0)\right)^3}{R_0+K_{\text{г}}\sin(\Omega t+\psi_0)}. \qquad (4)$$

Для перехода к представлению данного колебания тока в комплексном виде используем формулу Эйлера [6]:

$$\sin(\Omega t+\psi_0)=\frac{e^{j(\Omega t+\psi_0)}-e^{-j(\Omega t+\psi_0)}}{2j}. \qquad (5)$$

Это дает возможность представить равенство (4) таким:

$$\dot{I}=\frac{s_0e^{j\phi_0}+\frac{3}{4}\beta s_0^3e^{j\phi_0}-\frac{1}{4}\beta s_0^3e^{j3\phi_0}}{R_0+K_{\text{г}}\frac{e^{j(\Omega t+\psi_0)}-e^{-j(\Omega t+\psi_0)}}{2j}}, \qquad (6)$$

$$\dot{I}=\frac{\left(2s_0+\frac{3}{2}\beta s_0^3\right)e^{j\phi_0}-\frac{1}{2}\beta s_0^3e^{j3\phi_0}}{2R_0+K_{\text{г}}e^{j\left(\Omega t+\psi_0-\frac{\pi}{2}\right)}-K_{\text{г}}e^{-j\left(\Omega t+\psi_0+\frac{\pi}{2}\right)}}. \qquad (7)$$

В нелинейной радиолокации интересным представляется второе слагаемое числителя, поскольку составляющая основной циклической частоты, будучи единожды излученной, обратно техническим средством нелинейной радиолокации уже не принимается. Это существенно упрощает дальнейшие действия в случае пренебрежения первым слагаемым числителя в правой части выражения (7) и замены в левой части (7) искомого тока общего плана $\dot{I}$ на ток третьей гармоники $\dot{I}_3$:

$$\dot{I}_3=\frac{-\frac{1}{2}\beta s_0^3e^{j3\phi_0}}{2R_0+K_{\text{г}}e^{j\left(\Omega t+\psi_0-\frac{\pi}{2}\right)}-K_{\text{г}}e^{-j\left(\Omega t+\psi_0+\frac{\pi}{2}\right)}}, \qquad (8)$$

$$\dot{I}_3=\frac{\beta s_0^3}{4\sqrt{R_0^2+\left(K_{\text{г}}\cos(\Omega t+\psi_0)\right)^2}}e^{j\left(3\phi_0+\pi-\operatorname{arctg}\frac{K_{\text{г}}\cos(\Omega t+\psi_0)}{R_0}\right)}. \qquad (9)$$

С учетом изложенного, основываясь на результатах анализа выражения (9), можно констатировать тот факт, что наблюдаемые техническими средствами нелинейной радиолокации объекты наделяют переизлучаемые на второй и (или) третьей гармониках основной частоты ω сигналы как амплитудной, так и фазовой модуляцией.

2. Аналитическое описание индексов модуляции

Колебания с амплитудной и фазовой модуляциями в самом общем виде можно представить следующим образом:

$$s_{\text{ам}}(t) = s_0\left(1 + m_{\text{а}}\cos\Omega t\right)\sin\left(\omega t + \phi_0\right), \tag{10}$$

$$s_{\text{фм}}(t) = s_0\sin\left(\omega t + m_f\cos\Omega t\right). \tag{11}$$

В этой связи появляется возможность получения в явном виде аналитических зависимостей индексов амплитудной и частотной модуляции при переходе от комплексных выражений токов к их мгновенным значениям как проекций на мнимую ось комплексной плоскости [6]:

$$m_{\text{а}} = \frac{s_0\left(\beta s_0^2 - 4\sqrt{R_0^2 + \left(K_{\text{г}}\cos\left(\Omega t + \psi_0\right)\right)^2}\right)}{4\cos\Omega t\sqrt{R_0^2 + \left(K_{\text{г}}\cos\left(\Omega t + \psi_0\right)\right)^2}}, \tag{12}$$

$$m_f = \frac{\pi - \operatorname{arctg}\dfrac{K_{\text{г}}\cos\left(\Omega t + \psi_0\right)}{R_0}}{\cos\Omega t}. \tag{13}$$

Задание различных начальных условий и параметров зондируемых объектов может обеспечить проведение широкомасштабного исследования предложенной модели (вычислительного эксперимента на персональном компьютере) с последующим сравнением получаемых данных и результатов, например, полунатурных (натурных) экспериментов с реальными техническими средствами нелинейной радиолокации и зондируемыми объектами, конструктивно содержащими компоненты с нелинейными электрическими свойствами.

Заключение

Таким образом, полученная последовательность процедур (1) – (13) представляет собой математическую модель для исследования модуляции зондирующего радиолокационного сигнала нестабильным контактом типа «металл-диэлектрик-металл». Данную модель относительно просто можно сделать универсальной (инвариантной к типу объекта с нелинейными электрическими свойствами), заменив конкретную вольтамперную характеристику в (1) на аппроксимацию реальной характеристики. На основе анализа предложенной модели выявлен факт внесения объектом с нелинейными электрическими свойствами в рассеянный сигнал гармоники как амплитудной, так и фазовой модуляции, и определены соответствующие индексы модуляции.

Список литературы

1. Мусабеков, П. М. Нелинейная радиолокация: методы, техника и области применения / П. М. Мусабеков, С. Н. Панычев // Зарубежная радиоэлектроника. – 2000. – № 5. – С. 54-61.

2. Признаки распознавания нелинейных рассеивателей электромагнитных волн / А. А. Горбачев [и др.] // Нелинейная радиолокация. Сборник статей. Часть 1. – М.: Радиотехника, 2005. – С. 301-309.

3. Горбачев, А. А. Особенности зондирования электромагнитными волнами сред с нелинейными включениями / А. А. Горбачев // Радиотехника и электроника. – 1996. – Т. 41. – № 2. – С. 152-157.

4. Штейншлейгер, В. Б. Нелинейное рассеяние радиоволн металлическими объектами / В. Б. Штейншлейгер // Успехи физических наук. – 1984. – Т. 142. – С. 131-145.

5. Лихачев, В. П. Фазочастотная характеристика контакта «металл–диэлектрик–металл» при нелинейном рассеянии радиоволн / В. П. Лихачев, Н. А. Усов // Наукоемкие технологии. – 2009. – Т.10. – № 1. – С. 34-38.

6. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1974. – 832 с.

Устойчивость автоколебаний в релейных системах с цифровым регулятором

С. В. Феофилов, e-mail: svfeofilov@mail.ru
А. В. Козырь

Тульский государственный университет

Аннотация. *В настоящее время в инженерной практике наблюдается переход от аналоговой реализации алгоритмов управления к цифровым регуляторам. Реализация дискретного аналога системы управления, построенной по непрерывной модели без учета влияния дискретизации сигналов по времени может существенно ухудшить качественные показатели спроектированной системы. В работе исследуется влияние дискретизации на устойчивость автоколебаний в автономных релейных системах управления (РСУ). Предлагается локальный критерий устойчивости, позволяющий оценить область притяжения каждого из возможных предельных циклов. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 18-08-01141.*

Ключевые слова: *цифровые автоколебательные системы, устойчивость периодических движений, релейные системы*

Введение

Традиционным подходом при исследовании устойчивости периодических движений релейных систем в непрерывном времени является метод, связанный с изучением возмущенного движения в окрестности предельного цикла. Это связано с использованием вариаций функций и аппарата бесконечно малых величин и приводит к получению условий устойчивости «в малом». Такой подход нельзя применить к анализу релейных систем с цифровым управлением, так как малая вариация не приводит к изменению момента переключения релейного элемента. Для оценки устойчивости в этом случае необходимо выделять область фазового пространства, из которой фазовые траектории сходятся к предельному циклу, то есть получать условия так называемой полуглобальной устойчивости. Данный подход применяется в настоящей работе для получения условий устойчивости автоколебаний в релейных системах с дискретизацией по времени.

© Феофилов С. В., Козырь А. В., 2019

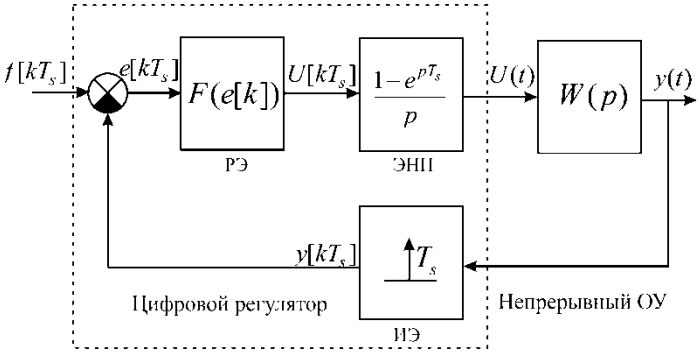


Рис. 1. Структурная схема релейной системы с цифровым регулятором

Структурная схема рассматриваемой в работе релейно-импульсной системы управления представлена на рис. 1. Дискретизация сигналов реализована с помощью идеального импульсного элемента и формирователя сигнала в виде экстраполятора нулевого порядка. Объект управления (ОУ) в работе будет считаться линейным, заданным в виде передаточной функции. Также в работе будет рассматриваться дискретное представление ОУ в пространстве состояний

$$\begin{aligned} \mathbf{x}[k+1] &= \mathbf{\Phi}\mathbf{x}[k] + \mathbf{\Psi}U[k], \\ y[k] &= \mathbf{C}\mathbf{x}[k], \end{aligned} \tag{1}$$

где $\mathbf{\Phi} = \mathbf{e}^{\mathbf{A}T_s}$, $\mathbf{\Psi} = \int_0^{T_s} \mathbf{e}^{\mathbf{A}t} dt \mathbf{B}$, $\mathbf{x}[k]$ – вектор переменных состояния, $\mathbf{A}(\cdot)$ – матрица непрерывной системы, $\dim[\mathbf{A}(\cdot)] = n \times n$, n – количество переменных состояния, $\mathbf{B}(\cdot)$ – матрица управления непрерывной системы, $\dim[\mathbf{B}(\cdot)] = n \times 1$, $\mathbf{C}(\cdot)$ – вектор формирования выхода, $\dim[\mathbf{C}(\cdot)] = 1 \times n$. Если матрица $\mathbf{A}(\cdot)$ невырожденная, то есть существует $\mathbf{A}^{-1}(\cdot)$, можно записать $\mathbf{\Psi} = \mathbf{A}^{-1}(\mathbf{\Phi} - \mathbf{E})\mathbf{B}$, где $\mathbf{E}$ – единичная матрица $\dim[\mathbf{E}(\cdot)] = n \times n$. На схеме функция $F(e[k])$ задает статическую характеристику двухпозиционного релейного элемента (РЭ) с гистерезисом. Для определения всех возможных симметричных периодических движений, возникающих в релейной системе, где объект управления задан в виде дискретной системы (1) можно использовать методику [1].

1. Исследование устойчивости автоколебаний

Анализ, представленный в работе [1], позволяет определить только возможные предельные циклы дискретных РСУ. Эти периодические движения могут быть устойчивыми либо неустойчивыми, причем оценка устойчивости в дискретном случае имеет существенные особенности.

В непрерывном случае асимптотическая орбитальная устойчивость автоколебаний сводится к исследованию устойчивости тривиального решения линейного разностного уравнения

$$\Delta\mathbf{x}[k+1] = \mathbf{G}\Delta x[k]. \qquad (2)$$

Устойчивость разностного уравнения определяется по собственным числам λ_i матрицы $\mathbf{G}$. Если выполняется условие

$$|\lambda_i| < 1, i = 1, m, \qquad (3)$$

то соответствующее периодическое решение $\mathbf{x}(t)$ является асимптотически орбитально устойчивым [2].

В случае цифровых РСУ релейный элемент переключается только в моменты времени кратные целому значению T_s, а возмущение в начальных условиях $\tilde{}$ $+\mathbf{\Delta}$ может не приводить к изменению момента переключения релейного элемента. Такая ситуация показана на рис. 2.

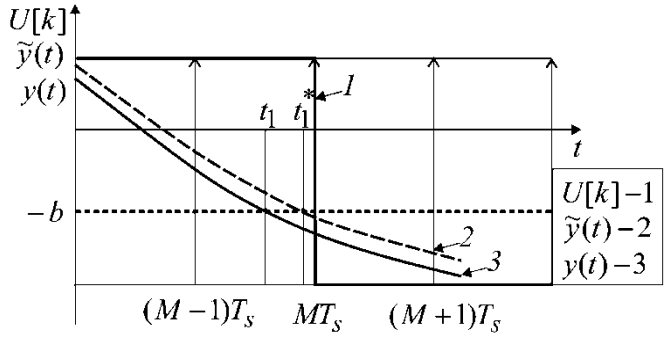


Рис. 2. Периодические траектории возмущенной и невозмущенной системы.

На рисунке t_1, t_1^* - моменты переключения невозмущённой траектории $y(t)$ и возмущенной траектории $\tilde{}$ соответственно.

Выходной сигнал с релейного элемента $U[k]$ переключается в момент времени MT_s, также как и в случае невозмущенной траектории.

Пусть исходное периодическое решение $y(t) = \mathbf{C}^T \mathbf{x}(t)$ пересекает поверхность переключения $x(t) = -b$ в момент времени $t = t_1$. Дадим малое возмущение $\mathbf{\Delta}$ периодической траектории $y(t)$. Предположим, что возмущенная периодическая траектория $\tilde{\ }$ $(\mathbf{x}(t) + \mathbf{\Delta})$ пересечет поверхность переключения в момент времени $t = t_1^*$. Если оба решения пересекают поверхность переключения в переделах одного и того же интервала выборки

$$t_1 \wedge t_1^* \in \big([M-1], M\big) T_s, \tag{4}$$

то реле переключится в один и тот же момент времени MT_s как в случае невозмущенной траектории, так и в случае малого возмущения $\mathbf{\Delta}$ (см. рисунок 2). Если условия (4) будут выполняться для последующих переключений, то траектория системы будет асимптотически сходиться к предельному циклу.

Если в дискретной системе существует устойчивый предельный цикл, то для него существует некоторая область возмущений $\mathbf{\Delta}$, в которой управляющий сигнал $U[k]$ не изменится. Для анализа устойчивости периодической траектории в РСУ необходимо оценить множество значений $\mathbf{\Delta}$, при которых будет выполняться условие (4).

Область допустимых возмущений, при которых не происходит смещение моментов переключения релейного элемента можно определить следующим образом. Предположим, что в релейной системе существует симметричный предельный цикл с периодом NT_s, причем матрица ОУ $\mathbf{A}$ – матрица Гурвица. Тогда все решения с начальными условиями $\tilde{\ }$ $-\mathbf{\Delta}$, где $\mathbf{\Delta} \in \mathbf{D}$ будут асимптотически сходиться к устойчивому предельному циклу. Множество допустимых значений определяется следующей системой неравенств, где $\mathbf{\Delta} \in \mathbf{D} = \mathbf{D}_U \cap \mathbf{D}_L \cap \mathbf{D}_I$

$$D_U = \{\Delta \in \Re^n : \inf_i \left((-1)^{i+1} \mathbf{C}^T \cdot e^{\mathbf{A}MT_s} \cdot \mathbf{\Phi}^i \Delta + \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{x}_N^* - b\right) \geq 0\}; \tag{5}$$

$$D_L = \{\Delta \in \Re^n : \sup_i \left((-1)^{i+1} \mathbf{C}^T \cdot e^{\mathbf{A}(M+1)T_s} \cdot \mathbf{\Phi}^i \Delta + \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{x}_{N+1}^* - b\right) < 0\}; \tag{6}$$

$$D_I = \begin{cases} \{\Delta \in \Re^n : \mathbf{C}^T \left(\mathbf{x}_N^* + \Delta \right) \geq b\}, \textit{если } U = A, \\ \{\Delta \in \Re^n : \mathbf{C}^T \left(\mathbf{x}_N^* + \Delta \right) > -b\}, \textit{если } U = -A. \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, задача определения допустимого множества возмущений эквивалентна задаче определения множества достижимости дискретной системы. Метод нахождения этого множества представлен в работе [3].

Заключение

В работе были рассмотрены вопросы определения периодических режимов в дискретных автоколебательных системах управления с цифровым управлением. Предлагается подход к определению гарантированной области устойчивости на основе решения системы неравенств. Предложенный подход позволяет определить область притяжения каждого из возможных предельных циклов в релейной системе управления с цифровым регулятором.

Список литературы

2. Феофилов, С.В. Периодические колебания в дискретных релейных системах управления / С.В. Феофилов, А.В. Козырь // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. – Вып. 12. – Ч.3. – С 61-71.

3. Bazanella A. S. Limit cycles in sampled-data relay feedback systems / A.S. Bazanella, A.Parraga // IEEE Transactions on Automatic Control, Springer. – 2016.

4. Koch S., Horn M. Frequency domain analysis of sampled variable structure systems // IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control. Melbourne, Australia. – 2017, December. – № 12-15. – P. 6684-6670.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 18-08-01141.

Математическое моделирование процесса распространения волн уплотнения и разряжения в горизонтальном магистральном газопроводе

И. К. Хужаев, email: husniddin_m1@bk.ru
Х. А. Мамадалиев, email: husniddin_m1@bk.ru

Ташкентский университет информационных технологий

Аннотация. *Получены аналитические решение задачи движения газа по магистральным газопроводам с учетом силы трения. Даны интерпретации результатов вычислительных экспериментов.*

Ключевые слова: *моделирование, трубопровод, аналитическая решения, вычислительной эксперимент.*

Введение

Проектирование и пуск новых объектов успешное управление существующей системой транспорта нефти и газа требуют знания закономерностей компримирования и трубопроводного транспорта исходя из природно-климатических условий, топологии гидравлической сети с учетом расположения объектов добычи, переработки, компримирования и потребления. Перечисленными факторами обусловлены особенности трубопроводного способа транспортировки нефти и газа. В частности, при мгновенном включении или отключении дополнительного нагнетателя, источника и потребителя (отбора) возникают волны уплотнения и разряжения. Если волны уплотнения могут привести к образованию запредельных значений давления в трубопроводе, то волны разряжения могут вызвать кавитацию. Возникающие вне нагнетателя волны (прорыв трубопровода, несанкционированный отбор и другие) могут привести к образованию помпажа в силовой установке и выводить из строя дорогостоящей техники. В связи с этим вопросы изучения распространения волн уплотнения и разряжения в трубопроводах являются актуальными. Ниже изучаются задачи распространения волн уплотнения и разряжения в трубопроводах, вызванные скачкообразным изменением массового расхода. Такие волны образуются при подключении и отключении параллельного нагнетателя или компрессора, при образовании утечки транспортируемой среды, при прорыве трубопровода и т. д.

© Хужаев И. К., Мамадалиев Х. А., 2019

1. **Материал и методы**

При изучении особенностей распространения волн уплотнения и разряжения в трубопроводах можно пользоваться классическую модель Н.Е.Жуковского о гидравлическом ударе. Эта модель построена с учетом деформируемости стенки, которая принимается достаточно тонкой, и малосжимаемости рассматриваемой жидкости, которая выражена через модуль упругости $k_{ж}$ жидкости. Но, она носит общий характер. Если жидкость сжимаема и имеет место зависимость $\frac{\rho_0}{k_{ж}} \approx \frac{dp}{d\rho}$, то система уравнений [1]

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial p}{\partial x} = \dfrac{\lambda w^2}{2D}\rho + \dfrac{\partial \rho w}{\partial t}, \\ -\dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial p}{\partial t} = \dfrac{\partial(\rho w)}{\partial x} \end{cases} \tag{1}$$

в ровном смысле пригодна для моделирования движения реального газа по газопроводу. При этом следует учесть уравнение состояния реального газа

$p = Z\rho RT$.

Возможная разница в результате, зависящий от сжимаемости или мало сжимаемости транспортируемой среды, будет заключаться в том, что изменение массового расхода газа $M = \rho w F = \rho w \pi R_0^2$ более или менее будет зависеть от деформируемости стенки, а скорость распространения малых возмущений (звука) будет больше в малосжимаемой среде.

Здесь и далее использованы обозначения p, ρ, w, Z, R – давление, плотность и скорость в данном сечении канала, коэффициент сверх сжимаемости и приведенная газовая постоянная газа; t, x – координаты по времени и длине; λ – коэффициент сопротивления трения; D – диаметр трубопровода. Скорость распространения малых возмущений давления по длине трубопровода с круглым поперечным сечением, согласно этой модели, представлена в виде [1]

$$c = \left(\frac{\rho_0}{k_{ж}} + \frac{2R_0\rho_0}{E\delta} \right)^{-1/2}$$

Здесь ρ_0 – плотность невозмущенной жидкости; E – модуль упругости материала трубы; R_0 – внутренний радиус трубы в невозмущенном состоянии; δ – толщина стенки круглой трубы.

Особенностью системы уравнений (1) является то, что при пренебрежимо малых значениях силы инерции транспортируемой среды (т.е. при $\frac{\partial \rho w}{\partial t} \to 0$) и линеаризации первого уравнения посредством замены $w^2 \approx w_* w$ из системы получается уравнение параболического типа относительно давления p или массового расхода газа M, а при пренебрежении силой трения среды (т.е. при $\lambda w^2 \rho / D \to 0$) – уравнение гиперболического типа. В целом, когда оба эти фактора существенны, то из системы следует уравнение

$$\frac{\partial^2 M}{\partial \tau^2} + b\frac{\partial M}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 M}{\partial x^2}, \qquad (2)$$

где $\tau = ct$, $b = \lambda w_* / (2Dc)$, w_* – характерная скорость потока.

Такое же уравнение получается, если в качестве искомой принять давление p.

В рамках данной работы рассматривается задача о переходе из одного стационарного режима функционирования на другой стационарный режим, обусловленный скачкообразным изменением массового расхода в концах элементарного участка трубопровода.

При расчете длинных трубопроводов и медленных изменениях параметров обычно пренебрегают силой инерции газа, благодаря чему изменение давления происходит только за счет силы трения газа. Рассматривая магистральные газопроводы, используют постоянное значение коэффициента сопротивления, что реализуется посредством формул типа Блазиуса (в наших расчетах принято $\lambda = 0.01$). Тогда из полной системы уравнений при линеаризации можно получить уравнение параболического типа

$$b\frac{\partial M}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 M}{\partial x^2},$$

где $\tau = ct$, $b = \frac{\lambda w_*}{2Dc}$.

Решение данного уравнения для нашей задачи имеет вид

$$M(x,\tau) = M_H + \frac{x}{l}\left(M_K - M_H\right) +$$

$$+\left(M_* - M_0\right)\sum_{n=1}^{\infty} \bar{b}_n \exp\left(-\frac{\pi^2 n^2 \tau}{bl^2}\right)\sin\frac{\pi n x}{l},$$

где $\bar{b}_n = \frac{2}{\pi n}\left((-1)^n \bar{M}_K - \bar{M}_H\right)$.

Кривые изменения массового расхода газа по времени при $M_0 = 400$ кг/с оказались подобными перевернутой параболе (Рис. 1).

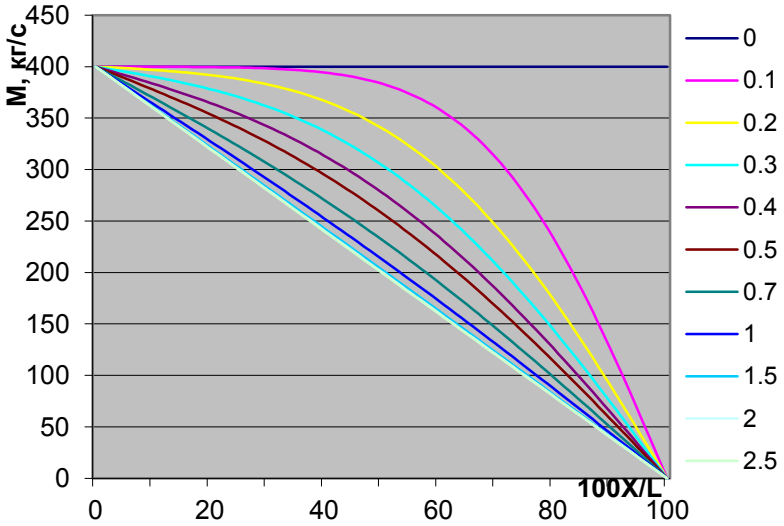


Рис. 1. Изменение массового расхода при закрытии выхода из участка. М0=Мн=400 кг/с.

Но пики кривых смещены справа от середины участка, что обусловлено не симметричным изменением давления по длине участка. Газ в участке стремится к покою, в связи с этим наибольшее значение массового расхода постепенно падает. А в гиперболическом уравнении имело место колебание без гашения скорости.

Соответствующие этому случаю распределения давления, которые получены при $p_{00} = 5.0$ МПа (Рис. 2).

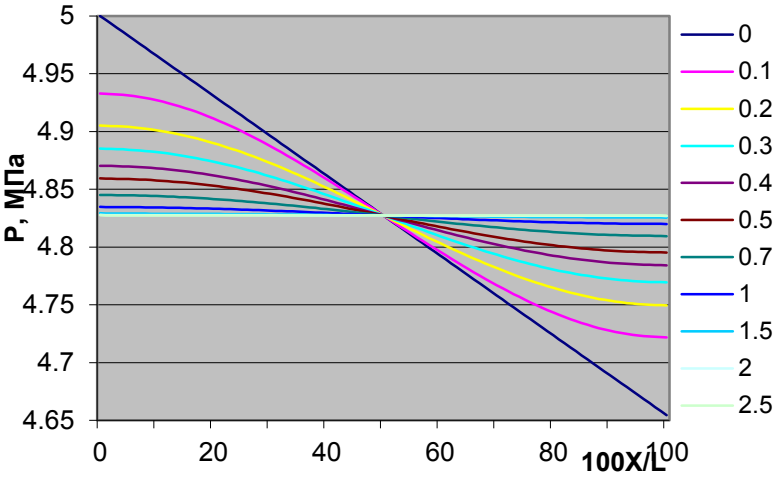


Рис. 2. Кривые давления при различных временах при $p_{00} = 5.0$ МПа, когда одновременно закрыли оба конца участка

Наблюдается равномерное выравнивание давления с обеих сторон участка. Не трудно найти значение давления, к которому давление стремится с истечением времени. Это – среднее по длине значение давления стационарного решения.

Заключение

Таковы основные закономерности распространения скачков массового расхода, образовавшихся в концах элементарного участка стационарно функционирующего горизонтального газопровода, когда основными силовыми факторами фигурировали частично сила инерции газа и сила трения газа.

Наблюдали развитие массового расхода, давления и среднерасходной скорости газа с образованием нескольких огибающих при закрытии выходного сечения участка. При малых скоростях потока и больших значениях давления огибающие меняются скачкообразно и по времени скачки сокращаются. Огибающие кривых массового расхода могут быть верхними и нижними, которые чередуются. В целом имеет место увеличение среднего давления газа по истечению времени.

При закрытии обоих концов участка для кривых массового расхода и скорости газа образуются отдельные огибающие с двух концов участка, а для давления – единая по всей длине участка огибающая.

Огибающие кривых меняются скачкообразно: для массовой скорости с постоянным значением для отрезка времени и меняют знак; а для давления – как наклон, так и угловой его коэффициент.

При закрытии входного сечения участка наблюдается аналогичные для варианта закрытия выходного сечения, но волны распространяются в обратном направлении, а давление по времени падает.

Список литературы

1. Хужаев И.К., Куканова М.А., Мамадалиев Х.А. Исследования движения газа в магистральных газопроводах при кусочно-постоянном изменении расхода на концах участка с учетом силы трения // Совместный выпуск Узбекского журнала «Проблемы информатики и энергетики», сборника научных трудов «Вопросы вычислительной и прикладной математики» по материалам Республиканской научно-технической конфиренции: Современное состояние и пути развития информационных технологий, Ташкент, 23-26 сентября 2009 г. – С. 119-123.

Секция № 3
Технологии обработки и защиты информации

Moving target defense for securing Distributed Information Systems

S. P. Sokolovsky, e-mail: ssp.vrn@mail.ru
I. S. Voronchikhin, e-mail: 5.00@mail.ru
A. P. Telenga, e-mail: telenga@mail.ru

Krasnodar Higher Military School named after
General of the Army S.M. Shtemenko

Annotation *The moving target defense strategy (MTD) is aimed at dynamically changing the components of an information system in order to limit the effectiveness of conducting network intelligence and the subsequent destructive impact of the attacker. This article will analyze the five main areas of MTD, which will make recommendations on their use for future research.*

Keywords*: moving target defense, distributed information systems, computer attack.*

Introduction

Global integration of the Internet into all areas of human activity and society, the emergence of new (digital) information technologies and devices that provide access to information resources through distributed information systems at any time and in any place makes them comfortable for all users of these systems and even necessary to use. However, the reverse side of the evolution of information technology and accordingly the global growth in the number of software and hardware and the pace of their implementation, is the problem of ensuring the security of processed data in distributed information systems, due to several factors.

1. Factors of development of information technologies that affect the security of distributed information systems

Studies in this subject area have shown that the following can be distinguished as the main negative factors affecting the information security of distributed information systems.

First, the pace of improvement of dynamically changing methods and tools of unauthorized access is much higher than the pace of improvement of traditional tools and methods of ensuring the security of information of distributed information systems. This leads to the untimely and incomplete

© Sokolovsky S. P., Voronchikhin I. S., Telenga A. P., 2019

fulfillment of the requirements for the protection of these systems, and therefore to the lack of the required level of security.

Secondly, traditional tools of protecting information systems from destructive information effects, such as monitoring tools, antiviruses, firewalls, attack detection and prevention systems, network baits are mostly passive, depend on the speed of updating virus signature databases and computer attacks protection, susceptible to investigation and compromise, as they have signs of unmasking and therefore can be overcome by intruders [1].

Thirdly, modern distributed information systems are deterministic, static and homogeneous [2], which gives the attacker many significant advantages. Thus, the properties of determinism and static information systems provide an attacker with advantages in the use of time and computing resources, namely:

– constant composition, structure and functioning algorithms of most modern information systems during the entire period of their use, ensure the accuracy of information received about them on the results of conducting network intelligence during a long time interval, giving the attacker the opportunity to plan, select the time and workflow of the information system to start computer attack;

– ability of the attacker to repeatedly perform the detection and analysis of vulnerabilities, with thorough subsequent testing for penetration with a specific purpose, until the desired result is achieved, while security services must timely detect and fix all potential vulnerabilities, as well as neutralize or reduce the effectiveness of the network intelligence tools and implementation of computer attacks that can be used by attackers;

– ability to ensure uncompromising use of tools and methods for conducting network intelligence and implementing computer attacks by the attacker, due to the advance and planned formation and application of an optimal set of these tools and methods, excluding the possibility of compromising them in the event of a dynamic change of information system components and applying new tools and methods of protection or in other cases, due to the rush to obtain data on the target.

The homogeneity property of information systems gives the attacker an advantage when using a computing resource for computer attack. This is due to the fact that the uniformity of network configurations, their system and software, allows attackers to conduct easily and with small computational costs a large-scale attack on tens, hundreds and thousands of nodes after a successful small-scale attack only on one of the nodes of this homogeneous information system.

In addition, the above properties reduce the cost of computing and time resources for the development and implementation of new forms and

methods of conducting computer attacks, as well as attracting additional tools of their implementation in the case of a known protection strategy used by security services.

Thus, in order to limit intruders in their sufficiently wide possibilities to realize the threat of disrupting the normal functioning of information systems, special relevance raise questions of accounting in methodology and technologies of information system protection new sets of factors that previously did not take place in the methodology and technologies for protecting information systems, as well as searching for new methodological and technological solutions their protection against computer attacks.

2. Techniques of the moving target (MTD) and their implementation

The above factors have led to the emergence of fundamentally new approaches to building security systems, since traditional approaches, increasing the complexity of systems, only create new vulnerabilities. One of these approaches is to replace static systems with dynamic ones, as a result of which a potential attacker cannot obtain final and up-to-date information allowing to realize system vulnerabilities. This approach was called protection based on a moving target, Moving Target Defense (MTD), and is aimed at dynamically changing the components of an information system in order to limit the effectiveness of conducting network intelligence and implementing subsequent destructive actions by the attacker. Analysis of publications allows us to identify five main areas (techniques) of MTD, which will help develop recommendations for their use in future studies. The main techniques of MTD and their interconnection (by the level of interaction) are presented in Figure.

The first of these techniques is **dynamically changeable data**, it involves changing the format, syntax, presentation, or coding application data to make attacks more difficult. There are methods for compiling XOR with unique data encryption keys, randomizing the application API and randomizing the SQL string. Currently, one of the most famous projects that implement the protective mechanisms of the considered equipment is CryptoMove. The developed firewall performs the fragmentation and encryption of data with its further movement over the dedicated infrastructure between local and cloud services. Any small pieces of data that can be obtained by attackers are practically useless.

The technique of **dynamically modified software** is aimed at randomization, diversification or obfuscation of the application code. The main methods that implement this technique are N-version programming, the use of compilers randomizing machine code, inserting a dead code, swapping instructions, base blocks and functions in a module, replacing instructions with equivalent ones, encrypting constant data buffers, etc. So, the well-

known concept multi-version (N-version) programming (NVP), in which the same program is created by several development teams, therefore software products with identical opportunities, but the different code are born. Since the goal of NVP is to minimize the likelihood of errors at decision points, various algorithms, programming languages, environments and tools are used wherever it possible.

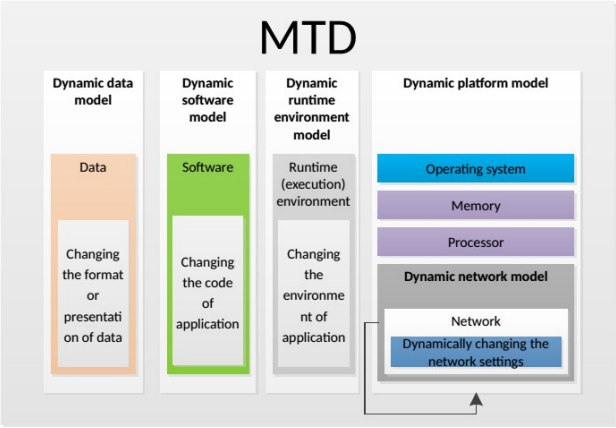


Figure. The main techniques of MTD and their relationship

Dynamic runtime environment is a technique that dynamically changes the runtime environment provided to the application by the operating system during its execution, namely the memory contents (location of program code, libraries, stack / heap and individual functions), etc. Methods that implement the technique are aimed at randomizing and finely granularly randomizing the placement of address space, randomizing the API for the application and randomizing the SQL string, system calls, modifying and encrypting to instructions, operations and commands, etc. Thus, ASLR technology (address space layout randomization) is used in operating systems, which randomly changes the arrangement of important data structures in the address space of the process, namely executable file, loadable libraries, heaps and stack. It is designed to complicate the exploitation of several types of vulnerabilities.

Dynamic platform. This technique is aimed at dynamically changing the properties of the platform (a set of hardware and the operating system) – the type and version of the operating system, processor architecture, memory, platform data format, etc. One of the areas of technology is that a cross-platform application at the initial moment of time runs on one of several

randomly selected platforms with an operating system (for example, Fedora) of the same type (version) and processor (for example, with x86 architecture), and continues to work (migrates) on a platform with a different type of operating system (for example, FreeBSD) and another processor architecture (ARM), then continues its operation on the next, etc. Another direction is to run and run the application in parallel on several different platforms. The basis of this technique are methods based on migration, server switching and self-cleaning. The equipment was implemented in the MORE-MTD project, which implements protective dynamic alternation of the operating systems used during a specified time interval. Dynamic operating systems create an ever-changing attack target for an attacker.

Dynamic network. A technique that dynamically changes network parameters, such as the protocols used (including routing protocols), IP addresses and ports (using mutation and hopping methods), MAC addresses, encryption algorithms used to identify the source and destination node, and traffic routes (information directions). The well-known project MORPHINATOR (Morphing Network Assets to Restrict Adversarial Reconnaissance) creates a network prototype that can transform over time to mislead the intruder about the true composition and structure of military networks for which it was designed. The prototype focuses on the randomization of addresses and ports to continuously change the characteristics of networks. This method involves the use of cyber maneuvering techniques in the course of informational confrontation.

Conclusion

Thus, this study allows us to form an idea of the existing techniques of the technology of a moving target and the variety of underlying methods for dynamic transformation of the components of an information system that can be acted upon by an attacker. This allows to proceed to the development of new protection methods based on the results of evaluating the effectiveness of well-known techniques, their combination and subsequent improvement.

Bibliography

1. Maximov R. V., Sokolovsky S. P., Gavrilov A. L. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

2. Maximov R. V., Iskolnyy B. B., Sharifullin S. R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

Определение местоположения и ориентации протяженного объекта на основе обработки пары изображений полученных с использованием пространственно-разнесенных матричных фотоприемников

Э. К. Алгазинов [1],
В. Д. Попело [1],
А. А. Козирацкий [1],
А. И. Гревцев [2], e-mail: grevtsev.sanche@yandex.ru

[1] Воронежский государственный университет
[2] ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрен подход к определению местоположения и ориентации протяженного объекта на основе обработки пары изображений, полученных с использованием пространственно разнесенных матричных фотоприемников.*

Ключевые слова: *Матричный фотоприемник, пеленгационная пара, изображение, угловые координаты, цифровая обработка изображений.*

Введение

Известен подход к определению пространственных координат источника оптического излучения за счет получения пеленгов на источник по анализу положения фазового фронта волны в месте нахождения оптической пеленгационной пары с известными координатами [1, 2]. Как показано в [1], геометрическое место точек максимального сближения пеленгов (линий положения) формирует область пространства неопределенности местоположения источника излучения, координаты которого предложено определять путем нахождения середины отрезка, соединяющего пеленги в этой области. Существенным ограничением рассмотренного выше является то, что источник излучения рассматривается как точечный, без учета его пространственной ориентации и существенная зависимость точностных характеристик от флуктуаций фазовых фронтов оптических колебаний в точках приема. Переход на использование в составе средств пеленгации матричных фотоприемников позволит снять имеющиеся ограничения и реализовать возможность определения пространственной ориентации протяженного объекта.

© Алгазинов Э. К., Попело В. Д., Козирацкий А. А., Гревцев А. И., 2019

Таким образом, целью настоящей статьи является рассмотрение подхода к определению местоположения и ориентации протяженного объекта на основе обработки пары изображений, полученных с использованием пространственно разнесенных матричных фотоприемников.

1. Описание подхода

Пусть в заданной системе координат имеется некоторый объект, местоположение и пространственную ориентацию которого необходимо определить. В качестве протяженного объекта рассмотрим цилиндр длиной D и радиусом r. Проекции объекта показаны условны. Геометрия решаемой задачи в декартовой системе координат показана на рис. 1.

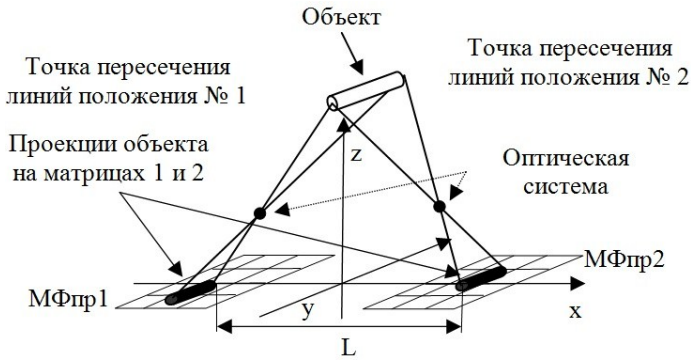


Рис. 1. Геометрия задачи

В плоскости XY на расстояние L друг от друга расположены два идентичных матричных фотоприемника с известными параметрами МФпр1 и МФпр2 (количество чувствительных элементов матрицы M и N по осям X и Y соответственно и физический размер фоточувствительных элементов ΔX и ΔY). Каждый МФпр расположен в фокусе оптической системы на удалении F. На поверхности фотоприемников проецируются изображения объекта наблюдения, размер и положение которых зависит от размера и положения объекта в пространстве относительно рассматриваемых матричных фотоприемников.

Если в качестве наблюдаемого объекта рассмотреть точечный , то линия положения объекта наблюдения будет совпадать с прямой, проведенной через центр объектива $F(x_F, y_F, z_F)$ и точку с

координатами элементарного фотоприемника, на поверхности которого проецируется изображение.

Соответственно для МФпр1 и МФпр2 линии положения определяются

$$\frac{x-x_{F1}}{x_{p1}-x_{F1}}=\frac{y-y_{F1}}{y_{p1}-y_{F1}}=\frac{z-z_{F1}}{0-z_{F1}},\ \frac{x-x_{F2}}{x_{p2}-x_{F2}}=\frac{y-y_{F2}}{y_{p2}-y_{F2}}=\frac{z-z_{F2}}{0-z_{F2}} \qquad (1)$$

где $(x_{F_1}, y_{F_1}, z_{F_1})$ и $(x_{F_2}, y_{F_2}, z_{F_2})$ - координаты главных точек оптической системы, $(x_{p1}, y_{p1}, 0)$ и $(x_{p2}, y_{p2}, 0)$ - координаты засвеченных фотоприемников, определяемых соответственно

$$x_{p1(p2)} = \Delta X_{1(2)} \bullet \qquad \bullet \qquad (2)$$

где j, i – номера столбца и строки соответствующего фотоприемника, на который проецируется объект наблюдения.

Используя предложенный в [1] алгоритм определения координат источника оптического излучения и подставляя в него координаты засвеченных пикселей и главных точек: $x_{p1(p2)} = \Delta X_{1(2)} \bullet$ $y_{p1(p2)} = \Delta Y_{1(2)} \bullet$ и $(x_{F_1}, y_{F_1}, z_{F_1})$, $(x_{F_2}, y_{F_2}, z_{F_2})$ получим искомые координаты точечного источника оптического излучения (x, y, z).

Для протяженного объекта алгоритм модифицирован.

Полученная на выходе матричного приемника матрица яркостей подвергается обработке с привлечением последовательности процедур, реализованных в известном детекторе Канни [3]. Результатом работы указанного детектора будут являться границы изображения протяженного объекта толщиной в один пиксель, что позволит существенно повысить информативность наблюдаемых изображений применительно к рассматриваемому подходу, а также уменьшить влияние внешних и внутренних шумов и разброса параметров фоточувствительных элементов.

Далее полученное изображение подвергается логической обработки, результатом которой будут являться координаты точек изображения, где граница резко меняет свое направление. Данные точки применительно к изображению одной проекции выделены на рис. 2.

Набор координат середин отрезков позволяет сформировать линии положения с каждого фотоприемника, которые попарно анализируется на максимальное сближение в пространстве положения объекта. Центры кратчайших отрезков, соединяющие линии положения в точках их максимального сближения являются координатами объекта, позволяющими определить его пространственную ориентацию.

Вычислительная схема, реализующая рассматриваемый подход, показана на рис. 3.

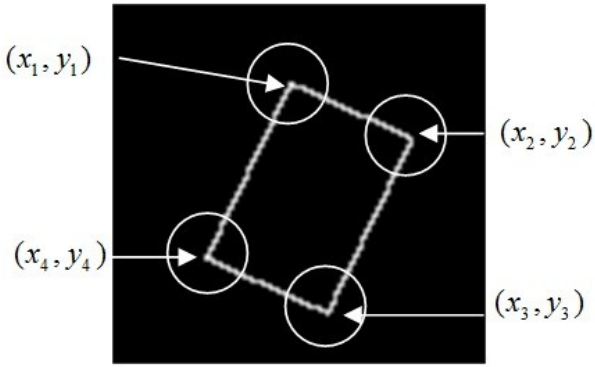


Рис. 2. Характерные точки изображения

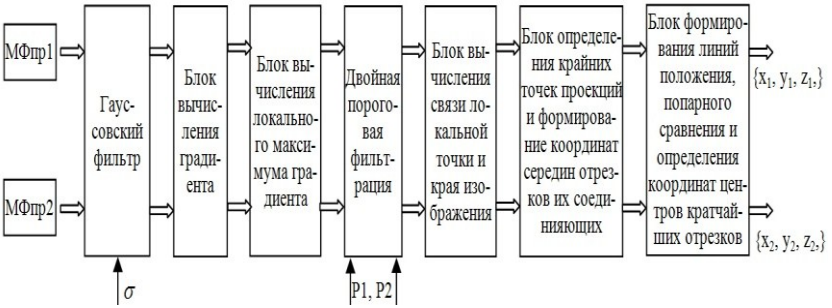


Рис. 3. Вычислительная схема

Для оценки работоспособности предлагаемого подхода была разработана имитационная модель, включающая в себя ранее рассмотренную схему, а также модуль формирования пространственного положения протяженного объекта и модуль расчета проекций объекта на поверхности матричных фотоприемников.

Результат работы имитационной модели представлен на рис. 4. На нем показано: исходное положение протяженного объекта (1), изображения объекта на поверхностях матричных приемников МФпр1 и МФпр2 (2), рассчитанные середины отрезков и проведенные через них и точки с координатами объективов (3) линии положения (4), рассчитанное пространственное положение объекта наблюдения (4).

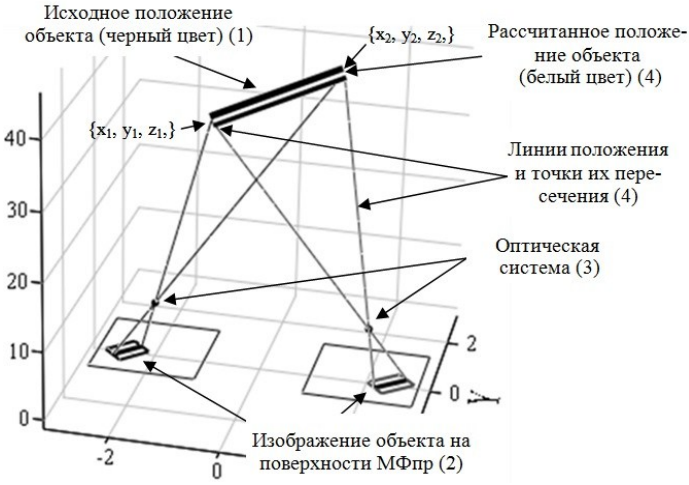


Рис. 4. Геометрическая интерпретация результатов работы имитационной модели

Заключение

Проведенные расчеты показали, что предлагаемый подход обеспечивает определение пространственных координат и ориентацию протяженного объекта с высокой степенью достоверности. Существенные ошибки возникают, когда объект выходит из поля зрения МФпр, и проекции граничат с одной из сторон матриц. В этом случае возможно только определение координат объекта, например с использованием алгоритма нахождения энергетического центра изображения

Непосредственное влияние на точность измерения координат оказывают размеры и количество фоточувствительных элементов матричных фотоприемников. При наличии технологических ограничений на их размер и количество применимы программно-аппаратные методы повышения разрешения цифровых изображений, такие как [4].

Таким образом, предлагаемый подход к определению местоположения протяженного объекта и его пространственной ориентации реализован на основе совместной обработке изображений, получаемых двумя разнесенными матричными фотоприемниками, расположенными в точках с известными координатами. Дополнительными информативными признаками, которые можно получить в процессе реализации рассматриваемого подхода, являются геометрический размер протяженного объекта, направление и скорость его перемещения.

Список литературы

1. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов / Под ред. Ю. Л. Козирацкого. М.: Радиотехника, 2015. – 456 с.

2. Якушенков Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов:учебник / Ю. Г. Якушенков – 6-е изд., перераб. и до. – М. : Логос, 2012. – 568 с.

3. Гонсалес Р., Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2012. 1104 с.

4. Козирацкий А.Ю. Способ повышения разрешения оптических изображений / А. Ю. Козирацкий, А. И. Гревцев, М. М. Фролов // Радиотехника. – 2015. – № 12. – С. 54-59.

Алгоритм аутентификации пользователя по клавиатурному почерку

А. В. Бацких, e-mail: svatikova96@mail.ru
В. В. Меньших, e-mail: menshikh@list.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *Разработан алгоритм аутентификации пользователя по клавиатурному почерку на основе использования нейросетевой технологии, реализованный средствами языка программирования Python.*

Ключевые слова: *аутентификация пользователя, нейросетевые технологии, клавиатурный почерк.*

Введение

В веке информационных технологий особое внимание уделяется защите конфиденциальной информации от несанкционированного доступа в компьютерных системах. С помощью процедуры разграничения доступа мы можем избежать проблему несанкционированного доступа к компьютерным ресурсам. Одной из таких процедур является аутентификация, заключающаяся в сопоставлении идентифицированного пользователя и его атрибутов безопасности. Различают три типа аутентификаторов основанных на проверке паролей, уникальных устройств и биометрических характеристик.

Широкое распространение в компьютерных системах, благодаря своей простоте в использовании, получил именно парольный метод аутентификации. Но он имеет и существенные недостатки. К примеру, возможность передачи пароля другому лицу, угадывание или подбор. Аутентификация на базе аппаратных средств - надежное, но более дорогое и потому менее распространенное решение. С развитием технологий все большую популярность набирает биометрическая аутентификация, удостоверяющая личность пользователя по его биометрическим данным. К статическим характеристикам биометрических данных можно отнести отпечатки пальцев, сетчатка глаза, геометрия лица. Динамические характеристики включают походку, тембр голоса, клавиатурный почерк человека. Биометрический способ аутентификации обеспечивает гораздо более надежную защиту,

© Бацких А. В., Меньших В. В., 2019

ведь тут не нужно носить с собой устройство, которое можно потерять или забыть.

Для повышения уровня защиты информации целесообразно применять многомодальную аутентификацию. Многофакторность заключается в использовании аутентификационных признаков разного типа. В данной работе будут рассмотрена двухфакторная аутентификация в сочетании пароля и биометрических данных. Предлагается разработать алгоритм аутентификации пользователя путем анализа его клавиатурного почерка с использование нейросетевой технологии на языке программирования Python.

1. Разработка алгоритма

Для аутентификации система должна хранить информацию, которая характеризует неповторимые качества конкретного пользователя. В общем виде аутентификация на основе нейросетей проходит в несколько этапов:

1. Этап получения и анализа данных:

– Получение биометрических данных, путем прохождения пользователем регистрации в оконном приложении. Пользователю предлагается указать ФИО, должность, подразделение в котором работает, придумать логин и пароль и повторить ввод ключевых фраз несколько раз;

– Преобразование и фильтрация введенных данных.

2. Этап создания и обучения модели (листинг 1):

– Разработка модели последовательного типа (Sequential API) с помощью библиотеки глубокого обучения Keras. Создается модель, в которой один за другим добавляются слои, заданные отдельно друг от друга;

– Подготовка модели к работе, компилирование модели;

– Обучение и тестирование.

3. Этап распознавания пользователя:

– Считывание биометрических данных в окне авторизации пользователя (ввод логина и пароля);

– Преобразование и фильтрация введенных данных;

– Классификация входного вектора: 0 - запретить вход, 1 - разрешить вход.

Листинг 1

Создание модели

```
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
import numpy as np
```

```
# загружаем данные
dataset = np.loadtxt("data.txt", delimiter=",")
X = dataset[:,0:10]
Y = dataset[:,10]

# Создаём модель
model = Sequential()
# Добавляем первый слой Dense
model.add(Dense(12, input_dim=10, activation='relu'))
# добавляем второй слой
model.add(Dense(10, activation='relu'))
# Компилирование модели
model.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam',
metrics=['accuracy'])

# Обучение модели
model.fit(X, Y, epochs=15, batch_size=10,  verbose=2)
# Предсказание
predictions = model.predict(X)
```

На первом этапе при вводе персональных данных необходимо выделить устойчивые индивидуальные признаки пользователя. Такие как:

- интервал времени между нажатиями клавиш,
- скорость набора,
- общее время ввода парольной фразы,
- время удержания каждой клавиши на клавиатуре.

Далее важным пунктом является создание эталона пользователя, на базе которого будет происходить сравнение характерных признаков зарегистрированных пользователей.

2. Особенности алгоритма

Данный алгоритм аутентификации пользователя по клавиатурному почерку обладает высоким быстродействием и простотой, так так пользователю достаточно ввести только свой логин и пароль. Но биометрическая система аутентификации не может определить пользователя с абсолютной точностью, поскольку биометрические характеристики человека зависят от ряда условий – это эмоциональное и физическое состояние человека, время суток, погодные условия, качество используемого оборудования. Поэтому система может привести к ошибкам первого и второго рода:

1. Ложный доступ (FAR) - вероятность ложного доступа, один человек может быть принят за другого;
2. Отказ в доступе (FRR) - вероятность ложного отказа в доступе, человек не распознан в системе.

Важно иметь возможность регулировать допустимые вероятности ошибок. Сопоставляя последствия этих ошибок, можно выбрать приемлемое соотношение их вероятностей.

Для того чтобы повысить точность аутентификации необходимо использовать ключевые фразы общей длиной от 6 до 30 символов. Это объясняется тем, что пользователь вводит ключевые фразы, состоящие из одного, двух слов подсознательно, с подключением мышечной памяти. Подсознательные движения стабильны до момента включения сознательного уровня мышления, приводящему к эффекту «сороконожки», сбивающейся при попытке понять, как же она ходит.

Целесообразно постоянно обновлять эталон пользователя, в связи с тем что по истечению времени возможно улучшение навыков работы с клавиатурой или наоборот ухудшение из-за старения организма. А также в случаях замены клавиатуры придется переобучать систему.

Заключение

Разработанный алгоритм аутентификации пользователя позволяет повысить уровень защиты компьютерных систем от несанкционированного доступа за счет использования скрытой аутентификации по клавиатурному почерку, злоумышленник может и не знать, что кроме пароля включена дополнительная проверка. Простота реализации и внедрения является огромным плюсом, поскольку не требует дополнительного оборудования и дополнительных навыков.

Данный алгоритм неприемлем в системах, требующих высокого уровня защиты, поскольку он имеет сильную зависимость от психофизического состояния пользователя.

Литература

1. Аверин А. И. Сидоров Д. П. Аутентификация пользователей по клавиатурному почерку [Электронный ресурс] : науч. эл. библ. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/autentifikatsiya-polzovateley-po-klaviaturnomu-pocherku

2. Горелик А. Л. Методы распознавания : учеб. пособие / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1984. – 208 с.

3. Широчин В. П. Динамическая аутентификация на основе анализа клавиатурного почерка / В. П. Широчин, А. В. Кулик, В. В. Марченко // Вестник Национального технического университета Украины «Информатика, управление и вычислительная техника». – 1999. – № 32. – С. 3–16.

Основные признаки и характеристики объектов интереса систем технического зрения

Е. А. Богословский, E-mail: qro76@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина
(г. Воронеж)

Аннотация. *В работе рассматриваются основные признаки и характеристики объектов интереса систем технического зрения, которые могут быть использованы при предварительной обработке изображений.*

Ключевые слова: *Система технического зрения, объект интереса, демаскирующие признаки, характеристики объектов.*

Бортовые системы технического зрения (СТЗ), устанавливаемые на космические и воздушные суда, а также беспилотные летательные аппараты, способны решать обширный спектр задач. Одной из основных задач, стоящей перед такой бортовой СТЗ, является обнаружение различных объектов интереса и определение характеризующих их параметров.

При обработке получаемых СТЗ изображений предполагается, как правило, наличие достаточно точной цифровой модели рассматриваемого участка местности, которая описывает яркость и форму этого участка. Присутствие объектов изменяет значения яркости и формы в локальных областях, что и является признаком наличия объектов. Существует сложность точного описания значений яркости фона и объектов из-за ее нестабильности, вызванной множеством факторов. Кроме того, возможности использования яркостных признаков объектов могут быть существенно снижены в результате применения маскировки [1].

Задача выделения признаковой информации об объекте решается, прежде всего, путем его обнаружения и распознавания. Среди множества признаков, присущих конкретному объекту, существуют признаки, которые позволяют обнаруживать его среди других похожих объектов и распознать его принадлежность, назначение, функции, свойства, особенности и характеристики.

Признаки, позволяющие отличить один объект от другого, называются демаскирующими [2]. Демаскирующие признаки объекта составляют часть его признаков, а значения их отличаются от значений соответствующих признаков других объектов.

© Богословский Е. А., 2019

Все признаки объекта по характеру проявления можно разделить на три группы: видовые демаскирующие признаки; сигнальные демаскирующие признаки; материально-вещественные признаки.

Совокупность демаскирующих признаков этих трех групп представляет модель объекта, описывающую его внешний вид, излучаемые им поля и его внутреннюю структуру.

При создании СТЗ, обнаруживающей различные объекты, в первую очередь необходимо учитывать видовые признаки объектов, к которым относятся форма объекта, его размеры, детали объекта, тон, цвет и структура его поверхности и др.

Важнейшим показателем признака объекта является его информативность. Информативность можно оценивать мерой в интервале от нуля до единицы, соответствующей значению вероятности обнаружения объекта по конкретному признаку. Чем признак более индивидуален, т. е. принадлежит меньшему числу объектов, тем он более информативен.

Признаки, непосредственно не принадлежащие объекту, но отражающие свойства и состояние объекта, называются косвенными [2]. Эти признаки являются, как правило, результатом взаимодействия рассматриваемого объекта с окружающей средой. Информативность косвенных признаков в общем случае ниже информативности прямых. Однако их также необходимо учитывать.

В общем случае для описания объекта имеет значение не только количество и информативность признаков, но последовательность и время их проявления. Если признаки зависимы, т.е. проявление какого-либо признака статистически связано с проявлением другого, то вероятность обнаружения объекта уменьшается по сравнению с вариантом независимых признаков. Например, значения признака “тень” при наблюдении объекта зависит от значения признака “размеры” и от взаимного пространственного положения объекта и внешнего источника света.

В общем случае признаковая структура представляет собой набор независимых или зависимых признаков, о которых достоверно известно, что они относятся к рассматриваемому объекту.

Видовые демаскирующие признаки описывают внешний вид объекта. Они объективно ему присущи, но выявляются в результате анализа внешнего вида модели (изображения) объекта на экране оптического приемника.

Так как модель в общем случае отличается от оригинала, то состав и значения видовых демаскирующих признаков зависят не только от объекта, но и от условий наблюдения и характеристик оптического приемника. Наибольшее количество информативных видовых

демаскирующих признаков добывается при визуально-оптическом наблюдении объектов в видимом диапазоне.

Основными видовыми демаскирующими признаками объектов в видимом диапазоне являются [2]:

1. фотометрические и геометрические характеристики объектов;
2. тени, дым, пыль, следы на грунте, снеге, воде;
3. взаимное расположение элементов сложного объекта;
4. расположение защищаемого объекта относительно других известных объектов.

Геометрические и фотометрические характеристики объектов образуют наиболее устойчивую и информативную структуру, так как они присущи объекту и относятся к прямым признакам. Размеры объекта наблюдения определяются по максимальному и минимальному линейным размерам, площади и периметра проекции объекта и его тени на плоскость, перпендикулярную к линии визирования (наблюдения), высоте объекта и др.

Форма – один из основных демаскирующих признаков объектов, поскольку для них, как правило, характерны геометрические правильные формы. Детали объектов, их количество, характер расположения дают представление о сложном объекте и позволяют отличить его от подобных по форме.

Тени объектов возникают в условиях прямого солнечного освещения и являются важными демаскирующими признаками. По тени легче судить о форме и высоте объекта. Некоторые объекты часто распознают только по тени. Различают два вида тени: собственную, которая ложится на поверхность самого объекта в зависимости от его формы, и падающую, отбрасываемую объектов на фон или поверхность других объектов. По падающей тени можно обнаружить объект, определить его боковые размеры, высоту, а также в ряде случаев и форму [2].

В области технического зрения решение задач обнаружения (выделения), распознавания и интерпретации объектов на изображении, в последнее время основаны не на поиске объектов, а на поиске (обнаружении, выделении) границ объектов с последующим их анализом по определенным критериям. Поэтому целесообразным представляется использовать в качестве моделей объектов набор элементарных геометрических фигур равномерной яркости на однородном фоне (рис. 1), комбинациями которых возможно представить практически все объекты, представляющие интерес. Изображения объектов сложной формы (танк, самолет, корабль и др.)

можно сформировать совокупностью отдельных элементарных геометрических фигур.

В отличие от геометрической формы, распределение яркости как по фону, окружающему объект, так и по поверхности самого объекта предсказать с достаточной для уверенного обнаружения или распознавания точностью труднее. Дополнительные трудности могут быть внесены применением маскировочной окраски, что однозначно ведет к резкому снижению контраста объекта относительно фона.

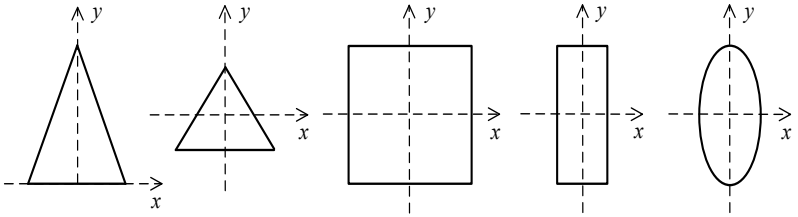


Рис. 1. Модели объектов

При дешифровании наблюдатель имеет дело не с самими демаскирующими признаками, а с носителями первичной информации о них, которые могут иметь различную физическую основу. В оптическом диапазоне длин волн видимость объектов определяется яркостным контрастом, при этом дополнительной информацией является контраст между объектом и фоном. Яркость поверхности объекта зависит от освещенности, с увеличением которой она пропорционально возрастает, и от ее отражающих свойств. Видимость объекта зависит также от расстояния. По мере удаления объекта видимость ухудшается. Это обусловлено ослаблением светового потока при прохождении сквозь атмосферу за счет спектрального поглощения его слоем воздуха, что приводит к уменьшению яркости объекта и фона.

Контраст между объектом и фоном (K) – определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона [3].

Если и яркость и цвет объекта и фона совпадают, то его увидеть нельзя: он сольется с фоном в сплошное поле равномерной яркости. Таким образом, объект может быть виден, при условии, если его яркость (или цвет) в достаточной мере отличаются от фона; иначе говоря, необходимо, чтобы контраст яркости между предметом и фоном был достаточно велик.

Контраст объекта с фоном считается [3]: большим – значение *К* более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости); средним – значение *К* находится в промежутке от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); малым – значение *К* менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

При разработке СТЗ необходимо учитывать минимальный размер объекта на изображении, который необходим для его обнаружения, идентификации и распознавания. В большинстве случаев разработчики ОЭС используют эмпирические правила - критерии Джонсона, связывающие вероятность правильного обнаружения с числом строк, приходящихся на размер объекта. Критерии Джонсона, усреднённые по всем классам объектов, имеют значения, приведённые в таблице [4].

Таблица

Критерии Джонсона

Решаемая задача	**Число строк, необходимых для обеспечения 50%-й вероятности правильного обнаружения**
Обнаружение	2
Определение ориентации	3
Идентификация	6
Распознавание	14

Как правило, при рассмотрении небольшого фрагмента изображения на предмет поиска объектов заранее ни координаты, ни ориентация объекта неизвестны. Кроме того, как указывалось выше, неизвестной является яркость точек фона и точек объекта (контраст). Отсюда можно выделить два подхода к решению задач обнаружения объектов в этих условиях [1].

Первый подход: разработка признаков объекта, инвариантных относительно всех или части неизвестных величин.

Второй подход: разработка алгоритмов, адаптивных к неизвестным величинам (форме и яркости объекта, его ориентации и т.д.).

Список литература

2. Белоглазов, И.Н. и [др.] Автоматизированные системы наземных комплексов сбора и обработки данных воздушной разведки / Под ред. И.Н. Белоглазова // Учебное пособие. – Изд. ВВИА им. проф. Жуковского. – 2003. – 296 с.

3. Классификация демаскирующих признаков и их характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.scriru.com/14/27/15782181574.php
4. СНиП 23 – 05 – 95. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://normativa.ru/content/view/308/216/1/13/
5. Обнаружение и распознавание объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sio.su/down_a4ud_373_def.aspx

Восстановления 3D-модели зубов по изображению

А.Д. Борисов, email: radiatus@yandex.ru
Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработан алгоритм, который способен восстановить 3D-модель зубов по изображению оскала.*

Ключевые слова: *обработка изображений, восстановление 3D-модели, моделирование зубов.*

Введение

В последние годы было разработано множество различных методов реконструкции 3D-модели человеческого лица на основе изображений. Эти методы фиксируют высокодетализированную геометрию всего лица или конкретных его областей, таких как волосы, глаза или веки. К сожалению, методам для захвата зубов уделяется очень мало внимания. Однако точное отображение зубов имеет решающее значение для реалистичной имитации мимики, и в настоящее время для высококачественной ее реализации прибегают к кропотливой работе создания зубов вручную. Хотя в стоматологии были разработаны специальные внутриротовые сканеры для зубов, они инвазивны, дороги, громоздки в использовании и не всегда доступны. Таким образом, в этой статье мы рассмотрим первый подход для неинвазивного восстановления целого ряда зубов только на основе фотографии области рта.

В основе рассматриваемого подхода лежит построение модели параметрического зубного ряда, извлеченный из высококачественно отсканированных зубов, пример которых представлен на рис. 1. Этот подход к реконструкции на основе параметрической модели позволяет воссоздать зубы по фотографии таким образом, что видимые области совпадают практически абсолютно точно, а дальние окклюзированные зубы достоверно синтезируются.

Этот подход легко интегрируется в фотограмметрические настройки многокамерной реконструкции для всего лица, но также обеспечивает высококачественное моделирование зубов из обычных некалиброванных фотографий.

© Борисов А. Д., Соломатин Д. И., 2019

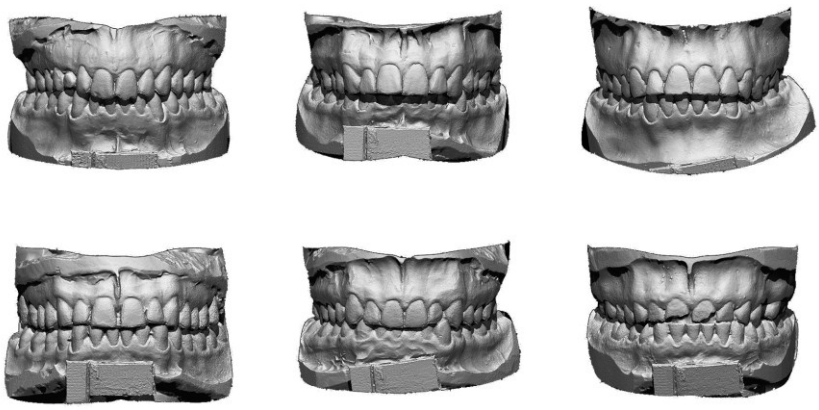


Рис. 1. Трехмерные модели отсканированных слепков зубов

1. Подготовка исходных данных

Для создания базы данных были получены трехмерные сканы гипсовых слепков в высоком разрешении верхних и нижних зубов (рис.1). Хотя сканы содержат подробную геометрию зубов, они также содержат окружающие их десны. Кроме того, нет семантической сегментации ячеек для отдельных зубов.

Чтобы построить и обучить модель, нужна база данных с отдельной геометрией для каждого зуба. Для решения этой проблемы, был создан шаблон верхней и нижней челюсти с корректной топологией и разделением зубов на полигруппы. Необходимо провести нежесткую регистрацию [1] отсканированных зубов, полученный результат представлен на рис. 2.

2. Извлечение информации

Для создания параметрической модели зубов необходимо заранее извлечь необходимую информацию из набора отсканированных зубов. Далее, для упрощения изложения, все действия в статье будут проводиться только для верхнего ряда зубов (операции для нижнего ряда полностью аналогичны). Необходимо провести жесткое выравнивание всех зубов к шаблонной модели. Затем, повторить жесткое выравнивание каждого отдельного зуба из набора и сохранить необходимые трансформации.

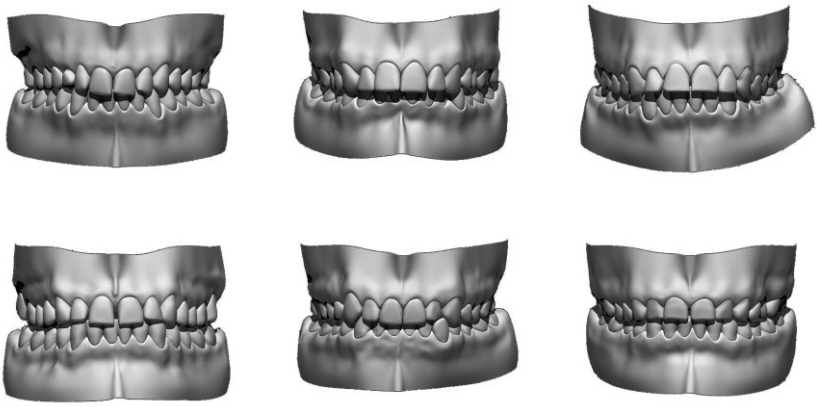


Рис. 2. Модели зубов после нежесткой регистрации

3. Параметрическая модель

Используемая параметрическая модель, которая кодирует каждый зуб в ряду, выглядит следующим образом:

$$\mathbf{Z}_i = \mathbf{T}\mathbf{T}_i\mathbf{T}_i^c\left(\mathbf{S}_i^c + \mathbf{a}_i\mathbf{B}_i\right) \quad (2)$$

Где $\mathbf{T}$ – это матрица глобальной трансформации для всего ряда зубов,

$\mathbf{T}_i$ – матрица локальной трансформации i -ого зуба,

$\mathbf{T}_i^c$ - матрица средней трансформации i -ого зуба,

$\mathbf{S}_i^c$ – средняя форма i -ого зуба в векторной форме,

$\mathbf{B}$ – подпространство формы для зуба, которое кодирует изменение его формы,

$\mathbf{a}_i$ – вектор параметров формы зуба.

Форма каждого конкретного зуба задается с помощью анализа главных компонент (PCA)[2]. PCA предоставляет среднюю форму конкретного вида зуба, а также набор главных компонент (PC). Чтобы избежать переобучения, усекается количество PC до включения 95% информации, что в среднем составляет 4, 6, 10, 12 компонент для каждого резца, клыка, премоляра и моляра соответственно.

4. Оценка параметров модели

Восстановление происходит по изображению контуров зубов. На изображении вручную размечаются контуры зубов с помощью специальной программы для разметки, а после растеризация оно подается на вход алгоритму. Он, в свою очередь, должен найти такие параметры нашей модели зубов, которые наилучшим способом описывают созданный контур. Таким образом, формулируется задача нахождения оптимальных параметров модели, которые наилучшим образом объясняют данный набор входных наблюдений, как задачу оценки максимума апостериорной вероятности (MAP) при неизвестных параметрах X.

Для этого максимизируется следующее апостериорное распределение вероятностей:

$$X = \arg\max_x p(X \mid P) = \arg\max_X p(P \mid X)p(X) \tag{3}$$

Вероятность наблюдения контуров определяется функцией расстояния point-to-point, которая в данном случае выглядит следующим образом:

$$p(P \mid X) = \sum_i^{|P|} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\| c_i - c_i^t \|_2}{\sigma}\right)^2\right] \tag{4}$$

Где c – это точка контура модели зубов, c^t – соответствующая точка контура зубов с фотографии, σ – гиперпараметр, который подбирается опытным путем.

Априорное распределение представляет собой вероятность того, что данные параметры статистически достоверны, основываясь на многомерном нормальном распределение для трансформаций и параметров PCA формы.

$$p(X) = \prod_{i=1}^{N}\left[p_{local}(\mathbf{T}_i) \cdot p_{shape}(\mathbf{a_i})\right] \tag{5}$$

5. Оптимизация

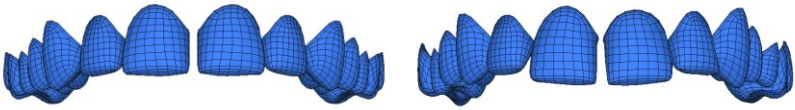
Оптимизация состоит из двух повторяющихся шагов.

На первом шаге находятся соответствия между точками контура модели зубов и контуром на фотографии. Это делается простым проходом по каждой точке и просчетом функции point-to-point.

На следующем шаге происходит оптимизация, путем логарифмирования и смены знака.

$$X^{k+1} = \arg\min_x \left[-\log p(X \mid P)\right] \tag{6}$$

В результате чего получается стандартная задача минимизации функции, которую можно решить итеративным алгоритмом Левенберга-Марквардта [3]. После ряда вычислений получаем параметры, которые описывают данный контур зубов. Пример полученной модели представлен на рис. 3.



а б

базовая модель в процессе выполнения алгоритма принимает форму целевой модели

Рис. 3. Трехмерные модели зубов:
а – базовая модель, *б* – целевая модель

Заключение

В ходе исследований был разработан алгоритм для воссоздания 3D-модели зубов по фотографии, в результате извлечения контура зубов и подгонки параметрической модели под этот контур.

Список литературы

2. Global Correspondence Optimization for Non-Rigid Registration of Depth Scans [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.hao-li.com/publications/papers/sgp2008GCO.pdf

3. A tutorial on Principal Components Analysis Scans [Электронный ресурс].-Режим Доступа : http://www.cs.otago.ac.nz/

4. The Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least squares curve-fitting problems [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://people.duke.edu/~hpgavin/ce281/lm.pdf

5. COUPLING FOCUS STACKING WITH PHOTOGRAMMETRY TO ILLUSTRATE SMALL FOSSIL TEETH [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.jpaleontologicaltechniques.org/

Программа получения информации из открытых источников

Д. А. Бражников
П. В. Шемяков
С. А. Будников, email: buser@bk.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрен вопрос создания программы поиска, сбора и анализа информации из открытых источников, что позволит автоматизировать процесс сбора, обработки и представления в наиболее удобном виде больших массивов информации. Дан обзор и подробная характеристика математического инструментария, предметной области, библиотек языка Python. Приведены примеры работы данных библиотек в контексте разработанной программы.*

Ключевые слова: *поиск, сбор и анализ информации, социальные сети, открытые API-функции, язык Python, обработка и визуализация массивных структур данных, алгоритмы машинного обучения.*

Введение

С бурным развитием информационных технологий начался и новый период в истории производства, хранения, передачи, сбора и анализа информации. В большой степени он затронул и экономическую плоскость мирового взаимодействия начавшейся постиндустриальной эпохи [4]. В связи с этим все большее значение придается инструментарию по поиску, сбору и анализу необходимой информации на основе анализа открытых источников информации.

Однако при практической реализации исследователи и аналитики сталкиваются с определенными программно-техническими трудоемкими задачами обработки естественного языка, эффективной реализации машинного обучения и графически наглядного представления взаимосвязанности пользователей.

Поэтому целью работы будет являться разработка программы получения информации из открытых источников с использованием программных средств и возможностей языка Python.

© Бражников Д. А., Шемяков П. В., Будников С. А., 2019

Основная часть

Развитие компьютерных технологий, доступность Интернета и увеличение информационного потока открытой информации сделало поиск информации на основе анализа открытых источников информации еще более необходимым и актуальным. Комбинация различных технологий позволяет получать доступ к огромным массивам данных, необходимых для оценки ситуации, осуществлять контроль за обстановкой и удовлетворять потребности в информации [3].

Как показали исследования, анализ социальных сетей особенно хорошо подходит для понимания онлайн-взаимодействий между агентами, которые практически всегда имеют сетевую структуру, в основе анализа которой лежат математическая теория графов и концепция сетей [2].

В ходе решения задачи сбора данных из социальных сетей пришлось столкнуться с задачами обработки естественного языка и построения графов взаимосвязанности пользователей.

В контексте социальных сетей очевидное использование теории графов заключается в представлении социальных отношений пользователей. В целом, в социальных науках, графовая структура, используемая для представления социальных отношений, также упоминается как **социальная сеть**.

Для программной реализации был выбран один из наиболее перспективных для этого направления деятельности язык программирования Python, обладающий широким набором библиотек расширений, позволяющих эффективно работать с большими массивами данных и обрабатывать их [1]. Наиболее важными из них, применимых в ходе написания данной работы являются:

– **NumPy -** для быстрой и эффективной обработки массивных структур данных;

– **Pandas -** обеспечивает быстрое вычисление и предлагает удобные структуры данных, называемые **Series** и **DataFrame;**

– **Scikit-learn -** коллекция с открытым исходным кодом алгоритмов машинного обучения, которые включают инструменты для предварительной обработки данных, оценки выводов алгоритма и визуализации результатов;

– **NLTK -** обеспечивает дружественный интерфейс для многих распространенных задач обработки естественного языка;

– **NetworkX -** для создания, обработки и изучения сложных сетевых структур.

Данные библиотеки явились «программным фундаментом» для разработки программы поиска информации из открытых источников

информации, позволяющей собирать, обрабатывать и кластеризировать данные, полученные из открытых источников. Более того вышеуказанный перечень библиотек позволяет программе выделять список наиболее употребляемых пользователем слов и искать их определения в англоязычной Википедии.

Помимо анализа постов на стене пользователя данная программы строит эгоцентрический граф сообщества, наглядно описывающий круг знакомств исследуемого объекта и совокупность связей внутри него, что позволяет в конечном итоге изучать не только интересы одного человека, но и связанных с ним людей и организаций.

Используя программные средства Python и механизмы обработки естественных языков и машинного обучения был разработан алгоритм поиска необходимой нам информации в социальных сетях, её классификации и кластеризации.

На основе выходных данных алгоритм визуализирует полученные результаты посредством построения эгоцентрического графа интересующего нас пользователя и, что не менее важно, после его обработки формирует диаграммы, позволяющие охарактеризовать сообщество других пользователей, являющихся друзьями по отношению к изучаемому нами пользователю. При их описании алгоритм использует такие данные, как возраст, место жительства, семейное положение и пол.

При начале работы программа требует задания от оператора индивидуального идентификатора конкретного пользователя социальной сети. После чего начинается сбор информации об окружении данного пользователя, а именно открытой персонализирующей информации, которая позволяет оператору сделать обобщения об объекте исследования. Данные обобщения представлены следующими графическими представлениями:

– Эгоцентрический граф сообщества.

– Круговые диаграммы, показывающие соотношения персонализирующих признаков в целевом сообществе (пол, возраст, семейное положение, город).

Данная диаграмма и граф были получены от данных реального пользователя социальной сети VK, но по понятным причинам имя данного человека не может быть названо. Исходя из полученных иллюстраций можно сделать вывод, что сообщество друзей данного человека представляет собой единую взаимосвязанную группу с большим количеством общих связей, что говорит о высокой интегрированности коллектива (исходя из графа). А также, что это группа людей в возрасте от 20 до 30 лет (предположительно студентов),

находящихся, в основном, в Воронеже (студенты одного ВУЗа или другого учебного заведения).

Таким образом, последовательность действий программы следующая. Вначале программа конструирует get-запрос к ссылке, которая содержит API-функцию интерфейса социальной сети VK и переводит её в json-формат. Далее происходит заполнение списков с необходимыми нам полями, указанными выше, в котором данные берутся из полученного ответа. Эта разбиение будет в дальнейшем использоваться для построения круговых диаграмм в качестве пояснения к основному графу.

В конце выводится справочная информация об основных характеристиках графа, такие как число узлов, число дуг и другие. Так как библиотека NetworkX не поддерживает вывод информации в русскоязычном формате, то для избежание этого проводим замену английских слов на русские. Затем строятся сами граф и круговые диаграммы с помощью средств NetworkX, GraphViz и MatPlotLib.

Помимо построения графа сообщества и диаграмм программа выполняет обработку естественно языка (текста), выбираемого из сообщений на стене пользователя с идентификатором, введенным оператором ранее.

Основную функциональную нагрузку несет в себе библиотека NLTK для Python. Библиотека NLTK включает готовую к применению реализацию, позволяющую выполнить процедуру выделения именованных сущностей. Каждой именованной сущности, если она распознана правильно, присваивается соответствующий тип (человек, географическое название и т.д.).

Далее следует функция, которая выполняет обход списка лексем, обработанных процедурой разметки (разбиения на части речи), и возвращает список именованных групп. Именованные группы — это последовательности лексем, отмеченных одинаковым тегом и связанных с существительным (например, NN или NNP). Список существительных может сравниваться с фактическими именованными сущностями в том виде, как были определены библиотекой NTLK.

Затем определяется функция, которая принимает дерево сегментов и тип сущности и возвращает список сущностей из дерева, соответствующих указанному типу.

И, наконец, основная логика сценария ведется выборка всех постов пользователя с идентификатором, указанным оператором, перевод их из json-формата в текстовый. После проводится лексемизация полученного массива текста на отдельные токены (слова) с выборкой всех существительных.

В дальнейшем планируется подготовить программное решение, которое будет самостоятельно проводить кластеризацию пользователей на основании алгоритма к-средних. Из числа полученных существительных будут выбираться 30 самых частых в обращении для каждого участника сообщества и на основании данных этих 30 входных векторов алгоритм будет проводить кластеризацию с выводом описаний векторов в каждом из кластеров.

Кроме того, данные методы получения информации из открытых источников планируется перенести на другие социально-медийные платформы (Twitter, Facebook, StackExchange, Google+ и другие) с учетом возможностей и ограничений API-интерфейсов.

Заключение

Последняя на момент написания этой работы версия программы была опробована на русскоязычной социальной сети «Вконтакте», однако на данный момент не существует каких-либо значительных технических и программных трудностей для переноса её на другие социально-медийные платформы, такие как Twitter, Facebook, StackExchange, Google+, что существенно расширит область профессиональной деятельности данного программного продукта.

Таким образом, была разработана структурная схема алгоритма сбора и обработки данных, создана программа для поиска и анализа информации из открытых источников, получены практические результаты, позволяющие с достаточной точностью охарактеризовать не только склонности исследуемого человека, его увлечения и интересы, круг знакомств, но и определить эти параметры и у людей, непосредственно или через кого-либо с ним связанных.

Список литературы

1. Бонцанини М. Анализ социальных медиа на Python. 1-е изд. – М. : ДМК Пресс, 2016. –394 с.

2. Губанов, Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили.-М.: Физматлит, 2010. – 227 с.

3. Дорофеев А.В. Структурированный мониторинг открытых персональных данных в сети интернет / А.В. Дорофеев, А.С. Марков // Мониторинг правоприменения. – 2016. – № 1 (18). – С. 41-53.

4. Крикунов, А. Роль социальных сетей в информационном противоборстве / А. Крикунов // Военно-политическая аналитика. – 2015.

Разработка программного модуля защиты информации в журналах регистрации событий и учета автоматизированных систем управления предприятием

А. В. Брянцев, email: arsssenii@yandex.ru [1]
Е. А. Болтёнкова, email: elenaboltenkova0098@mail.ru [2]
Д. А. Бондарев, email: dmitryvolonteer@gmail.com [1]
С. В. Савин, email: seva_xtime@mail.ru [1]

[1] Краснодарское высшее военное училище им. генерала армии С.М. Штеменко
[2] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация. *Выполнена работа по разработке программного модуля для системы ведения защищённых электронных журналов регистрации событий, выполненного в виде блока дублирования и преобразования исходных данных записей аудита событий безопасности операционной системы семейства Windows в зашифрованный по известному алгоритму файл с уникальным расширением. Разработанный модуль может быть использован для обеспечения безопасности информации в автоматизированных системах управления предприятием.*

Ключевые слова: *автоматизированная система управления предприятием, безопасность информации, криптография, аудит событий безопасности, контроль целостности данных.*

Введение

Информационные технологии с каждым годом оказывают все большее влияние как на экономику, так и на повседневную жизнь людей. Этапы качественного развития большинства отраслей (энергетики, медицины, образования, торговли, финансового сектора, страхования и др.) и государственного управления, в том числе в промышленной сфере, связаны с внедрением информационных технологий.

Внедрение информационных технологий в учреждения, организации и предприятия оказывает существенное влияние на производительность труда и значительно уменьшает трудоемкость управления [1], что является необходимыми условиями для выполнения специальных задач.

© Брянцев А. В., Болтёнкова Е. А., Бондарев Д. А., Савин С. В., 2019

В настоящее время каждый современный человек обладает навыками работы с компьютером. Стоит заметить, что любые действия, производимые пользователем в операционной системе можно отследить. Именно для этого и предназначен журнал аудита событий безопасности. В журнале регистрируются все ошибки, информационные сообщения и предупреждения программ, просматриваемые веб-сайты, запускаемые службы и приложения, а также время выполнения вышеуказанных действий пользователями и администраторами.

Из [2] известно, что злоумышленники часто используют уязвимости операционной системы, чтобы получить доступ к компьютерным данным законных пользователей, при этом скрывая факты своих действий, удаляя или изменяя записи из журнала событий безопасности. Особую угрозу представляют такие нарушители информационной безопасности в крупных учреждениях, организациях и предприятиях, где изменению или удалению важной информации может последовать большой экономический ущерб.

1. Описание разработанного программного обеспечения

Для обеспечения безопасности данных, обрабатываемых в автоматизированных системах управления предприятием, был разработан программный модуль защиты информации в журналах регистрации событий безопасности, состоящий из блока организации вывода зашифрованной по известным алгоритмам информации при ведении журнала регистрации событий безопасности [3].

Данный модуль позволяет дублировать и криптографически преобразовывать информацию по известным алгоритмам, хранящуюся в журнале аудита событий, при помощи заданной гаммы в защищённый файл с уникальным расширением, при этом создавая вторичную преобразованную запись. Экранные фрагменты программного обеспечения представлены на рис. 1-2.

Разработанный программный модуль (блок) предназначен для защиты информации, обрабатываемой в автоматизированных системах управления предприятием путем преобразования исходных данных журнала регистрации событий безопасности в зашифрованный текст. Данная программа может применяться для реализации системы контроля целостности журналов непрерывно ведущихся записей данных учреждений, организация, крупных и малых предприятий.

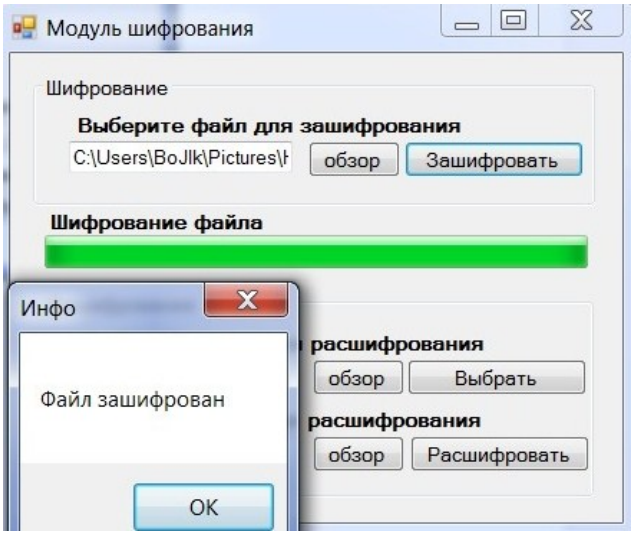


Рис. 1. Графический интерфейс программного модуля защиты информации

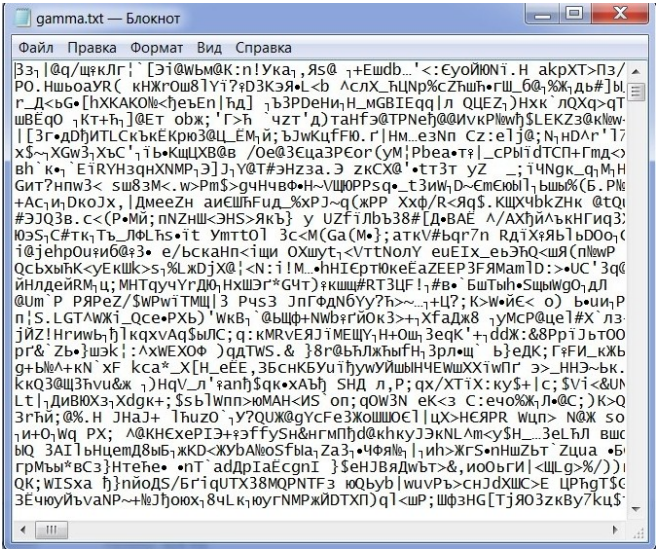


Рис. 2. Текстовый файл с защищенными данными аудита событий безопасности OS Windows

Программа может выполнять следующие операции:

– выбор электронной записи аудита безопасности событий для защиты;

– криптографическое преобразование электронной записи по известному алгоритму;

– генерация гаммы с последующим выводом в виде текстового файла;

– вывод защищенного файла, содержащего дублирующую запись аудита событий безопасности, с уникальным расширением.

Заключение

Таким образом, разработанное программное обеспечение позволит приблизиться к решению актуальной задачи по защите информации от несанкционированного изменения или удаления, угрозу которых могут реализовать внутренние нарушители (например, сотрудники организации, имеющие права администраторов или доступ к данным) в автоматизированных системах управления предприятием, являющейся одной из задач обеспечения информационной безопасности.

Список литературы

1. Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014-2020 годы и на перспективу до 2025 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 1 ноября 2013 г. № 2036-р).

2. Савин С.В. Защищенное хранение данных аудита безопасности АС, Сборник научных трудов Шестой международной научно-технической конференции (Инфоком-6) / С.В. Савин – г. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. Ч. 2. – С. 480-484.

3. ПрЭВМ 2018618674 Российская Федерация. Модуль генерации псевдослучайной последовательности хэш-функций при организации контроля целостности данных : заявитель и правообладатель Брянцев А. В. – № 2018616099; заявл. 13.06.2018; опубл. 17.07.2018.

Алгоритм расчета координат центра распределенного объекта по данным геодезических, картометрических и фотометрических измерений

И. В. Бурзак
А. А. Козирацкий
В. Д. Попело, e-mail: popelovd@mail.ru

Воронежский государственный аграрный университет

Аннотация. *Рассмотрен алгоритм определения координат центра распределенного объекта по данным, геодезических, картометрических и фотометрических измерений.*

Ключевые слова: *Центр распределенного объекта, алгоритм расчета.*

Введение

Многие объекты обладают пространственной протяженностью, отличаются определенной компактностью и сравнительной однородностью свойств. Они оконтурены естественными (или юридическими) границами, а потому могут быть достоверно отделены от сопредельных объектов подобного рода. Такие объекты, будем называть распределенными (РО). Анализ количественной информации о геометрических свойствах РО привел, в числе прочего, к дальнейшему развитию понятия центра такого объекта, как особой точки, в которой достигается баланс отдельных частей РО [1]. Положение центра РО является важным элементом геопространственных баз данных [2], закрепленная на местности точка соответствующего центра может включаться в состав астрономо-геодезических сетей [3], центр проективного изображения РО может рассматриваться в качестве «точки прицеливания» для приложения импактного воздействия на объект.

1. Принцип балансного подхода

В настоящее время центр РО определяют на основании эвристических правил, формализованных в виде алгоритмов обработки данных измерений (геодезических, картометрических или фотометрических) координат поворотных точек границы. Среди различных подходов к определению центра РО наиболее общим является балансный подход. Он предусматривает поиск центра в единственной точке внутри границы РО, такой, что любая прямая,

© Бурзак И. В., Козирацкий А. А., Попело В. Д., 2019

проходящая через эту точку и пересекающая границу, делит площадь РО на две равные части [3]. Задача, формализующая процедуру поиска центра, может быть поставлена как оптимизационная

$$\vec{r}_c = \arg \min_{\substack{x_m \le x_c \le x_M \\ y_m \le y_c \le y_M}} \sum_{i=1}^{n} A_i \left(\vec{r}_{ci} - \vec{r}_c \right)^2 , \qquad (1)$$

где $\vec{r}_{ci}$ – радиус-вектор центра отдельной части площадью A_i; x_c, y_c – координаты точки $\vec{r}_{ci}$; x_m, y_m – минимальные значения координат точек границы; x_M, y_M – максимальные значения координат точек границы; $\sum_{i=1}^{n} A_i = A$ – площадь РО, $i = \overline{1, n}$, ψ_1 – угол рыскания в связанной системе координат, т. е. угол, составленный с вертикалью продольной осью летательного аппарата.

Положение центра ищут в точке $\vec{r}_c$, для которой сумма взвешенных (с весами A_i) квадратов уклонений точек $\vec{r}_{ci}$ минимальна. Решение оптимизационной задачи (1) имеет вид

$$\vec{r}_c = A^{-1} \sum_{i=1}^{n} A_i \vec{r}_{ci} . \qquad (2)$$

2. Реализация алгоритма

Для реализации алгоритма (2) РО (или его проективное изображение) делят на счетное множество фрагментов меньшей площади A_i, но более простой формы, таких, что вычисление положения их центров $\vec{r}_{ci}$, не представляет сложности. В качестве составной части РО обычно используют треугольник (рис. 1), для которого $\vec{r}_{ci} = (\vec{r}_i + \vec{r}_{i+1} + \vec{r}_0)/3$, где $\vec{r}_i, \vec{r}_{i+1}$ – радиус-векторы соседних поворотных точек границы РО с известными координатами (x_i, y_i) и (x_{i+1}, y_{i+1}); $\vec{r}_0$ – радиус-вектор опорной точки внутри РО с известными координатами (x_0, y_0). В случае обработки цифровых изображений РО такой выбор однозначно определяется формой элемента разрешения (пикселя). В прямоугольной декартовой системе координат выражение (2) преобразуется в два выражения для расчета положения центра РО по каждой из координатных осей

$$x_c = A^{-1} \sum_{i=1}^{n} A_i x_{ci} , \; y_c = A^{-1} \sum_{i=1}^{n} A_i y_{ci} , \qquad (3)$$

где $x_{ci} = (x_i + x_{i+1} + x_0)/3$, $y_{ci} = (y_i + y_{i+1} + y_0)/3$ – координаты центра i – ого треугольного фрагмента.

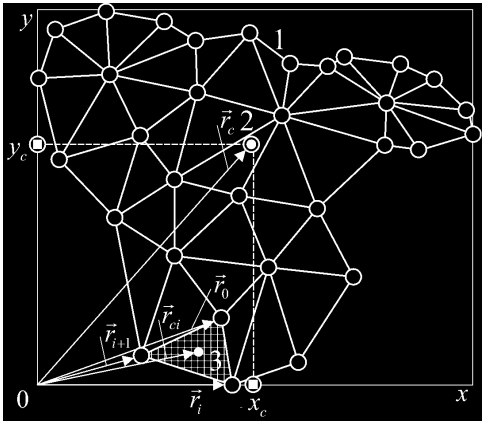


Рис. 1. Схема, иллюстрирующая идею алгоритма определения координат центра РО: 1 – граница РО с поворотными точками; 2 – центр РО; 3 – произвольный (i – ый) треугольный фрагмент РО

Расчет площади треугольного фрагмента – весового коэффициента в (3) и (4), не составляет трудности. Если известны координаты каждой из трех вершин $\vec{r}_i$, , $\vec{r}_{i+1}$, $\vec{r}_0$, то площадь треугольника равна

$$A_i = \frac{1}{2}\left|x_0 y_i + x_{i+1} y_0 + x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i - x_i y_0 - x_0 y_{i+1}\right|. \qquad (4)$$

3. Центр многосвязного объекта

Применение алгоритмов типа (2) позволяет естественным образом решить задачу поиска центра многосвязного РО. В таких случаях для каждой из составных частей находят положение ее центра и вычисляют площадь каждой части. Рассчитывают положение общего центра по формулам аналогичным (3), в которых в качестве весов используют площади отдельных частей. Следует отметить, что поиск центров подобных объектов, например, архипелагов, атоллов с центральной лагуной, на основе алгоритмов (3) может приводить к решениям, в соответствие с которыми координаты таких точек окажутся за пределами любой отдельной части РО. Это нарушает одно из базовых требований, предъявляемых центральным точкам, об их обязательной принадлежности РО. Выход обеспечивает следование правилу, которое может быть сформулировано следующим образом: если рассчитанная на

основе алгоритма точка центра выходит за пределы любой из составных частей РО, за центр принимают ближайшую точку РО (рис. 3).

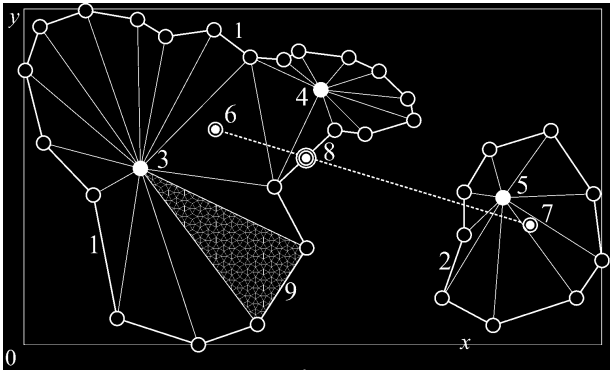


Рис. 2. Определение центра многосвязного РО: 1, 2 – границы не связанных частей; 3 – 5 – опорные внутренние точки; 6, 7 – центры отдельных частей; 8 – общий центр; 9 – фрагмент отдельной части РО

4. «Окрашивающие» коэффициенты

Алгоритмы типа (2) – (4), позволяют вывести идею определения центра РО за рамки чисто геометрической задачи. Эта возможность открывается за счет использования при формировании весовых коэффициентов «окрашенных» значений площади отдельных фрагментов РО и формирования нормированных весов

$$g_i = m_i A_i / \sum_{i=1}^{n} m_i A_i = M_i / M \ , \ \sum_{i=1}^{n} g_i = 1 \, , \qquad (5)$$

где m_i – «окрашивающий» коэффициент (поверхностная плотность какой-либо величины, характеризующей отдельное свойство РО); $m_i A_i = M_i$ – абсолютное значение величины, отражающей это свойство, для $i-$ого фрагмента; $M = \sum_{i=1}^{n} M_i$ – значение этой величины, усредненное по площади РО. Например, если m_i – плотность населения территории A_i, то использование весового коэффициента (7) обеспечит определение положения «центра населенности» РО $\vec{r}_{\text{mc}} = \sum_{i=1}^{n} g_i \vec{r}_{ci}$ В этом случае соответствующий «центр» выступает в качестве своеобразной

интегральной характеристики РО, отражающей неравномерность пространственного распределения отдельного свойства. Индикатором неравномерности служит величина смещения положения такого «центра» относительно положения геометрического центра. При определении положения центра РО по его цифровому изображению в качестве «окрашивающего» коэффициента может использоваться интенсивность (плотность потока) для отдельного элемента изображения.

Заключение

Сформулирован принцип балансного подхода к определению центра РО.

Задача определения координат центра поставлена как оптимизационная. Положение центра ищут в точке, для которой сумма взвешенных квадратов уклонений центров частных фрагментов РО минимальна.

Разработанный алгоритм развит на случай определения центра многосвязного объекта.

Введено понятие «окрашивающего» коэффициента, позволяющего вывести идею определения центра объекта за рамки чисто геометрической задачи.

Литература

1. О сущности географического центра любой территории земной поверхности / А.А. Соломонов, В.С. Аношко [и др.] // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – № 6. – С.92-99.

2. Обиденко В.И. Технология определения метрических параметров территории Российской Федерации по геопространственным данным / В.И. Обиденко // Вестник СГГА– 2012. – Вып. 3 (19). – С. 3-13.

3. Патент на изобретение № RU 2256152, зарегистрирован в Госреестре Изобретений РФ 10.06.2005 г., G01C11/00, G09B29/00 Способ определения геометрического центра участка территории и/или населенного пункта /авторы Ващенко Б.О., Попело А.В., Попело В.Д., Русинов П.С., 2005, 11 с.

Алгоритм обработки совместных измерений оптических и геометрических параметров диффузно рассеивающей поверхности

И. В. Бурзак
Д. К. Проскурин
В. Д. Попело, e-mail: popelovd@gmail.com

Воронежский государственный аграрный университет

Аннотация. *Рассмотрен алгоритм обработки результатов совместных измерений коэффициента отражения и угла наклона диффузно рассевающей поверхности в процессе оптического дистанционного зондирования объектов.*

Ключевые слова: *Дистанционное зондирование, диффузно рассеивающая поверхность, оптические и геометрические параметры, совместное измерение.*

Введение

Образы объектов при их наблюдении в оптическом диапазоне длин волн, представляющие пространственные распределения яркости, обладают большой изменчивостью по времени [1]. Поэтому для нормирования оптических свойств объектов часто удобно использовать более стабильные параметры, например, значения коэффициента отражения и угол наклона отдельных элементов поверхности. При этом дистанционное определение таких параметров дистанционными методами в настоящее время встречает значительные затруднения. Ниже представлен алгоритм обработки результатов совместных измерений коэффициента отражения и угла наклона диффузно рассевающей поверхности в процессе оптического дистанционного зондирования.

1. Постановка задачи

Пусть плоская поверхность ABC освещается прямым и рассеянным излучением, а рассеянное поверхностью излучение регистрируется пространственно многоканальным фотометром. Отклик фотометра пропорционален габаритной яркости поверхности.

Геометрию задачи определяют три вектора, заданные в трехмерной декартовой системе координат $XYZ0$ такой, что ось $0Z$ совпадает с нормалью к горизонтальной поверхности, ось $0X$ с направлением в точку наблюдения. Вектор $\vec{\psi}$ нормали к поверхности ABC,

© Бурзак И. В., Проскурин Д. К., Попело В. Д., 2019

характеризует ее наклон, а направление этого вектора задано тремя углами ϕ_x, ϕ_y, ϕ_z относительно координатных осей системы $XYZ0$, косинусы которых $\cos\phi_x = l_\phi$, $\cos\phi_y = m_\phi$, $\cos\phi_z = n_\phi$ (направляющие косинусы вектора $\vec{\psi}$). Вектор $\vec{\tau}$, характеризует направление на источник излучения, которое задано тремя углами ψ_x, ψ_y, ψ_z относительно координатных осей системы $XYZ0$, косинусы которых $\cos\psi_x = l_\psi$, $\cos\psi_y = m_\psi$, $\cos\psi_z = n_\psi$ (направляющие косинусы вектора $\vec{\tau}$). Вектор $\vec{c}$, характеризует направление в точку наблюдения, которое задано тремя углами $\alpha_x = 0$, $\alpha_y = \pi/2$, $\alpha_z = \pi/2$ относительно координатных осей системы $XYZ0$, косинусы которых $\cos\alpha_x = l_\alpha = 1$, $\cos\alpha_y = m_\alpha = 0$, $\cos\alpha_z = n_\alpha = 0$ (направляющие косинусы вектора $\vec{c}$). Указанные три вектора не лежат в одной плоскости, при этом вектор $\vec{c}$ совпадает с осью $0X$ координатной системы. Схема задачи, приведена на рис. 1.

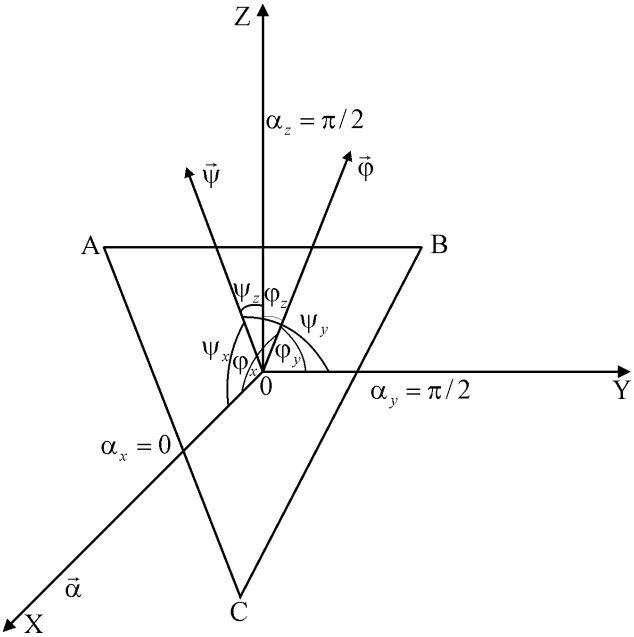


Рис. 1. Геометрическая схема задачи

Исследуемая поверхность рассеивает по закону Ламберта, то есть при неизменных условиях освещения яркость поверхности одинакова для любых направлений $\vec{\omega}$ наблюдения. Коэффициент отражения поверхности ρ неизвестен. Яркость поверхности изменится, если изменится направление $\vec{\psi}$ на источник излучения. Фотометр регистрирует сигнал u, пропорциональный яркости, обусловленной действием прямого излучения подсвета. Пусть в различные моменты времени t_i источник может занимать различные положения, которые будут характеризоваться известными значениями направляющих косинусов $\cos\psi_{xi} = l_{\psi i}$, $\cos\psi_{yi} = m_{\psi i}$, $\cos\psi_{zi} = n_{\psi i}$.

Необходимо по результатам разновременных измерений яркости поверхности ABC определить значения ее коэффициента отражения ρ и угол наклона вектора $\vec{\psi}$ нормали.

2. Система условных уравнений метода

Для сигнала, пропорционального яркости поверхности за счет освещения прямым излучением, при условии точно известных значений параметров задачи справедливо соотношение

$$v_i = \rho(l_{\psi i} l_\phi + m_{\psi i} m_\phi + n_{\psi i} n_\phi). \quad (1)$$

Учтем, что значения v_i и $l_{\psi i}$, $m_{\psi i}$, $n_{\psi i}$ измерены с погрешностями. Тогда связь измеряемых и неизвестных параметров задачи определяется системой условных уравнений

$$v_i - \rho(l_{\psi i} l_\phi + m_{\psi i} m_\phi + n_{\psi i} n_\phi) = w_i. \quad (2)$$

– где w_i невязка $i-$ого условного уравнения;

– n – число проведенных совместных измерений v_i, $l_{\psi i}$, $m_{\psi i}$.

Система условных уравнений объединяет $n > 3$ уравнений.

Введем новые переменные

$$\rho l_\phi = x;\ \rho m_\phi = y;\ \rho n_\phi = z. \quad (3)$$

Тогда система условных уравнений примет вид

$$v_i - l_{\psi i} x - m_{\psi i} y - n_{\psi i} z = w_i. \quad (4)$$

3. Решение задачи

Найдем решение (4) методом наименьших квадратов. Должно выполняться условие

$$S = \sum_{i=1}^{n} w_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (v_i - l_{\psi i} x - m_{\psi i} y - n_{\psi i} z)^2 \to \min . \quad (5)$$

Необходимые условия достижения минимума имеют вид

$$\frac{\partial S}{\partial x} = 0 , \ \frac{\partial S}{\partial y} = 0 , \ \frac{\partial S}{\partial z} = 0 . \quad (6)$$

С использованием (6) получим систему нормальных уравнений, включающую три линейных уравнения с тремя неизвестными

$$\begin{aligned} x\sum_{i=1}^{n} l_{\psi i}^2 + y\sum_{i=1}^{n} l_{\psi i} m_{\psi i} + z\sum_{i=1}^{n} l_{\psi i} n_{\psi i} &= \sum_{i=1}^{n} v_i l_{\psi i}; \\ x\sum_{i=1}^{n} l_{\psi i} m_{\psi i} + y\sum_{i=1}^{n} m_{\psi i}^2 + z\sum_{i=1}^{n} m_{\psi i} n_{\psi i} &= \sum_{i=1}^{n} v_i m_{\psi i}; . \\ x\sum_{i=1}^{n} l_{\psi i} n_{\psi i} + y\sum_{i=1}^{n} m_{\psi i} n_{\psi i} + z\sum_{i=1}^{n} n_{\psi i}^2 &= \sum_{i=1}^{n} v_i n_{\psi i}. \end{aligned} \quad (7)$$

Находим решения системы уравнений (7), например, методом Крамера. Пусть эти решения имеют значения x_0, y_0, z_0.

Тогда с учетом (3) совместно измеряемые параметры поверхности объекта будут иметь значения

$$\rho = \sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2} , \quad (8)$$

$$l_\phi = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}} , \ m_\phi = \frac{y_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}} , \ n_\phi = \frac{z_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2 + z_0^2}} . \quad (9)$$

Заключение

Разработан алгоритм обработки данных разновременных измерений яркости диффузной поверхности, обеспечивающий совместное определение значений коэффициента отражения и ориентации угла наклона вектора нормали.

Литература

1. Попело В. Д. Вариации коэффициента габаритной яркости образца легкобронированной техники в суточном цикле изменения естественной освещенности в видимом диапазоне длин волн / В. Д. Попело, И. В. Бурзак, В. Н. Тимохин, Ю. С. Горкин, И. А. Нагалин // Радиотехника. – 2013. – № 7. – С. 57-61.

Способы защиты баз данных от несанкционированного доступа

В. В. Гаршина, email: garshina.veronika@gmail.com
В. А. Степанцов, email: mrstep@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена задача защиты баз данных от несанкционированного доступа. Приведены способы, позволяющие обеспечить строго санкционированный доступ к конфиденциальной информации, содержащейся в локальных базах данных.*

Ключевые слова: *Базы данных, безопасность.*

Введение

Обеспечение защиты информации является важнейшей проблемой при создании надежной информационной структуры организации. Эта проблема охватывает как физическую защиту данных и используемого программного обеспечения, так и защиту от несанкционированного доступа к данным, хранящихся в базах данных или передаваемым по линиям связи. Основными компонентами большинства клиент-серверных приложений являются базы данных как серверные, так и локальные. Использование и серверной и клиентской локальной базы данных позволяет достигнуть в значительной степени автономности приложения и в конечном итоге обеспечить увеличение скорости его функционирования, в силу того, что практически весь массив необходимых данных находится на стороне клиентского приложения, и, следовательно, нет необходимости в частых обращениях к серверной базе данных. Конфиденциальная информация может храниться как в серверной, так и локальной базах данных, поэтому при создании клиентских приложений, работающих с базами данных обоих типов, одной из важнейших задач является обеспечение их безопасности. Под безопасностью баз данных будем понимать защиту находящейся в ней конфиденциальной информации. Для обеспечения безопасности базы данных необходимо защитить ее от несанкционированного доступа, а также от любой вредоносной или случайной модификации данных [1].

Стандартным способом защиты баз данных является установка пароля на подключение. Строка подключения, в которой содержатся сведения необходимые для доступа к базе данных, как правило хранится в конфигурационном файле, который в большинстве случаев находится

© Гаршина В. В., Степанцов В. А., 2019

в папке с исполняемым файлом приложения, что делает его доступным для несанкционированного просмотра, копирования и последующего анализа. В случае, когда в процессе работы приложения осуществляется доступ к конфиденциальным данным и необходимо выполнение особых требований по безопасности, использование стандартного способа подключения к базе данных является потенциальным источником их утечки. Рассмотрим некоторые способы, обеспечивающие строго санкционированный доступ к конфиденциальной информации, содержащейся в локальных базах данных.

1. Способы обеспечения санкционированного доступа к данным

Запрос пароля к базе данных при входе в клиентское приложение

Данный способ позволяет избежать хранения пароля в конфигурационном файле и предоставляет пользователю возможность подключаться к базе данных не только посредством клиентского приложения, но и с помощью сторонних программ. В случае получения пароля в результате ошибки персонала или хищения, злоумышленник может напрямую подключиться к локальной базе данных и получить доступ к конфиденциальной информации, скрытой от него средствами клиентского приложения.

Хранение или генерация пароля в коде приложения

В этом случае пароль не хранится в конфигурационном файле, а подставляется напрямую из кода путем изменения строки подключения к базе данных. Данный способ решения проблемы безопасности не лишен недостатков.

Во-первых, пароль для всех копий клиентского приложения будет одинаковым. Во-вторых, код приложения может быть просмотрен с помощью дизассемблера. В случае, когда злоумышленник имеет возможность открыть и просмотреть исполняемый файл или библиотеку, которая содержит пароль к базе данных, с помощью дизассемблера, то он может достаточно просто получить доступ к локальной базе данных.

Получение пароля для подключения к локальной базе данных от сервера

Пароль или метод его генерации в коде приложения не хранится в открытом виде. Для каждой клиентской базы данных генерируется уникальный пароль, зависящий от параметров клиентского компьютера. Взаимодействие клиента и сервера реализуется по криптозащищенному каналу связи, чтобы пароль не был перехвачен и прочитан при передаче.

Недостатком данного способа является невозможность функционирования приложения при отсутствии связи с сервером, что накладывает определенные ограничения на автономность приложения, но не препятствует работе при нестабильном соединении.

Шифрование конфиденциальной информации и строки подключения в конфигурационном файле

Метод защиты конфигурации можно использовать для шифрования конфиденциальной информации, включая имена и пароли пользователей, строки подключения к базам данных и ключи шифрования, в файле конфигурации. Конфигурационный файл, в котором значения строк подключения зашифрованы с помощью метода защиты конфигурации, не показывает строки подключения открытым текстом, а хранит их в зашифрованном виде.

В случае использования MS SQL Server шифрование и дешифровка содержимого файла конфигурации может быть выполнена с помощью классов, наследующихся от ProtectedConfigurationProvider – базового класса для создания поставщиков для шифрования и дешифрования данных с защищенной конфигурацией:

```
public abstract class ProtectedConfigurationProvider :
System.Configuration.Provider.ProviderBase.
```

Платформа .Net Framework 4.7.2 содержит следующие поставщики защищенной конфигурации:

– DpapiProtectedConfigurationProvider

```
public sealed class DpapiProtectedConfigurationProvider :
System.Configuration.ProtectedConfigurationProvider
```

– RsaProtectedConfigurationProvider

```
public sealed class RsaProtectedConfigurationProvider :
System.Configuration.ProtectedConfigurationProvider
```

Применение указанных поставщиков обеспечивает надежное шифрование данных, но в случае, когда требуется использовать один зашифрованный файл конфигурации на нескольких компьютерах, необходимо применять RsaProtectedConfigurationProvider, который позволяет экспортировать ключи шифрования и импортировать их на другом компьютере.

Класс DpapiProtectedConfigurationProvider использует DPAPI (Data Protection application programming interface) – криптографический интерфейс программирования приложений в ОС семейства Windows, обеспечивающий защиту и конфиденциальность данных путем их шифрования. Данный поставщик может быть сконфигурирован для

защиты, ориентированной на компьютер или учетную запись пользователя.

Класс RsaProtectedConfigurationProvider использует функции шифрования, предоставленные классом RSA (Rivest, Shamir, Adleman).

```
[System.Runtime.InteropServices.ComVisible(true)]
public abstract class RSA :
System.Security.Cryptography.AsymmetricAlgorithm
```

Класс RSA обеспечивает реализацию ключа RSA. RSA – криптографический алгоритм, его надежность основана на трудности факторизации больших чисел и вычислении дискретных логарифмов. Данный алгоритм шифрования относится к классу асимметричных и использует два простых случайных числа для генерации открытого и закрытого ключей [2].

Платформа .Net Framework 4.7.2 позволяет создать и использовать собственного поставщика защищенной конфигурации. Реализация собственного поставщика оправдана в случае наличия специальных требований безопасности и необходимости использования собственных алгоритмов шифрования, отличных от предоставляемых классами DpapiProtectedConfigurationProvider и RsaProtectedConfigurationProvider.

Заключение

Рассмотренные способы различаются сложностью реализации заложенных в них алгоритмов и обеспечивают разную степень защиты хранения и санкционированного доступа к конфиденциальной информации в локальных базах данных. Выбор того или иного способа зависит от требований безопасности, предъявляемых к приложению в процессе его функционирования, и от степени конфиденциальности обрабатываемых данных.

Список литературы

1. Basharat I. Database Security and Encryption: A Survey Study / I. Basharat, F. Azam, A.W. Muzafar // International Journal of Computer Applications. – 2012. – V. 47. – № 12. – P. 28-34.

2. Singh G. Supriya A study of Encryption Algorithms (RSA, DES, 3DES and AES) for Information Security / G. Singh // International Journal of Computer Applications. – 2013. – V. 67. – № 19. – P. 33-38.

О применении сети Фейстеля в современных криптографических протоколах

О. Ю. Данилова, e-mail: danilova_olga@hotmail.com
С. А. Телкова, e-mail: tsa76@inbox.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *Проблема защиты информации от несанкционированного доступа всегда волновала человечество, а в современном обществе приобретает все большее значение. В настоящий момент разработано большое количество криптографических алгоритмов для шифрования данных. В статье рассматривается сеть Фейстеля и ее применение в современных криптографических протоколах.*

Ключевые слова: *криптопротоколы, блочные шифры, ячейка Фейстеля, сеть Фейстеля, побитовое сложение, шифры, ячейка Фейстеля, сеть Фейстеля, побитовое сложение.*

Введение

Проблема защиты информации от незаконного прочтения волновала человека с древнейших времен. Политики, военные, цари, короли всегда пытались передать информацию и защитить ее от несанкционированного прочтения посторонними лицами. В наши дни информация играет очень важную роль в жизни каждого современного человека. Поэтому проблема защиты информации от несанкционированного ознакомления приобретает все большее значение [1, 2].

Для защиты данных от несанкционированного доступа в настоящее время широко используются криптографические методы защиты информации. Криптографические методы защиты информации используются при передаче информации по различным открытым каналам связи (электронная почта, Internet), при установлении авторства и подлинности передаваемых сообщений, при хранении информации на разного рода носителях в зашифрованном виде [3, 4].

1. Алгоритмы шифрования

Наиболее часто для защиты данных от незаконного ознакомления и сохранения конфиденциальности информации в криптографических методах применяется шифрование. При шифровании над входной

© Данилова О. Ю., Телкова С. А., 2019

информацией выполняется некоторое криптографическое преобразование при помощи функции зашифрования. При этом открытая информация преобразуется в зашифрованную. Математически процесс зашифрования можно описать следующим образом: $Y = E_{K1}(X)$, где: X – открытое входное сообщение, Y – полученное зашифрованное сообщение (шифртекст), E – функция зашифрования, $K1$ – параметр функции E, то есть ключ зашифрования. Процесс преобразования зашифрованного сообщения в открытое называется расшифрованием или дешифрованием. Математически процесс расшифрования описывается следующим образом: $X = D_{K2}(Y)$, где: X – сообщение, полученное в результате расшифрования, Y – зашифрованное входящее сообщение (шифртекст), D – функция расшифрования (выполняет криптографическое преобразование над шифрованным сообщением), $K2$ – параметр функции D, то есть ключ расшифрования. Если неизвестен верный ключ расшифрования, то получить исходное сообщение невозможно, даже при помощи верной функции D.

Сейчас разработано большое количество криптографических алгоритмов для шифрования данных [5, 6]. В зависимости от количества ключей, используемых в соответствующих криптографических протоколах, их можно разделить на: бесключевые (не используют ключ вообще), одноключевые (используют один секретный ключ), двухключевые (используют два ключа: секретный и открытый).

Криптографические алгоритмы шифрования разделяются на:

1) симметричные (с секретным ключом);

2) асимметричные (то есть с открытым ключом).

Симметричное шифрование в свою очередь бывает двух видов: блочное и поточное. При блочном шифровании информация разбивается на блоки некоторой фиксированной длины (чаще всего 64 или 128 бит). Потом блоки поочередно шифруются. В различных блочных шифрах или даже при работе одного и того же шифра блоки могут шифроваться как независимо друг от друга, так и могут зависеть один от другого. Во втором случае результат зашифрования текущего блока данных зависит от значения предыдущего блока или от результата зашифрования предыдущего блока.

Поточное шифрование применяется тогда, когда информацию невозможно разбить на блоки. Это может быть в случае, когда каждый символ некоторых данных должен быть зашифрован и отправлен куда-либо, не дожидаясь остальных данных, достаточных для формирования блока. При поточном шифровании данные шифруются побитно или

посимвольно. Можно считать, что алгоритмы поточного шифрования - это блочные алгоритмы шифрование блоков единичной длины.

Очень часто в современных блочных шифрах используется сеть Фейстеля в качестве основы. Рассмотрим как она строится.

2. Алгоритм сети Фейстеля сети Фейстеля

1. Алгоритм зашифрования. В сети Фейстеля открытый текст разбивается на блоки, называемыми ячейками Фейстеля [7, 8]. В процессе зашифрования сообщения со всеми ячейками выполняются одни и те же действия. Поэтому можно рассматривать операции, которые выполняются с одной ячейкой. Пусть на входе в ячейку имеется блок с обрабатываемыми данными. В классической сети Фейстеля имеется входной блок разбивается на два субблока одинаковой длины: левый – A и правый – B. В большинстве случаев длина одного блока составляет 64 бита или 128 бит. При этом при длине блока в 128 бит получаются два 2 субблока длиной по 64 бита.

Затем левый субблок A преобразуется некоторой функцией $f(V_i)$, где $V_i = (A, K_i)$ — входные данные, K_i — ключ шифрования. Функция f называется образующей или функцией итерации, величины V_i называются параметрами сети. В качестве функции f может быть использовано любое преобразование. Теперь полученный преобразованный левый субблок накладывается на правый субблок B исходного блока.

Наложение чаще всего выполняется при помощи оператора XOR. Оператор XOR — это оператор побитового сложения (или оператор сложения по модулю числа 2, обозначается символом $\oplus$). После чего субблоки меняются местами. Таким образом, на выходе из ячейки имеем новый левый субблок $A' = f(A, K_i) \oplus B$ и правый субблок $B' = A$, которые поступают на вход в следующую ячейку и так далее. Такое действие называется циклом или раундом сети Фейстеля, K_i — ключом раунда. Число раундов может быть от 8 до 32. Раундовый ключ меняется в каждом цикле. В последнем раунде субблоки не меняются местами. В итоге получаем зашифрованное сообщение.

2. Алгоритм расшифрования. Данная сеть обладает свойством обратимости. Даже если в сети Фейстеля будет использоваться необратимое преобразование, то вся цепочка все равно будет восстановима. Это происходит, потому что для расшифрования не надо вычислять обратное преобразование f^{-1}. Оператор XOR является обратимым при помощи своего повтора. Для дешифровки шифртекста в

алгоритме расшифрования выполняются действия, аналогичные действиям в алгоритме зашифрования. Только на вход подается шифртекст и раундовые ключи применяются в обратном порядке.

Рассмотрим работу сети Фейстеля на примере. Пусть требуется зашифровать слово «шифр», состоящее из 4 символов. Разобьем его на два субблока по два символа. В качестве функции f возьмем функцию сдвига на число позиций, определяемых из раундового ключа. Пусть будет три раунда и секретный ключ $K_i = i$, $i = 1,2,3$, то есть в первом раунде сдвигаемся на один символ, во втором – на два, в третьем – на три. Каждой букве сообщения поставим в соответствие код – порядковый номер буквы в алфавите. Таким образом сообщение «шифр» переводится в код «26, 10, 22, 18». Для применения оператора побитового сложения XOR переведем все цифры в двоичную систему исчисления, имеем «ш» – 11010, «и» – 11010, «ф» – 10110, «р» – 10010.

Получаем входной блок, состоящий из двух субблоков: левого – $A = 1101001010$ («ши») и правого – $B = 1011010010$ («фр»). В первом раунде $K_1 = 1$, то есть сдвигаемся на один символ, получаем 1010010101. Складываем полученную последовательность побитово с правым блоком B, $1010010101 \oplus 1011010010 = 0001000111$. Теперь меняем местами полученный левый субблок с правым субблоком исходного блока. В итоге на выходе из ячейки имеем блок из двух субблоков: $A' = 0001000111$, $B' = 1101001010$, которые идут на вход во второй раунд.

На входе во второй раунд имеется: $A = 0001000111$, $B = 1101001010$. Раундовый ключ $K_2 = 2$ (левый субблок сдвигается на два символа), получаем 0100011100. Теперь применяем оператор XOR: $0100011100 \oplus 1101001010 = 1001010110$, затем меняем местами левый и правый субблоки. На выходе из ячейки имеем блок из двух субблоков: $A' = 1001010110$, $B' = 0001000111$.

В третьем раунде $K_3 = 3$, то есть левый субблок сдвигается на три символа. После этого он складывается с правым субблоком по модулю два: $1010110100 \oplus 0001000111 = 1011110011$. На выходе получаем 10010101101011110011 или зашифрованное сообщение «рфхс».

Дешифрование сообщения производится так же, как шифрование: зашифрованное сообщение «рфхс» разбивается на два субблока по два символа, к левому субблоку применяется функция f, результат складывается по модулю два с правым субблоком, потом субблоки меняются местами. Только для расшифровки сообщения раундовые ключи применяются в обратном порядке. В первом раунде берем

$K_1 = 3$, во втором – $K_2 = 2$, в третьем – $K_3 = 1$. В итоге получим исходное сообщение «шифр».

Заключение

В криптографических алгоритмах на основе сети Фейстеля для шифрования и дешифрования может быть использован один и тот же алгоритм, только порядок применения раундовых ключей обратный. Поэтому данный алгоритм легко реализуется на практике и в настоящее время существует большое количество алгоритмов шифрования, имеющих в своей основе сеть Фейстеля. Это криптографический алгоритм шифрования DES (бывший стандарт шифрования США), отечественный стандарт шифрования ГОСТ 28147-89, криптографические протоколы шифрования RC5, Blowfish, TEA и другие. Криптоалгоритмы на основе сети Фейстеля хорошо изучены, что очень полезно при разработке новых алгоритмов. Существуют современные криптопротоколы, в которых используется модифицированная сеть Фейстеля, в которой блок разбивается на большее количество субблоков.

Литература

1. Бабаш, А. В. Криптография / А. В. Бабаш, Г. П. Шанкин. – М. : Солон-Р, 2002. – 512 с.

2. Зубов, А. Ю. Совершенные шифры / А. Ю. Зубов. – М. : Гелиос, 2003. – 160 с.

3. Данилова, О. Ю. Математические основы криптографии: учебник / О. Ю. Данилова, В. Н. Думачев. – Воронеж: ВИ МВД России. – 2017. – 301 с.

4. Думачев, В. Н. Алгебра и геометрия: учебник / В. Н Думачев, В. В. Меньших, С. А. Телкова. – Воронеж: ВИ МВД России. – 2014. – 431 с.

5. Иванов, М. А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных сетях / М. А. Иванов. – М : Кудиц-образ, 2001. – 368 с.

6. Молдавян, А. А. Крипитография : скоростные шифры / А. А. Молдавян. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 496 с.

7. Баричев, С. Г. Основы современной криптографии / С. Г. Баричев, В. В. Гончаров, Р.Е. Серов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 175 с.

8. Столлингс, В. Криптография и защита сетей : принципы и практика; пер. с англ. / В. Столлингс. – 2-е изд. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2001. – 672 с.

Технология проактивной защиты – новая парадигма обеспечения безопасности информационных систем

А. К. Демиденко, email: musa.soulnechnii@yandex.ru
Е. С. Маленков, email: malenkov@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье показаны предпосылки возникновения и возможности одной из перспективных технологий обеспечения безопасности информационных систем, направленной на динамическое изменение структуры и параметров защищаемой информационной системы, а также активное противодействие инструментальным средствам сетевой разведки злоумышленника.*

Ключевые слова: *сетевое сканирование, информационная система, ложные сетевые информационные объекты, топология.*

Введение

В настоящее время все большие обороты набирает борьба между злоумышленниками, осуществляющими кибератаки на объекты информационной инфраструктуры и службами безопасности, отражающими эти атаки с обоюдным применением каждой из сторон самых современных технологий атаки и защиты, позволяющих избежать традиционные, ранее известные подходы [1, 2, 3, 4, 5]. Каждая из противоборствующих сторон стремиться использовать сложные методы обмана «следующего поколения», направленные как на сокрытие злонамеренного поведения и маскирование его под штатную деятельность или поведение, не относящееся к явно вредоносному со стороны злоумышленника *Moving Target Attacks (MTA)*, так и использующие различные методы технологии движущейся цели *Moving Target Defense (MTD)*, представляющие собой новый вид технологии безопасности, включающей концепцию ИТ-инфраструктуры, которая активно меняет свою форму в целях предотвращения различных типов кибератак [6, 7, 8, 9, 10].

Одной из предпосылок развития технологий проактивной защиты, реализующей ассиметричные меры защиты, послужило то, что существующие информационные системы предназначены и функционируют в относительно статической конфигурации. Например, сетевые адреса, имена, стеки программ, сети и различные параметры

© Демиденко А. К., Маленков Е. С., 2019

конфигурации остаются более или менее одинаковыми в течение длительных периодов времени. Этот статический подход является наследием систем информационных технологий, разработанных для обеспечения прозрачности, простоты и наглядности формирования и функционирования проектируемых информационных систем. Другой, то, что сегодняшние модели безопасности уделяют первоочередное внимание мониторингу, обнаружению, предотвращению и восстановлению [11, 12, 13, 14]. Службы безопасности принимают статическую инфраструктуру как данную (эталонную), а затем работают для защиты этой инфраструктуры, проводя большую часть времени и затрачивая основную часть ресурсов, преследуя динамичных и постоянно совершенствующихся злоумышленников и векторов угроз [15, 16]. Между тем, динамические и полиморфные злоумышленники наслаждаются неизменной (статической) мишенью атаки, которую они изучают на досуге.

Проактивная защита является наиболее перспективной областью современных исследований в области обеспечения кибербезопасности. Одним из направлений проактивной защиты является обфускация сетевых адресов [17]. Она представляется одной из наиболее активных областей исследований, проводимых в области проактивной защиты от киберугроз. Подход к обфускации сетевых адресов – это проактивная стратегия защиты, нейтрализующая кибератаки посредством модификации основных атрибутов сетевого хоста (например, *IP*-адрес, порт, топологию сети, платформу, программное обеспечение). До того, как получила известность концепция проактивной защиты, регулярно исследовались методы, направленные на периодическую смену сетевых адресов взаимодействующих абонентов, а также связанные с модификацией сетевых адресов. Однако изменение только сетевого адреса целевого хоста неэффективно, так как такие изменения могут быть легко проанализированы посредством создания снимков (*fingerprints*) активности хоста для случая, когда активное сетевое адресное пространство невелико. Поэтому технология проактивной защиты, подразумевает комплексную реализацию на трех уровнях взаимодействия со злоумышленником. Первый уровень – сетевой уровень проактивной защиты: предполагает изменение топологии сети, включая перехват *IP*-адресов, номера случайных портов, дополнительные открытые или закрытые порты, поддельные прослушивающие хосты и обфускацию трафика порта, а также фальшивую информацию о типе и версии хоста и ОС. Второй уровень – проактивная защита на уровне хоста: подразумевает изменение ресурсов хоста и уровня ОС, их идентификацию и настройку. Третий уровень –

проактивная защита уровня приложения: предполагает изменение среды функционирования приложения. Это включает в себя случайное расположение макета памяти, изменение типа приложения и управление версиями и маршрутизацию их через разные хосты или изменение языков настройки и программирования для компиляции исходного кода, изменение исходного кода в каждой компиляции.

В отличие от традиционной статической защиты, проактивная защита меняет структуру защищаемой системы на уровне сети, приложения или компьютера. Эти изменения отражаются на взаимосвязях между компонентами и поэтому должны координироваться между собой. Практическое применение требует наличия командно-управляющей инфраструктуры, которая может отслеживать состояние системы и многочисленных средств защиты. Она должна обеспечивать согласованность работы защитных механизмов, с тем, чтобы действия, выполняемые одними средствами защиты, не конфликтовали с другими. Координацию следует осуществлять таким образом, чтобы отдельные средства безопасности сохраняли необходимую для защиты системы неповторяемость. Эффективная командно-управляющая структура устанавливает границы между средствами защиты, предоставляя им возможность адаптироваться локально.

Основные сложности при построении командно-управляющей инфраструктуры для управления безопасностью связаны с ее собственной защитой. Координирующая инфраструктура должна быть устойчивой и гибкой, с тем, чтобы снабжать защитные средства различными функциями и управляющими элементами. Необходимо также найти нужный баланс между человеком и средствами автоматизации, что позволит смягчить противоречия, обусловленные эволюцией средств атаки и обороны.

Таким образом, технология проактивной защиты заставляет атакующего изучать объект деструктивного воздействия снова и снова, увеличивая вероятность своей компрометации и делая проводимые атаки неосуществимыми или чрезмерно затратными. Новая парадигма проактивной защиты изменяет до неузнаваемости структуру атакуемой системы, заставляя атакующего работать в условиях неопределенности и непредсказуемости.

Литература

1. Maximov R. V., Sokolovsky S. P., Gavrilov A. L. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation

Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

2. Соколовский, С. П. Математическое моделирование противодействия атакам типа «отказ в обслуживании» с использованием теоретико-игрового подхода / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 44-50.

3. Соколовский, С. П. Способы снижения информативности демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, А. Л. Гаврилов, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 211-220.

4. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – Т. 13. № 1. – С. 97-102.

5. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.

6. Соколовский, С. П. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

7. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

8. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.

9. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

10. Maximov R. V., Iskolnyy B. B., Sharifullin S. R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks /

R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

11. Максимов Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

12. Соколовский, С. П. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

13. Соколовский, С. П. Устранение интервальной неопределенности при распознавании признаков угроз безопасности информационным телекоммуникационным системам/ С. П. Соколовский, А. В. Душкин, А. В. Волков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – Т. 29. № 3. – С. 70-73.

14. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

15. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.

16. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. участников XXIV Междун. научно-технической конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

17. Maximov R. V., Ivanov I. I., Sharifullin S. R. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.

Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных

С. А. Диченко, email: dichenko.sa@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище им. С.М. Штеменко

Аннотация. *Рассмотрена концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных. Представлено решение проблемы обеспечения целостности информации, основанное на агрегирование известных методов контроля целостности и методов восстановления данных в случае нарушения их целостности.*

Ключевые слова: *концептуальная модель, обеспечение целостности информации, система хранения данных.*

Введение

Постоянное увеличение объема информации, обрабатываемой в различных информационно-аналитических системах, который уже просто физически не помещается во внутренней долговременной памяти средств ее обработки, приводит к необходимости использования систем хранения данных.

Одним из основных требований к существующим системам хранения данных, не зависимо от структуры их построения и принципов работы, является обеспечение защищенности хранящейся в них информации. В свою очередь, одной из мер обеспечения защищенности информации в условиях деструктивных воздействий злоумышленника и среды является обеспечение их целостности.

1. Недостатки существующих решений обеспечения целостности информации

Существующие решения обеспечения целостности информации, основанные на последовательном применении сначала криптографических преобразований к данным для контроля их целостности (одними из известных и широко используемых являются схемы применения хэш-функций [2, 3]), а затем − технологии резервного копирования данных для их восстановления в случае нарушения целостности, обладают рядом недостатков:

1. Введение высокой избыточности. Восстановление данных посредством применения технологии резервного копирования

© Диченко С. А., 2019

достигается введением высокой избыточности, равной 100% от общего объема защищаемых данных. К тому же, распространенные схемы хэширования, где от каждого подблока блока данных, подлежащего защите, вычисляется хэш-код, характеризуются вводом высокой избыточности контрольной информации при осуществлении контроля целостности последовательностей подблоков блока данных небольшой размерности.

2. Отсутствие возможности без ввода дополнительного механизма контроля осуществить проверку достоверности данных после их восстановления в случае нарушения их целостности. Существующие решения, позволяющие восстановить данные, основаны на известных методах теории надежности, которые хороши при случайных ошибках (деструктивных воздействий среды), в свою очередь, в условиях преднамеренных деструктивных воздействий злоумышленника они малоэффиктивны и требуют дополнительного контроля, к примеру, криптографическими методами.

2. Порядок контроля и обеспечения целостности информации в системах хранения данных

Предлагаемое решение заключается в комплексном, интегрированном применении (объединении) криптографических методов и методов помехоустойчивого кодирования, что позволит снизить вводимую избыточность при обеспечении ее целостности.

Снизить избыточность, вводимую для контроля целостности данных, предлагается за счет построения линейной системы хэш-кодов, основанной на математическом аппарате теории систем векторов и линейных векторных пространств, где данные, подлежащие защите, представлены двоичными векторами $\vec{m}_{t_i}, \vec{m}_{t_{i+1}}, \vec{m}_{t_{i+2}}, \ldots, \vec{m}_{t_{i+k}}$, их множество рассматривается как система линейно независимых векторов: $x_1\vec{m}_{t_i} + x_2\vec{m}_{t_{i+1}} + x_3\vec{m}_{t_{i+2}} + \ldots + x_c\vec{m}_{t_{i+k}} = 0$, только при нулевом наборе коэффициентов: $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_c$, где $x_q \in \{0,1\}$, $q = 1,2,3,\ldots,c$.

Данная система образует базис:

$$\vec{m}_{t_i} = E_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \ldots \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{m}_{t_{i+1}} = E_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \ldots \\ 0 \end{pmatrix}, \ldots, \vec{m}_{t_{i+k}} = E_k = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \ldots \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Множество подблоков блока данных, подлежащих защите, и их хэш-кодов $\left\{\vec{m}_{t_i}, \vec{m}_{t_{i+1}}, \vec{m}_{t_{i+2}}, \ldots, \vec{m}_{t_{i+k}}, \vec{s}_{t_i}, \vec{s}_{t_{i+1}}, \vec{s}_{t_{i+2}}, \ldots, \vec{s}_{t_{i+k}}\right\}$, в свою очередь,

также можно рассматривать как систему линейно независимых векторов, где базисом для них будет: $E_0, E_1, \ldots, E_k$.

Множество всех возможных схем хэширования подблоков $\left\{\vec{m}_{t_i}, \vec{m}_{t_{i+1}}, \vec{m}_{t_{i+2}}, \ldots, \vec{m}_{t_{i+k}}\right\}$ блока данных представляется в виде двоичной матрицы, составленной из коэффициентов базиса:

$$n \cdot \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \ldots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \ldots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \ldots & x_{nm} \end{pmatrix} \qquad (2)$$

где каждая строка соответствует схеме хэширования и $n \le k$. При этом строки матрицы обладают свойствами: являются различными и линейно-независимыми векторами; расстояние между векторами (по Хэммингу) $d_{\min} \ge 2$; каждый вектор имеет вес (в смысле Хэмминга) $\omega \ge d_{\min}$; нулевой вектор не входит в матрицу.

Аналогичными свойствами обладает порождающая матрица в теории линейных кодов [4, 5], что обеспечивает возможность использования правил построения линейных кодов для построения линейных систем хэш-кодов.

Порядок хэширования исходного блока данных представлен в [6].

Для контроля целостности данных (обнаружения ошибки) в теории линейных кодов используют понятие синдром. Синдром $\vec{S}$ – это матрица-строка $\begin{pmatrix} \varsigma_1 & \varsigma_2 & \ldots & \varsigma_L \end{pmatrix}$ с L элементами $\varsigma_u \in \{0,1\}$ ($u = 1,2,\ldots,L$), по одному для каждого проверочного символа.

Под ошибкой в защищенном блоке данных $\left(\vec{m}_{t_i}\, \vec{m}_{t_{i+1}} \ldots \vec{m}_{t_{i+k}}\, \vec{s}_{t_{i+k+1}} \ldots \vec{s}_{t_{i+g}}\right)$ будет пониматься результат несоответствия двоичного вектора с результатом, полученным в результате проверки синдрома. К примеру, для $\vec{m}_{t_{i+k}}$ в соответствии с условием:

$$P\left(\vec{m}_{t_{i+k}}\right) = \begin{cases} 1, \text{ если } \vec{s}^{\,*}_{t_{i+k}} = \vec{s}_{t_{i+k}}; \\ 0, \text{ если } \vec{s}^{\,*}_{t_{i+k}} \ne \vec{s}_{t_{i+k}}, \end{cases} \qquad (3)$$

где «$\vec{s}^{\,*}_u$» обозначает вычисленный хэш-код при запросе на использование данных, «$\vec{s}_v$» – эталонный хэш-код, $v = i+k+1,\ldots,i+g$; «1» означает, что нарушения целостности проверяемого подблока блока

данных нет, «0» − есть. После обнаружения и локализации подблока $\tilde{i}$ защищенного блока данных M' с нарушением целостности выполняется его восстановление, где «$\tilde{}$» обозначает подблок защищенного блока данных с нарушением целостности.

Порядок восстановления данных представлен в [7] и выполняется на основе математического аппарата кодов, контролирующих ошибки, по правилам, построения которых представлен блок данных M', подлежащий защите, что позволит сократить количество вводимой избыточности по сравнению с технологией резервного копирования данных. К тому же, процедура восстановления данных обеспечивается посредством кода, обладающего корректирующими способностями, необходимыми для обнаружения, а не исправления ошибки.

3. Оценивание представленного решения

Оценка выполняется по такому показателю качества, как коэффициент избыточности $K_{\text{изб}}$, характеризующий количество вводимой избыточности (контрольной информации), критерием качества будет $K_{\text{изб}} \to \min$. Коэффициент избыточности вычисляется в соответствии с формулой:

$$K_{\text{изб}} = \frac{V_{\text{изб.д}}}{V_{\text{защ.д}}} \tag{4}$$

где $V_{\text{защ.д}}$ – объем данных, подлежащих защите, $V_{\text{изб.д}}$ – объем избыточных данных, вводимых для контроля и/или обеспечения целостности.

Оценка выполняется в два этапа: при контроле и при обеспечении целостности (восстановлении) данных:

1. При осуществлении контроля целостности данных:

– существующих решениях количество вычисляемых хэш-кодов будет равняться количеству подблоков блока данных, подлежащего защите, следовательно, коэффициент избыточности в соответствии с (4) будет равен 1;

– в представленном решении для линейной системы хэш-кодов, соответствующей линейному избыточному коду Хэмминга с различными параметрами, значения коэффициента избыточности равны для (7, 4)-кода Хэмминга: $\approx 0,43$; для (15, 11)-кода Хэмминга: $\approx 0,27$; а уже для (63, 57)-кода Хэмминга: $\approx 0,1$.

2. При обеспечении целостности (восстановлении) данных:

– в существующих способах коэффициент избыточности в соответствии с (4) будет равен 1;

– в представленном решении для используемого кода, к примеру, с проверкой на четность при блоке данных, состоящем из 3-х подблоков, коэффициент избыточности примет значение равное $\approx 0,33$.

Заключение

Главным достоинством представленной концептуальной модели является возможность одновременного осуществления контроля целостности данных с минимальной избыточностью и локализации измененных данных, что является необходимым условием для выполнения процедуры восстановления. В свою очередь, при восстановлении измененных данных используемому коду достаточно обладать корректирующими способностями, необходимыми только для обнаружения, а не исправления ошибки, что также позволяет снизить избыточность вводимой контрольной информации.

Литература

1. Методический документ. Меры защиты информации в государственных информационных системах: утв. директором ФСТЭК 11.02.2014 // ФСТЭК России, 2014. – 176 с.
2. Menezes, A.J. Handbook of Applied Cryptography / A.J. Menezes, P. Oorschot, S. Vanstone. – M. : CRC Press, Inc., 1996. – 816 p.
3. Диченко, С.А. Анализ построения функции хэширования семейства «Стрибог» / С.А. Диченко, А.А. Жарких и др. // Сборник научных статей VIII Международной молодежной научно-практической конференции с элементами научной школы. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 37-39.
4. Хэмминг, Р.В. Теория кодирования и теория информации: пер. с англ. / Р.В. Хэмминг. – М.: Радио и связь, 1983. – 176 с.
5. Диченко, С.А. Безопасные генераторы псевдослучайных линейных последовательностей на арифметических полиномах для защищенных систем связи / С.А. Диченко, О.А. Финько // Нелинейный мир. – 2013. – Т. 11. – № 9. – С. 632-645.
6. Финько, О.А. Обеспечение целостности данных в автоматизированных системах на основе линейных систем хэш-кодов [Электронный ресурс] / О.А. Финько, С.В. Савин // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №114(10). – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/60.pdf
7. Диченко, С.А. Разработка алгоритма контроля и обеспечения целостности данных при их хранении в центрах обработки данных / С.А. Диченко, А.А. Акилов и др. // Сборник научных статей VIII Международной молодежной научно-практической конференции с элементами научной школы. – Омск: Омский ГТУ, 2018. – С. 40-43.

Разработка алгоритмов защиты информационных систем на основе маскирования идентификаторов сетевых устройств

С. С. Доронин, email: stanislav_doronin97@mail.ru
В. В. Благов, email: blagov@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье приведен разработанный алгоритм, позволяющий маскировать демаскирующие признаки сетевых устройств информационных систем, которыми являются их идентификаторы, предотвращая реализацию сетевых атак еще на этапе вскрытия топологии сети.*

Ключевые слова: *сетевое сканирование, информационная система, идентификаторы, топология.*

Введение

Цель статьи – разработка алгоритма, реализующего один из вариантов способа маскирования данных, о параметрах сетевых устройств защищаемого сегмента вычислительной сети, реализованный посредством формирования множества полностью случайных значений *MAC*-адресов сетевых устройств.

Современные методы и средства сетевой защиты позволяют маскировать передаваемые между участниками сетевого обмена данные различными способами, такими как шифрование, методы стеганографии и т.д. Известно, что в настоящее время достаточно большое количество кибератак носит разведывательный характер с целью получения информации как о топологии вычислительной сети, так и об используемых для ее защиты средствах [1, 2, 3, 4].

1. Алгоритм маскирования MAC-адресов

Одним из способов идентификации сетевых устройств в атакуемой сети реализуемых злоумышленником является рассылка *ARP*-запросов к интересующим *IP*-адресам сетевых устройств вычислительной сети. В качестве средств идентификации параметров сетевых устройств, использующих обнаружение активных IP-адресов с помощью *ARP*-запросов злоумышленником применяются различные общедоступные утилиты, такие как *Nmap, Ethereal, ARPing* и др., так и специализированные инструментальные средства [5, 6, 7, 8].

© Доронин С. С., Благов В. В., 2019

Протокол разрешения адресов *ARP* (*Address Resolution Protocol*) предназначен для определения адреса канального уровня по известному адресу сетевого уровня. В локальных сетях протокол *ARP* использует широковещательные кадры протокола канального уровня для поиска в сети узла с заданным *IP*-адресом. Узел, которому нужно разрешить отображение (соответствие) *IP*-адреса на локальный (физический) адрес, формирует *ARP*-запрос, инкапсулирует его в кадр протокола канального уровня, указывая в нем известный *IP*-адрес, и рассылает запрос широковещательно. Все узлы локальной сети получают *ARP*-запрос и сравнивают указанный там *IP*-адрес с собственным. В случае их совпадения узел формирует *ARP*-ответ, в котором указывает свой *IP*-адрес и свой локальный адрес и посылает его уже направленно, так как в *ARP*-запросе отправитель указывает свой локальный адрес.

В данной статье представлен алгоритм, описывающий один из способов маскирования передаваемых данных в трафике и в качестве передаваемых данных рассматриваются значения служебных полей ответных пакетов, содержащие информацию о параметрах сетевых устройств [9, 10, 11, 12, 13] сегмента вычислительной сети, в частности содержащие значения их *MAC*-адресов [14, 15, 16, 17, 18].

Разработанный алгоритм маскирования данных в трафике, о параметрах сетевых устройств защищаемого сегмента вычислительной сети, реализуется следующей последовательностью действий:

– предварительно задается массив данных, содержащий идентификационные признаки «черных» IP-адресов, т.е. адресов, обращение с которых к абонентам в защищаемой сети будет идентифицироваться как несанкционированное [19, 20];

– предварительно активируются все сетевые устройства в вычислительной сети и после этого считываются значения их MAC-адресов;

– считанные значения MAC-адресов запоминаются в ранее сформированном для этого массиве памяти;

– генерируется случайная последовательность шестнадцатеричных чисел, и формируется из нее набор значений MAC-адресов сетевых устройств вычислительной сети;

– для исключения появления в вычислительной сети двух сетевых устройств с одинаковыми MAC-адресами, сравниваются значения MAC-адресов из сформированного набора с MAC-адресами всех сетевых устройств вычислительной сети, информация о которых ранее записана в массив памяти;

– в случае совпадения сгенерированных MAC-адресов с уже записанными в массиве памяти они удаляются и генерируются новые MAC-адреса;

– формируется матрица соответствия конкретному IP-адресу сетевого устройства в вычислительной сети сформированного MAC-адреса;

– при обращении к сетевым устройствам защищаемой сети с «черного» IP-адреса формируется ответный пакет сообщений и записывается в заголовок ответного пакета сгенерированный MAC-адрес;

– после этого злоумышленнику направляется ответный пакет сообщений со значением сгенерированного MAC-адреса для конкретного IP-адреса.

Заключение

Таким образом, разработанный алгоритм обеспечивает повышение результативности защиты вычислительной сети, за счет снижения вероятности идентификации параметров сетевых устройств, достигаемое путем формирования множества случайных значений *MAC*-адресов не соответствующих узлам вычислительной сети.

Список литературы

1. Maximov R. V., Sokolovsky S. P., Gavrilov A. L. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

2. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация, связь: сб. тр. участников XXIV Междун. научно-технической конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

3. Максимов Р. В. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3. – С. 28-35.

4. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.

5. Соколовский, С. П. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

6. Выговский Л. С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л. С. Выговский, Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

7. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Р. В. Максимов, Н. Ю. Лыков, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. участников VIII Междун. научно-практической конф. «ТТС-16». (Краснодар, 8-9 октября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

8. Выговский, Л. С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л. С. Выговский, Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

9. Maximov R. V., Iskolnyy B. B., Sharifullin S. R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

10. Maximov R. V., Ivanov I. I., Sharifullin S. R. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.

11. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии: сб. тр. участников Междун. конф. и молодежн. школы «ИТНТ-2016». (Самара, 4-7 октября 2016 г.). – Самара: Институт систем обработки изображений РАН. 2016. – С. 431-438.

12. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.

13. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.

14. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

15. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

16. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. участников XXIV Междун. научно-технической конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

17. Соколовский, С. П. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

18. Соколовский, С. П. Математическое моделирование противодействия атакам типа «отказ в обслуживании» с использованием теоретико-игрового подхода / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 44-50.

19. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация ; МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.], заявитель и правообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко» Министерства обороны Российской Федерации. – № 2017125677; заявл. 17.07.17, опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

20. Соколовский, С. П. Процессы высоконадежной обработки информации объектно-реляционных структур критически важных сегментов информационной инфраструктуры / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2017. – № 2. – С. 55-61.

Обман в киберпространстве – как перспективное направление обеспечения безопасности IP-сетей

С. С. Доронин, email: stanislav_doronin97@mail.ru
И. С. Миняков, email: minyakov@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье показаны особенности обманных технологий применяемых в интересах кибербезопасности, анализ предпосылок их возникновения, причины, обуславливающие перспективы их развития, уровни взаимодействия с нарушителями информационной безопасности, на которых могут эффективно применяться рассматриваемые технологии.*

Ключевые слова: *технология движущейся цели, рандомизация адресного пространства, компьютерные атаки.*

Введение

Технологии киберобмана основаны на использовании ложной информации, запутывании и демонстрации ложных намерений, и направлена на то, чтобы помешать злоумышленнику реализовать свою целевую функцию, вывести из строя его инструменты, увеличить время, необходимое для реализации вредоносного воздействия, а также количество затраченных для этого ресурсов [1, 2, 3, 4]. Введение в заблуждение достигается за счет использования ложных ответов, целенаправленных обфускаций, запутывания, неправильных указаний и другой лжи. Эти методы, кроме того, должны сформировать у злоумышленника определенный уровень доверия, который не должен снизится при анализе злоумышленником и его инструментами сетевых протоколов, инфраструктуры атакуемой сети, приложений, систем и данных, с которыми они взаимодействуют или к которым они получают доступ во время выполнения своих атак или во время операций по сбору разведывательных данных. Обман в этом контексте используется как техника для защитных целей и не носит атакующего характера [5, 6, 7, 8].

1. Обманные технологии в киберпространстве

На протяжении многих лет использование методов обмана широко использовалось для эффективного обнаружения угроз информационной

© Доронин С. С., Миняков И. С., 2019

безопасности и формирования стратегии реагирования на эти угрозы [9-12]. Использование методов обмана охватывает целый ряд технологий безопасности, применяемых предприятиями и реализуемых различными программами обеспечения безопасности в первую очередь, в силовых структурах, таких как Министерство обороны, использующих на протяжении многих лет методы обмана в вооруженных конфликтах. Большинство администраторов информационной безопасности используют песочницы или сетевые приманки *honeypot*. Эти решения, по сути, используют обман как ключевую стратегию сбора информации о злоумышленнике и применяемых им инструментах. На протяжении многих лет разработчики технологий сетевой безопасности использовали значительное количество датчиков и методов *honeypot* для улучшения качества обнаружения злоумышленников. Они в значительной степени использовали эту возможность сбора разведывательных данных для усовершенствования и расширения возможностей своих продуктов или услуг, а также для защиты от деструктивных воздействий своих продуктов. Тем не менее, разработчики систем безопасности за счет улучшения методов сетевого обмана могут выйти за рамки обнаружения и противодействия кибератакам, на их предотвращение [13-16].

Технические решения для технологий киберобмана приобретают все большую актуальность для защиты от корпоративных угроз. Обнаружение часто является предварительным условием для более качественной реализации киберобмана. Однако использование киберобмана в настоящее время начинает использоваться для активного противодействия и защиты от вредоносных бот-сетей, подозрительных действий и подключений. В некоторых случаях службы информационной безопасности используют методы киберобмана для перехвата и нарушения командно-контрольных сообщений от бот-сетей. Технологии обмана продолжают развиваться, использование обмана для защиты сетей применяется во многих различных типах продуктов на протяжении многих лет, включая средства *honeypot*. В настоящее время реализации технологий обмана охватывает несколько уровней, включая защиту конечных узлов, защиту на уровне сети, защиту на уровне приложения и данных. Тем не менее, многие разработчики технологий обмана неохотно применяют эти (часто перспективные) методы, для противодействия злоумышленникам, так как технологии обмана в целях обеспечения информационной безопасности еще не нашли широкого применения или неизвестны как концепция для покупателей.

В течение последних лет известные продукты сетевой безопасности, оставались довольно постоянными, предлагая лишь

ограниченное количество действий по реагированию на инциденты безопасности, таких как аудит, блокирование, удаление и карантин, с очень небольшим количеством инноваций [17, 18]. И хотя эти действия эффективны для обнаружения и блокирования попыток отдельных атакующих, они также видны квалифицированному противнику – опытным практикующим злоумышленникам или их объединениям. Анализ сетевого взаимодействия позволяет злоумышленнику практически сразу определить, когда он обнаружен и служит для информирования злоумышленника о том, что он должен быстро адаптировать свою стратегию атаки.

В настоящее время в продуктах безопасности используются технологии обмана, включающие в себя использование как эмулированных, так и виртуальных, реальных обманных систем для конечных узлов, сетевых сервисов, протоколов, приложений или поддельных элементов данных. Появился новый класс продуктов с распределенными приманками для конечных узлов с возможностями обмана угроз, которые могут улучшить нашу защиту. В этом новом классе продуктов безопасности распределенные системы-приманки используются для описания обмана на нескольких уровнях взаимодействия злоумышленниками.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование показало, что каждый из этих слоев и элементов данных служит ложными информационными системами и помогает в успешном обмане, нарушении стратегии атаки и/или неправильном перенаправлении злоумышленника и его автоматического программного обеспечения для совершения атаки. Киберобман, связанный с сетевой разведкой, имеет решающее значение для нейтрализации возможных вредоносных действий злоумышленника еще на начальном этапе проведения им компьютерной атаки.

Литература

1. Maximov R. V., Sokolovsky S. P., Gavrilov A. L. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

2. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

3. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

4. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

5. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Р. В. Максимов, Н. Ю. Лыков, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. участников VIII Междун. научно-практической конф. «ТТС-16». (Краснодар, 8-9 октября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

6. Соколовский, С. П. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

7. Максимов, Р. В. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3. – С. 28-35.

8. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб. : ВАС, 2017. – С. 147-154.

9. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2475836 Российская Федерация : МПК G 06 F / Стародубцев Ю. И. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи (RU). – № 2012109258; заявл. 12.03.2012; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5. – 23 с.

10. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии : сб. тр. участников Междун. конф. и молодежн. школы «ИТНТ-2016». (Самара, 4-7 октября 2016 г.). – Самара: Институт систем обработки изображений РАН. – 2016. – С. 431-438.

11. Maximov R. V., Iskolnyy B. B., Sharifullin S. R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

12. Maximov R. V., Ivanov I. I., Sharifullin S. R. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.

13. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

14. Максимов, Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения [Электронный ресурс] / Р. В. Максимов, Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин // Системы управления, связи и безопасности. – Электрон. журн. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf.

15. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. участников XXIV Междун. научно-технической конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

16. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.

17. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.

18. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

Модель некогерентного обнаружения импульсного радиосигнала в условиях мешающих отражений и флюктуационного шума

А. Ф. Евстафиев
Ф. А. Евстафиев, email: evfeal@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Получены выражения для расчета вероятностных характеристик некогерентного обнаружения импульсного радиосигнала при наличии мешающих отражений и флюктуационного шума. Сформулированы условия нейтрализации мешающих отражений для повышения достоверности обнаружения импульсных радиосигналов.*

Ключевые слова: *импульсный радиосигнал, мешающие отражения, некогерентное обнаружение.*

Введение

Актуальность проблемы обнаружения импульсных радиосигналов в радиотехнических системах (РТС) различного функционального назначения обусловлена наличием в радиоканалах так называемых мешающих сигналов, порожденных отражением радиоволн от посторонних предметов, границ раздела сред и от различных неоднородностей на трассе их распространения. При этом мешающие сигналы представляют собой суперпозиции собственных копий сигналов, сдвинутых, в общем случае, хаотично по времени и частоте, которые при взаимодействии с основным сигналом вызывают его интерференционные искажения, снижающие достоверность обнаружения информационного сигнала на фоне флюктуационного шума [1].

Вследствие отличия искаженного информационного сигнала от корреляционной функции выходного шума согласованного фильтра соответствующего приемника, появляется принципиальная возможность повышения достоверности его обнаружения за счет изменения соответствующей двухканальной обработки.

Целью данной работы является разработка способа и соответствующей модели обработки принимаемого радиосигнала при его обнаружении в условиях мешающих отражений и флюктуационного

© Евстафиев А. Ф., Евстафиев Ф. А., 2019

шума без увеличения энергетических и частотно-временных ресурсов радиоканала.

1. Математическая модель некогерентного обнаружения

Во многих случаях начальная фаза информационного сигнала как и мешающего является случайной величиной равновероятно распределенной в интервале $[-\pi, \pi]$. В этом случае необходимо использовать двухканальное некогерентное обнаружение, при котором все операции обработки сигнально-помеховых реализаций осуществляются с их огибающими. Рассмотрим эффективность данной модели обнаружения информационного сигнала в условиях мешающего сигнала на фоне белого шума.

Пусть обнаруживаемый выходной сигнал согласованного фильтра в общем случае имеет вид

$$S_1(t) = U_1(t)\cos(\omega_0 t - \phi_1), \quad 0 \le t \le T, \tag{1}$$

где $U_1(t)$, ω_0, T, ϕ_1 – огибающая, частота, длительность и случайная начальная фаза информационного радиосигнала.

При этом мешающий радиосигнал будет определяться выражением:

$$S_2(t) = U_2[t - T(1-\chi)]\cos(\omega_0 t - \phi_1 - \psi - \phi_0). \tag{2}$$

где $\chi = 1 - t_0 / T$ – относительное перекрытие информационного и мешающего сигналов; $\phi_0 = \omega_0 t_0$ – постоянная начальная фаза; $\psi = \omega_0(\pm\Delta t)$ – случайная фаза за счет случайной задержки Δt.

Результирующие амплитуды (огибающие) сигналов в информационном и опорном отсчетах с учетом (1) и (2) будут, соответственно, равны:

$$A_1(0,\psi) = \sqrt{U_1^2(0) + U_2^2[-T(1-\chi)] + 2U_1(0)U_2[-T(1-\chi)]\cos(\psi - \phi_0)} \tag{3}$$

;

$$A_2(\tau_0,\psi) = U_1(\tau_0)\sqrt{2[1+\cos(\psi - \phi_0)]}, \tag{4}$$

где опорный отсчет τ_0 определяется моментом времени пересечения огибающих информационного и мешающего радиосигналов.

Вероятность ложной тревоги в первом канале обработки при некогерентном обнаружении определяется известным выражением [2]:

$$H_{1F} = \exp\left(-\frac{\lambda^2}{2P_ш}\right), \tag{5}$$

где λ – абсолютное значение порога принятия решения, а $P_ш$ – мощность шума на выходе согласованного фильтра.

При этом вероятность правильного обнаружения сигнала в первом канале обработки, выраженная через вероятность ложной тревоги с учетом (3) будет равна

$$H_{1D}(\psi) = Q\left(\frac{A_1(0,\psi)}{\sqrt{P_ш}},\ \sqrt{-2\ln H_{1F}} \right), \tag{6}$$

где $Q(x,y)$ – функция Маркума.

Для получения вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения во втором дополнительном канале обработки необходимо оперировать двумерной плотностью вероятности огибающих между информационным и опорным отсчетами при отсутствии и наличии информационного сигнала.

Опуская промежуточные преобразования, можно показать, что выражение для вероятности ложной тревоги во втором канале обработки будет иметь вид

$$H_{2F} = Q\left[\frac{U_ш(\tau_0)R_0}{\sqrt{P_ш(1-R_0^2)}},\ \frac{\lambda(\tau_0)}{\sqrt{P_ш(1-R_0^2)}} \right]. \tag{7}$$

где R_0 – значение коэффициента корреляции флюктуационного шума на выходе согласованного фильтра через интервал времени τ_0; $\lambda(\tau_0)$ – управляемый порог принятия решения во втором канале обработки.

В частном случае при $R_0 \approx 0$ выражение (7) переходит в известное выражение (5) вероятности ложной тревоги.

Можно также показать, что вероятность правильного обнаружения сигнала во втором канале обработки, выраженная через вероятность ложной тревоги, будет равна

$$H_{2D}(\psi) = Q\left[\frac{A_1(0,\psi) - R_0 A_2(\tau_0,\psi)}{\sqrt{P_ш(1-R_0^2)}}, \sqrt{-2\ln H_{2F}} \right]. \tag{8}$$

Результирующие вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги будут определяться следующими выражениями:

$$H_{D\,рез}(\psi) = 1 - \left[1 - H_{1D}(\psi)\right]\left[1 - H_{2D}(\psi)\right]; \tag{9}$$

$$H_{F\,рез}(\psi) = 1 - \left[1 - H_{1F}\right]\left[1 - H_{2F}\right]. \tag{10}$$

При этом средняя результирующая вероятность правильного обнаружения по всем значениям случайной начальной фазы ψ определяется выражением:

$$\overline{H}_{D\,рез} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} H_{D\,рез}(\psi)d\psi\,. \qquad (11)$$

2. Результаты исследования

Для получения количественных результатов вероятностей обнаружения в расчетах использовалась гауссовская форма информационного и мешающего радиосигналов с относительным временным перекрытием $\chi = 0,7$. Отношение сигнал-фоновый шум по мощности принималось равным $h^2 = 40$ с результирующей вероятностью ложной тревоги $H_{F\,рез} = 10^{-3}$. При этом исходная вероятность правильного обнаружения сигнала при отсутствии мешающих отражений составила $H_{D\,исх} = 0,997$.

В условиях мешающих отражений при постоянной составляющей начальной фазе $\phi_0 = \omega_0 t_0 = 0$ и характерных соотношениях начальных фаз между информационным и мешающим сигналами, равных $\psi = (0;\ \pi/2;\ \pi)$ радиан (рад) по формулам (6), (8), (9) рассчитаны и сведены в таблицу значения вероятностей правильного обнаружения сигнала в первом канале обработки $H_{1D}(\psi)$, во втором канале $H_{2D}(\psi)$ и результирующей вероятности $H_{D\,рез}(\psi)$.

Таблица

Значения вероятностей правильного обнаружения сигнала

Характеристика	Значение		
ψ, рад	0	$\pi/2$	π
$H_{1D}(\psi)$	0,9992	0,991	0,37
$H_{2D}(\psi)$	0,212	0,671	0,989
$H_{D\,рез}(\psi)$	0,9994	0,997	0,993

Из таблицы следует, что с увеличением фазового сдвига между информационным и мешающим сигналами вероятность правильного обнаружения в первом канале обработки уменьшается, а во втором канале увеличивается. При этом результирующая вероятность правильного обнаружения с изменением фазового сдвига изменяется незначительно и при заданных исходных данных практически не

уменьшается ниже $H_{D\,рез}(\psi) = 0{,}993$. При этом средняя вероятность правильного обнаружения, полученная путем усреднения результирующей вероятности по всем значениям случайной фазы ψ, в соответствии с (11), равна $\overline{H_D} = 0{,}996$, что свидетельствует о высокой эффективности данной модели обнаружения сигналов.

Заключение

Разработана модель двухканального некогерентного обнаружения импульсного радиосигнала в условиях мешающих отражений на фоне флюктуационного шума с получением аналитических выражений для расчета соответствующих характеристик обнаружения. Полученные результаты могут быть использованы как при модернизации существующих, так и при создании перспективных радиотехнических систем соответствующего функционального назначения, обладающих повышенной эффективностью функционирования в условиях сложной помеховой обстановки.

Список литературы

1. Способ некогерентного обнаружения импульсного радиосигнала на фоне мешающего радиоимпульса и белого шума [Текст] : пат. 22852774 Российская Федерация : МПК G 01 S 7/292, H 04 B1 /00/ Евстафиев А.Ф. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. военный авиационный инженерный институт. – № 2002121725/09 ; заявл. 26.11.02 ; опубл. 10.10.06, Бюл. № 28. – 3 с.

2. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1983. – 324 с.

Управление темпоральными свойствами электронных документов

Н. И. Елисеев, email: n.i.eliseev@yandex.ru
Д. И. Тали, email: dimatali@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище

Аннотация. *Предложена двухядерная архитектура подсистемы хранения электронных документов, включающей изолированное ядро длительного хранения электронных документов и общедоступное ядро кратковременного хранения электронных документов. Предложенные решения позволяют за счет управления темпоральными свойствами электронных документов более эффективно перераспределять ресурсы системы с учетом необходимых и достаточных соотношений времени хранения и криптографической стойкости электронных документов.*

Ключевые слова: *автоматизированная информационная система юридически значимого электронного документооборота, длительное хранение электронных документов, электронная подпись, двухядерная архитектура хранения, криптографическая стойкость.*

Введение

В соответствии с требованиями нормативных документов автоматизированная информационная система юридически значимого электронного документооборота (АИС ЮЗ ЭД) должна обеспечивать хранение электронных документов (ЭлД) в пределах сроков, определенных для аналогичных документов на бумажных носителях [1]. В то же время, в отличие от собственноручной подписи ее электронный аналог является темпоральнозависимым, т. е. юридический статус ЭлД ограничен сроком легитимности электронной подписи (ЭП), который, в ряде случаев, меньше необходимого срока хранения ЭлД. Увеличение срока хранения ЭлД требует увеличение длины ключа ЭП, что снижает эффективность функционирования АИС ЮЗ ЭД. Ограничение же срока хранения ЭлД противоречит общей методологии документооборота, определяющей необходимость длительного хранения документов (25 лет, 50 лет, постоянно).

При этом одним из основных критериев, определяющих стойкость криптографического алгоритма во времени является длина ключа ЭП. В настоящее время длина ключа ЭП, определяемая ГОСТ 34.10-2012, является фиксированной и составляет 256 или 512 бит для всех видов

© Елисеев Н. И., Тали Д. И., 2019

документов, независимо от сроков их хранения. В результате «время действия ЭП» и «время хранения ЭлД» два функционально не связанных параметра. Поэтому ЭлД требуется разработка методов управления темпоральными свойствами ключевого пространства АИС ЮЗ ЭД, позволяющих обеспечить рациональное распределения ресурсов системы с учетом необходимого срока хранения ЭлД и достаточной для этого криптографической стойкости ЭП.

При этом принципиальным отличием электронного документооборота от «бумажного» является то, что «бумажный» документ порождается однократно и хранится неизменным в пространстве и времени на протяжении всего срока его жизненного цикла. В этом случае понятие «хранения», прежде всего, связано с сохранением (долговременным или кратковременным) физического объекта.

В то же время, ЭлД физически не привязан к конкретному носителю, порождается каждый раз при запросе пользователя, существует ограниченный промежуток времени, после чего «умирает» и порождается вновь при очередном запросе. Поэтому понятие «хранения» документов в электронной среде требует соответствующего переосмысления. В этом случае, целесообразно говорить не о хранении (в традиционном понимании этого процесса), а об обеспечении возможности длительного или кратковременного порождения ЭлД с заданными свойствами, что приводит к необходимости формирования новой, модифицированной архитектуры АИС ЮЗ ЭД.

1. Концепция гибридной архитектуры автоматизированной информационной системы юридически значимого электронного документооборота

В основе гибридной архитектуры АИС ЮЗ ЭД, лежат две функционально разделенные подсистемы документооборота: порождающая подсистема (длительного существования ЭлД) и порождаемая подсистема (кратковременного существования ЭлД). Модифицированная архитектура АИС ЮЗ ЭД, в общем виде, представлена на рис. 1 [2, 3].

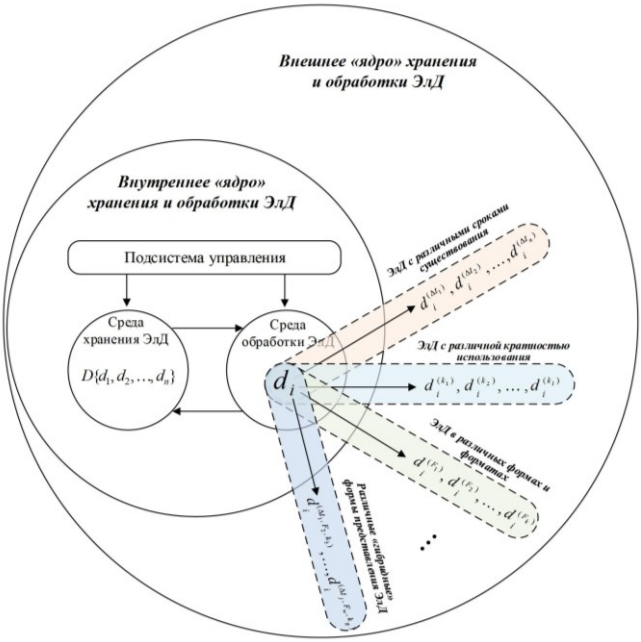


Рис. 1. Графическое пояснение к структуре модели двухядерной АИС ЮЗ ЭД

Основные характеристики подсистемы долговременного существования ЭлД:

– высокозащищенная среда ограниченного доступа;

– ЭлД существуют в одном или не многочисленном количестве форматов, которые являются порождающими для всего спектра форматов, используемых в подсистеме кратковременного существования ЭлД;

– форматы представления ЭлД долговременного ядра АИС ЮЗ ЭД изначально ориентированы на удобство технической системы. Например, ЭлД может быть описан в нотации ГОСТ Р 53893-2013;

– ЭП автора существует только в защищенном ядре и не доступна для пользователей среды кратковременного существования ЭлД;

– ЭП документов долговременного существования являются порождающими для ЭП документов кратковременного существования.

Такая архитектура АИС ЮЗ ЭД позволит:

– резко сократить количество документов, подлежащих длительному хранению за счет унификации форматов;

– увеличить сроки актуальности криптографических свойств ЭП в силу того, что это подпись недоступна пользователям, и как следствие, потенциальному криптоаналитику;

– на основе униформатных и криптографически стойких ЭлД длительного существования порождать ЭлД различных удобных форматов, для которых изначально будут определены сокращенные сроки жизненного цикла.

Основные характеристики подсистемы кратковременного существования ЭлД:

– ЭлД хранятся и используются в различных технически и физически удобных форматах представления данных;

– более низкие требования к криптографической стойкости ЭП, определяемые не значительными сроками существования ЭлД;

– отсутствие необходимости длительное время поддерживать ЭП в актуальном состоянии (сертификаты ЭП, сертификаты средств ЭП и т.д.).

Предложенные решения позволяют обеспечить гибкость в выборе архитектуры АИС ЮЗ ЭД с учетом решаемых задач. Например, если для ЭлД в АИС ЮЗ ЭД изначально предполагается на значительный срок жизненного цикла, то может использоваться традиционная архитектура АИС ЮЗ ЭД. В другом случае, АИС ЮЗ ЭД могут строиться на основе гибридной архитектуры: ядро, реализующее традиционные функции АИС ЮЗ ЭД (для документов определенного класса) и защищенное ядро, обеспечивающее более стабильные параметры ЭлД в течение длительного срока.

2. Варианты генерации ЭлД в среде кратковременного существования

Рассмотрим следующие варианты генерации ЭлД в среде кратковременного существования:

1) по запросу пользователя: в этом случае ЭлД в общедоступном ядре АИС ЮЗ ЭД нет. Он генерируется только по запросу пользователя и существует требуемый (кратковременный) срок; при необходимости запрос может быть повторен;

2) автоматическая генерация: генерируется долговременным ядром автоматически однократно (однократное превентивное формирование) с ограниченным сроком хранения, кратностью использования или мажоритарными принципами. После чего ЭлД перестает существовать. В этом случае, сроки превентивного создания, хранения и другие параметры объектов и процессов должны определяться статистически, или с использованием оптимизационных методов (например, соотношение цена/срок хранения);

3) периодическая регенерация (обновление): ЭлД генерируется долговременным ядром на короткий срок на новых ключах в течении необходимого срока поддержания его актуальности (например, в течении 10 лет ЭлД порождается на новых ключах каждый квартал).

Особенностью такой АИС ЮЗ ЭД будет наличие двух видов ЭП автора: для закрытой «стерильной» среды с пролонгированными сроками действия и ЭП для общедоступной среды с ограниченным сроком действия. Во втором случае, для ЭлД кратковременного существования ЭП должна генерироваться защищенным ядром от имени и на основе подписи автора. В результате криптоанализу будет подвержена подпись автора, с более коротким сроком действия.

3. Процедура включения ЭлД в среду долговременного существования

Наиболее важным этапом функционирования АИС ЮЗ ЭД с предложенной гибридной (модифицированной) архитектурой является процедура отбора и включения ЭлД в среду долговременного существования. Данная процедура может включать ряд этапов:

– анализ соответствия ЭлД условиям включения в долговременную среду существования;

– анализ соответствия между исходным форматом представления ЭлД и допустимыми для него порождаемыми форматами;

– анализ условий утраты актуальности ЭлД (полномочия автора, утрата актуальности связанных ЭлД и т.д.);

– и пр.

Следует констатировать тот факт, что каждый ЭлД представляет собой сложную систему взаимосвязанных и постоянно изменяемых параметров, подлежащих постоянному контролю. Поэтому для обеспечения непротиворечивого существования ЭлД в пользовательской среде для каждого класса ЭлД длительного существования целесообразно разрабатываться и утверждаться паспорт формы ЭлД. Такой паспорт должен содержать четко регламентированный перечень системообразующих технических и юридических требований, определяющих:

– критерии соответствия ЭлД определенной форме;

– допустимые форматы длительного и кратковременного существования;

– технические и юридические требования к средствам преобразования ЭлД и их ЭП;

– допустимые модификации ЭлД;

– условия прекращения действенности ЭлД;

– допустимые для миграции классы АИС ЮЗ ЭД;

Непротиворечивость (техническая и юридическая) ЭлД [2], включаемых в среду долговременного существования, позволит обеспечить и непротиворечивое существование ЭлД в пользовательской среде кратковременного существования.

Заключение

Предлагаемые решения позволяют за счет управления темпоральными свойствами ЭлД более эффективно перераспределять ресурсы системы с учетом необходимых и достаточных соотношений времени хранения и криптографической стойкости. Кроме того, снижается избыточная нагрузка на оперативный контур АИС ЮЗ ЭД ввиду отсутствия необходимости хранения и поддержания всех ЭлД в актуальном состоянии. При необходимости ЭлД может быть вновь порожден с актуальными параметрами и необходимыми сроками действия.

Список литературы

1. Архивные хранилища и электронные архивы документов, основные постулаты и проблемы разработки / Г. П. Акимова [и др.] / Труды Института системного анализа РАН (ИСА РАН). – 2012. – Т. 6. – №4. – С. 3-13.

2. Елисеев, Н.И. Теоретические аспекты развития системы электронного документооборота Министерства обороны Российской Федерации / Н. И. Елисеев, О. А. Финько // Военно-теоретический журнал «Военная мысль». – 2015. – № 7. – С. 55-63.

3. Елисеев, Н.И. Управление темпоральными свойствами ключевого пространства системы электронного документооборота [Электронный ресурс] / Н.И. Елисеев, О.А. Финько // Материалы 18-го национального форума информационно безопасности «Инфофорум-2016». – Режим доступа : http:// www.2016.infoforum.ru/conference/programma

Методика решения задачи маскирования структуры распределенной информационной системы

Д. В. Зайцев, email: danyazaytsev@gmail.com
О. Е. Зуев, email: dan97-10@mail.ru
Ю. Н. Архипов, email: yur.arhipoff2017@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С. М. Штеменко

Аннотация. *В данной статье предлагается методика решения задачи маскирования структуры распределенной информационной системы.*

Ключевые слова: *сети связи общего пользования, маскирующий обмен, узлы связи, узел-терминатор.*

Введение

В настоящее время в связи с необходимостью выполнения задач по информационному обмену, подразделения ведомств используют сервисы, работающие в сетях связи общего пользования (ССОП). Это означает, что даже с использованием криптографических средств защиты информации злоумышленник имеет возможность построить структуру сети ведомства, основываясь на демаскирующих признаках (ДМП) информационного обмена. При таких условиях необходимы меры по защите информационной системы (ИС) от компьютерной разведки.

Данные меры могут быть реализованы путем маскирующего обмена целью которого является формирование у злоумышленников ложного представления о структуре ведомственной системы управления посредством управления ДМП информационного обмена. При этом предполагается, что маскирующий пакет сообщений будет игнорироваться принимающим абонентом, однако, он будет создавать нагрузку на его входе.

Назначение методики – решение задачи маскирования алгоритмов функционирования ИС при снижении маскирующей нагрузки на абонентов сети, обеспечении своевременности доставки пакетов конструктивных сообщений и учета параметров безопасности транзитных узлов [1].

© Зайцев Д. В., Зуев О. Е., Архипов Ю. Н., 2019

1. Описание методики

Для реализации маскирующего обмена в ИС необходимо:

1. Построить структуру сети маскирующего обмена.

2. Построить схему (граф) совокупности альтернативных маршрутов связи между каждой парой абонентов узла связи (УС) подразделения, содержащую транзитные узлы ССОП [9, 11].

3. Сформировать совокупность допустимых маршрутов для передачи по ним конструктивных сообщений между каждой парой абонентов УС подразделений. Построение маршрутов связи между абонентами на основе деревьев графа сети связи обеспечивает нахождение всех возможных маршрутов связи и их незамкнутость, т.е. исключает неприемлемые для передачи сообщений замкнутые маршруты [1]. Для обоснования и объективного выбора безопасного, допустимых и маскирующих маршрутов связи из совокупности N_{ij} возможных маршрутов связи между *i*-м и *j*-м абонентами сети вычисляют средние показатели безопасности k_{ij}^{cp} как среднее арифметическое комплексных показателей безопасности k_{Σ}^{n} узлов сети, входящих в n-ый маршрут связи:

$$k_{ij}^{cp} = \left(\sum_{l=1}^{z} k_{\Sigma}^{n} \right) \div z_n \qquad (1)$$

Используя результаты, полученные при вычислении комплексных показателей безопасности узлов сети разными способами, вычисляются средние показатели безопасности k_{ij}^{cp} маршрутов связи сформированных между *i*-м и *j*-м абонентами сети. В качестве безопасного маршрута выбирают и запоминают маршрут *n* с максимальным средним показателем безопасности.

Далее сравнивают значения средних показателей безопасности маршрутов k_{ij}^{cp} с предварительно заданным допустимым значением $k_{ij}^{доп}$. Те маршруты, значения средних показателей безопасности которых удовлетворяют условию $k_{ij}^{cp} \geq k_{ij}^{доп}$, запоминают как допустимые маршруты $N_{ij}^{доп}$. Далее формируют совокупность возможных допустимых маршрутов связи *L* между каждой парой абонентов сети и запоминают сформированные *L* маршрутов.

4. Сформировать совокупность маскирующих маршрутов для передачи по ним маскирующих (ложных) сообщений между каждой парой абонентов УС подразделений [10]. Если по результатам сравнения

комплексных показателей безопасности маршрутов $k_{ij}^{ср}$ с предварительно заданным допустимым значением $k_{ij}^{доп}$ выявляют те маршруты, что удовлетворяют условию $k_{ij}^{ср} < k_{ij}^{доп}$, то такие маршруты запоминают как маскирующие маршруты.

5. Определить для каждого УС ИС, принадлежащего маскирующим маршрутам, значения максимального размера передаваемого блока данных (*MTU*, *Maximum Transmission Unit*). Для вычисления значения *MTU* каждого узла сети, принадлежащего маскирующему маршруту, применяют процедуру *Path MTU Discovery*, как это описано, например, в технических спецификациях (RFC, Request for Comments) сети Интернет.

6. Выбрать узлы-терминаторы маскирующих сообщений в каждом маскирующем маршруте связи [6].

Выбор узла-терминатора маскирующего сообщения необходим для того, чтобы улучшить показатель своевременности доставки пакетов сообщений принимающему абоненту.

Это достигается тем, что пакеты маскирующих сообщений не будут доставляться принимающему абоненту (если он не является ложным), а будут уничтожаться на узле-терминаторе. В результате принимающий абонент не будет перегружен маскирующими сообщениями, и показатель своевременности доставки ему конструктивных (не маскирующих) сообщений будет улучшен.

7. При необходимости дополнительно согласовать между абонентами УС подразделений параметры TCP MSS [2, 3].

8. Задать маркеры перегрузки каналов связи (ребер минимального остовного дерева) пакетами сообщений [8].

9. Реализовать маскирующий обмен между каждой парой абонентов. При этом маскирование между абонентами может осуществляться в зависимости от замысла обмана [12-13]:

– как по одному маршруту, так и по нескольким;

– в специально выделенный промежуток времени (в этом случае необходимо иметь уверенность в том, что именно в этот момент времени был обеспечен контакт технического средства разведки с каналом связи), или постоянно, но не превышая рассчитанной максимальной нагрузки [1].

Заключение

Научная новизна методики заключается в применении математического аппарата теории графов при нахождении путей между УС подразделений в метрике безопасности транзитных узлов связи

ССОП для реализации маскирующего обмена в распределенной ИС [3, 7-9].

Практическая значимость предложенной методики заключается в снижении нагрузки абонентов сети обработкой маскирующих сообщений и обеспечении своевременности доставки сообщений при осуществлении маскирующего обмена при защите алгоритмов функционирования распределенной ИС от компьютерной разведки [5].

Список литературы

1. Шерстобитов Р. С., Шарифуллин С. Р., Максимов Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf
2. Иванов И.И., Максимов Р.В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.
3. Иванов И.И., Максимов Р.В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.
4. Maximov R.V., Ivanov I.I., Sharifullin S.R. Network Topology Masking in Distributed Information Systems // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure Information Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. – P. 83-87.
5. Iskolnyy B.B., Maximov R.V., Sharifullin S.R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. P. 59-65.
6. Maximov R.V., Sokolovsky S.P., Gavrilov A.L. Hiding computer network proactive security tools unmasking features // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. – P. 88-92.
7. Максимов Р.В., Савинов Е.А. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-

2016). Материалы Международной конференции и молодежной школы. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет); Институт систем обработки изображений РАН. 2016. – С. 431-438.

8. Максимов Р.В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

9. Выговский Л.С., Максимов Р.В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

10. Выговский Л.С., Максимов Р.В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

Синтез структуры маскированной информационной системы с использованием алгоритмов построения минимальных остовных деревьев

Д. В. Зайцев, email: danyazaytsev@gmail.com
Д. Э. Коржан, email: pllotnikova10@yandex.ru
А. И. Шаманов, email: dan97-10@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С. М. Штеменко

Аннотация. *В данной статье предлагается модель синтеза структуры маскированной информационной системы с использованием алгоритмов построения минимальных остовных деревьев, в целях повышения защищенности при реализации мероприятий по введению в заблуждение злоумышленника при осуществлении им компьютерной разведки.*

Ключевые слова: *демаскирующий признак, сеть связи, маскирующий обмен, минимальное остовное дерево.*

Введение

В условиях интеграции информационных систем (ИС) и сетей связи общего пользования (ССОП) требуется защита ведомственных ИС от компьютерной разведки, целью которой является планирование деструктивных воздействий и нарушения функционирования системы управления [1].

В таких условиях необходимы меры по защите ИС, которые реализуются с целью формирования у злоумышленников ложного представления о структуре ведомственной системы управления путем управления демаскирующими признаками (ДМП) информационного обмена [2-5]. Такая цель может быть достигнута реализацией маскирующего обмена, который представляет собой упорядоченную по структуре и интенсивности совокупность ложных пакетов сообщений, формируемых корреспондентами ИС [1].

1. Разработка модели синтеза структуры маскированной системы с использованием алгоритмов построения минимальных остовных деревьев

Каждый узел ИС имеет некоторый приоритет (ранг), отражающую его принадлежность определенному уровню иерархии ведомства.

© Зайцев Д. В., Коржан Д. Э., Шаманов А. И., 2019

Наилучшая стратегия защиты – распределить ограниченный неоднородный ресурс средств защиты по взаимосвязанным элементам ИС так, чтобы сформировать ложную структуру ИС.

Общий алгоритм достижения результативности маскирующего обмена включает в себя следующие действия:

1. Построить взвешенный связный неориентированный граф, отражающий функционально-логическую структуру ИС.

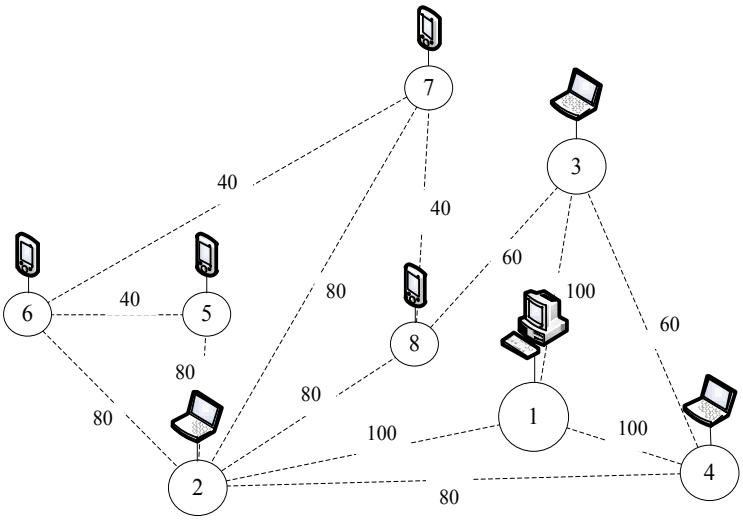


Рис. 1. Вариант исходной структуры ИС

Пусть $G=(V,E)$ – связный неориентированный граф, где V – множество узлов, E – множество ребер. Для каждого ребра $(u,v)\in E$ задан вес $w(u,v)$, определяющий интенсивность трафика между u и v.

2. Выбрать (назначить) УС или информационное направление (ложные), замещающие соответствующие элементы высшего ранга в исходной структуре.

3. Решить задачу построения структуры сети маскирующего обмена поиском минимального остовного дерева, т.е. найти ациклическое подмножество $T\subset E$, которое соединяет все вершины и общий вес которого [6,7]:

$$\omega(T)=\sum_{(u,v)\in T}\omega(u,v)\to\min \qquad (1)$$

4. В соответствии с замыслом обмана преобразовать найденное минимальное остовное дерево в искомую структуру ИС – последовательно добавлять ребра $(u,v) \in E$ для получения искомой ($K_{CX} \geq K_{CX}^{Треб}$) маскирующей структуры T^M, одновременно удаляя конкурирующие ребра из подмножества T.

5. Рассчитать требуемую нагрузку маскирующего трафика для полученной структуры сети маскирующего обмена по формуле:

$$\omega((u,v) \in T^M) = \omega(u,v)_s - \omega(u,v)_{T^M} + \omega(u,v)_s \qquad (2)$$

где $\omega(u,v)_s$ – интенсивность замещаемого (S – от англ. substitution, замещение) ИН [8-10].

2. Построение ложной структуры ИС с использованием алгоритмов построения минимальных остовных деревьев

Пусть исходными данными для примера расчета по разработанной модели синтеза структуры маскированной информационной системы является вариант исходной структуры ИС. На рис. 1 представлена легенда, иллюстрирующая ассортимент иерархий узла связи (УС) ведомства, и ее графовое представление. Узлом связи высшего ранга в представленной структуре является УС №1.

В соответствии с замыслом введения в заблуждение выбираем (назначаем) в качестве ложного УС высшего ранга УС № 7.

В соответствии с алгоритмом Прима находим минимальное остовное дерево на структуре ИС. После построения минимального остовного дерева ИС, добавляя недостающие ребра и удаляя конкурирующие, найдем необходимую, в соответствии с замыслом введения в заблуждение, структуру сети маскирующего обмена T^M.

Далее рассчитываем маскирующую нагрузку для искажения алгоритмов функционирования ИС.

Результатом построения сети маскирующего обмена в ИС станет ложная функционально-логическая структура (рис. 2).

Заключение

Научная новизна разработанной модели заключается в модификации алгоритмов минимальных остовных деревьев и их применении для решения задачи синтеза структуры маскированной информационной системы.

Практическая значимость разработанной модели заключается в обеспечении возможности искажения алгоритмов функционирования ИС по заданным требованиям (в соответствии с замыслом обмана).

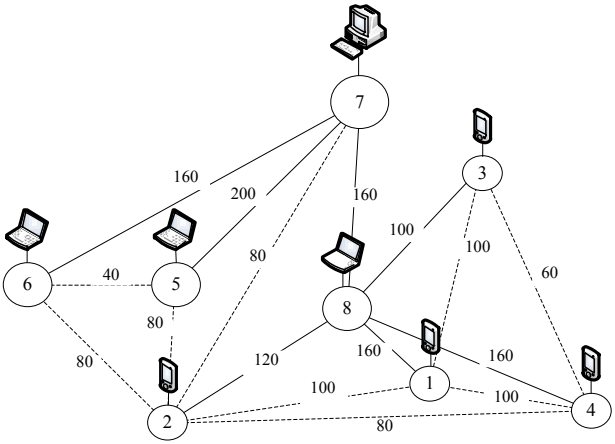


Рис. 2. Полученная ложная ФЛС ИС

Список литературы

1. Шерстобитов Р. С., Шарифуллин С. Р., Максимов Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения // Системы управления, связи и безопасности. 2018. – № 4. – С. 136-175. URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf

2. Иванов И.И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И.И. Иванов, Р.В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

3. Иванов И.И. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р.В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.

4. Maximov R.V., Ivanov I.I., Sharifullin S.R. Network Topology Masking in Distributed Information Systems // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure Information Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. – P. 83-87.

5. Iskolnyy B.B., Maximov R.V., Sharifullin S.R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (BIT 2017). Bauman

Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. P. 59-65.

6. Maximov R.V., Sokolovsky S.P., Gavrilov A.L. Hiding computer network proactive security tools unmasking features // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure Information Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. December 6-7, 2017, Moscow, Russia. – P. 88-92.

7. Максимов Р.В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р.В. Максимов, Е.А. Савинов // В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). – Материалы Международной конференции и молодежной школы. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет); Институт систем обработки изображений РАН. – 2016. – С. 431-438.

8. Максимов Р.В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи/ Р.В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

9. Выговский Л.С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л.С. Выговский, Р.В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

10. Выговский Л.С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л.С. Выговский, Р.В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

Динамическое управление структурой виртуальных частных сетей

И. И. Иванов, email: 7470745@mail.ru
Е. Ю. Бондаренко, email: alpheratz57@yandex.ru
В. Н. Кожанков, email: v.kozhankov@yandex.ru
Д. А. Рыжков, email: ryzhkov_da@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье предлагается новый подход к организации виртуальных частных сетей, который обеспечивает повышение гибкости и отказоустойчивости. Преимуществом предложенного подхода является отсутствие необходимости внедрения нового оборудования и зависимости от средств обеспечения дополнительной безопасности линий связи. Подход обеспечивает низкий уровень прослушивания и гарантирует подлинность и конфиденциальность для любого приложения (сервиса), работающего в виртуальной частной сети. За счет снижения стоимости одной VPN, предлагается использовать несколько динамических VPN для реализации многослойной системы защиты.*

Ключевые слова: *виртуальная частная сеть, динамическая виртуальная частная сеть, отказоустойчивость, масштабируемость, многослойная защита.*

Введение

Виртуальные частные сети (*VPN*) организовывают между множеством коммуникационного оборудования (узлами), которое взаимодействует через общедоступную инфраструктуру (сети связи общего пользования). Традиционные сервисы *VPN* обеспечивают решение многих сетевых проблем [1, 2], прозрачны для приложений, работающих в них, и обеспечивают надежную защиту [3-5]. Тем не менее, сервисы *VPN* имеют ряд ограничений (недостатков):

– отказоустойчивость. Серверы *VPN* представляют собой отдельные точки отказа;

– гибкость. Отсутствует возможность автоматического добавления новых узлов и *IP*-подсетей в *VPN* [6];

– масштабируемость. Для подключения межсетевых экранов используются соединения типа «точка-точка», что ведет к трудностям,

© Иванов И. И., Бондаренко Е. Ю., Кожанков В. Н., Рыжков Д. А., 2019

если их (межсетевых экранов) количество постоянно изменяется. Например, если имеется два набора межсетевых экранов S_1 размером n и S_2 размером m (где размер соответствует количеству межсетевых экранов в наборе), а также $O(n)$ соединений для S_1 и $O(m)$ соединений для S_2, чтобы полностью соединить указанные наборы, необходимо настроить mn соединений, аналогично, если из сети удалено m межсетевых экранов, то необходимо разорвать $(n-m)m$ соединений.

1. Предлагаемое решение

Для устранения указанных недостатков в работе предлагается подход к организации динамических виртуальных частных сетей, которые должны обладать следующими дополнительными свойствами:

– использование децентрализованного управления для повышения отказоустойчивости. Если *VPN* не будет иметь единой точки управления, то в случае разделения *VPN* на несколько подключаемых компонентов, данные компоненты должны самоорганизовываться (при потере сетевого подключения), а также инициировать повторное соединение с другими компонентами при восстановлении сетевого подключения;

– динамическое членство в *VPN* для повышения масштабируемости. Узлы могут динамически добавляться и исключаться из *VPN*. При подключении доверенных узлов к *VPN*, они должны автоматически получать ключи безопасности и любую иную служебную информацию;

– легкость. Утилизация системных ресурсов узла для поддержания *VPN* должна быть низкой, что позволит запускать несколько динамических *VPN* на одном узле;

– использование общего секретного ключа шифрования во всем динамическом *VPN*. При использовании строгого механизма для обеспечения безопасности ключа, его смогут получить только доверенные участники *VPN*. Поэтому когда узел добавляется в *VPN*, необходимо передать ключ шифрования, а при утрате доверия узлом (или необходимости исключения узла из сети), необходимо изменить ключ, тем самым удаляя узел из *VPN*.

Учитывая заявленные свойства представленного подхода к построению динамических виртуальных частных сетей, предлагается использовать несколько перекрывающихся *VPN* для реализации многослойной защиты межсетевого взаимодействия. Например, в организации, представленной на рис. 1, имеется следующее коммуникационное оборудование: маршрутизатор ядра центрального

офиса C, маршрутизаторы сегментов центрального офиса M_s и M_p, маршрутизаторы территориально удаленных филиалов W_s и W_p. Указанное коммуникационное оборудование имеет отношения смежности (соседства) в следующих группах безопасности: группа головного офиса M включает маршрутизаторы C, M_s и M_p, группы сегментов (подсетей филиалов) S и P, которые включают маршрутизаторы C, M_s, W_s и C, M_p, W_p соответственно, а также общая для всего домена группа A, которая включает все коммуникационное оборудование организации и используется для передачи информации между любыми доверенными узлами. Маршрутизатор ядра центрального офиса C является членом всех указанных групп.

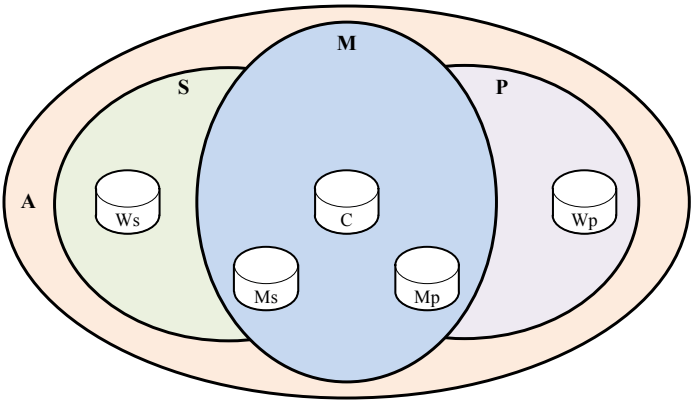


Рис. 1. Схема реализации многослойной защиты в динамическом *VPN*

Указанные группы могут формироваться как по иерархическому принципу, так и в контексте решаемых организацией (подразделением) задач (например, руководство, бухгалтерия, кадры и т.п.). Информация не должна передаваться между группами для чего предлагается использовать *IP*-фильтрацию.

Предлагаемая многослойная система защиты с использованием динамических *VPN* позволит предотвратить утечку информации с более защищенных узлов на менее защищенные узлы (например, с узлов группы головного офиса M на узлы группы сегмента S).

При разработке операционной системы, реализующей

представленный подход, использовалась сетевая операционная система семейства *GNU/Linux – vyos*. В системе-прототипе были выполнены следующие изменения:

- разработан драйвер динамического *VPN* (*dynVPN*);
- внесены изменения в систему маршрутизации;
- внесены изменения в систему пакетной фильтрации.

2. Архитектура системы динамической виртуальной частной сети

Предлагаемое решение состоит из следующих программных модулей: загружаемый драйвер динамического VPN и пакетный фильтр, функционирующие в пространстве ядра, а также две модифицированные библиотечные процедуры и сервер управления, работающий с правами суперпользователя на узле (в пространстве пользователя).

На рис. 2 (пунктирной линией выделены разработанные компоненты операционной системы) представлена модульная архитектура предлагаемого решения в контексте модели TCP/IP. На канальном уровне (L2 на рис. 2) архитектуры функционируют драйвер Ethernet операционной системы и разработанный драйвер динамического *VPN* (*dynVPN*). На сетевом уровне (L3 на рис. 2) – базовые функции *IP*-уровня и разработанный пакетный фильтр с модифицированной таблицей маршрутизации. Функции транспортного уровня (L4 на рис. 2) не были изменены. На уровне приложений (L5 на рис. 2) добавлен сервер управления.

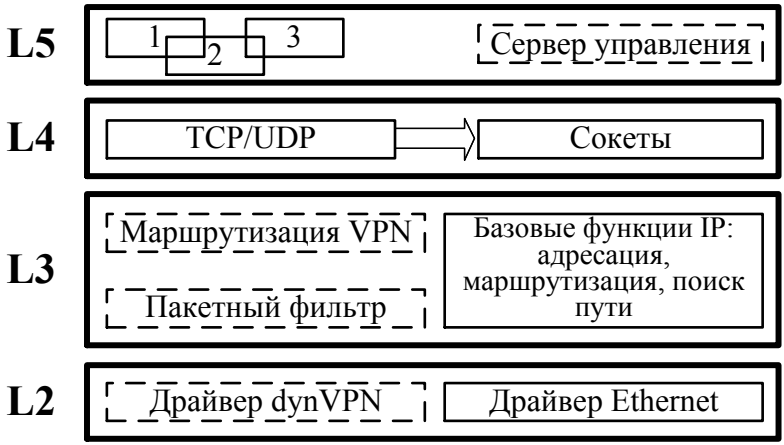


Рис. 2. Предлагаемая архитектура динамического *VPN*

Пакетный фильтр используется для проверки корректности *IP*-адреса источника и пары *IP*-адресов, характеризующих информационное направление (адреса источника и назначения). Сообщения, отправленные в пределах одного динамического *VPN*, передаются на сетевой уровень для маршрутизации. При организации системы динамического *VPN* изменяется таблица маршрутизации узла, а для обработки всех *IP*-пакетов (входящих и исходящих) используется драйвер динамического *VPN*, который отображается в операционной системе как интерфейс (подинтерфейс).

Сервер управления используется для актуализации распределенной базы данных, связанной с каждым динамическим *VPN*, к которым подключен узел. Дополнительными функциями сервера управления является:

– динамическое выделение *IP*-адресов узлу для каждого *VPN* членом, которого он является. Таблица маршрутизации узла корректируется по мере изменения (формирования) отношений смежности;

– запуск протокола для генерации и обновления симметричных ключей шифрования для каждого динамического *VPN*. Когда ключи обновляются, сервер управления устанавливает их в драйвер посредством системного вызова.

Выводы

В работе представлен новый подход к построению *VPN*, который позволит исключить недостатки традиционных *VPN* сервисов: повысить отказоустойчивость, гибкость и масштабируемость. В отличие от стандартных подходов к организации *VPN*, предлагаемое решение динамически восстанавливает связь (в случае потери соединения) и формирует самоорганизующиеся динамические *VPN*. Первоначальная реализация представленной в работе системы демонстрирует низкие требования к аппаратной составляющей коммуникационного оборудования и требует незначительных изменений в структуре операционной системы.

Система динамического управления структурой виртуальных частных сетей реализует перспективную технологию защиты *moving target defence* (технология защиты, основанная на концепции постоянно перемещающейся цели), делая структуру сети динамической и гетерогенной, что затрудняет реализацию деструктивных воздействий злоумышленником [7, 8], и может использоваться как модуль для реализации комплексной системы защиты сети организации, дополняя традиционные средства защиты [9].

Список литературы

1. Уязвимости корпоративных информационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/Corporate-vulnerabilities-2018-rus.pdf

2. Актуальные киберугрозы. Тренды и прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://axoft.ru/upload/iblock/3cb/Cybersecurity-threatscape-2017-rus.pdf

3. Максимов, Р. В. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем [Текст] / Р. В. Максимов, А. Е. Давыдов, О. К. Савицкий. – Москва: ОАО «Воентелеком». – 2015. – 520 с.

4. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / С. П. Соколовский // Инновации. – 2018. – №3 (233). – С. 28-35.

5. Давыдов, А. Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем / А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О. К. Савицкий. – М.: ОАО «Воентелеком», 2015. – 520 с.

6. Designing an academic firewall: policy, practice and experience with SURF / M. B. Greenwald [et al.] // Stanford University. – 1995. – P. 79-92.

7. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в Вооруженных силах Российской Федерации: Труды всеармейской научно-практической конференции (11-12 октября 2017). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.

8. Выговский, Л. С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л. С. Выговский, Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. – СПб., 2008 – С. 166-172.

9. Современные тренды в области кибербезопасности / А. С. Макаров [и др.] // Безопасные информационные технологии. Сборник трудов Седьмой всероссийской научно-технической конференции: под. ред. В.А. Матвеева. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Механизмы избирательного противодействия передаче данных с использованием беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11 Wi-Fi

Д. В. Игнатов, email: gato.blanco75@gmail.com
А. В. Шабанов, email: shabanov1974@yandex.ru
А. С. Ходырев

ВУНЦ ВВС «ВВА»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются механизмы противодействия передаче данных по беспроводным сетям стандарта 802.11 с возможностью избирательного воздействия, основанные на использовании уязвимостей канального уровня модели ЭМВОС.*

Ключевые слова: *Wi-Fi, противодействие, канальный уровень, конкурентный доступ, помеха, нарушение процедуры передачи данных.*

Введение

Анализ локальных конфликтов последних лет показывает тенденцию увеличения степени использования беспилотной и роботизированной техники для решения целого спектра боевых задач. При этом, как правило, используется режим непосредственного управления с трансляцией видеоизображения с бортовых камер, а сами беспилотные аппараты создаются на базе коммерческой продукции широкого назначения. В качестве одного из каналов (управления или передачи видеопотока) используются каналы на базе технологии Wi-Fi в частотном диапазоне 2,4 (управление) и 5,0 (видеопоток) МГц.

Существующие решения в части противодействия подобным средствам как правило предполагают использование радиоэлектронного подавления с установкой помехи в диапазоне предполагаемых частот. Недостатком являются высокие затраты на реализацию и сложность применения для обеспечения безопасности передвижных и мобильных объектов, связанные с необходимостью разворачивания станций радиопомех. Кроме того, наличие широкополосной помехи усложняет использование собственных средств, работающих в тех же частотных каналах.

Вторым решением является использование специальных программно-технических воздействий, имеющих своей целью перехват управления за счет эксплуатации уязвимостей, характерных для конкретного оборудования на верхних уровнях модели ЭМВОС.

© Игнатов Д. В., Шабанов А. В., Ходырев А. С., 2019

Второй способ требует активного участия оператора и недостаточно эффективен для современных образцов техники, лишенных наиболее характерных уязвимостей (например, уязвимости атаки на деаутентификацию). На основании вышесказанного, представляется целесообразным разработка новых методик, обеспечивающих противодействие передаче данных в беспроводных сетях стандартов IEEE 802.11 без указанных выше недостатков.

Предлагаемая методика основана на использовании уязвимостей канального уровня, определяющих процедуру доступа к среде для абонентов сети (станций), участвующих в обмене данными [1].

В качестве основного механизма воздействия предполагается постановка помехи с параметрами, определяемыми для каждой конкретной процедуры обмена данными, в момент прохождения в эфире определенного пакета. Для обеспечения скрытности воздействия, передача помехи начинается после начала подавляемого кадра и прекращается до его завершения.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать следующие механизмы избирательного противодействия.

1. Нарушение процедуры передачи данных

Предлагается следующий алгоритм реализации (рис. 1).

В рабочем режиме программно-аппаратный комплекс, выполняющий противодействие, прослушивает эфир в диапазоне частот, соответствующем предполагаемым каналам подавляемых станций. При обнаружении сигнала производится копирование пакета физического уровня до момента его окончания. В полученном пакете выделяют служебную часть (заголовки физического уровня). Далее полученный пакет преобразуется в пакет канального уровня, выделяется поле «Тип пакета» и поля «Адрес отправителя» и «Адрес получателя». Если пакет имеет тип RTS и отправлен со станции, входящей в перечень подавляемых или направлен станции из того же перечня, начинается процедура подавления.

Для пакета определяется короткий межкадровый интервал SIFS. По полученному значению программируется таймер. По истечении таймера генерируется случайная задержка и включается таймер случайной задержки. Во время случайной задержки ведется контроль эфира. При появлении в эфире сигнала преамбулы (служебного заголовка физического уровня) отсчет ведется до его завершения, после чего в эфир передается сгенерированная помеха. Если во время случайной задержки выход в эфир не зафиксирован, констатируется факт непреднамеренного нарушение процедуры передачи данных, и процесс подавления прекращается.

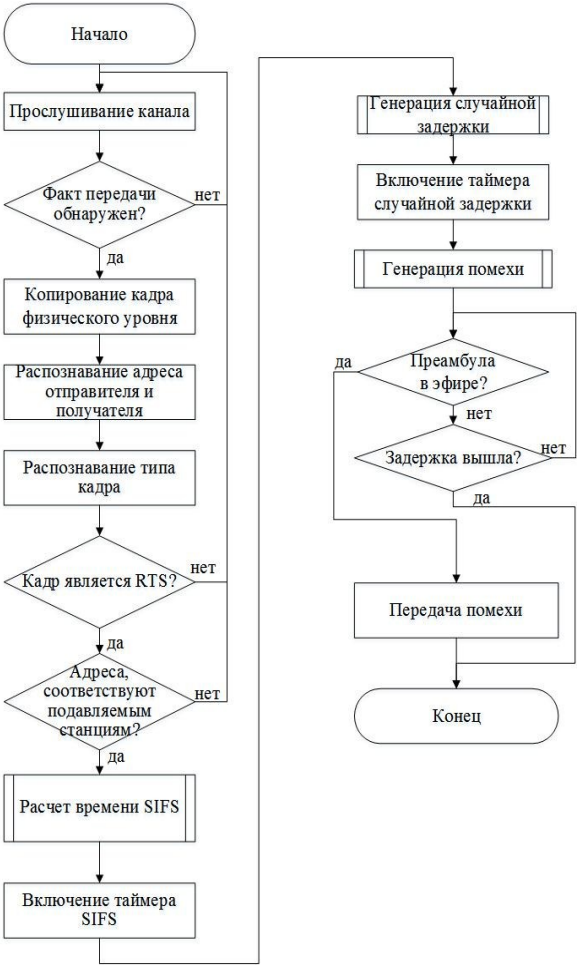


Рис. 1. Алгоритм нарушения процедуры передачи данных

2. Уничтожение передаваемых данных

Данная методика предполагает постановку помехи в момент передачи пакетов данных, что приводит к их искажению и отбрасыванию при приеме. Момент передачи пакета (пакетов) данных определяется по данным, полученным из пакетов RTS и CTS, соответствующим данной процедуре обмена данными.

Предлагается следующий алгоритм (рис. 2).

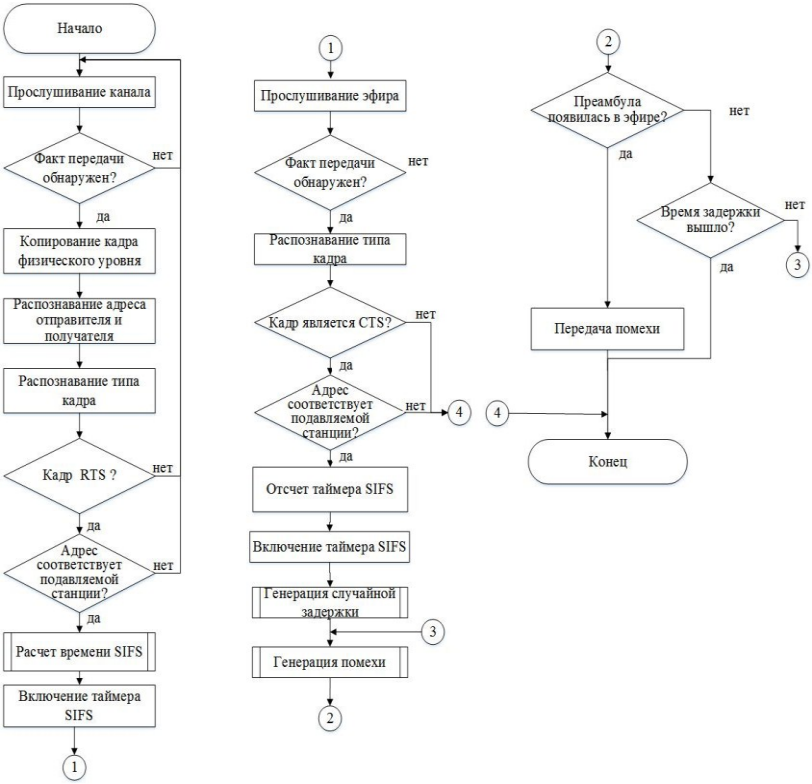


Рис. 2. Алгоритм уничтожения передаваемых данных

Система прослушивает эфир в диапазоне рабочих частот. При обнаружении передачи сигнала производится копирование пакета физического уровня до момента его окончания. В полученном пакете выделяют служебную часть (заголовки физического уровня). Далее полученный пакет преобразуется в пакет канального уровня, выделяются поле «Тип пакета» и поля «Адрес отправителя» и «Адрес получателя». Если принятый пакет имеет тип RTS и отправлен или предназначен для станции, входящей в перечень подавляемых, то начинается процесс противодействия передаче.

Процесс противодействия передаче начинается с определения и отсчета короткого межкадрового интервала SIFS, во время которого продолжается прослушивание эфира. Если в это время обнаруживается факт передачи пакета, то передаваемый пакет перехватывается и

анализируется. Если перехваченный пакет имеет тип CTS и входит в перечень подавляемых станций, то начинается процедура подавления. Для пакета определяется короткий межкадровый интервал SIFS. По полученному значению программируется таймер. По истечению работы таймера генерируется случайная задержка. Во время случайной задержки ведется контроль эфира. При появлении в эфире сигнала начала передачи отсчет таймера ведется до его завершения, после чего в эфир передается сгенерированная помеха. Если во время случайной задержки выход в эфир не зафиксирован, констатируется факт нарушения процедуры передачи данных, и процесс подавления прекращается.

Величина SIFS зависит от используемого метода модуляции и Исходными данными для генерации помехи являются: тип модуляции, скорость передачи данных, длина подавляемого кадра.

Длина помехи выбирается из расчета перекрытия 40% кадра, но не менее 2-х символов физического уровня. В случае, если длина кадра неизвестна, в качестве предполагаемой длины помехи выбирается длина кадра Data(Null), умноженное на 0.7. Это обеспечивает подавление без перекрытия кадра минимальной длины, а также внесение достаточной помехи в кадры большей протяженности. Длина кадра определяется: для кадров CTS и ACK – исходя из скорости передачи, для кадра Data – как время вектора NAV – время кадров RTS, CTS, ACK + 3 промежутка SIFS. Скорость передачи данных и тип модуляции определяются по значению заголовка кадра RTS физического уровня. Помеха должна иметь тот же тип модуляции и скорость передачи, что и данный кадр.

Случайная задержка рассчитывается, исходя из величины SIFS. Она должна составлять 20% от значения SIFS, определенного ранее для данной процедуры обмена данными

Предлагаемая методика обеспечивает возможность скрытого противодействия передаче данных для отдельно взятых станций.

Литература

1. Противодействие передаче данных в сетях WI-FI в распределенном режиме координации. Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», Воронеж, ВГУ, 2018 г.. – С. 130-133.

2. EEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks – Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications.

Черезшаговый алгоритм градиентного совмещения изображений на основе использования двух функций ошибок

С. А. Карпов, email: sa_karpov@bk.ru
Е. А. Самойлин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Предложен алгоритм градиентного совмещения изображений, основанный на использовании двух функций ошибок – одной на четных, другой на нечетных шагах подстройки координат. Представлен пример совмещения объектов на изображениях при различных значениях скорости и устойчивости сходимости.*

Ключевые слова: *совмещение изображений, реперные точки, подстройка координат, градиентный поиск.*

Введение

В настоящее время задачи обработки и анализа цифровых изображений с успехом используются в различных интеллектуальных системах (технического зрения роботов, навигации и т.д.). Одной из таких задач является совмещение изображений объектов [1-7]. Поскольку тривиальное (попиксельное) совмещение изображений объектов обычно не дает требуемых результатов (различный ракурс съемки объекта, масштаб, поворот и т.д.), возникает необходимость использовать методы совмещения изображений. Анализ известных методов совмещения изображений [3-7] показал, что одним из перспективных направлений является использование методов оптимизации, в частности градиентных методов [1], основанных на введении какой-либо функции ошибки и движении одного из объектов в направлении, минимизирующем эту функцию [7]. Однако при использовании методов этой группы для совмещения реальных изображений объектов возникает ряд специфических особенностей, в первую очередь связанных с произвольными (проективными и непроективными) искажениями формы объекта. Поэтому актуальной задачей является разработка черезшагового алгоритма совмещения объектов на изображении, позволяющего сохранить исходную форму объекта.

© Карпов С. А., Самойлин Е. А., 2019

1. Алгоритм градиентного совмещения

Для упрощения предположим, что рассматривается задача совмещения двух изображений объекта, имеющего вид треугольника, а также имеется результат выделения контура этих двух изображений (например, полученного по способу [8]) и определены реперные точки (рис. 1).

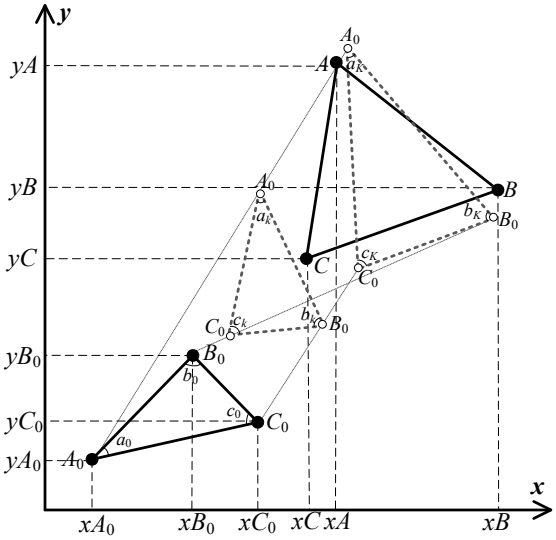


Рис. 1. Задача совмещения объектов на изображении

Зададим один из объектов (например, треугольник ABC) эталонным, а второй треугольник ($A_0B_0C_0$) – совмещаемым с эталонным, который должен смещаться по изображению в направлении ABC.

Положение эталонного объекта ABC на изображении задается с помощью реперных точек с координатами:

$$A,B,C \to \{xA, yA; xB, yB; xC, yC\}, \qquad 1$$

где xA, yA – координаты точки A; xB и yB – аналогичные координаты точек B и C.

Начальное положение смещаемого объекта задается набором координат реперных точек:

$$A_0,B_0,C_0 \to \{xA_0, yA_0; xB_0, yB_0; xC_0, yC_0\}, \qquad (1)$$

где xA_0, yA_0 – координаты точки A_0; xB_0 и yB_0 – аналогичные координаты точек B_0 и C_0.

Требуется совместить реперные точки объекта $A_0B_0C_0$ с соответствующими реперными точками объекта ABC, обеспечив минимум функции F_1 невязки их координат:

$$F_1 = (xA - xA_0)^2 + (yA - yA_0)^2 + (xB - xB_0)^2 + \left(yB - yB_0\right)^2 + ... \\ ... + (xC - xC_0)^2 + (yC - yC_0)^2, \quad F_1 \to \min, \tag{2}$$

при максимальном сохранении формы (углов a_0, b_0, c_0) объекта $A_0B_0C_0$ (рис. 1):

$$F_2 = (a_0 - a_K)^2 + (b_0 - b_K)^2 + (c_0 - c_K)^2, \quad F_2 \to \min, \tag{3}$$

где K – число шагов.

Решение сформулированной задачи совмещения объектов (3)-(4) в классическом [7] для численной оптимизации виде может быть основано на введении общей функции ошибки $F=(F_1)^2+(F_2)^2$. Однако при таком подходе могут возникать сложности при дифференцировании функции F. Кроме того, поскольку функции (3) и (4) разнородны (первая минимизирует невязку координат, вторая – углов), их объединение может привести к такой величине шага, при котором недорегулированным окажется процесс подстройки координат, минимизирующих F_1 (3), и перерегулированным процесс подстроки координат, минимизирующих F_2 (4), либо наоборот.

Разработанный алгоритм предполагает раздельную для функции F_1 и F_2 подстройку, где на нечетных шагах осуществляется движение (адаптация) точек A_0, B_0, C_0 в направлении антиградиента функции ошибки F_1, а на четных – в направлении, минимизирующем F_2 (т.е. черезшагово). Это даст возможность управлять нечетными и четными шагами алгоритма.

Рассматриваемая задача (3), в соответствии с общем алгоритмом градиентного поиска [7], предполагает адаптивную подстройку координат xA_0, yA_0, xB_0, yB_0, xC_0, yC_0, в направлении антиградиента ошибки:

$$\begin{cases} x_{k+1} = x_k + \mu_1\left(-\left[\dfrac{\partial F_1}{\partial x}\right]\right); \\ y_{k+1} = y_k + \mu_1\left(-\left[\dfrac{\partial F_1}{\partial y}\right]\right), \end{cases} \tag{4}$$

где k – номер шага или итерации, k=0…K, где K – число шагов; $x_k(y_k)$ – текущее (на шаге k) значение координаты x (y) для любой из реперных

точек; x_{k+1} (y_{k+1}) – новое значение координаты x (y) на шаге k+1; μ_1– параметр, определяющий скорость и устойчивость сходимости градиентного поиска для функции (3); $\frac{\partial F_1}{\partial x}$, $\frac{\partial F_1}{\partial y}$ – частные производные функции F_1 по координатам x и y соответственно.

При этом частные производные $\frac{\partial F_1}{\partial x}$, $\frac{\partial F_1}{\partial y}$ по координатам x, y реперной точки A_0 будут иметь вид:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial F_1}{\partial xA_0} = \dfrac{\partial (xA - xA_0)^2 + (yA - yA_0)^2}{\partial xA_0} = 2(xA_0 - xA); \\ \dfrac{\partial F_1}{\partial yA_0} = \dfrac{\partial (xA - xA_0)^2 + (yA - yA_0)^2}{\partial yA_0} = 2(yA_0 - yA). \end{cases} \quad (5)$$

Подставляя (6) в (5), получим выражение для первого, третьего, а также последующих нечетных шагов (вплоть до K –1) координат x, y реперной точки A_0:

$$\begin{cases} xA_{k+1} = xA_k + \mu_1 \left(-2(xA_k - xA)\right) \\ yA_{k+1} = yA_k + \mu_1 \left(-2(yA_k - yA)\right) \end{cases} \quad (6)$$

Аналогичным образом на первом и последующих нечетных шагах осуществляется градиентное движение точек B_0 и C_0 в направлении точек B и C соответственно.

На втором, четвертом, а также последующих четных шагах осуществляется градиентная коррекция координат точек A_0, B_0, C_0 в направлениях, позволяющих по возможности точнее сохранить углы a_0, b_0, c_0 исходного объекта (рисунок 1), т.е. минимизирующих выражение (4):

$$\begin{cases} x_{k+1} = x_k + \mu_2 \left(-\left[\dfrac{\partial F_2}{\partial x} \right] \right); \\ y_{k+1} = y_k + \mu_2 \left(-\left[\dfrac{\partial F_2}{\partial y} \right] \right), \end{cases} \quad (7)$$

где μ_2 – параметр, определяющий скорость и устойчивость сходимости градиентного поиска для функции (4).

Для нахождения частных производных функции F_2 по координатам x, y выразим значения углов a_0, b_0, c_0 через эти координаты:

$$\sin(a_0)=\left(\frac{\left(r(A_0B_0)\right)^2+\left(r(B_0C_0)\right)^2-\left(r(A_0C_0)\right)^2}{2r(A_0B_0)r(B_0C_0)}\right),$$

$$\sin(b_0)=\left(\frac{\left(r(B_0C_0)\right)^2+\left(r(A_0C_0)\right)^2-\left(r(A_0B_0)\right)^2}{2r(B_0C_0)r(A_0C_0)}\right), \qquad (8)$$

$$\sin(c_0)=\left(\frac{\left(r(A_0C_0)\right)^2+\left(r(A_0B_0)\right)^2-\left(r(B_0C_0)\right)^2}{2r(A_0C_0)r(A_0B_0)}\right),$$

где $r(A_0B_0)$ – расстояние между точками A_0 и B_0: $r(A_0B_0)=\left((xA-xB)^2+(yA-yB)^2\right)^{\frac{1}{2}}$; $r(B_0C_0)$ – расстояние между точками B_0 и C_0: $r(B_0C_0)=\left((xB-xC)^2+(yB-yC)^2\right)^{\frac{1}{2}}$; $r(A_0C_0)$ – расстояние между точками A_0 и C_0: $r(A_0C_0)=\left((xA-xC)^2+(yA-yC)^2\right)^{\frac{1}{2}}$.

С учетом выражения (9), подставляя производную $\frac{\partial F_2}{\partial yA_0}$ в первое выражение системы (8), а $\frac{\partial F_2}{\partial yA_0}$ – во второе, получим общее выражение для четных шагов (вплоть до K) точки A_0 по координатам x и y:

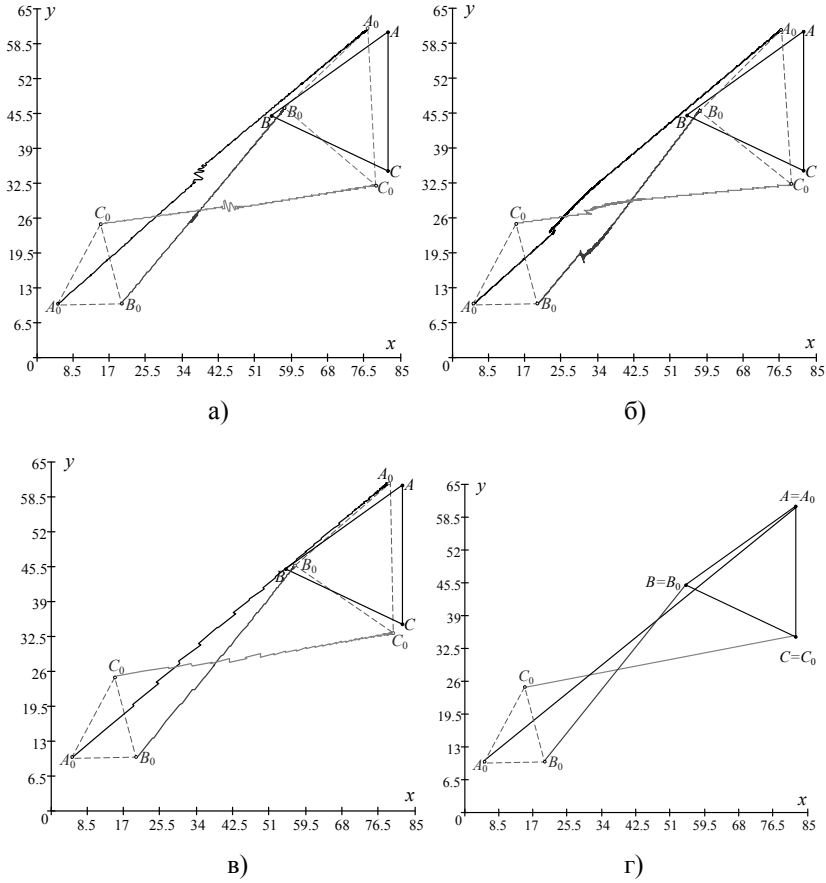
$$\begin{cases} xA_{k+1}=xA_k+\mu_2\left(-\left[\frac{\partial F_2}{\partial xA_k}\right]\right); \\ yA_{k+1}=yA_k+\mu_2\left(-\left[\frac{\partial F_2}{\partial yA_k}\right]\right). \end{cases} \qquad (9)$$

Аналогичным образом на втором, четвертом, а также последующих четных шагах осуществляется градиентное движение реперных точек B_0 и C_0.

Таким образом, предлагаемый алгоритм предполагает подстройку координат точек A_0, B_0, C_0 на первом шаге по правилу (8), на втором – по правилу (10), на третьем и последующих нечетных шагах – снова по правилу (8) и на четвертом и последующих четных – вновь по правилу (10), т. е. черезшагово. Шаги k продолжаются до значения K, пока не перестанут уменьшаться ошибка невязки координат F_1 и ошибка рассогласования углов F_2.

В качестве примера предположим, что заданы следующие значения координат реперных точек эталонного объекта: xA=80, yA=60; xB=55, yB=45; xC=80, yC=35, а также совмещаемого с эталонным объекта: xA_0=5, yA_0=10; xB_0=20, yB_0=10; xC_0=15, yC_0=25.

На рисунке 2 представлен результат работы предлагаемого алгоритма, а также показаны траектории движения реперных точек при различных значениях параметров μ_1 и μ_2 . Пример на рисунке 2 показан для числа шагов $K=10^4$.



а) μ_1=0.001, μ_2=20; б) μ_1=0.001, μ_2=20; в) μ_1=0.1, μ_2=15; г) μ_1=μ_2=1

Рис. 2. Траектории движения реперных точек A_0, B_0, C_0 при совмещении двух объектов при различных значениях μ_1 и μ_2

Из рисунка 2 видно, что при увеличении μ_1 повышается точность совмещения координат (вплоть до совпадения, рис. 2г), но снижается точность сохранения формы объекта (углов a_0, b_0, c_0). При увеличении μ_2 снижается точность совмещения координат, но повышается точность сохранения углов (вплоть до совпадения, рис. 2а).

Заключение

Изменяя значения параметров скорости и устойчивости сходимости на четных и нечетных шагах (μ_1 и μ_2), можно добиться наилучшего совмещения реперных точек при максимальном сохранении исходных геометрических пропорций объекта.

Список литературы

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудус. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
2. Васильев, К.К. Статистический анализ последовательностей изображений / К. К. Васильев, В. Р. Крашенинников // Монография. М.: Радиотехника, 2017. – 248 с.
3. Совмещение изображений в корреляционно-экстремальных навигационных системах / С. И. Елесина [и др.]. – М.: Радиотехника, 2015. – 208 с.
4. Новиков, А. И. Алгоритмы формирования неравномерных сеток узлов в задачах совмещения изображений. / А. И. Новиков // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – Вып. 2. – С. 120-130.
5. Новиков, А.И. Применение контурного анализа для совмещения изображений / А. И. Новиков, В. А. Саблина, Е. О. Горячев // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – Вып. 9. – Ч.1. – С. 260-270.
6. Костяшкин, Л. Н. Проблемные аспекты системы комбинированного видения летательных аппаратов / Л. Н. Костяшкин, А. А. Логинов, М. Б. Никифоров // Известия ЮФУ. – 2013. – № 5. – С. 61–65.
7. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стринз. – М.: Радио и связь, 1989. – 440 с.
8. Самойлин, Е.А. Алгоритм адаптивного оконтуривания объектов на изображениях в условиях аддитивных гауссовских искажений с дисперсией различного уровня / Е. А. Самойлин, С. А. Карпов // Радиотехника. – 2018. – № 8. – С. 61-66.

Нейросетевой алгоритм оценивания координат источника радиоизлучения разностно-дальномерной многопозиционной радиосистемой в трехмерном пространстве

Э. А. Кирсанов, e-mail: ekir74@mail.ru,
С. А. Колесников, e-mail: kolesnikov_2004@mail.ru,
А. Н. Богатко, e-mail: alexandro418@gmail.com

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина», (г. Воронеж)

В работах [1, 2] был предложен метод синтеза нейросетевых алгоритмов оценивания координат источника радиоизлучения (ИРИ) многопозиционными радиосистемами (МРС), обеспечивающий восстановление нелинейного оператора, связывающего измеренные значения параметров положения с оценками координат ИРИ, с незначительно отличающейся от потенциально достижимой нижней границы оценивания погрешностью для МРС различных типов, имеющих в своем составе произвольное количество приемных пунктов. Однако в [1,2] рассматривался лишь случай решения задачи оценивания координат ИРИ на плоскости. Поэтому представляет интерес обобщение нейросетевых алгоритмов оценивания координат ИРИ для трехмерного пространства.

Целью настоящей работы является исследование нейросетевого алгоритма оценивания координат ИРИ в трехмерном пространстве по измеренным разностно-дальномерной МРС значениям разностей расстояний и проведение сравнительного анализа точности нейросетевого алгоритма с известным алгоритмом вычисления координат ИРИ по максимуму апостериорной вероятности.

Пусть имеется разностно-дальномерная МРС, состоящая из N приемных пунктов (ПП) с известными координатами $\mathbf{x}_{pm} = (X_{pm}, Y_{pm}, Z_{pm})^T$, $m = \overline{1, N}$, измеряющая значения разностей расстояний ΔR_{1m} от ИРИ, координаты которого $\mathbf{x} = (X, Y, Z)^T$ подлежат оцениванию, до первого и m - го ПП, $m = \overline{2, N}$. При отсутствии ошибок измерения значения разностей расстояний связаны с координатами ИРИ и ПП следующими зависимостями

$$\Delta R_{1m}(\mathbf{x}) = \sqrt{(X - X_{p1})^2 + (Y - Y_{p1})^2 + (Z - Z_{p1})^2} - \qquad (1)$$

© Кирсанов Э. А., Колесников С. А., Богатко А. Н., 2019

$$-\sqrt{(X-X_{pm})^2+(Y-Y_{pm})^2+(Z-Z_{pm})^2}\ ,\ m=\overline{2,N}\ .$$

Процедура построения нейросетевого алгоритма заключается в выборе архитектуры нейронной сети (НС), формировании обучающего множества и ее обучении. Архитектура НС определяется количеством слоев, их размерностью и типом передаточных функций нейронов. Нейросетевой алгоритм вычисления координат ИРИ будем строить на основе наиболее часто используемой НС с прямыми связями [3,4]. Архитектура НС представлена на рис. 1, где каждой связи между входами и нейронами, а также нейронами скрытых слоев приписывается определенный вес (на рисунке веса не показаны).

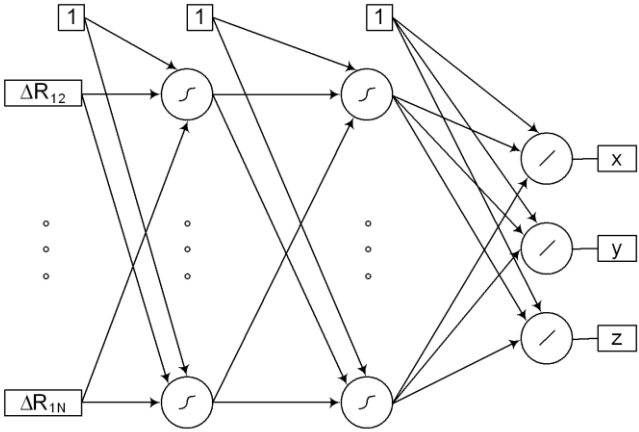


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

На вход НС подаются измеренные значения разностей расстояний ΔR_{1m}, $m=\overline{2,N}$. Поэтому размерность входного слоя будет на единицу меньше числа позиций МРС. Как известно, для аппроксимации любой непрерывной функции достаточно иметь НС с одним скрытым слоем. Однако для ускорения процедуры обучения будем использовать НС с двумя скрытыми слоями, содержащими по двадцать нейронов с сигмоидальными передаточными функциями. Выходом НС является вектор координат ИРИ в трехмерном пространстве, поэтому размерность выходного слоя равна трем. Активационная функция выходных нейронов НС была выбрана линейной, что позволяет обойтись без масштабирования выходов.

Формирование обучающей выборки сети предлагается проводить путем дискретизации области ответственности МРС с заданными интервалами на подобласти и генерации для каждой из точек дискретизации, соответствующих центрам элементарных областей, определенного количества зашумленных векторов измеряемых параметров.

В качестве альтернативы нейросетевому рассматривался алгоритм вычисления координат ИРИ по критерию максимума апостериорной вероятности, который при гауссовских шумах измерения параметров положения и равномерном априорном распределении вектора декартовых координат ИРИ внутри области ответственности МРС D имеет вид

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg\min_{\mathbf{x}\in D}(\mathbf{z}-\mathbf{h}(\mathbf{x}))^T \mathbf{R}^{-1}(\mathbf{z}-\mathbf{h}(\mathbf{x})), \qquad (2)$$

где $\mathbf{z} = (\Delta\hat{R}_{12},...,\Delta\hat{R}_{1N})^T = \mathbf{h}(\mathbf{x}) + \mathbf{v}$ – $(N-1)$ - мерный вектор измеряемых в разностно-дальномерной МРС разностей расстояний; $\mathbf{h}(\mathbf{x}) = (\Delta R_{12}(\mathbf{x}),...,\Delta R_{1N}(\mathbf{x}))^T$ – вектор-функция связи разностей расстояний и координат ИРИ; $\mathbf{v}$ – гауссовский вектор шумов измерения ($M[\mathbf{v}]=0$, $M[\mathbf{v}\mathbf{v}^T]=\mathbf{R}$), $\mathbf{R} = (c\sigma_\tau)^2\mathbf{R}_0$, c – скорость света; $\sigma = \sigma_\tau$ – среднеквадратичная ошибка (СКО) измерения задержек времен прихода сигналов на разнесенные приемные пункты МРС; $\mathbf{R}_0$ – матрица, диагональные элементы которой равны 1, а недиагональные 1/2.

Одним из способов получения оценок максимума апостериорной вероятности (ОМАВ), является реализация переборного алгоритма, обеспечивающего поиск минимума в (2) путем полного перебора точек из области D, заданных с некоторым достаточно малым шагом дискретизации.

При оценивании эффективности рассмотренных алгоритмов проводилось статистическое моделирование результатов работы разностно-дальномерной МРС с числом приемных позиций $N=4$. Координаты X и Y ПП задавались на полуокружности как

$$X_{pm} = \frac{D_b}{2}\sin\left(\frac{3\pi}{2} - \frac{(m-1)\pi}{N-1}\right) + \frac{D_b}{2},\ Y_{pm} = \frac{D_b}{2}\cos\left(\frac{3\pi}{2} - \frac{(m-1)\pi}{N-1}\right),$$

где $D_b = 10$ км - длина базы МРС, а координата Z генерировалась по равномерному закону в интервале $Z_{pm} \in [0, H_p]$, $m = \overline{1,N}$, где $H_p = 0{,}3$ км - максимальная высота подъема ПП над нулевым уровнем. Границы области ответственности МРС задавались как $X_{\min} = 0$ км, $X_{\max} = 10$

км, $Y_{\min} = 0$ км, $Y_{\max} = 10$ км, $Z_{\min} = 0$ км, $Z_{\max} = 10$ км. Обучающая выборка НС формировалась при интервале дискретизации области ответственности МРС 0,5 км со случайной генерацией 10 наблюдений для каждой фиксированной точки.

Сравнительный анализ алгоритмов обучения нейронной сети, реализованной в системе компьютерной математики Matlab, позволил выбрать предпочтительную по точности и приемлемую по быстродействию обучающую функцию 'trainbfg' с использованием квази–Ньютоновского метода оптимизации Бройдена, Флетчера, Гольдфарба и Шано (BFGS). При обучении НС задавались следующие параметры: максимальное количество эпох (циклов обучения НС) 500, минимальное значение ошибки обучения НС 10^{-3} и минимальное значение градиента НС 10^{-4}. На рисунке 2 приведены зависимости среднеквадратичной ошибки местоопределения ($R_{ск}$) от СКО измерения времени задержки. Кривая 1 соответствует нейросетевому алгоритму, а кривая 2 – переборному алгоритму поиска ОМАВ при интервале дискретизации области ответственности МРС 0,5 км. Указанные зависимости соответствуют объему контрольной выборки 10^4 испытаний, в которых координаты ИРИ генерировались по равномерному закону внутри области ответственности МРС, а измеренные значения задержек времен прихода сигналов на разнесенные приемные пункты МРС – по нормальному закону с заданной СКО. Анализ полученных зависимостей свидетельствует о преимуществе нейросетевого алгоритма перед переборным алгоритмом вычисления ОМАВ при одинаковой величине интервала дискретизации области ответственности МРС.

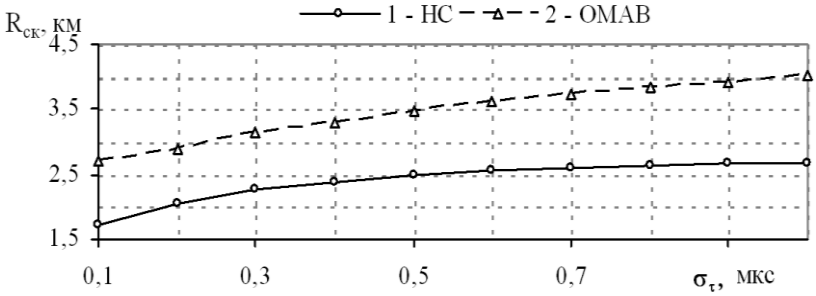


Рис. 2. Зависимости ошибки местоопределения от СКО измерения времени задержки

На рис. 3 приведен пример решения задачи местоопределения двумя рассмотренными алгоритмами при количестве ПП в составе МРС $N = 4$, ошибке измерения времени задержки $\sigma_\tau = 0{,}1$ мкс и объеме контрольной выборки 10^3 испытаний для случая расположения ИРИ в центре области ответственности в точке $\mathbf{x} = (5, 5, 5)^T$ км.

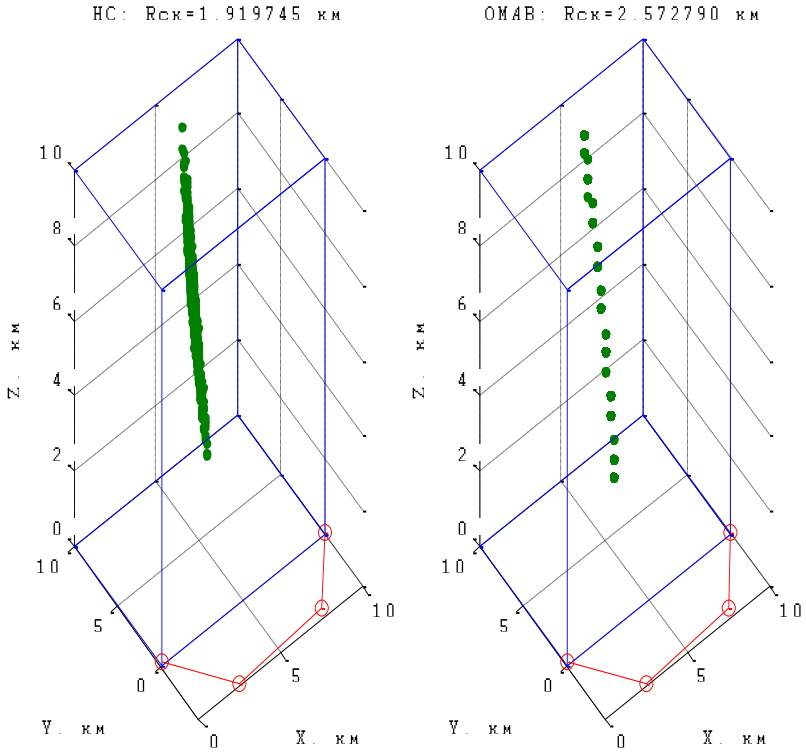


Рис. 3. Пример решения задачи местоопределения

Как видно из рисунка 3, в рассматриваемой точке нейросетевой алгоритм обеспечивает на 25 % меньшую среднеквадратичную ошибку местоопределения по сравнению с переборным алгоритмом вычисления ОМАВ. Нейронная сеть обладает аппроксимационной способностью, в то время как точность переборной ОМАВ ограничена величиной интервала дискретизации области ответственности МРС.

Литература

2. Афанасьев, В. И. Нейросетевые и статистически оптимальные алгоритмы оценки координат источников радиоизлучения в многопозиционных радиосистемах / В. И. Афанасьев, Э. А. Кирсанов, А. А. Сирота // Радиотехника. – 2003. – № 10. – С.87-91.

3. Кирсанов, Э. А. Обработка информации в пространственно-распределенных системах радиомониторинга: статистический и нейросетевой подходы / Э. А. Кирсанов, А. А. Сирота. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 344 с.

4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

5. Медведев, В. С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.

Аппаратная классификация трафика: проблема, решения, реализации

А. С. Коваль, email: koval@cs.vsu.ru
А. Ю. Савинков, email: a.savinkov@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский Государственный Университет»

Аннотация. *Решение проблемы быстрой классификации трафика требует применения аппаратных средств. Рассматривается разработка классификаторов и фильтров на основе ПЛИС-платформы.*

Ключевые слова: *классификации трафика, ПЛИС, traffic classification, FPGA.*

Введение

Управление трафиком сетей передачи данных требует классификации передаваемых данных непосредственно во время передачи, что для крупных операторов связи, корпоративных сетей и поставщиков ИТ-услуг представляет собой серьезную проблему. Сложность её решения зависит от значений интенсивности трафика, степени детализации исследования передаваемых данных, косвенно от масштабов сети, находящейся под управлением. На современном этапе развития сетевой инфраструктуры решение данной проблемы в некоторых случаях может выйти за пределы возможностей даже государств. Об этом свидетельствует известная практика Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) [1]. Значительны и затраты на решения этой проблемы: при реализации, например, 374-ФЗ, 375-ФЗ по разным оценкам потребуется более 1 трлн. рублей.

Классификация трафика – это определение соответствия каждого передаваемого в сети пакета конкретному классу из предварительно составленного набора. Определять такое соответствие требуется в задачах управления трафиком в целях обеспечения информационной безопасности (ИБ) и качества обслуживания (QoS).

В связи с тем, что масштаб времени принятия решения и точность классификации в различных случаях требуются разные, на практике применяют как программные, так и программно-аппаратные (ПА) реализации. В ПА применяют вычислители, ускоряющие выполнение

© Коваль А. С., Савинков А. Ю., 2019

отдельных частей алгоритмов классификации на основе т.н. заказных ИС (ASIC) или реконфигурируемых ПЛИС.

1. Виды, характеристики и возможности классификаторов

Устройства на основе классификаторов трафика можно разделить на группы по нескольким критериям:

1. глубина исследования передаваемых пакетов;
2. способ включения («в разрыв» или в режиме сенсора);
3. отслеживание состояний сеансов (работа с потоками);
4. предназначение устройства: обеспечение ИБ или QoS;
5. работа с зашифрованным трафиком.

Самый поверхностный вариант первого критерия – анализ сетевых адресов назначения и источника в заголовке пакетов. Более глубокий – так называемый 5-tuple. Представляет собой учет набора из 5 значений, определяющих транспортное подключение: сетевые адреса и порты источника и назначения, номер транспортного протокола. При глубоком анализе пакетов (DPI, Deep Packet Inspection) анализу подвергается весь пакет, в т.ч. заголовки прикладного уровня и содержимое (полезная нагрузка).

Способ включения «в разрыв» требует дополнительных мер по обеспечению отказоустойчивости и производительности, т.к. устройство может стать «узким местом» вне зависимости от уровня включения L2 или L3. В текущей работе использовалось L2-подключение к SPAN-порту магистрального коммутатора, на который копировался трафик портов по выбору. Для определения характеристик производительности развернуты LXC виртуальные клиенты и серверы (рис. 1).

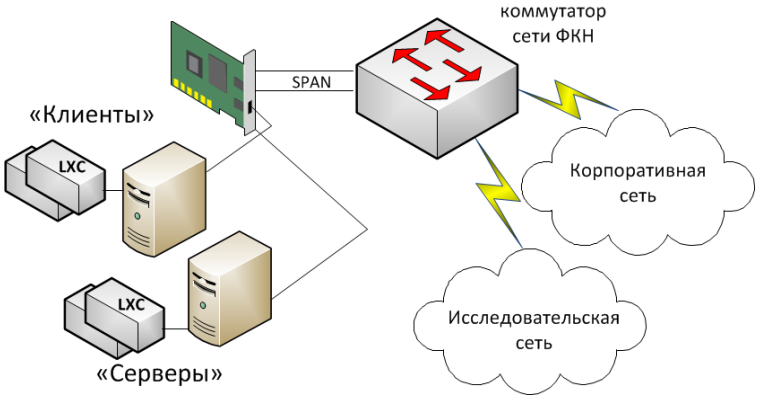


Рис. 1. Способ подключения классификатора

Отслеживание состояния сеансов – более глубокое изучение трафика, по сравнению с 5-tuple, требует хранения оперативной информации о существующих сеансах и иногда реализуется через прокси. Занимая промежуточное положение между обработкой только заголовков и DPI, иногда называется Medium Packet Inspection (MPI).

Устройства, проводящие классификацию трафика, в т.ч. DPI, могут и не иметь отношения к ИБ, а работать в составе средств QoS «подкрашивая» трафик. Хотя обе задачи имеют много общего, в целом – это управление трафиком. В случае QoS классификация направлена на повышение прибыли поставщиков IT-услуг через приоритезацию трафика выгодных сервисов (свои VoIP-услуги) и подавления невыгодных (P2P), формирования новых тарифных планов, а также обеспечение SLA с клиентами.

Последний из приведенных выше критериев – обработка зашифрованного трафика, стал особенно актуальным в последние годы. По данным Fortinet **доля шифрованного трафика** только за 2018 год выросла на 20% и **составила 72%** [2]. Тестирования независимой лаборатории NSS Labs Inc., показали, что инфраструктура корпоративных сетей оказалась неготовой к росту 2018 года: пропускная способность DPI-оборудования упала на 60%, максимальное количество подключений уменьшилось на 92%, время отклика увеличилось более чем в 6 раз! В этой ситуации, лаборатория NSS Labs, в рамках подготовки IETF стандарта, дополнила методику тестирования сетевых экранов нового поколения (NGFW) тестами «SSL/TLS Security and Performance», куда входят следующие параметры [3]:

- SSL/TLS Functionality (оценка функционала SSL/TLS);
- Maximum SSL/TLS Handshakes per Second (максимальное количество SSL/TLS соединений в секунду);
- Maximum Single Application Flows (потоки одного приложения);
- HTTPS Capacity (количество соединений в секунду по HTTPS).

Еще одной существенной причиной востребованности классификаторов трафика являются требования законодательств государств в области надзора в сфере ИТ и связи. В России – это федеральные законы 126-ФЗ (2003, «О связи»), 149-ФЗ (2006, «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»), 139-ФЗ (2012), 398-ФЗ (2013), 374,375-ФЗ (2016, «Пакет Яровой»).

2. Классификация шифрованного трафика

В 2012 году МСЭ-Т утвердил рекомендацию Y.2770 «Требования к углубленной проверке пакетов в сетях последующих поколений» [4]. Несмотря на то, что в текущей редакции содержатся требования по обработке в основном незашифрованного трафика, часть 6.8 стандарта

всё же рассматривает «факультативное осуществление DPI» и другие процедуры «подлежащие дальнейшему изучению». Выделяют несколько сценариев обработки зашифрованного трафика, в частности:

1. в случае локального наличия ключа шифрования (пункт 6.8.2);
2. проверка незашифрованных полей PCI и SDU (пункт 6.8.1).

Наличие ключа шифрования позволяет свести задачу поиска сигнатур к последовательности из дешифрования, проверки и шифрования. Для второго сценария можно привести пример расширений TLS SNI, TLS Certificate Subject Common Name, SSL Client Hello. На рис. 2 приводятся заголовки SSL с соответствующими расширениями. Видно, что имя сервера приложений и поле «Субъект» сертификата – незашифрованные и доступны для классификаторов DPI.

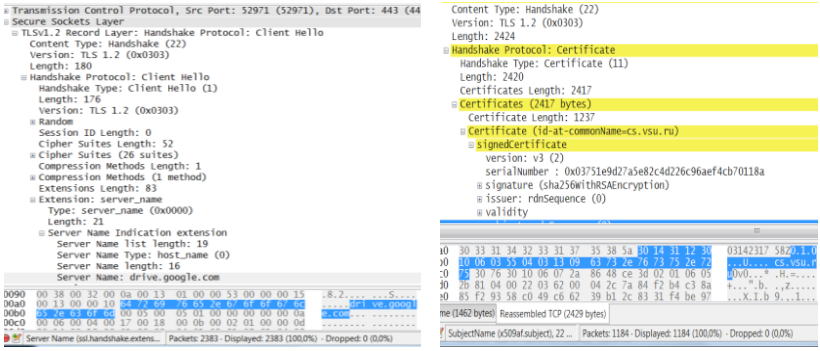


Рис. 2. Незашифрованные поля PCI (расширения TLS)

Как отмечалось выше, при высоких интенсивностях трафика и больших базах сигнатур DPI необходимы существенные затраты компьютерных ресурсов и для решения задач классификации приходится использовать аппаратные решения на основе ASIC, ПЛИС.

3. Используемая платформа

Используемая нами аппаратная платформа содержит ПЛИС Xilinx Virtex-II-Pro-50, 4 порта 1000Base-T и параллельный PCI-интерфейс (33МГц, 32 разряда) [5]. ПЛИС Virtex-II Pro включает 53,136 логических ячеек, 4,176 Кбит блочного ОЗУ, до 738 Кбит распределенной ОЗУ. Пропускная способность – 8 Гбит/с позволяет реализовать неблокирующие режимы передачи. Отдельная оперативная память ZBT SRAM 2x18 Мбит может быть использована для хранения look-up таблиц, динамическая память DDR2 DRAM 64Мбайт – для буферизации потока пакетов с пиковой пропускной способностью 25.6 Гбит/с.

4. Реализация классификаторов

Проведено размещение ПЛИС-платформы в сети факультета компьютерных наук: сетевые интерфейсы NetFPGA подключены к SPAN-портам коммутатора для копирования трафика, что позволяет проверять классификаторы и IDS на реальном трафике корпоративной сети. Виртуальные клиенты и серверы на основе LXC формируют тестовую конфигурацию для оценки производительности платформы (рис. 1).

Модули обработки трафика помещаются внутри конвейера платформы и принимают и передают данные трафика по 64-битным шинам между входными и выходными очередями модулей MAC (интерфейс с сетью) и DMA/PCI (интерфейс с ПК). Сформированы тестовые пакеты и проведено функциональное моделирование, в результате которого доказан неблокирующий режим работы устройства.

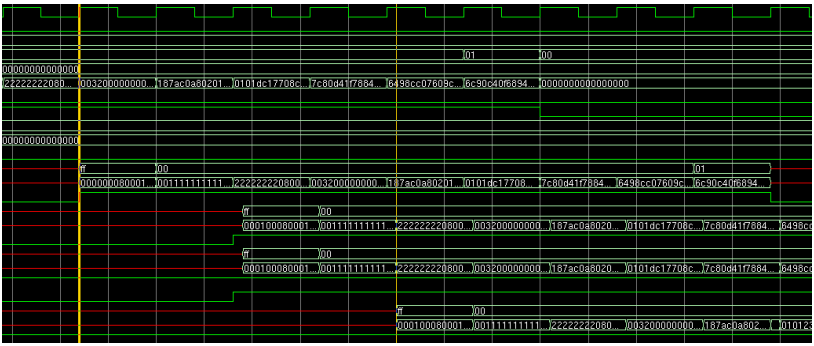


Рис. 3. Задержка продвижения кадра в ПЛИС (Tclk = 7ns)

Заключение

В работе рассматривается проблема классификация трафика, её виды, приводится опыт использования платформы Net-FPGA для проведения исследований в области классификации трафиков IP-сетей. Данный материал является продолжением работы [6] с платформой NetFPGA, размещенной в сети факультета компьютерных наук ВГУ. Планируется дальнейшее тестирование и оценка алгоритмов и методов классификации.

Список литературы

1. Единый Реестр доменных имен и сетевых адресов [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://eais.rkn.gov.ru

2. Maddison, John : Encrypted Traffic Reaches A New Threshold [Электронный ресурс] / J. Maddison (Fortinet) // InformationWeek, Network Computing. – Режим доступа : http s://www.networkcomputing.com/network-security/encrypted-traffic-reaches-new-threshold/1863799705

3. NSS Labs Inc. [Электронный ресурс] : Сайт компании. – Режим доступа : https://www.nsslabs.com

4. Требования к углубленной проверке пакетов в сетях последующих поколений [Электронный ресурс] : Рекомендация МСЭ-T Y.2770. – Режим доступа : http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11566

5. Gibb G. NetFPGA: An open platform for teaching how to build gigabit-rate network switches and routers / G. Gibb [и др.] // IEEE Transactions on Education, – 2008. – T.51. – №. 3. – С. 364-369.

6. Коваль, А.С. Изучение классификаторов трафика на основе программируемой логики / А.С. Коваль, А.С. // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж, 2015. – No 3. – С. 68-75.

Исследование производительности системы динамического управления структурой виртуальных частных сетей

В. Н. Кожанков, email: v.kozhankov@yandex.ru
И. И. Иванов, email: 7470745@mail.ru
Е. Ю. Бондаренко, email: alpheratz578@yandex.ru
Д. А. Рыжков, email: ryzhkov_da@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье рассматриваются результаты тестирования системы динамического управления структурой виртуальных частных сетей. В ходе исследования проведены различные тесты производительности, включая непрерывную работу системы в течение нескольких дней. Представлено описание состава и структуры стенда для проведения тестирования. В результате исследования установлено, что система динамического управления структурой виртуальных частных сетей, которая обеспечивает подлинность и конфиденциальность для любого приложения (сервиса), работающего в виртуальной частной сети, не ведет к значительному повышению утилизации системных ресурсов коммуникационного узла, на котором запущено.*

Ключевые слова: *виртуальная частная сеть, динамическая виртуальная частная сеть, отказоустойчивость, масштабируемость, многослойная защита.*

Введение

В настоящее время наиболее актуальны следующие угрозы безопасности коммуникационного оборудования [1, 2]:

- недекларированные возможности аппаратного и программного обеспечения;
- маршрутизация и коммутация трафика определяется операторами связи по их критериям качества обслуживания;
- расширение ассортимента средств компьютерной разведки, доступных злоумышленникам;
- увеличение количества ботнетов, предназначенных для реализации атак типа «отказ в обслуживании» и их производительности;
- рост количества уязвимостей в сетевом оборудовании.

© Кожанков В. Н., Бондаренко Е. Ю., Иванов И. И., Рыжков Д. А., 2019

Для противодействия большинству из указанных угроз безопасности в мировой практике успешно применяется технология виртуальных частных сетей (*VPN*).

1. Принципы построения виртуальных частных сетей

При построении виртуальных частных сетей (*VPN*) набор защищаемых коммуникационных узлов принято разделять на непересекающиеся диапазоны *IP*-подсетей и удаленных клиентов. Частные *IP*-подсети изолированы от мира межсетевыми экранами, которые устанавливают на границе между доверенной *IP*-подсетью и общедоступной сетевой инфраструктурой (сетями связи общего пользования). Межсетевые экраны используют механизмы проксирования и фильтрации пакетов для защиты коммуникационных узлов от внутренних вторжений, а также ограничивают доступ к оборудованию из сетей связи общего пользования.

Например, в организации, представленной на рис. 1, используются доверенные *VPN*-подсети A , B и C , для защиты узлов используются межсетевые экраны M_1 , M_2 и M_3 соответственно и удаленный клиент C_1 .

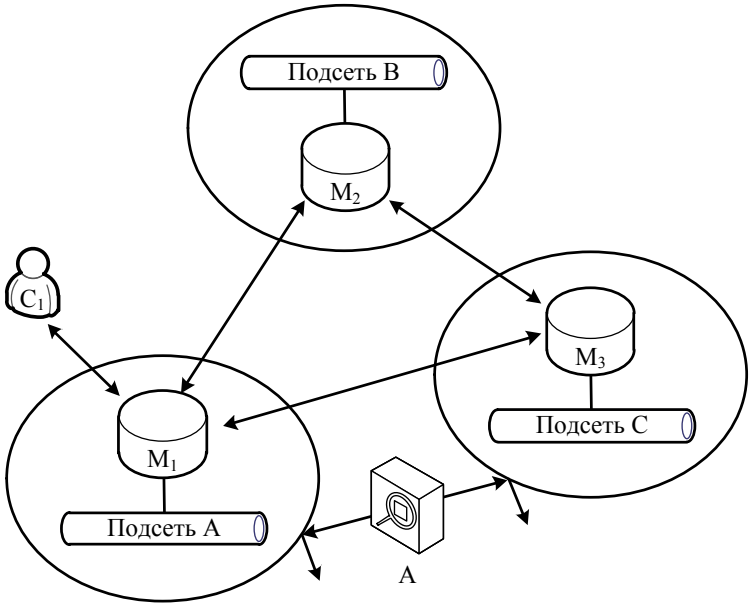


Рис. 1. Типовая конфигурация *VPN* в организации

При попытке злоумышленника A получить доступ к защищенной *VPN*-подсети межсетевые экраны M_1 и M_3 отбрасывают полученные от него пакеты. Коммуникационное взаимодействие между межсетевыми экранами организуют с использованием защищенных соединений типа «точка-точка» через сети связи общего пользования (в том числе и Интернет) с использованием таких методов, как PPTP и *IP*-туннелирование и других.

Наиболее активно сервисы *VPN* используются для решения следующих частных задач:

- объединение площадок. *VPN* соединяет территориально распределенные узлы, принадлежащие одной организации;
- подключение удаленных рабочих мест клиентов и сотрудников организации;
- удовлетворение потребностей ведомств, которые работают со сведениями ограниченного распространения.

2. Тестирование производительности и возможностей масштабирования системы динамического VPN

Для проведения исследования производительности системы динамического управления структурой *VPN* был собран стенд имитационного моделирования в среде виртуализации сетевого оборудования *eve-ng*.

Для выполнения тестов на виртуальных машинах использовался сетевой драйвер операционной системы и разработанные для системы динамического *VPN* драйвера: драйвер виртуальной сети (*vn-driver*), *vpn*-драйвер, *md5*-драйвер. Драйвер виртуальной сети создает виртуальные адреса без использования шифрования и подписи, *md5*-драйвер создает виртуальные адреса без использования шифрования, а *vpn*-драйвер использует и подпись и шифрование.

На первом этапе проводилось тестирование задержки с использованием пакетов переменного размера (рис. 2). Ось x показывает размер пакета в байтах, ось y показывает задержку в секундах. На графике видно, что задержки при использовании *md5*- и *vn*-драйверов практически соответствуют задержкам при использовании сетевого стека операционной системы, в то время как использование *vpn*-драйвера значительно увеличивает показатель задержки. Различие в производительности связано исключительно с затратами на шифрование.

Поэтому добавление инкапсуляции и виртуальных адресов в *VPN* ведет к незначительному повышению утилизации системных ресурсов, поэтому выбранная архитектура системы динамического управления

структурой *VPN* подходит для обеспечения целостности сообщений и может использоваться на практически любом коммуникационном оборудовании. Поскольку стоимость отправки *IP*-пакета через *vpn*-драйвер стремится к стоимости отправки его через сетевой стек операционной системы, стоимость организации динамического *VPN* стремится к стоимости шифрования. Использование более производительного центрального процессора или выделенного оборудования снизит утилизацию системных ресурсов, позволяя приложениям использовать динамический *VPN* практически без затрат.

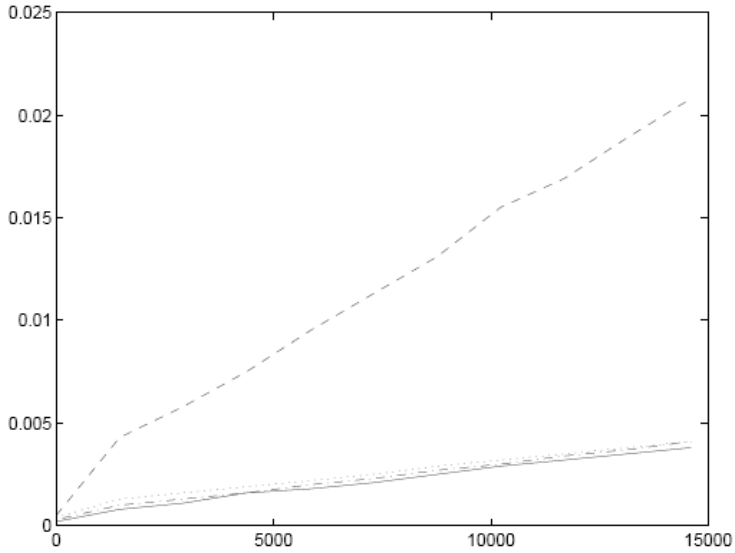


Рис. 2. График изменения задержки с использованием пакетов переменного размера

На втором этапе тестировалась пропускная способность, между двумя коммуникационными узлами для этого устанавливалось TCP-соединение, через которое передавалось 10 мегабайт данных. В таблице представлена средняя пропускная способность по 10 измерениям для сетевого стека операционной системы без использования разработанной системы, *vn*-драйвера, *md5*-драйвера и *vpn*-драйвера. Пропускная способность измерялась на интерфейсах Ethernet 100 Мбит/с и 10 Мбит/с.

На интерфейсе Ethernet 10 Мбит/с использование *md5*- и *vn*-драйверов приводит к незначительному уменьшению пропускной способности в сравнении с пропускной способностью сетевой стека операционной системы, в то время как использование *vpn*-драйвера значительно снижает этот показатель (до 90 %). На интерфейсе Ethernet 100 Мбит/с наблюдались схожие значения.

Таблица

Значения пропускной способности для рассматриваемых типов интерфейсов

Тип интерфейса	Пропускная способность			
	Сетевой стек операционной системы	*vn*-драйвер	*md5*-драйвер	*VPN*-драйвер
100 Мбит/с	8,823	8,568	7,114	1,486
10 Мбит/с	0,734	0,731	–	0,666

Узким местом системы (как и в случае тестирования задержки) является центральный процессор, так как добавления шифрования увеличивает нагрузку и затрудняет обработку пакетов.

Экспериментально установлено, что предлагаемая в работе система динамического управления структурой *VPN* масштабируется до 100 коммуникационных узлов, распределенных в локальной сети, чтобы гарантировать безопасную и надежную работу сервера управления. По мере увеличения количества коммуникационных узлов предполагается рассмотреть возможности дальнейшего масштабирования, например, с использованием древовидной структуры для отправки подтверждений.

Список литературы

1. Уязвимости корпоративных информационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/Corporate-vulnerabilities-2018-rus.pdf (дата обращения: 06.11.2018).

2. Актуальные киберугрозы. Тренды и прогнозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://axoft.ru/upload/iblock/3cb/Cybersecurity-threatscape-2017-rus.pdf

3. Максимов, Р.В. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем [Текст] / Р.В. Максимов, А.Е. Давыдов, О.К. Савицкий. – М. : ОАО «Воентелеком». – 2015. – 520 с.

4. Соколовский С.П., Шарифуллин С.Р., Чернолес В.П., Максимов Р.В., Инновационные информационные технологии в

контексте обеспечения национальной безопасности государства // Инновации. – 2018. – №3 (233). – С. 28-35.

5. Давыдов, А.Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем / А.Е. Давыдов, Р. В. Максимов, О.К. Савицкий – М.: ОАО «Воентелеком», 2015. – 520 с.

6. Greenwald M.B., Singhal S.K., Stone J.R., Cheriton D.R. Designing an academic firewall: policy, practice and experience with SURF. Stanford University. – 1995. – CS-TR-95-1558.

7. Максимов Р.В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И.И. Иванов // Инновационная деятельность в Вооруженных силах Российской Федерации: Труды всеармейской научно-практической конференции. – 11-12 октября 2017.

8. Выговский Л.С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л.С. Выговский, Р.В. Максимов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – Информатика.

9. Современные тренды в области кибербезопасности / Безопасные информационные технологии / А. С. Марков, Ю. Г. Горшков [и др.]; под. ред. В. А. Матвеева // Сборник трудов Седьмой всероссийской научно-технической конференции. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Цена деления фотограмметрической «шкалы» дальности при обработке данных цифровой стереосъемки

А. А. Козирацкий
В. Д. Попело, e-mail: popelovd@gmail.com

Воронежский государственный аграрный университет

Аннотация. *Определены факторы и количественные соотношения, отражающие влияние дискретной структуры цифровых изображений в стереопаре на точность определения расстояния до элементов поверхности трехмерного объекта алгоритмами фотограмметрических вычислений*

Ключевые слова: *фотограмметрические измерения, стереопара, цифровые изображения*

Введение

Существующие в настоящее время алгоритмы определения параметров формы трехмерных объектов фотограмметрическими методами опираются на допущении о неограниченном пространственном разрешении снимков, составляющих стереопару [1 – 3]. Применение для решения подобных задач цифровых изображений, обладающих дискретной структурой, а, поэтому, конечным пространственным разрешением, приводит к тому, что дискретную структуру имеют и формируемые оценки расстояния до поверхности объекта (третьей координаты). То есть в этом случае «шкала» дальности при проведении фотограмметрических расчетов будет иметь конечный шаг. Определим зависимость размера этого шага от параметров условий стереосъемки двумя цифровыми камерами с параллельными оптическими осями.

1. Параметры условий стереосъемки

Пусть стереосъемка осуществляется двумя цифровыми камерами с одинаковыми фокусными расстояниями f и параллельными оптическими осями (рисунок). Расстояние между центрами проектирования (отрезок $S_1S_2 = B$), представляющий базу стереосъемки, перпендикулярен осям камер. Тогда расстояние до объекта (точки M его поверхности) определяется соотношением

$$Z = B/fp, \qquad 1$$

© Козирацкий А. А., Попело В. Д., 2019

где $p = m_1 - m_2$ – параллакс точки M; m_1, m_2 – плановые координаты точки M на первом и втором снимках, отсчитываемые относительной положений главных точек a_{01}, a_{02}.

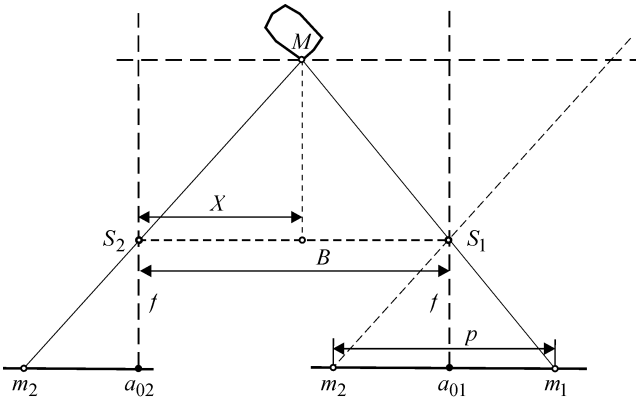


Рисунок. Геометрическая схема стереосъемки

2. Неопределенность оценки дальности

Дискретность цифровых снимков приводит к тому, что положения точек m_1, m_2 и a_{01}, a_{02} на изображениях обладает неопределенностью, приводящей к случайной погрешности определения расстояния Z. Относительная дисперсия оценки Z связана с относительными дисперсиями величин B, f, p соотношением [4]

$$\frac{\sigma_Z^2}{Z^2} = \frac{\sigma_B^2}{B^2} + \frac{\sigma_f^2}{f^2} + \frac{\sigma_p^2}{p^2}, \qquad 2$$

где $\sigma_Z^2, \sigma_B^2, \sigma_f^2, \sigma_p^2$ – дисперсии величин Z, B, f, p.

Предполагая, что значения величин B, f известны с высокой точностью, а дисперсия параллакса обусловлена неопределенностью отсчета положений точек m_1, m_2 и a_{01}, a_{02} на цифровых изображениях, характеризуемой одинаковой дисперсией σ_x^2, получим выражение, связывающее дисперсии σ_Z^2 и σ_x^2, следующего вида:

$$\sigma_Z^2 = \frac{4\sigma_x^2 Z^4}{B^2 f^2}. \qquad 3$$

3. Цена деления «шкалы» дальности

Если допустить, что в пределах одного деления $\Delta x, \Delta z$ «шкал» по координатам x, z соответствующие значения равновероятны, то дисперсии, связанные выражением (3), являются дисперсиями равномерных распределений на отрезках $\Delta x, \Delta z$. Тогда размер шага «шкалы» дальности связан с шагом шкалы дискретизации цифрового изображения соотношением

$$\Delta Z = \frac{2\Delta x Z^2}{Bf}. \qquad 4$$

Если связать Δx с числом (по координате x) элементов n разрешения матричных фотоприемников цифровых камер, то выражение (3) может быть преобразовано к виду

$$\Delta Z = \frac{4Z^2}{nB} tg\phi, \qquad 5$$

где $tg\phi = \frac{a}{2f}$ – тангенс плоского угла поля зрения камеры;

a – линейный размер матричного приемника по координате x.

Таким образом, элемент дискретизации оценки дальности до объекта фотограмметрическим методом при обработке пары цифровых изображений (шаг «шкалы») будет тем больше, чем больше угловое поле и дальность съемки, а также, чем меньше пространственное разрешение камеры и база стереосъемки. Если стоит задача выделить детали поверхности объекта с линейными размерами (по глубине) $h << Z$, то условия съемки должны выбираться таким образом, чтобы выполнялось неравенство

$$h \geq \frac{4Z^2}{nB} tg\phi. \qquad 6$$

Заключение

Установлено количественное соотношение, связывающее размеры элемента дискретизации оценки дальности до объекта фотограмметрическим методом при обработке пары цифровых изображений с параметрами условий съемки. Показано, что шаг «шкалы» дальности будет тем больше, чем больше угловое поле и дальность съемки, а также, чем меньше пространственное разрешение камеры и база стереосъемки.

Литература

1. Назаров, А. С. Фотограмметрия / А. С. Назаров. – М. : ТетраСистемс, 2006. – 368 с.

2. Алгоритм стереофотограмметрического преобразования изображений пространственно-распределенных объектов / А. А. Болкунов [и др.] // Вестник Военного института радиоэлектроники. – 2005. – № 3. – вып. 1. – С. 110-1231.

3. Бурзак, И. В. Фотограмметрическая обработка изображений при съемке объекта неподвижной камерой в условиях его вращения в одной плоскости / И. В. Бурзак, В. В. Мысив, В. Д. Попело // Материалы XVI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» Воронеж, ВГУ. – 2016. – С. 84-88.

4. Рабинович, С. Г. Погрешности измерений / С. Г. Рабинович. – Л. : Энергия, 1978. – 262 с.

Условно-вероятностная модель поиска объектов, изменяющих свои характеристики по разведдоступности

Ю. Л. Козирацкий, email: urleo@bk.ru[1]
В. С. Калинин, email: vasek888@list.ru[1]
А. А. Козирацкий, email: urleo@bk.ru [2]

[1] ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
[2] Акционерное общество «Концерн «Созвездие»

Аннотация. *На основе использования вероятностно-временного подхода разработана условно-вероятностная модель поиска объектов, изменяющих свои характеристики по разведдоступности; применительно к различным законам распределения местоположения объекта в интервале сектора поиска получены аналитические выражения, позволяющие оценить оперативность и качество поиска объектов в заданном секторе, на основе которых удается обосновать основные требования к средству поиска, определить его качественные и динамические характеристики.*

Ключевые слова: *условно-вероятностная модель поиска объекта, закон распределения местоположения объекта, показатель эффективности поиска, вероятность обнаружения объекта, вероятность ориентации поля зрения объекта на средство поиска, элемент сектора поиска.*

Введение

Явление поиска представляет собой одну из важнейших сторон человеческой деятельности и встречается в самых разных областях, при этом можно выделить большую группу задач, в которых осуществляется пространственный поиск объектов в различных средах. Такие проблемы рассматриваются в радио и оптической локации, системах связи, навигации, робототехнике и др. сферах деятельности. Во всех случаях конечной целью поиска, как правило, является обнаружение объекта в области его вероятного местонахождения, при этом оперативность и качество поиска непосредственно влияет на его ход и исход и как следствие на выполнение поставленной задачи, ее своевременность и точность.

Разработанный к настоящему времени методический аппарат позволяет определить характеристики поиска применительно к

© Козирацкий Ю. Л., Калинин В. С., Козирацкий А. А., 2019

случайной ориентации мгновенного поля зрения прибора в пределах заданного сектора и равновероятном нахождении объекта в элементах сектора поиска [1, 2, 4, 8, 11]. При этом сам процесс поиска рассматривается как серия независимых испытаний. Используемые допущения сказываются на понижении уровня обоснованности и достоверности результатов моделирования. В этом случае актуальным является регулярный поиск, когда сектор просматривается мгновенным полем зрения прибора в определенной последовательности, задаваемой законом сканирования, а местонахождение объекта в секторе поиска может определяться любым распределением вероятности.

Цель работы – разработка условно-вероятностной модели поиска объектов, обеспечивающей анализ показателей эффективности поиска и обоснование качественных и динамических характеристик средства поиска в условиях когда объект изменяет свои характеристики по разведдоступности.

1. Постановка задачи

Рассмотрим последовательный процесс поиска при многократном просмотре сектора, т.е. когда процесс поиска циклически повторяется до тех пор, пока не будет принято решение (правильное или ошибочное) о наличии объекта в том или ином элементе сектора поиска. При этом сектор обзора просматривается поэлементно, слева направо и прекращается после первого принятия решения об обнаружении объекта (рис. 1).

В качестве показателя эффективности поиска в рассматриваемом случае примем зависимость вероятности правильного обнаружения объекта $\overline{P}_D(t)$ от времени поиска t.

Пусть объект находится в i-м элементе сектора обзора, тогда средство поиска просматривает сектор по i-1 элементу, и остановка может произойти при ложном обнаружении объекта. В случае пропуска объекта просмотр сектора поиска продолжается по оставшимся m-i элементам до конца сектора, после чего последовательный просмотр начинается сначала. При описанном выше алгоритме за цикл просмотра сектора поиска примем просмотр сектора от 1-го до m-го элемента и возвращение обратно.

Необходимым условием для успешного обнаружения объекта является, помимо его наличия в том или ином элементе сектора поиска, ориентация поля зрения разведуемого объекта на средство поиска. Поскольку ориентация поля зрения средства поиска – объекта поиска, как правило, случайна и изменяется с течением времени, то объект в данной ситуации можно рассматривать как появляющейся и

исчезающий в том или ином элементе сектора поиска в случайные моменты времени.

Процесс принятия решений о наличии и отсутствии объекта в элементе сектора поиска представим в виде ориентированного графа состояний рис. 1, в котором состояние A_1' характеризует наличие объекта в i-м элементе сектора поиска, переходы из состояния A_1' в состояния A_1^1 и A_1^0 соответствуют ситуациям наличия объекта в i-м элементе сектора поиска и нахождению объекта в поле зрения и вне поля зрения средства поиска – объекта поиска.

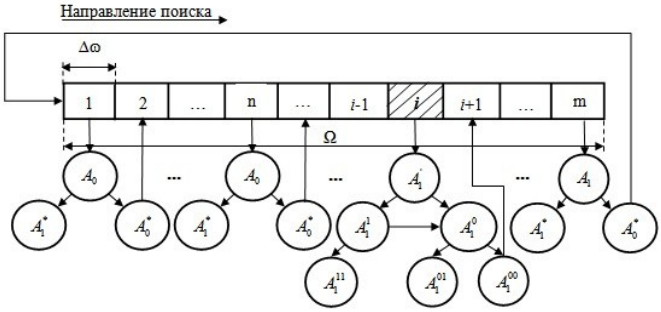


Рис. 1. Граф состояний процесса принятия решений

Переходы осуществляются с вероятностями $1-P_a$, где P_a - вероятность ориентации поля зрения объекта на средство поиска.

С учетом принятых условий могут быть реализованы решения A_1^{11}, A_1^{01}, A_0^{00}. Для условия A_1^0 с вероятностью $F_i = 1-F_i$ может быть реализовано решение A_0^{00}, а с вероятностью F_i - A_1^{01}. Если в элементе выполнено условие A_1^1, то с вероятностью D_i может быть реализовано решение A_1^{11} или осуществляется переход в состояние A_1^0 соответствующей ситуации наличия объекта в *i*-м элементе сектора поиска и нахождению объекта вне поля зрения средства поиска.

2. Разработка условно-вероятностной модели

Вероятность того, что в *i*-м элементе сектора поиска будет обнаружен объект после *k* просмотров сектора поиска, определим следующим выражением:

$$P_{\Sigma}^{D}(S) = P_{ai}D_i\prod_{j=1}^{i}F_j f_j(S) + P_{al}D_i\prod_{j=1}^{i}F_j f_j(S)\prod_{l=i+1}^{m}F_l(1-D_l P_{al})f_l(S) + \ldots$$
$$\ldots + D_i\prod_{j=1}^{i}F_j f_j(S)\prod_{l=i+1}^{km}F_l(1-D_l P_{al})f_l(S) \quad (1)$$

Вероятность ложной тревоги при условии нахождения объекта в *i*-м элементе секторе поиска после *k* просмотров сектора поиска в общем виде, определим следующим выражением:

$$P_{\Sigma}^{F}(S) = \prod_{j=1}^{k}\left(\sum_{i=1}^{m-1}F_i f_i(S)\prod_{j=1}^{i-1}F_j f_j(S) + (1-P_{ai}D_i)F_{i+1}f_{i+1}(S)\prod_{j=1}^{i}F_j f_j(S)\right)^{j} \quad (2)$$

Полученные выражения для определения вероятности обнаружения объекта и ложной тревоги при условии его нахождения в i-м элементе секторе поиска при многократном просмотре сектора поиска (после k циклов просмотра сектора поиска) позволяют рассматривать процесс поиска при различных временах принятия решения о наличии или отсутствии объекта, т.е. когда соответствующие времена переходов могут являться детерминированной или случайной величиной и различных фонах подстилающей поверхности.

Также из выражений (1) и (2) в соответствии с предложенным в [8] методическим подходом используя свойства преобразования Лапласа [10] и положив в указанных выражениях $S = 0$ можно получить формулы для финальных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги $P_{0\Sigma}^{D}$ и $P_{0\Sigma}^{F}$, позволяющие определить значения показателей эффективности поиска после его завершения, а также числовые характеристики (математические ожидания и дисперсии) времени успешного и ошибочного завершения поиска m_D, m_F, σ_D^2, σ_F^2 (табл. 1).

Таблица 1

Показатели эффективности (числовые характеристики)

Показатель эффективности (числовая характеристика)	Аналитическое выражение (правильное обнаружение)	Аналитическое выражение (ложная тревога)
Финальная вероятность	$P_{0\Sigma}^{D} = \lim_{S\to 0} P_{\Sigma}^{D}(S)$	$P_{0\Sigma}^{F} = \lim_{S\to 0} P_{\Sigma}^{F}(S)$

Окончание таблицы 1

Показатель эффективности (числовая характеристика)	Аналитическое выражение (правильное обнаружение)	Аналитическое выражение (ложная тревога)
Математическое ожидание	$m_D = -\frac{d}{dS}\frac{P_\Sigma^D(S)}{P_\Sigma^D(0)}\Big\vert S=0$	$m_F = -\frac{d}{dS}\frac{P_\Sigma^F(S)}{P_\Sigma^F(0)}\Big\vert S=0$
Дисперсия	$\sigma_D^2 = \frac{d^2}{dS^2}\frac{P_\Sigma^D(S)}{P_\Sigma^D(0)}\Big\vert S=0 - m_D^2$	$\sigma_F^2 = \frac{d}{dS}\frac{P_\Sigma^F(S)}{P_\Sigma^F(0)}\Big\vert S=0 - m_F^2$

Следует отметить, что вероятность обнаружения объекта, согласно (1), является условной, поскольку зависит от ее положения в секторе обзора, исходя из чего определить безусловную вероятность обнаружения объекта после k просмотров сектора поиска можно по формуле:

$$\overline{P}_D(t) = \sum_{i=1}^{m} P_\Sigma^D(t) P(i) \tag{3}$$

где $P(i)$ – вероятность наличия объекта в *i*-м элементе сектора обзора.

Для определения вероятности обнаружения $P_\Sigma^D(t)$ и ложной тревоги $P_\Sigma^F(t)$ к моменту времени *t* в явном виде к выражениям (1) и (2) необходимо применить обратное преобразование Лапласа с учетом того, что интегрирование оригинала эквивалентно делению изображения на S [10], получим следующее выражение:

$$\begin{aligned} P_\Sigma^D(t) &= L^{-1}\left\{\frac{1}{S}P_\Sigma^D(S)\right\} \\ P_\Sigma^F(t) &= L^{-1}\left\{\frac{1}{S}P_\Sigma^F(S)\right\} \end{aligned} \tag{4}$$

где L_s^{-1} – оператор обратного преобразования Лапласа по S.

Выражение (3) имеет большое значение при построении модели поиска, поскольку отражает зависимость вероятности обнаружения объекта от закона распределения вероятности его нахождения в секторе обзора.

При построении модели поиска объекта могут рассматриваться различные законы распределения, наиболее часто встречающиеся на практике отражены в табл. 2.

Таблица 2

Законы распределения местоположения объекта

Закон распределения	Равномерный	Пуассоновский	Нормальный (усеченный)
Аналитическое выражение $P(i)$	$P(i)=\frac{1}{m}$	$P(i)=\frac{\eta^i}{i!}e^{-\eta}$	Сканирование по расходящейся спирали: $P(i,j)=\frac{1}{4(2j-1)}e^{-18(-j)^2\frac{1}{m}}\left(1-e^{-18\frac{2j+1}{m}}\right)$ при $0\le i\le 4(2j-1)$
			Построчное сканирование: $P(i,j)=\frac{36e^{-9}}{2\pi m}e^{-18\frac{(i^2+j^2)}{m}+18\frac{i+j}{\sqrt{m}}}$

3. Частный пример

Рассмотрим случай, когда вероятности принятия правильных и ошибочных решений о наличии цели во всех элементах сектора поиска одинаковы: $D_i=D$, $F_i=F$, времена переходов процесса поиска из состояние в состояние являются случайными и распределены по экспоненциальному закону. Кроме того, положим, что вероятность ориентации поля зрения объекта на средство поиска P_{ai} постоянна во всем секторе поиска, т.е. $P_{ai}=P_a=const$. Тогда применяя обратное преобразование Лапласа согласно выражения (4) [10] и интегрируя по времени t, получим выражения для определения вероятности обнаружения объекта и ложной тревоги при условии его нахождения в i-м элементе секторе поиска к моменту времени t (после k просмотров сектора поиска) в следующем виде:

$$P_{\Sigma}^{D}(t)=P_aDF^{i-1}\sum_{j=0}^{k-1}\left\{(1-DP_a)F^{(m-1)}\right\}^j\left(1-\sum_{q=0}^{i+jm-1}\frac{(\lambda t)^q}{q!}e^{-\lambda t}\right)$$

$$P_{\Sigma}^{F}(t)=\prod_{j=1}^{k}\left(F\sum_{i=1}^{m-1}F^{i-1}\left(1-\sum_{q=0}^{i-1}\frac{(\lambda t)^q}{q!}e^{-\lambda t}\right)+F(1-DP_a)F^{i-1}\left(1-\sum_{q=0}^{i-1}\frac{(\lambda t)^q}{q!}e^{-\lambda t}\right)\right)^j \quad (5)$$

Вероятность ориентации поля зрения объекта на средство поиска P_a, входящее в выражение (5) определяется в предположении, что разведуемый объект сканирует пространство со средним период

сканирования T_c и средней продолжительностью его ориентации в одном направлении τ_c и временем отсутствия (отворота) τ_o. В этом случае в i-м элементе сектора поиска наблюдается случайный импульсный процесс (рис. 2).

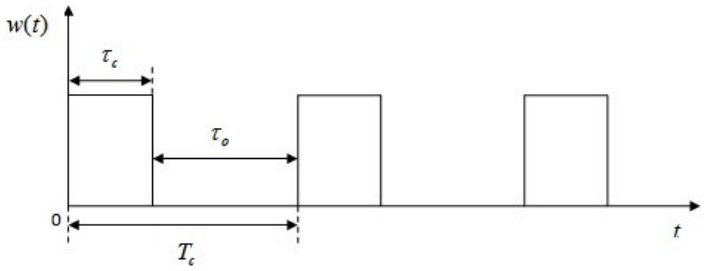


Рис. 2. Случайный импульсный процесс

Вероятность ориентации поля зрения объекта на средство поиска определим следующим выражением:

$$P_a = \frac{\tau_c}{T_c} \tag{6}$$

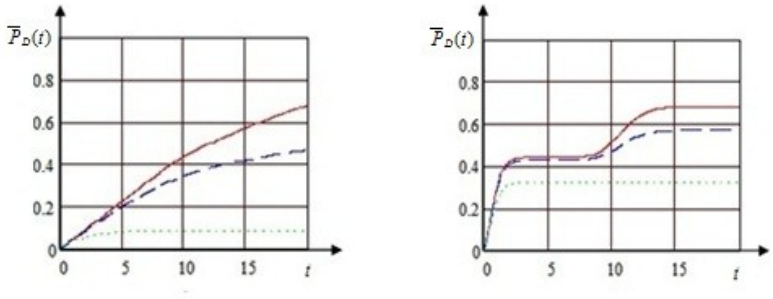
Для определения безусловной вероятности обнаружения объекта при условии его нахождения в i-м элементе секторе поиска к моменту времени t (после k просмотров сектора поиска), в соответствии с выражением (3) для равномерного и пуассоновского законов распределения вероятности нахождения объекта, с учетом выражения для определения вероятности ориентации поля зрения объекта на средство поиска согласно (9), получим:

$$\overline{P}_D(t) = \frac{1}{m}\frac{\tau_c}{T_c} D \sum_{i=1}^{m} F^{i-1} \sum_{j=0}^{k-1} \left\{ (1 - D\frac{\tau_c}{T_c}) F^{(m-1)} \right\}^j \left(1 - \sum_{q=0}^{i+jm-1} \frac{(\lambda t)^q}{q!} e^{-\lambda t} \right) \tag{7}$$

$$\overline{P}_D(t) = D\frac{\tau_c}{T_c} \sum_{i=1}^{m} F^{i-1} \frac{\eta^i}{i!} e^{-\eta} \sum_{j=0}^{k-1} \left\{ (1 - D\frac{\tau_c}{T_c}) F^{(m-1)} \right\}^j \left(1 - \sum_{q=0}^{i+jm-1} \frac{(\lambda t)^q}{q!} e^{-\lambda t} \right) \tag{8}$$

где η – параметр закона Пуассона, вычисленный при условии: $\sum_{i=1}^{m} \frac{\eta^i}{i!} e^{-\eta} \approx 1$.

На рис. 3а, 3б представлены графики зависимостей вероятности обнаружения объекта к моменту времени t (после k просмотров сектора поиска) согласно (8) – рис. 3а и (9) – рис. 3б при различных вероятностях ложной тревоги. Зависимости построены для следующих исходных данных: $D = 0{,}9$, $F = 10^{-4}, 10^{-2}, 10^{-1}$, $m = 50$, $k = 2$, $\lambda = 5$, $\eta = 4$, $\tau_c = 0{,}5$, $T_c = 1$.

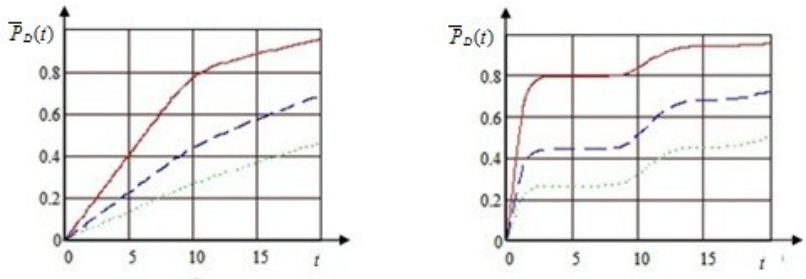


а б

Рис. 3. Графики зависимостей вероятности обнаружения от времени поиска при различных вероятностях ложной тревоги

Анализ представленных на рис. 3а, 3б результатов показывает, что с увеличением вероятности ложной тревоги в одном элементе сектора поиска от 10^{-4} до 0,1 вероятность обнаружения объекта для рассматриваемых законов распределения вероятности нахождения объекта в секторе обзора значительно снижается. Рассматривая различные значения интенсивности просмотра сектора поиска λ можно определить необходимое временя просмотра сектора поиска t и среднее время наблюдения элемента сектора поиска $\overline{T}$ для рассматриваемых законов распределения.

Для вероятности обнаружения объекта после k просмотров сектора поиска согласно (7) и (8) построим зависимость $\overline{P}_D = f(t, \tau_c)$ (рис. 4а, 4б). Зависимости построены для следующих исходных данных: $D = 0{,}9$, $F = 10^{-4}$, $m = 50$, $k = 3$, $\lambda = 5$, $\eta = 4$, $\tau_c = 0.3, 0.5, 0.9$, $T_c = 1$.



А б

Рис. 4. Графики зависимостей вероятности обнаружения t при различной средней продолжительности ориентации объекта поиска

Анализ представленных на рис. 4а, 4б результатов показывает, что с увеличением среднего времени продолжительности ориентации объекта в одном направлении τ_c от 0,3 до 0,9 вероятность обнаружения объекта для рассматриваемых законов распределения вероятности нахождения объекта в секторе обзора значительно увеличивается.

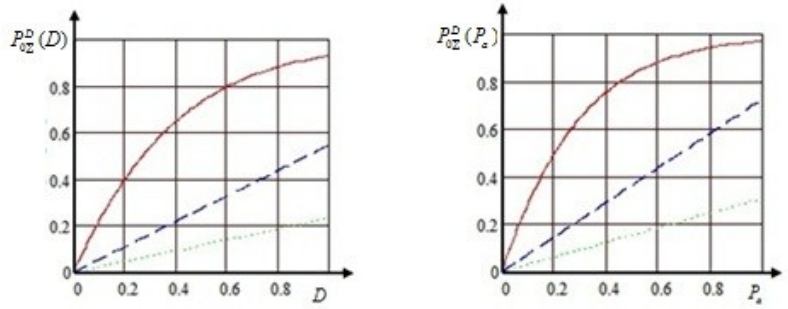
Формулы для определения финальной вероятности обнаружения и ложной тревоги, при условии нахождения объекта в і-м элементе сектора поиска после k просмотров сектора поиска, определим устремив в выражениях (1) и (2) с учетом рассматриваемого частного случая $S \to 0$, следующим выражением:

$$P_{0\Sigma}^{D} = P_a D F^{i-1} \left(\frac{1 - \left\{ (1 - DP_a) F^{(m-1)} \right\}^k}{1 - (1 - DP_a) F^{(m-1)}} \right)$$

$$P_{0\Sigma}^{F}(S) = \prod_{j=1}^{k} \left(F \frac{1 - F^m}{1 - F} + F(1 - DP_a) F^{i-1} \right)^j \qquad (9)$$

Результаты расчета зависимостей финальной вероятности правильного обнаружения объекта $P_{0\Sigma}^{D}$ средством поиска от условной вероятности правильного обнаружения D и вероятности ориентации поля зрения объекта на средство поиска P_a при многократном просмотре сектора поиска представлены на рис. 5а. Зависимости

$P_{0\Sigma}^{D}(D)$ построены для следующих исходных данных: $P_a = 0,6$, $D = 0,8$, $m = 10^3$, $k = 5$, $i = 10$ для различных значений вероятности ложной тревоги F в элементе сектора поиска ($F = 10^{-4}, 10^{-2}, 10^{-1}$).



а б

Рис. 5. Графики зависимости финальной вероятности правильного обнаружения

Анализ представленных на рис. 5а, 5б зависимостей позволяет сделать следующие выводы. Для получения достаточно высокой вероятности правильного обнаружения $P_{0\Sigma}^{D} > 0,9$ вероятность ложной тревоги в одном элементе не должна превышать 10^{-4}. Однако при многократном просмотре сектора поиска возможно уменьшение требований к вероятности правильного обнаружения в одном элементе D. В этом случае величина D может быть снижена до 0,7…0,8, при вероятности ориентации поля зрения объекта на средство поиска не ниже 0,6.

Среднее время правильного обнаружения объекта в секторе поиска m_D при многократном просмотре сектора поиска (после k просмотров) получим в соответствии выражением, указанным в табл. 1:

$$m_D = -\frac{d}{dS}\frac{P_{\Sigma}^{D}(S)}{P_{\Sigma}^{D}(0)}\Big|S = 0 = P_a D F^{i-1}\frac{1}{\lambda}\sum_{j=0}^{k-1}(jm+i)\left\{(1-DP_a)F^{(m-1)}\right\}^{j} \quad (10)$$

Заключение

Таким образом, применительно к различным законам распределения местоположения объекта в интервале сектора поиска

разработана условно-вероятностная модель поиска объектов, изменяющих свои характеристики по разведдоступности. Модель представляет собой граф состояний и аналитические соотношения, описывающие процесс поиска и позволяющие определить динамические показатели качества (эффективности) поиска: вероятности успешного и ошибочного завершения поиска к моменту времени t, финальные вероятности, математические ожидания и дисперсии времени успешного и ошибочного завершения поиска. Полученные соотношения позволяют оценить оперативность и качество поиска в заданном секторе и обосновать основные требования к характеристикам и параметрам средств поиска.

Полученные результаты также отражают влияние вероятности ложных тревог в одном элементе на эффективность поиска. Это позволяет оценить эффективность поиска как в беспомеховой обстановке, так и в условиях воздействия на средство поиска помех, приводящих к изменению уровня ложных тревог.

Список литературы

1. Абчук, В. А. Поиск объектов / В. А. Абчук, В. Г. Суздаль. М.: Сов. радио, 1977. – 340 с.
2. Альсведе, Р. Задачи поиска / Р. Альсведе, И. Вегенер // Пер. с нем. под ред. М. Б. Малютова. – М.: Мир, 1982. – 368 с.
3. Глушков, А. Н. Динамические показатели поиска оптико-электронных средств / Глушков, А. Н., Козирацкий Ю. Л., Лысиков В. Ф. // Сборник докладов Всероссийской конференции Радио и волоконно оптическая связь, локация и навигация. – Воронеж, 1997. – с. 1531-1542.
4. Журавлев, В. И. Поиск и синхронизация в широкополосных системах / В.И. Журавлев. – М.: Радио и связь, 1986. – 140 с.
5. Козирацкий, А. Ю. Аналитическая модель информационного конфликта на этапе поиска и обнаружения / А. Ю. Козирацкий, А. М. Ильичев, В. Ф. Лысиков // Радиотехника. – 1999. – № 8. – С. 51-56.
6. Козирацкий А. Ю. Поиск цели оптико-электронными средствами в условиях воздействия непреднамеренных поражающих оптических помех / А. Ю. Козирацкий, Н. Г. Крутов, А. В. Шамарин // Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. Приложение к журналу Радиотехника. – 2001. – № 10. – С. 10-14.
7. Козирацкий, Ю. Л. Математическая модель двухэтапного поиска случайно появляющихся целей / Ю. Л. Козирацкий, А. Н. Глушков, В. Ф. Лысиков // Радиотехника. – 1999. – № 8. – С. 45-50.
8. Модели пространственного и частотного поиска. Монография / Козирацкий Ю. Л. [и др.]. – М.: Радиотехника, 2013. – 344 с.

9. Козирацкий, Ю. Л. Поиск целей оптико-электронными системами среди контрастных выбросов / Ю. Л. Козирацкий, А. В. Аниканов // Информационный конфликт в спектре электромагнитных волн. Приложение к журналу Радиотехника. – 1994. – С. 95-98.

10. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1976. – 832 с.

11. Медник, А. Ф. Отыскание экстремума функций многих переменных методом случайного поиска / А. Ф. Медник // Электронно-вычислительная техника и программирование. – М.: Статистика, 1970. – Вып. 3. – С. 56-64.

Вероятностная модель поиска системы целеуказания по излучению ее средства подсвета

Ю. Л. Козирацкий
Р. Е. Меркулов, email: rus_212@mail.ru

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Разработана вероятностная модель поиска системы целеуказания по излучению средства подсвета. Модель отражает работу двухканального оптического средства с матричным фотоприемником. Один из каналов по рассеянной составляющей осуществляет выбор направления поиска. Второй канал представляет собой активный оптический локатор, осуществляющий поиск по направлению, определяемое первым каналом. Динамическая часть модели представлена ориентированным графом состояний, вершины которого соответствуют физическим и информационным состояниям самой двухканальной системы. Аналитическое описание осуществляется в виде передаточных функций, представляющие собой преобразования Лапласа от произведения вероятности перехода на плотность вероятности времени перехода. При проведение компьютерного моделирования, были получены зависимости вероятности правильного обнаружения по лазерному лучу от времени анализа для значений различной дальности излучения.*

Ключевые слова: *средство поиска, лазерный луч, матричный фотоприемник.*

Введение

В современном мире существуют ситуации, которые требуют быстрого поиска и точного нахождения источника лазерного излучения, от которого оно происходит[1].

Таким образом, возникает задача поиска и нахождения этого источника и как можно в кратчайшие сроки.

Цель работы – исследование эффективности вероятностной модели поиска системы целеуказания по излучению ее средства подсвета.

Для достижения цели необходимо решение следующих задач:

– описать процесс поиска объекта по данным излучения его лазерного средства;

© Козирацкий Ю. Л., Меркулов Р. Е., 2019

– разработать алгоритм оценки текущего положения оси оптического луча объекта, как направляющего активного поиска;

– разработать вероятностную модель процесса поиска объекта средством поиска;

– разработать модель процесса поиска объекта активным лазерным каналом в виде передаточных функций;

– разработать имитационную модель процесса поиска объекта средством поиска.

Модель базируется на приеме и анализе рассеянного в атмосфере лазерного излучения при помощи матричного фотоприёмника (МФП).

1. Описание процесса поиска объекта по данным излучения его лазерного средства

Процесс поиска лазерного излучения объекта возможно при помощи СП, основанного на матричных фотоприемниках, состоящего из двух каналов работы. Первым каналом СП производит обнаружение и положение рассеянного лазерного излучения объекта в пространстве, а вторым каналом осуществляет поиск по трассе распространения лазерного излучения, рис. 1.

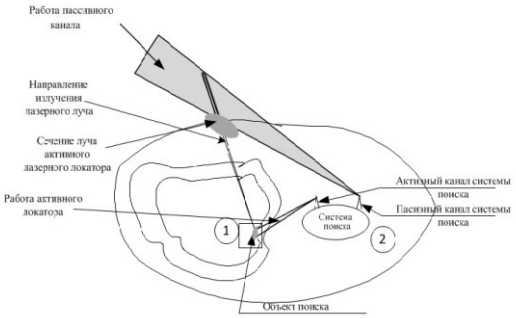


Рис. 1. Процесс поиска лазерного излучения объекта при помощи системы поиска

Пассивный канал (а) (первый) – осуществляет постоянный просмотр выбранного диапазона пространства с задачей обнаружение лазерного излучения. В случае обнаружения излучения начинает работать активный канал (б) (второй), который зная направление и значения максимумов каждой строки МФП, производит подъем по максимумам строк до момента нахождение объекта поиска. Появляется возможность обнаружения и оценки пространственных координат источника излучения.

Процесс образования и переноса рассеянного лазерного излучения рассмотрены в ряде работ [2]. Однако в нашем случае важен учет неравномерности распределения рассеивающих частиц по трассе распространения лазерного излучения. Система уравнений, описывающая образование и перенос рассеянного излучения будет иметь вид:

$$\frac{1}{c}\cdot\frac{\partial I_i(\rho,\varphi,z,t)}{\partial z}+\frac{\partial I_i(\rho,\varphi,z,t)}{\partial t}=-c\alpha_0 I_i(\rho,\varphi,z,t) \quad (1)$$

$$\frac{\partial S_\Sigma^{'}(t,z)}{\partial z}=\frac{\sigma}{4\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{a(z)} f(\theta_4)\frac{e^{-\alpha_0 l_4}}{l_4^2} I(\rho,\varphi,z,t)\rho d\rho d\varphi \quad (2)$$

$$\Phi_{пр}(t)=\iint_{S_{пр}} S_\Sigma^{'}(t,z)dS \quad (3)$$

,где $S-$ плотность потока мощности рассеянного излучения, $\sigma-$ объемный коэффициент рассеивания, $f(\theta_4)-$ индикатриса рассеивания, α_0- показатель суммарного ослабления излучения, $L-$ расстояние от оптической оси лазерного луча до приемной плоскости (по перпендикулярному направлению), $l_4=\sqrt{L^2+(z_2-z_1)^2}+\rho_1\cos\varphi_1$ - расстояние от элементарного рассеваемого объема до приемной плоскости МФП, θ_4 - направление распространения лазерного излучения в зоне видимости МФП.

Система уравнений описывает: нахождение интенсивности потока мощности – уравнение (1); нахождение плотности потока мощности – уравнение (2); нахождение принимаемой мощности рассеянного импульсного излучения – уравнение (3).

2. Алгоритм оценки текущего положения оси оптического луча объекта лазерного средства, как направляющего активного поиска

Воспользуемся критерием максимума апостериорной вероятности [2] при определении «энергетического центра». Если характерный размер элементов МФП будет равен Δ_1, то «алгоритм вычисления номера элемента строки МФП», который соответствует энергетическому центру (максимуму) этой строки будет иметь вид**,** уравнение (4)

$$\lambda_{xi}=\frac{\Delta_1\sum_{i=1}^{M} i\cdot\xi(i\cdot\Delta_1,t_j)+\frac{\langle\lambda_m\rangle\cdot G^2}{4\cdot\Delta_1\cdot\delta_\lambda^2}}{\sum_{i=1}^{M}\xi(i\cdot\Delta_1,t_j)+\frac{G^2}{4\cdot\Delta_1\cdot\delta_\lambda^2}} \quad (4)$$

Рассматривая матричный фотоприемник на координатной плоскости, рис. 2, предположим, что при нахождении энергетических максимумов верхней и нижней строки МФП можно построить прямую проходящую через две точки, которая покажет положение луча подсвета источника лазерного излучения. Опираясь на уравнение прямой и выразив значение x получим выражения определения координат «x» выражение (5), значения координат «y» выражение (6)

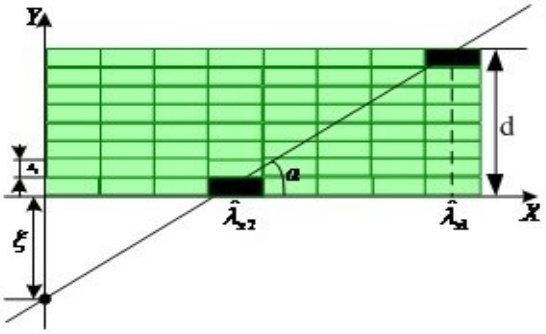


Рис. 2. Нахождение энергетических максимумов в строках МФП

$$x_j = \frac{\hat{\lambda}_{x1} - \hat{\lambda}_{x2}}{d} \cdot y_j + \hat{\lambda}_{x2} \tag{5}$$

$$y_j = j \cdot \Delta_1 \tag{6}$$

3. Вероятностная модель процесса поиска объекта

Траектория просмотра пространства может быть разбита на элементы, размеры которых соизмеримы с диаметром лазерного луча на определенной дальности с учетом перекрытия элементов. Рассматриваемые элементы могут быть представлены элементами сектора последовательного поиска. Динамику процесса поиска объекта по лазерному лучу можно представить в виде ориентированного графа состояний рис. 3.

На рис. 3 приняты следующие обозначения: C_0 – Исходное состояние оптического локатора; C_1 – сходное состояние, характеризующее событие, состоящее в том, что оптический локатор направлен на источник излучения; C_2 – сходное состояние, характеризующее событие, состоящее в том, что оптический локатор не направлен на источник излучения;

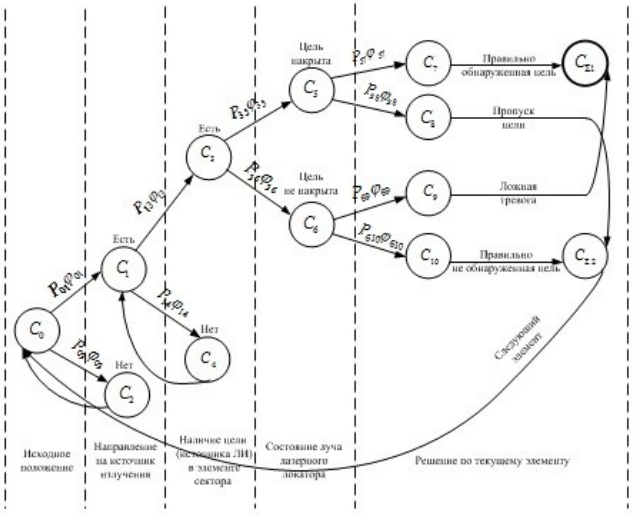


Рис. 3. Ориентированный граф состояний, отражающий процесс поиска объекта активным лазерным каналом

C_2 C_3 _ сходное состояние, характеризующее событие, состоящее в том, что оптический локатор вернулся в исходное положение; C_3 _ объект находится в выбранном для локации элементе траектории поиска; C_4 _ объект отсутствует в выбранном для локации элементе траектории поиска; C_4 C_1 – сходное состояние, характеризующее событие, состоящее в том, что объект отсутствует в выбранном для локации элементе траектории поиска и происходит возврат в состояние, когда оптический локатор направлен на источник излучения; C_5 _ объект накрыт лазерным излучением локатора; C_6 – объект из-за ошибок не накрыт лазерным излучением; $C_7C_9C_{\sum_1}$ - принято решение, что в элементе сектора поиска объект есть; $C_8C_{10}C_{\sum_2}$ - принято решение, что в элементе сектора поиска объекта нет; $C_{\sum_2}C_0$ - принято решение, возврата в исходное состояние оптического локатора.

4. Модель процесса поиска в виде передаточных функций

Структура модели процесса поиска объекта по лазерному лучу в форме передаточных функций, где $F_{i,j}(s) = L_s[P_{i,j}\phi_{i,j}(t)]$ - передаточные функции, представляющие собой преобразование Лапласа от

произведения вероятности перехода на плотность вероятности времени перехода из состояния i в состояние j представлена на рис. 4:

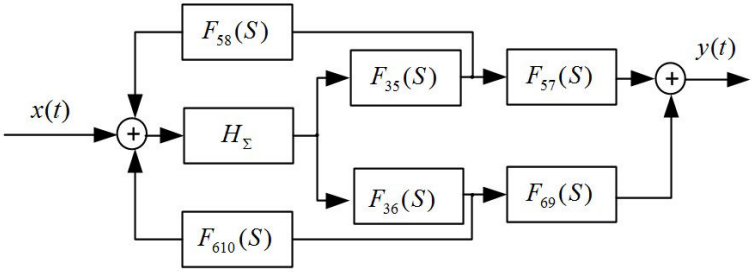


Рис. 4. Модель процесса поиска объекта по лазерному лучу в форме передаточных функций

Воспользуемся замещением переходов процесса из состояния в состояние инерционными звеньями с передаточными функциями, определяемыми преобразованием Лапласа от соответствующих плотностей вероятностей распределения времени переходов.

Вероятность обнаружения объекта с помощью оптического локатора найдем с помощью выражения (7):

$$\tilde{P}_{ПО} = L_s^{-1}\left\{\frac{1}{S}\tilde{P}_{ПО}(S)\right\} \qquad (7)$$

5. Структура имитационной модели процесса поиска объекта СП

На рис. 5 представлена структура имитационной модели процесса поиска объекта СП и оценки параметров луча рассеянного излучения МФП

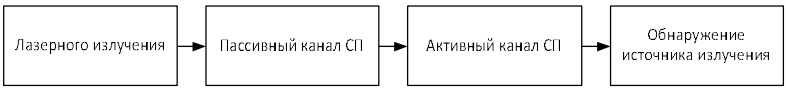


Рис. 5. Структура имитационной модели процесса поиска объекта СП матричным фотоприемником

В процессе исследований установлено, что двух линейный матричный приемник с формирующей оптикой с фокусным расстоянием $F = 10мм$, размерами элемента $\triangle = 1мм$ и пространственным периодом $\tau = 0,01$ с в условиях слабых помех обеспечивает оценку направления на лазерный луч со среднеквадратичной ошибкой $\sigma = 1$. При увеличении

помехового излучения до уровня 4-5 отсчетов за время накопления $10^{-8}c$ ошибки определения увеличиваются до значений квадратичной ошибки равной $\sigma = 3$. Для исключения влияния ошибок, расходимость зондирующего излучения передающего средства активной локации должно составлять величину $\theta \geq 4$, при этом мощность излучения в импульсе должна быть не менее 5 МВт.

Произведя компьютерное моделирование были получены результаты представленные на рис. 6 в виде зависимости вероятности правильного обнаружения объекта по лазерному лучу $P_{по}$ от времени анализа t (для различных значений дальности).

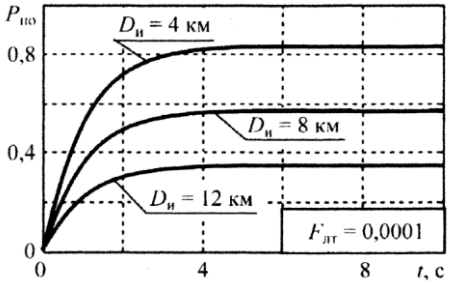


Рис. 6. Зависимости вероятности правильного обнаружения объекта по лазерному лучу

6. Заключение

Опираясь на вышесказанное, разработана вероятностная модель поиска системы целеуказания по излучению ее средства подсвета с помощью СП на основе анализа излучения лазерных средств, которая позволяет оценить эффективность системы поиска по рассеянному в атмосфере излучению. Система поиска по рассеянному в атмосфере излучению лазерных средств целеуказания позволяют через $5 \cdot 10^{-1}$ секунды с вероятностью 0,8 правильно произвести обнаружение лазерных средств целеуказания. При этом вероятность ложной тревоги не должна превышать 10^{-4}.

Список литературы

1. Алгоритм оценки энергетических характеристик рассеянного импульсного лазерного излучения / Ю. Л. Козирацкий [и др.] // Материалы XXVIII военно-научной конференции «Пути повышения эффективности разработки и применения средств радиоэлектронной разведки» – Курск : в/ч 25714, 2008. – С.50 – 57.

2. Алгоритм оценки энергетических и временных характеристик рассеянного импульсного лазерного излучения / Ю.Л. Козирацкий [и др.] // Радиотехника. – 2005. – №7. – С. 66-70.

3. Повышение эффективности обходной лазерной линии связи за счет адаптивного управления мощностью излучения передатчика. / Ю.Л. Козирацкий [и др.] // Радиотехника. – 2009. – №5. – С. 111-114.

4. Алгоритм совместной оценки положения и времени прихода пуассоновского изображения цели и его эффективность в условиях помех/ Ю.Л. Козирацкий [и др.] // Радиотехника. – 2012. – №5. – С. 102-106.

5. Козирацкий Ю.Л., Прохоров Д.В., Кулешов П. Е., Паринов М. Л., Плеве В.В., Сушков А. Ю., Меркулов Р.Е. Решение о выдаче патента на изобретение «Способ оптико-электронного противодействия» 2014114812/28(023201). – 04.12.2015 г.

Максимизация роли облачной среды информации в борьбе от компрометации. Информационные преображения при циркуляции в облачной среде

Д. А. Кошелев, e-mail: kabalcool@Rambler.ru
И. В. Филипенко, email: filipenko@mail.ru

КВВУ им. С.М.Штеменко

Аннотация. *В статье рассматривается возможность поиска уязвимостей в информационном потоке. Сформулирована политика реализации ликвидации атак на информационную безопасность (ИБ). Существующая политика расскажет о противодействии к атакам в облачных сервисах(ОС).*

Ключевые слова: *информационная безопасность, программное обеспечение, злоумышленник, облачные вычисления, блокчейн.*

Введение

ИБ – состояние сохранности информационно-правовых ресурсов и защищенности, законных прав личности и общества в информационно-потоковой среде, а также является процессом обеспечения конфиденциальности, целостно - сохранной и доступной информации.

ОС – сервисы, использующие технологии обрабатывания информации, посредством которых информационно-вычислительные ресурсы доступны пользователю в качестве сервиса. Термин «облако» является метафорой, описывающей сложную инфраструктуру[1].

1. Исследование облачных сервисов

Облачно-ориентированные сервисы ни что иное как прогресс в сфере стремительного развития IT-технологий. Безопасность и защита - ключевая и важная роль. Данному вопросу необходимо уделять большое и пристальное внимание. ОС в век технической индустриализации имеют широкое применение и востребованность на площадке IT - технологий. Отталкиваясь от политики и организации ИБ смена традиционных IT -технологий на облачные описывается следующими факторами:

– отсутствие четкого периметра организации ИБ, понятия объектов информации становятся размытыми, выполняется совместное применение ресурсов различными группами пользователей облачных

© Кошелев Д. А., Филипенко И. В., 2019

сервисов, благодаря которым существуют разные модели уязвимостей, модели злоумышленников и модели охраны информации;

– параметры доступа, сохранности и надежности IT поддержки пользователей и потребителей данных сервисно - облачных услуг приходят в прямую пропорциональность от поставщика вычислительных возможностей.

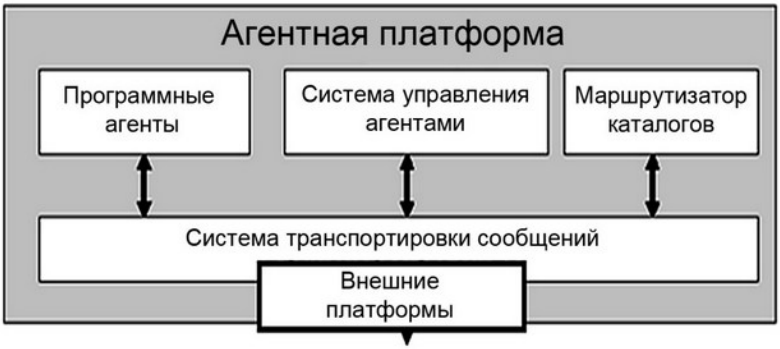


Рис. 1. Внешние платформы

В диспозиции облачных алгоритмических вычислений действует новая политика ИБ, которая распределяется на несение ответственности за обеспечение ИБ и зависимость от реализации пользовательской безопасности(IaaS, PaaS, SaaS). В России внедрение ОС в век их развития не имеет единого подхода и зависит от глубины понимания внутренних вопросов разработчиками системных инструментов. Разработки для промышленности отличаются детализацией, а нормативно-правовые аспекты находятся в режиме отладки.

Рассмотрев действующую классификацию по описанию уязвимостей ИБ в облачных информационных вычислениях, можно придти к выводу, что все крупные мировые IT-подразделения при предоставлении облачных технологий предоставляют высокий уровень сохранности данных от непреднамеренного доступа к ним и от удаления с облачных серверов по каким-либо техническим причинам[2].

Рассмотрев облачные технологии со стороны обеспечения ИБ можно придти к выводу, что они состоят из различных интеграционных платформ, с высоким и надежным критерием автоматизации. Необходимо учесть, что и в ОС должны сохраняться журналы с протоколами пользовательских сессий, которые являются гарантом в физических системах. Данными процессами являются: IDS/IPS, сетевой эвристический монитор, виртуализированная блокировка атак и

сигнатурное антивирусное ПО, которое предусмотрено в каждой системе защиты пользовательской информации в физические, виртуальные, а также облачные онлайн - сервисы.

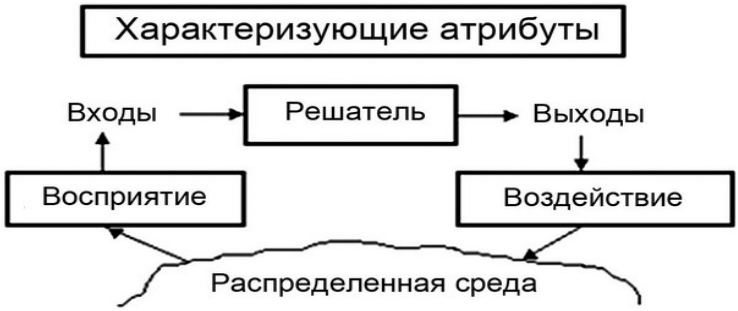


Рис. 2. Характеризующие атрибуты Распределенной среды

Необходимо не забывать также про объекты военного - государственного управления. Данные объекты работаю под управлением систем поддержки принятия решений (СППР). Такие системы состоят из интегрированных интеллектуальных систем поддержки принятия решений, расчетно-логической системы, CASE-инструменты, инструменты поддержки контроля реализации решений.

Рис. 3. Структура типовой СППР

Для обеспечения высокого уровня защиты необходимо, проводить идентификацию всех серверов из доверенных и внутренних, а также ОС находящихся вне системы и включать в политику администрирования защитой. Работая с облаком положительного результата можно достичь через прямое сопряжение с администрацией ОС, которая, обладая полными правами в любое время может предоставить справочную о разных ОС.

Рис. 4. Связующие умного агента

Распространенные атаки на ОС:

– стандартные атаки на ПО.

Атаки в ОС, компонентах состоящих из модулей, потоковых протоколах сети и прочие известные атаки, в качестве защиты от которых необходимо устанавливать сетевой эвристический монитор для наблюдения за разными сетями, антивирусные сигнатуры, IPS и аналогичные инструменты для решения проблемных вопросов ИБ. Необходимо обеспечивать работы таких инструментов защиты в случаях виртуального использования[3].

– функциональные атаки на базовые части облака.

Этот вид связан с множеством слоёв ОС, смежными параметрами безопасности. В 2017г. с целью безопасности ОС разработано решение по защите данных сервисов: в качестве защиты ОС от многоранговых атак следует применять инструменты: для защиты прокси-серверов – эффективна защита от DOS – атак, для защиты веб-серверов –

требуется контролировать целостность соединений, для серверов контролирующих приложения – необходим монитор уровней выполняемых приложений, для защиты СУБД – требуется защита от SQL-инструментов, для защиты хранилищ данных – правильно выполненные бэк-копии(резервное копирование), децентрализованный доступ.

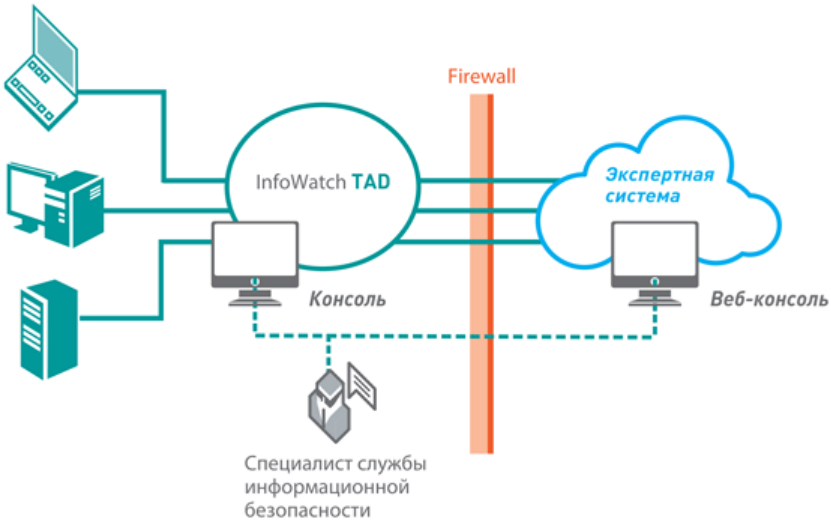


Рис. 5. Связь СЗИ и специалистов служб ИБ

Кочечно все описанные механизмы защиты уже функционируют, но они не укомплектованы в пакет безопасности облака, отсюда следует, что задача по внедрению их в единую систему требуется выполнять на стадии создания облака.

– Атаки на клиента.

Большинство клиентов ОС подключаются посредством браузера. Стоит рассмотреть следующие атаки: CrossSheScrirlinhg, «Кража» паролей, захват веб-сессий, «Человек находится посредине» и многие аналогичные способы атак. Основополагающей зашитой от подобного рода атак служит правильно настроенная аутентификация и активация шифрованного соединения (SSL) с аналогичной связной аутентификацией. Такая защита имеет ряд недостатков: неудобство использования и достаточная расточительность построения ОС. В такой отрасли ИБ существует большое количество задач, которые еще предстоит решить.

– Гипервизор под атакой.

Гипервизором называется ключевой инструмент виртуальной системы. Гипервизор разделяет ресурсы в процентном соотношении между виртуальными машинами. При атаке гипервизора виртуальная машина может аутентифицироваться на других машинах. Аналогично перехватывается сетевой трафик, захватываются ресурсы, и блокируется виртуальная машина с сервера. Распространенными методами ограждения информации от злоумышленников могут выступать автоматизированные инструменты для защиты данных в виртуальной среде, инструменты для защиты хост-серверов на базе оболочки ActiveDirectory, мониторы устаревших и малобезопасных паролей, а также классификацию процедур доступа к панели управления хост-сервера[4].

– Атаки на системы управления.

Большинство виртуальных машин, применяемых в облачных сервисах нуждается в интеграции в них систем управления, которые способны надёжным образом производить мониторинг создания, переноса и переключения виртуальных машин. Помехи в системе управление могут повлечь за собой появление виртуальных машин – невидимок, которые способны заблокировать другие виртуальные машины и инициировать другие.

– Базовые уязвимости.

CloudSecurityAliance, бюджетная организация, деятельностью которой является способы защиты данных в облачных системах, в 2013 году был обновлен список возможных уязвимостей. В такой проекции особое внимание уделяется уязвимостям, происходящим из симбиоза применения общих ресурсов и доступа к ним большинства пользователей.

1. Кража данных.

Краже пользовательских данных является доступ к пользовательской информации посредством взлома ресурсов через сеть. При поднятии вопросов кражи информации открываются новые способы атак. В случае наличия уязвимости хотя бы у одного пользователя может открыться злоумышленникам доступ к информации всех клиентов облачного сервиса[5].

2. Утрата данных.

Информация из облака может быть украдена или потеряна по иным причинам. В случае неполной защиты провайдером пользовательских данных и не наладит резервное копирование, информацию может уничтожить поставщик ошибочно. Допускается потеря данных в случае физического воздействия.

3. Взлом профилей.

В облачной среде злоумышленник в случае получения пользовательских регистрационных данных может с легкостью подменить и исказить данные и отправить клиентов на вирусные сайты.

4. Уязвимые интерфейсы.

Уязвимости в ПО, применяемые заказчиками для администрирования облачных сервисов, делают защиту компании уязвимой к множеству уязвимостей, также подрывает уровень безопасности подключение организацией дополнительных облачных услуг.

5. DDOS-атаки.

Данные атаки перегружают систему множественными обращениями к портам, на борьбу с которыми задействуется большая часть системных ресурсов, и блокируют доступ к использованию данной услуги.

6. Вирусные программы.

В случае недолжного контроля безопасности, вирусное ПО, попав в пользовательский профиль получает доступ к пользовательской информации и наносит ей вредное воздействие.

7. Перекрестна уязвимость.

В совместной облачной модели работы пользователей могут пострадать от рук злоумышленников только общие данные клиентов. В случае использования ключевого компонента в данной модели может быть взломан гипервизор или общий инструмент. В случае данной атаки страдает и заказчик и вся облачная среда.

Компании CloudSecurityAliance(CSA) разработала систему защиты от злоумышленников:

1) Шифрование данных с целью сохранения.

Информационные данные клиента, базирующиеся в ЦОД, обязаны быть зашифрованы провайдером, предоставляющим доступ к ним, и при необходимости удалены безвозвратно.

2) При передаче данных их полная защита.

Получить информацию клиента или скорректировать ее не возможно, особенно при доступе через сомнительный источник.

3) Распознавание и защита с помощью пароля.

Чтобы защита была максимально используются сертификаты.

4) Блокировка пользователей.

Для этого используется виртуальная сеть и индивидуальная машина.

Заключение

Развитие облачных технологий напрямую связана с системным развитием: Нормативно-методической базы - определяет границы применения облачных вычислений; гарантирует безопасность облачных вычислений; способ оценки надежности услуги при их применении; регламентирует права и обязанности поставщиков и пользователей облачных услуг.

Список литературы

1. Iskolnyy, B.B. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / B. B. Iskolnyy, R. V. Maximov, S. R. Sharifulin // В сборнике: CEUR Workship Proceedings conference proceedings. – 2017. – С.59-65.
2. Maximov, R.V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifulin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure Information Technologies” (BIT2017) (Bauman Moscow Technical University. December 6-7,2017,Moscow, Russian). – 2017 – P. 83-87.
3. Соколовский, С.П. Модель конфликта в информационной сфере / С. П. Соколовский, С. Р. Шарифуллин, Е. С. Маленков // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 299-304.
4. Информационное обеспечение в научных исследованиях подготовки высококвалифицированных спортсменов / Т. В. Арутюнян [и др.] // X Всероссийская научно-техническая конференция «Информационные системы и модели в научных исследованиях, промышленности, образовании и экологии». – Тула: «Инновационные технологии», 2012. – С. 33-35.
5. Тимченко, Т.В. Облачные технологии и энергопотребление / Т. В. Тимченко, В. И. Чижиков, М. И. Чучин // IX Международная научная конференция Технические и технологические системы «ТТС-17». – Краснодар, 2017. – С. 94-99.

Оценка работоспособности многоэлементного объекта при разрушающем воздействии на отдельные различимые по значимости элементы

А. Д. Кузнецов, e-mail: mr-morda@mail.ru[1]
В. И. Лютин, e-mail: ljutin@mail.ru[2]

[1]Воронежский государственный университет
[2]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия» имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В работе на основе общей и частной теорем о повторении опытов разработаны методики оценки сохранения работоспособности многоэлементного объекта при воздействии разрушающих факторов на отдельные различимые по значимости элементы.*

Ключевые слова: *многоэлементный объект; работоспособность многоэлементного объекта, теорема о повторении опытов.*

Всё возрастающие требования к повышению эффективности и качества защиты многоэлементных объектов таких, как компьютеры, компьютерные сети, программное обеспечение и тому подобных, в которых имеются значимые элементы, требующие особой защиты от воздействия разрушающих факторов, например, при хакерской атаке, приводят к необходимости разработки методик оценки сохранения работоспособности таких объектов.

Целью данной работы является разработка методик определения среднего числа неповреждённых элементов в составе многоэлементного объекта, работоспособность которого определяется только частью значимых элементов, в случаях их идентификации и при ее отсутствии с атакующей стороны.

Оцениваемыми показателями сохранения работоспособности являются вероятность сохранения заданного числа значимых элементов $P_{СП}$ и среднее число сохранённых значимых элементов $N_{СП}$.

Пусть многоэлементный объект состоит из значимых для работоспособности элементов (приоритетных для разрушающего воздействия) и незначимых (не приоритетных для разрушающего

© Кузнецов А. Д., Лютин В. И., 2019

воздействия) элементов, не влияющих на сохранение работоспособности.

Оценка сохранения работоспособности многоэлементного объекта с учётом возможности идентификации приоритетных элементов проводится с применением общей теоремы о повторении опытов [1].

Для расчёта в соответствии с общей теоремой о повторении опытов задаётся:

– число воздействий (атак) на многоэлементный объект M;
– число элементов в составе многоэлементного объекта n;
– число приоритетных элементов $n_{П}$.

Многоэлементный объект считается работоспособным, если сохранено заданное число значимых элементов.

Критерии сохранения работоспособности многоэлементного объекта после атаки задаются следующим образом:

– работоспособный, если сохранено не менее $n_{\max} \le n$ значимых элементов;
– частично работоспособный, если сохранено не менее $n_{\min} < n_{\max}$ и не более $n_{\max} \le n$ значимых элементов;
– не работоспособный, если после атаки сохранено менее $n_{\min}$ значимых элементов.

При расчётах принято:

– одно воздействие направлено на один элемент;
– каждому приоритетному элементу присваивается значение вероятности вывода из строя $p_{\ i} = 1 - P_{Пi}$, $i = \overline{1, n_{П}}$, где $P_{Пi}$ – вероятность сохранения i-го приоритетного элемента;
– каждому неприоритетному элементу присваивается значение вероятности вывода из строя $p_i = p_i^*$; $i = \overline{n_{П}, n}$.
– при числе элементов, меньшем числа разрушающих воздействий $n \le M$ строится зависимость по относительной важности отдельных элементов с точки зрения влияния каждого на работоспособность многоэлементного объекта, и в полученном ряду берутся n первых элементов;
– при числе элементов большем числа разрушающих воздействий $n > M$ назначаются вероятности вывода из строя для наиболее значимых элементов, а для остальных вероятности принимаются равными нулю, при этом многоэлементный объект состоит из $n = M$ элементов.

Для определения вероятности сохранения работоспособности $P_{СП}$ многоэлементного объекта необходимо найти вероятности вывода из строя m элементов из n имеющихся $P_{m,n}$, где $m=\overline{1,n_{П}}$ – число выведенных из строя приоритетных элементов.

В соответствии с общей теоремой о повторении опытов [1] вероятности $P_{m,n}$ связаны с вероятностями вывода из строя p_i; $i=\overline{1,n}$ и сохранения $q_i=1-p_i$; $i=\overline{1,n}$ одного элемента соотношением

$$\prod_{i=1}^{n}\left(q_i+p_i\cdot z\right)=\sum_{m=0}^{n}P_{m,n}\cdot z^m, \qquad (1)$$

где z – произвольный параметр [1].

Для определения вероятностей $P_{m,n}$ для произвольного n разработана процедура, состоящая из последовательности следующих шагов.

1. Элементы нумеруются, и каждому элементу ставится в соответствие своё значение вероятностей вывода из строя и сохранения:

$$\begin{array}{lccccc} i: & 1 & 2 & \ldots & n \\ p_i: & p_1 & p_2 & \ldots & p_n \\ q_i: & q_1 & q_2 & \ldots & q_n \end{array} \qquad (2)$$

2. Составляется таблица из представленных в двоичной форме $L=2^n$ номеров элементов по n разрядов в каждом двоичном числе.

3. Выбираются двоичные числа, в которых по m единиц $\left(m=\overline{0,n}\right)$, и для каждого выбранного числа вычисляется произведение вероятностей по правилу: если анализируемый i-ый разряд $\left(i=\overline{1,n}\right)$ двоичного числа равен 0, то сомножитель равен q_i, а если анализируемый i-ый разряд двоичного числа равен 1, то сомножитель равен p_i, полученные произведения складываются, и сумма произведений даст значение вероятности $P_{m,n}$.

Вероятность сохранения работоспособности заданного числа приоритетных элементов от $n_{\min}$ до $n_{\max}$ равна

$$P_{СП}=P\left(n_{\min}\le m\le n_{\max}\right)=1-\sum_{m=n_{\min}}^{n_{\max}}P_{m,n} \qquad (3)$$

Среднее число сохранённых приоритетных элементов равно

$$N_{СП} = n - \sum_{m=n_{\min}}^{n_{\max}} m \cdot P_{m,n} \qquad (4)$$

Оценка сохранения работоспособности многоэлементного объекта при отсутствии возможности идентификации приоритетных элементов проводится с применением частной теоремы о повторении опытов [1].

Вероятность сохранения работоспособности m элементов из n равна

$$P_m = 1 - \sum_{i=n-m}^{n} P_{iM} \cdot C_i^{n-m} \cdot p^{n-m} \cdot (1-p)^{i-n+m} \ , \qquad (5)$$

где C_i^l – число сочетаний из i по $n-m$; n – число элементов; m – общее число выведенных из строя элементов; M – число воздействий (атак) на многоэлементный объект; $P_{iM} = \dfrac{C_m^i \cdot C_{n-m}^{M-i}}{C_n^M}$ – вероятность выбора i-го приоритетного элемента при M воздействиях; p – вероятность вывода из строя одного любого элемента из m.

Вероятность сохранения работоспособности n_C приоритетных элементов из общего числа элементов равна

$$P_{СП} = P_{n_C} \ . \qquad (6)$$

Среднее число сохранённых приоритетных элементов равно

$$N_{СП} = n_C \cdot P_{СП} \qquad (7)$$

Оценка сохранения работоспособности многоэлементного объекта проводится для случаев идентификации отсутствия идентификации и приоритетных элементов из общего числа элементов.

Каждому приоритетному элементу присваивается значение вероятности вывода из строя $p_i = 1 - P_{СПЭ}$; $i = \overline{1, n_П}$; где $P_{СПЭ}$ – вероятность сохранения элемента после атаки.

Вероятность не повреждения ни одного элемента $P_{НП}$ многоэлементного объекта после атаки равна

$$P_{НП} = 1 - P_{1,n} \ , \qquad (8)$$

где $P_{1,n}$ – вероятность выхода из строя хотя бы одного значимого элемента.

Через вероятность противоположного события, когда не поражено ни одного элемента, $P_{НП}$ равна

$$P_{НП} = \prod_{i=1}^{n} q_i \qquad (9)$$

В качестве примера решения на рисунке 1 показаны зависимости вероятностей вывода из строя $m = \overline{0,n}$ элементов из n=10 при трёх значениях вероятности $P_{П}$ вывода из строя приоритетного элемента и фиксированной вероятности вывода из строя неприоритетного элемента $P_{НП}$=0,5, полученные в визуальной среде Mathcad.

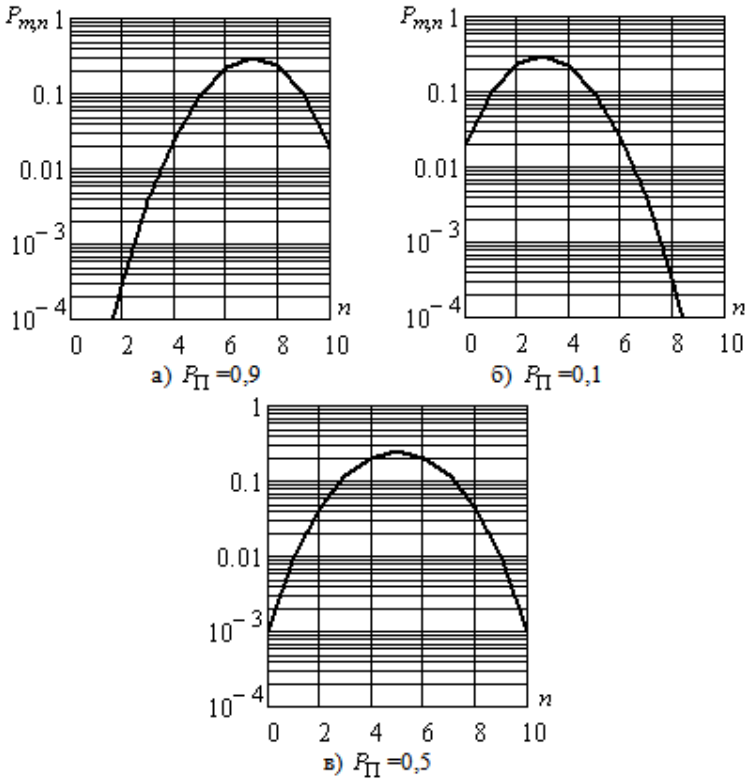


Рисунок. Вероятность вывода из строя n элементов из m=10

Из графиков видно, что при высокой вероятности вывода из строя (0,9) среднее число выведенных из строя приоритетных элементов равно 7, при малой вероятности (0,1), что соответствует принятию мер защиты приоритетных элементов, это число равно 3.

Таким образом, в работе разработаны алгоритм и машинная программа определения вероятностей в соответствии с общей теоремой о повторении опытов и показан пример использования алгоритма к расчёту оценки работоспособности многоэлементного объекта при разрушающем воздействии на отдельные различимые по значимости элементы

Литература

1. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: учеб. для вузов / Е. С. Вентцель. – 11-е изд. стер. – М.:КНОРУС, 2010. – 664 с.

Обнаружение SQL-инъекции с помощью алгоритма Бойера-Мура сканером уязвимостей

И. Н. Лебедев email: jump.or.jump@gmail.com
А. С. Перепечаев email: a_popovkin@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье рассматривается применение алгоритма Бойера-Мура для защиты вычислительных сетей от компьютерных атак на базы данных вида SQL-инъекция. Приведены особенности его функционирования, обоснована результативность рассмотренного алгоритма.*

Ключевые слова: *уязвимость, компьютерные атаки, база данных.*

Введение

SQL-инъекция - это метод инъекции кода, используемый для атаки приложений, в котором операторы SQL вставляются в поле ввода для выполнения. SQL-инъекция должна использовать уязвимость безопасности в программном обеспечении. В основном она известна как вектор атаки для веб-сайтов, но может использоваться для атаки любого типа базы данных SQL. С помощью инъекции SQL, злоумышленник может получить несанкционированный доступ к веб-сайту, и будет иметь возможность изменить, обновить или украсть критически важную информацию в базе данных. Инъекции SQL легко предотвратить с помощью сканеров уязвимостей, которые широко представлены на рынке программного обеспечения [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Сканер уязвимостей - это программа, которая выполняет диагностический этап анализа уязвимостей, также известный как оценка уязвимостей.

Анализ уязвимостей определяет, идентифицирует и классифицирует дыры в безопасности (уязвимости) в компьютере, сервере, сети или коммуникационной инфраструктуре. Кроме того, анализ уязвимости может спрогнозировать эффективность предлагаемых контрмер и оценить, насколько хорошо они работают после того, как они введены в действие. Сканер уязвимостей опирается на базу данных, которая содержит всю информацию, необходимую для проверки системы на наличие брешей в безопасности служб и портов,

© Лебедев И. Н., Перепечаев А. С., 2019

аномалий в построении пакетов и потенциальных путей к используемым программам или сценариям. Затем сканер пытается использовать каждую обнаруженную уязвимость [7, 8, 9, 10, 11].

Большинство сканеров имеет возможность производить ложноотрицательные и ложноположительные результаты. Под ложноотрицательным понимается результат, который осведомляет, что веб-приложение не является уязвимой к атаке, когда он является таковым. Ложноположительный результат указывает, что веб-приложение является уязвимым, но на самом деле оно безопасно [12, 13, 14, 15. 16].

SQL-иньекция - это тип эксплойта безопасности, при котором злоумышленник добавляет код языка структурированных запросов в поле ввода веб-формы, чтобы получить доступ к ресурсам или внести изменения в данные именно поэтому, существует много значительных исследований, по изучению атак с SQL-инъекцией и различные алгоритмы были созданы, чтобы предотвратить этот тип атаки. Тем не менее, ни один алгоритм не может обеспечить достаточный уровень безопасности для защиты веб-приложений [17, 18].

1. Методы динамического изменения данных

Для защиты от атак SQL-инъекции необходимо фильтровать входные параметры с помощью различных методов. Точное соответствие строки один из методов сопоставления строк. Который осуществляет поиск строки путем сопоставления его точно с указанным образцом. Основными методами составления строк являются метод перебора, метод Кнута-Морриса-Пратта, метод Бойера- ура.

Алгоритм поиска строки Бойера-Мура считается наиболее быстрым среди алгоритмов общего назначения, предназначенных для поиска подстроки в строке. Данный алгоритм сопоставления строки, как правило, используется для поиска больших объемов данных в течение короткого периода времени. Этот алгоритм является одним из самых быстрых алгоритмов поиска строки, так как он ищет строку из указанного шаблона, а не каждый символ строки.

Алгоритм сравнивает символы шаблона справа налево, начиная с самого правого, один за другим с символами исходной строки. Если символы совпадают, производится сравнение предпоследнего символа шаблона и так до конца. Если все символы шаблона совпали с наложенными символами строки, значит, подстрока найдена, и поиск окончен.

Для того чтобы обнаружить определенную уязвимость, особенно в URL, процесс сканирования должен начинаться справа налево. Кроме

того, алгоритм должен быть в состоянии сканировать строку, используя шаблон для того, чтобы сэкономить время в поиске.

Таким образом, алгоритм Бойера-Мура, так как он сканирует строку справа налево, пока не будет найден шаблон, и оказался самым полезным для сканирования на наличие SQL-инъекций. Метод перебора и Кнута-Морриса-Пратта не были выбраны так-как эти алгоритмы не удовлетворяют необходимым требованиям.

Алгоритм Бойера-Мура в работе сканеров уязвимостей очень быстр и вероятность появления недостоверных данных крайне мала. Поэтому он оптимален в большинстве случаев, когда нет возможности провести предварительную обработку текста, в котором проводится поиск.

Во-первых, пользователь будет вводить входную строку. Следующим шагом является запуск модуля обнаружения атаки на SQL-инъекции. На основе выбранного алгоритма согласования строки, каждая из строк проверяется на определенные атрибуты атаки SQL-инъекции. Затем полученные данные передаются на модули обнаружения уязвимостей, которые состоят из системы тестирования параметров, эксплуатации и модуля отчета. Данная модульная система будет перемещаться с одной страницы на другую страницу веб-сайта для идентификации всех параметров. Захваченные параметры затем тестируют, чтобы определить, является ли она уязвима для SQL-инъекции. В завершении работы, будет создан отчет, который состоит из описания о найденных уязвимостях, проверенных страниц и решений проблем.

Заключение

Таким образом, данная система достаточно результативно. Следовательно, алгоритм поиска Бойера-Мура для реализации в конкретной задаче поиска SQL-уязвимости работает эффективно, так как общее время необходимое для сканирования минимально, а точность определения уязвимостей максимальна.

Литература

1. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

2. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных

систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

3. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

4. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

5. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Р. В. Максимов, Н. Ю. Лыков, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. участников VIII Междун. научно-практической конф. «ТТС-16». (Краснодар, 8-9 октября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

6. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

7. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3. – С. 28–35.

8. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.

9. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2475836 Российская Федерация : МПК G 06 F / Стародубцев Ю. И. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи (RU). – № 2012109258; заявл. 12.03.2012; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5. – 23 с.

10. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии : сб. тр. участников Междун. конф. и молодежн. школы «ИТНТ-2016». (Самара, 4-7 октября 2016 г.). – Самара: Институт систем обработки изображений РАН. 2016. – С. 431-438.

11. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information

Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

12. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.

13. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

14. Максимов, Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения [Электронный ресурс] / Р. В. Максимов, Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин // Системы управления, связи и безопасности. – Электрон. журн. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf.

15. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н. Орехов // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. участников XXIV Междун. научно-технической конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). Том 2. – Воронеж: ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

16. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.

17. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.

18. Математическое моделирование противодействия атакам типа «отказ в обслуживании» с использованием теоретико-игрового подхода / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 44-50.

Исследование алгоритмов защиты информационных систем на основе динамического управления сетевым адресным пространством

В. С. Масловский email: maslovskij.98@mail.ru
Е. С. Маленков email: malenkov@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье приведен анализ алгоритмов защиты информационных систем, реализуемых с использованием технологии динамического управления их структурой, позволяющих предотвращать сетевые атаки еще на этапе вскрытия топологии сети.*

Ключевые слова: *технология движущейся цели, сетевое сканирование, адресное пространство, топология.*

Введение

Цель статьи – исследование перспективной технологии кибербезопасности – технологии защиты с использованием движущейся цели, ее составляющих, алгоритмов реализации, сильных и слабых сторон, анализ методологии злонамеренной деятельности нарушителей информационной безопасности, создавшей предпосылки возникновения рассматриваемой технологии киберзащиты.

Противостояние в области кибербезопасности между службами информационной безопасности и злоумышленниками достигла невероятного уровня сложности и интенсивности. Защитники информации постоянно расширяют и укрепляют свои системы безопасности с помощью механизмов обнаружения и реагирования, в то время как злоумышленники разрабатывают новую тактику, обхода этих систем так же быстро, как они формируются [1-4].

Методы обмана относятся к числу любимых методов злоумышленника, неожиданность и неопределенность обеспечивают ему неотъемлемое преимущество, так как защищающаяся сторона не может предсказать следующий шаг атакующего. Злоумышленники не стоят на месте и постоянно совершенствуют арсенал своих вредоносных средств, используя такие методы как полиморфизм, обфускация, шифрование и самомодификация с целью исключения своей компрометации. Все это реализуется в новой технологии вредоносных

© Масловский В. С., Маленков Е. С., 2019

воздействий – стратегии атаки с использованием движущейся цели (*Moving Target Attacks – MTA*), практически полностью нивелирующие традиционные средства сетевой безопасности, такие как антивирусы, сканеры уязвимостей, системы обнаружения вторжений.

1. Особенности алгоритмов защиты с применением MTD

Технология защиты с использованием движущейся цели (*Moving Target Defense - MTD*) появилась в последние годы в качестве способа уровнять возможности сторон при их противоборстве в киберпространстве. Динамическое изменение структуры (топологии) атакуемой информационной системы, в соответствии со стратегией *MTD* позволяет сделать более сложным достижение злоумышленником своей цели, защищая объект атаки от исследования. *MTD* использует тактику злоумышленника *Moving Target Attacks (MTA)* - обман, модификацию и полиморфизм - чтобы поставить защищающихся на один уровень с атакующими на современной арене кибербезопасности [5-8].

Многочисленные методы позволяют создавать новые модификации кибератак, за счет модификации их идентификационных (демаскирующих) признаков. Среди этих методов наиболее эффективны те, которые скрывают злой умысел от систем защиты при проявлении доброкачественного или не относящегося к злонамеренному поведения. Эти эффективные методы обмана делают традиционные защитные механизмы недостаточными, уступая превосходство атакующим. Защитник бесконечно преследует атакующего, вкладывая огромные ресурсы и усилия только для обнаружения и предотвращения вторжений со всех сторон. Баланс между защитниками и нападающими отсутствует. Злоумышленники знают, кого они собираются атаковать, когда, где и какими средствами, в то время как защитники находятся в состоянии постоянной неопределенности [9- 12].

Интересно, что методы обмана, используемые злоумышленниками, могут быть использованы, обратно, защитниками для смещения баланса. Стратегия *MTD* направлена на создание асимметричной неопределенности на стороне атакующего путем изменения внешней стороны атаки. Под *MTD* понимается концепция контроля изменений в разных измерениях системы с целью повышения неопределенности и кажущейся сложности для злоумышленников, сокращения их возможностей и увеличения затрат на их атаки [13-15].

Стратегия *MTD* подразумевает тот факт, что нет абсолютной безопасности; существует асимметрия между затратами и усилиями нападающих и защитников. Поэтому организациям нужна новая

парадигма, которая увеличивает сложность и стоимость для злоумышленников.

Основная цель *MTD* - контролировать изменения в разных измерениях системы до конца увеличения неопределенности и сложности для злоумышленника. Системы, небольшие или большие, состоят из некоторого количества статических компонентов. Перспектива *MTD* заключается в том, что эти «статические» атрибуты в угрозе системы могут быть модифицированы на столько, чтобы пускать атаки под откос.

Современные методы *MTD* подразделяются на две общие категории: реализующие защиту на уровне хоста: требуется установка пользовательского программного обеспечения на хост-системах или внедрение дополнительных пользовательских аппаратных или программных устройств в сеть; реализующие защиту на уровне сети: использующие новые топологии на основе *MTD* «поверх» существующей сетевой инфраструктуры, которая может изменять такие вещи, как адреса или протоколы (но не может ничего сделать для защиты базовой сети).

Заключение

Таким образом, технология *MTD*, используя вышеуказанные методы, делает использование уязвимостей более ресурсозатратными для злоумышленника и удаляет все недостатки из системы. Например, *MTD* может идентифицировать информацию, необходимую противнику для установки успешной атаки, а затем рандомизировать или вовсе скрыть эту информацию, надеясь, что дополнительные затраты на ее обнаружение сделают атаку невозможной или, по крайней мере, нецелесообразной с точки зрения потраченных усилий. Другой подход ограничивает область успешной атаки, часто не зная, что она произошла, путем периодического выполнения сброса в хорошо известное состояние.

Все категории *MTD*, описанные выше, имеют две важные характеристики, которые составляют суть защиты движущейся цели: 1) существует некоторая информация, которая, в случае задержания злоумышленником, дает им конкурентное преимущество; 2) защитник имеет возможность скрыть эту информацию от злоумышленника (по крайней мере, временно).

Несмотря на то, что парадигма *MTD* все еще находится на начальном этапе развития, прогнозы указывают на акцент ее успешного развития в разрабатываемых приложениях и операционных системах (ОС). *MTD* на уровне ОС и приложений имеет огромные перспективы. Чтобы начать успешную атаку, злоумышленник должен собирать

информативные сведения и делать предположения относительно целевой операционной системы и приложения. Среди прочих факторов эта информация должна включать соответствующие версии, конфигурации, структуры памяти и имена ресурсов.

Литература

1. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.
2. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб. : ВАС, 2017. – С. 138-147.
3. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.
4. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.
5. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.
6. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.
7. Соколовский, С. П. Способ повышения эффективности распознавания несанкционированных воздействий на информационную телекоммуникационную систему специального назначения в условиях ограничения временного и вычислительного ресурса / С. П. Соколовский, А. В. Душкин, В. Н. Похващев // Информация и безопасность. – 2010. – Т. 13. № 1. – С. 97-102.
8. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, С. Л. Катунцев, Д. Н.

Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

9. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

10. Математическое моделирование противодействия атакам типа «отказ в обслуживании» с использованием теоретико-игрового подхода / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 44-50.

11. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

12. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.

13. Соколовский, С. П. Способы снижения информативности демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, А. Л. Гаврилов, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 211-220.

14. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

15. Максимов, Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения [Электронный ресурс] / Р. В. Максимов, Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин // Системы управления, связи и безопасности. – Электрон. журн. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf.

Особенности метода защиты информационных систем на основе динамически изменяемых идентификаторов сетевых узлов

В. С. Масловский, email: maslovskij.98@mail.ru
А. А. Поповкин, email: a_popovkin@mail.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье показан один из методов обеспечения сетевой защиты информационной системы, основанный на использовании динамически изменяемого имени домена и адресной мутации, позволяющего снизить вероятность успешной реализации компьютерной атаки, за счет увеличения адресного пространства защищаемой сети, сканируемого злоумышленником.*

Ключевые слова: *технология движущейся цели, сетевое сканирование, адресное пространство, топология.*

Введение

Одним из основных этапов проведения компьютерной атаки является этап сетевой разведки, когда злоумышленник пытается собрать информацию о потенциальной цели: ее *IP*-адрес, тип и версию операционной системы, активные сетевые службы и сервисы и т.п., в целях обнаружения присущих им уязвимостей, необходимых для проведения компьютерной атаки. В общем случае злоумышленники могут тратить в среднем около 45% своего времени на сетевую разведку, поэтому противодействие им на этапе сетевой разведки является достаточно эффективной стратегией сетевой защиты [1, 2].

В обычных компьютерных сетях сетевой адрес и задействованные порты хоста остаются неизменными на протяжении всего срока эксплуатации, и это статическое поведение системы дает злоумышленнику достаточно времени и попыток для сканирования цели, а также получения подробной информации для проведения последующей атаки. Традиционные системы безопасности, такие как брандмауэры, системы обнаружения вторжений и антивирусы [3, 4], являются пассивными и по своей природе могут обнаруживать только известные атаки. Все это обуславливает появление новых технологий сетевой защиты, например, технологии защиты сети с использованием движущихся целей (*Moving-Target Defense, MTD*).

© Масловский В. С., Поповкин А. А., 2019

1. Метод защиты на основе динамически изменяемых идентификаторов сетевых узлов

Одним из основных направлений технологии *MTD* является динамическое изменение структуры защищаемой сети, предполагающая преобразование в недействительную информацию, собранную злоумышленником о сетевых идентификаторах хостов в защищаемой сети [5-8]. Однако большинство методов рандомизации сетевых адресов ограничены размерами адресного пространства сети (подсети) и полагаются на статическое имя домена хоста для отображения его динамического адреса; поэтому эти методы не могут обеспечить эффективную защиту от случайного сканирования и от злоумышленника, знающего доменное имя цели.

В этой статье рассматривается метод защиты сети, называемый *Random Domain name* и *Address Mutation (RDAM)*, направленный на повышение эффективности защиты от внутренней и внешней сетевой разведки и сканирования [9]. Метод *RDAM* подразумевает то, что имя домена и сетевой адрес изменяются динамически, а легитимный клиент должен отправить *DNS*-запрос с динамическим доменным именем сервера для получения *IP*-адреса. Таким образом, злоумышленник не может создать доменный список целей, и должен тратить больше ресурсов при сканировании домена, потому что пространство в домене намного больше, чем адресное пространство. Все это предполагает, что *RDAM* сможет эффективно защищать от несанкционированного сканирования и распространения сетевых червей, одновременно обеспечивая допустимые уровень расхода вычислительного ресурса [10-13].

Сущность метода *RDAM* заключается в следующем. В статически настроенной сети хосты имеют статические *IP*-адреса и поэтому злоумышленник может сканировать пространство *IP*-адресов, идентифицировать цели и после получения необходимой информации проводить атаки [14-18]. В сети с динамической структурой *IP*-адрес хоста постоянно изменяется и поэтому злоумышленник не может поддерживать актуальный список *IP*-адресов, являющихся целями атаки. Но, в тоже время, доменное имя хоста остается статичным, и поэтому злоумышленник может составить и использовать список доменных имен, на основании которого в дальнейшем проводить компьютерные атаки. Кроме того, ограничение пространства *IP*-адресов защищаемой сети, не позволяет обеспечить должную защиту от сканирования с применением только рандомизации сетевых адресов [19-21].

Заключение

Таким образом, *RDAM* предполагает динамическое изменение *IP*-адреса хоста и его доменного имени с применением программно-конфигурируемых сетей. Клиентский хост должен сначала отправить *DNS*-запрос перед подключением к службе и сможет подключиться к службе только при запросе правильного имени домена. Клиент может получить правильные имена доменов через сервер проверки подлинности безопасности. Поэтому метод *RDAM* не позволяет злоумышленнику сформировать список доменных имен или адресов цели и затрудняет ему прямой доступ к хосту в сети по *IP*-адресу, значительно увеличивая сложность сканирования для злоумышленника.

Литература

1. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб. : ВАС, 2017. – С. 147-154.
2. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2475836 Российская Федерация : МПК G 06 F / Стародубцев Ю. И. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Военная академия связи (RU). – № 2012109258; заявл. 12.03.2012; опубл. 20.02.2013, Бюл. № 5. – 23 с.
3. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии : сб. тр. участников Междун. конф. и молодежн. школы «ИТНТ-2016». (Самара, 4-7 октября 2016 г.). – Самара: Институт систем обработки изображений РАН. – 2016. – С. 431-438.
4. Maximov, R. V. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. – Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.
5. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.
6. Максимов, Р. В. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных

частных сетях / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 138-147.

7. Максимов, Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения [Электронный ресурс] / Р. В. Максимов, Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин // Системы управления, связи и безопасности. – Электрон. журн. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf.

8. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 88-92.

9. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

10. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

11. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

12. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Р. В. Максимов, Н. Ю. Лыков, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. участников VIII Междун. научно-практической конф. «ТТС-16». (Краснодар, 8-9 октября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

13. Соколовский, С. П. Маскирование идентификаторов канального уровня средств проактивной защиты интегрированных сетей связи специального назначения / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 81-89.

14. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3. – С. 28-35.

15. Максимов, Р. В. Особенности детектирования и способы маскирования демаскирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / Р. В. Максимов, С. П. Соколовский, Д. Н.

Орехов // Радиолокация, навигация, связь : сб. тр. участников XXIV Междун. научно-технической конф. (Воронеж, 17-19 апреля 2018 г.). – Т 2. – Воронеж : ООО «Вэлборн», 2018. – С. 169-179.

16. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.

17. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.

18. Поддержка принятия управленческих решений в сфере информационной безопасности в терминах теории игр / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 2. – С. 46-54.

19. Математическое моделирование противодействия атакам типа «отказ в обслуживании» с использованием теоретико-игрового подхода / С. П. Соколовский [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2018. – № 3. – С. 44-50.

20. Способ защиты вычислительных сетей [Текст] : пат. 2649789 Российская Федерация ; МПК H 04 L 12/801, H 04 L 29/06, H 04 L 9/32 / Соколовский С. П. [и др.], заявитель и правообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко» Министерства обороны Российской Федерации. – № 2017125677; заявл. 17.07.17, опубл. 04.04.18, Бюл. № 10. – 25 с.

21. Соколовский, С. П. Моделирование способа обфускации идентификаторов сетевых устройств в интересах минимизации компрометирующих признаков средств проактивной защиты вычислительных сетей / С. П. Соколовский, С. Л. Катунцев, Д. Н. Орехов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 3. – С. 239-248.

Исследование эффективности алгоритмов скрытия данных в пространственной области

Е. Ю. Митрофанова, email: mitrofanova@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Исследование эффективности алгоритмов скрытия данных в пространственной области на примере алгоритмов Брайндокса и Лангелаара.*

Ключевые слова: *цифровой водяной знак, скрытие данных, обработка изображений.*

Введение

Алгоритмы, реализующие скрытие данных в пространственной области, внедряют цифровые водяные знаки (ЦВЗ) в области исходного изображения. К преимуществам данного типа алгоритмов относится то, что для внедрения ЦВЗ нет необходимости выполнять вычислительно громоздкие линейные преобразования. ЦВЗ внедряется за счет манипуляций яркостью или цветовыми составляющими. В качестве исследуемых алгоритмов выбраны классические алгоритмы, реализующие стеганографическое скрытие данных в пространственную область изображений блочного типа – алгоритм Брайндокса (Bruyndonckx) [1] и Лангелаара (Langelaar) [2], блочно кодирующие биты ЦВЗ в изображение.

1. Алгоритм Брайндокса

Рассматриваемый алгоритм встраивания ЦВЗ основан на блоках [1]. Перед внедрением ЦВЗ преобразуется в битовую последовательность, при этом каждый бит встраивается в один блок пикселей, размерностью 8×8. Для повышения помехоустойчивости применяется код БЧХ (код исправляющий кратные ошибки). Внедрение осуществляется за счет модификации яркости блока пикселей.

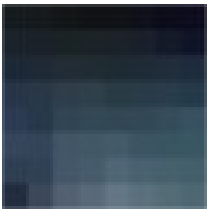
Процесс встраивания осуществляется в три этапа.

1. Классификация пикселей внутри блока на две группы с примерно однородными яркостями.

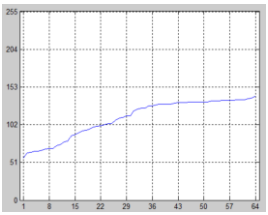
При классификации авторы выделяют два типа блоков: блоки с «шумовым контрастом» и блоки с резко выраженными перепадами яркости.

© Митрофанова Е. Ю., 2019

а



б



в

Рис. 1. Классификация пикселей: а – блок пикселей с нечетким контрастом, б – блок пикселей с резко выраженным контрастом, в – отсортированные значения яркостей в блоке пикселей, размерностью 8×8

В блоках второго типа зоны с отличающейся яркостью не обязательно должны располагаться вплотную друг к другу, не обязательно должны содержать равное количество пикселей. Более того, некоторые пиксели вообще могут не принадлежать ни одной зоне. В блоках первого типа классификация особенно затруднена.

Для выполнения классификации значения яркости сортируются по возрастанию (рис. 1в). Далее находится точка, в которой наклон касательной к получившейся кривой максимален (α). Эта точка является границей, разделяющей две зоны в том случае, если наклон больше некоторого порога. В противном случае пиксели делятся между зонами поровну. На рис. 3а приводится пример полученного разделения пикселей на зоны («1» и «2»).

11122121
12221211
22122121
12222221
111121111
12121121
11122121
12222221

а

AAAABBBB
AAAABBBB
AAAABBBB
AAAABBBB
BBBBAAAA
BBBBAAAA
BBBBAAAA
BBBBAAAA

б

AAAABBBB
AAAABBBB
AAAABBBB
AAAABBBB
BBBBAAAA
BBBBAAAA
BBBBAAAA
BBBBAAAA

в

а –зоны «1» и «2», б –категории «А» и «В», в –категории «А» и «В»

Рис. 2. Примеры используемых масок

2. Разбиение каждой группы на категории («А» и «В»), определяемые данной сеткой.

Для сортировки пикселей по категориям на блоки накладываются маски, разные для каждой зоны и каждого блока. Назначение масок состоит в обеспечении секретности внедрения. Пример масок для двух зон приведен на рис.3 б, в.

3. Модификация средних значений яркости каждой категории в каждой группе.

Множество пикселей оказалось разделенным на пять подмножеств: две зоны каждой из двух категорий и пиксели, не принадлежащие какой-либо зоне (для блоков первого типа). Обозначим среднее значение яркости для пикселей двух зон и категорий через l_{1A}, l_{2A}, l_{1B}, l_{2B}. Известно, что $l_{1A} < l_{2A}$, $l_{1B} < l_{2B}$. Встраивание бита ЦВЗ s осуществляется по следующему правилу:

$$s = \begin{cases} 1, \begin{cases} l'_{1A} > l'_{1B}, \\ l'_{2A} > l'_{2B}, \end{cases} \\ 0, \begin{cases} l'_{1A} < l'_{1B}, \\ l'_{2A} < l'_{2B}. \end{cases} \end{cases} \qquad (1)$$

С другой стороны, необходимо обеспечить равенство значений яркости в каждой зоне

$$\frac{n_{1A}l'_{1A} + n_{1B}l'_{1B}}{n_{1A} + n_{1B}} = l_1 \quad \text{и} \quad \frac{n_{2A}l'_{2A} + n_{2B}l'_{2B}}{n_{2A} + n_{2B}} = l_2 . \qquad (2)$$

Для достижения этого яркость всех пикселей одной зоны меняется одинаково. Обозначим через Δl уровень встраивания ЦВЗ. Выражение (2) принимает следующий вид:

$$s = \begin{cases} 1, \begin{cases} l'_{1A} - l'_{1B} = \Delta l, \\ l'_{2A} - l'_{2B} = \Delta l, \end{cases} \\ 0, \begin{cases} l'_{1A} - l'_{1B} = -\Delta l, \\ l'_{2A} - l'_{2B} = \Delta l. \end{cases} \end{cases} \qquad (3)$$

Подставляя выражение (2) в выражение (3), для $s = 1$ получаем следующие выражения для l'_{1A}, l'_{2A}, l'_{1B}, l'_{2B}:

$$
\begin{aligned}
l'_{1A} &= \frac{(n_{1A}+n_{1B})l_1 + n_{1B}\Delta l}{n_{1A}+n_{1B}},\\
l'_{1B} &= \frac{(n_{1A}+n_{1B})l_1 - n_{1A}\Delta l}{n_{1A}+n_{1B}},\\
l'_{2A} &= \frac{(n_{2A}+n_{2B})l_2 + n_{2B}\Delta l}{n_{2A}+n_{2B}},\\
l'_{2B} &= \frac{(n_{2A}+n_{2B})l_2 - n_{2A}\Delta l}{n_{2A}+n_{2B}}.
\end{aligned}
\tag{4}
$$

Для $s=0$

$$
\begin{aligned}
l'_{1A} &= \frac{(n_{1A}+n_{1B})l_1 - n_{1B}\Delta l}{n_{1A}+n_{1B}},\\
l'_{1B} &= \frac{(n_{1A}+n_{1B})l_1 + n_{1A}\Delta l}{n_{1A}+n_{1B}},\\
l'_{2A} &= \frac{(n_{2A}+n_{2B})l_2 - n_{2B}\Delta l}{n_{2A}+n_{2B}},\\
l'_{2B} &= \frac{(n_{2A}+n_{2B})l_2 + n_{2A}\Delta l}{n_{2A}+n_{2B}}.
\end{aligned}
\tag{5}
$$

Алгоритм извлечения ЦВЗ является обратным алгоритму внедрения. При этом вычисляются средние значения яркостей и находятся разности

$$
s'' = \begin{cases} 0, \text{ если } l''_{1A} - l''_{1B} < 0 \text{ и } l''_{2A} - l''_{2B} < 0, \\ 1, \text{ если } l''_{1A} - l''_{1B} > 0 \text{ и } l''_{2A} - l''_{2B} > 0. \end{cases}
\tag{6}
$$

2. Алгоритм Лангелаара

Данный алгоритм также работает с блоками 8×8 [2]. Вначале создается псевдослучайная маска нулей и единиц такого же размера $pat(x,y)\in\{0,1\}$. Далее каждый блок B делится на два субблока B_0 и B_1, в зависимости от значения маски. Для каждого субблока вычисляется среднее значение яркости, l_0 и l_1. Далее выбирается некоторый порог α, и бит ЦВЗ встраивается следующим образом:

$$
s = \begin{cases} 1, \text{ если } l_0 - l_1 > +\alpha, \\ 0, \text{ если } l_0 - l_1 < -\alpha. \end{cases}
\tag{7}
$$

Если условие (7) не выполняется, мы изменяем значение яркости пикселей субблока B_1. Для извлечения бита ЦВЗ вычисляются средние значения яркости субблоков – l'_0 и l'_1. Разница между ними позволяет определить искомый бит

$$s' = \begin{cases} 1, & l'_0 - l'_1 > 0, \\ 0, & l'_0 - l'_1 < 0. \end{cases} \quad (8)$$

3. Экспериментальные исследования

Экспериментальный анализ рассматриваемых алгоритмов проводился с использованием реальных цветных изображений. При проведении экспериментов использовался комплекс программных средств, разработанных в среде MATLAB.

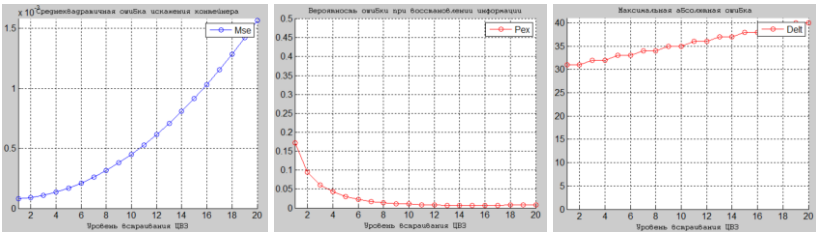
Результаты работы алгоритма Брайндокса представлены на рис. 3 и на рис. 4.

а б в г

а – исходный контейнер, б – заполненный контейнер при $\Delta l = 1$, *в – заполненный контейнер при* $\Delta l = 20$, *г – разность между исходным и заполненным контейнером при* $\Delta l = 20$

Рис. 3. Результат встраивания ЦВЗ

На рис. 3а представлен пример исходного файла-контейнера, на рис. 3б представлен результирующий заполненный контейнер ($\Delta l = 1$), на рис. 3в представлен результирующий заполненный контейнер ($\Delta l = 20$), а на рис. 3г показана разность между исходным и заполненным контейнером ($\Delta l = 20$) с коэффициентом умножения 10 для обеспечения наглядности отображения для уровня встраивания.



а б в

а – зависимость среднеквадратичной ошибки искажения, б – зависимость вероятности ошибки восстановления ЦВЗ, в – максимальная абсолютная ошибка искажения контейнера

Рис. 4. Оценка эффективности алгоритма Брайндокса

На графиках используются следующие обозначения: Mse – среднеквадратичная ошибка искажения контейнера; Pex – оценка вероятности ошибки при восстановлении ЦВЗ; Delt – абсолютная ошибка искажения контейнера.

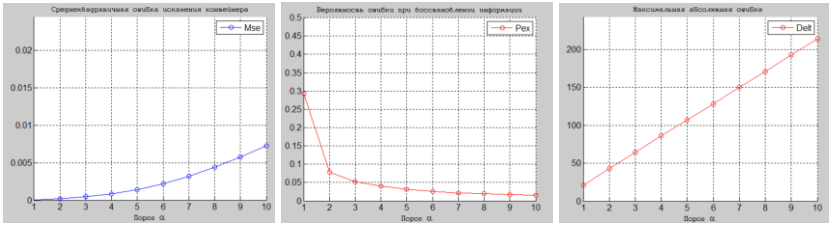
Результаты работы алгоритма Лангелаара представлены на рис. 5 и на рис. 6.

а б в г

а – исходный контейнер, б – заполненный контейнер при $\alpha = 1$, *в – заполненный контейнер при* $\alpha = 20$, *г – разность между исходным и заполненным контейнером при* $\alpha = 20$

Рис. 5. Результат встраивания ЦВЗ

На рис. 5а представлен пример исходного файла-контейнера, на рис. 3б представлен результирующий заполненный контейнер ($\alpha = 1$), на рис. 5в представлен результирующий заполненный контейнер ($\alpha = 20$), а на рис. 5г показана разность между исходным и заполненным контейнером ($\alpha = 20$) с коэффициентом умножения 10 для обеспечения наглядности отображения для уровня встраивания.



а б в

а – зависимость среднеквадратичной ошибки искажения, б – зависимость вероятности ошибки восстановления ЦВЗ, в – максимальная абсолютная ошибка искажения контейнера

Рис. 6. Оценка эффективности алгоритма Лангелаара

Заключение

Полученные результаты показывают, что рассмотренные алгоритмы Брайндокса и Лангелаара успешно применяются для скрытия данных в пространственной области, при этом представлены подробные результаты экспериментального анализа представленных алгоритмов.

Список литературы

1. Darmstaedter, V. Low cost spatial watermarking / V. Darmstaedter, J.-F. Delaigle, J. Quisquater, B. Macq // Computers and Graphics. – 1998. – Vol. 22. – №. 4. – P. 417-424.

2. Langelaar, G. Robust labeling methods for copy protection of images / G. Langelaar // Proceedings of the SPIE (Storage and Retrieval for Image and Video Databases V). – 1997. – Vol. 3022. – P. 298-309.

Алгоритм обработки данных дистанционного контроля инфракрасных характеристик наземного объекта

М. С. Нестеров, email: maximnestor@mail.ru
В. Д. Попело, email: popelovd@gmail.com

ВУНЦ ВВС «ВВА им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Разработан алгоритм контроля состояния объекта, находящихся в условиях теплового равновесия с окружающей средой, на основе совместных разновременных измерений энергетической яркости объекта и меры сравнения в среднем и дальнем инфракрасных (ИК) диапазонах длин волн, метеорологических и актинометрических параметров внешних условий.*

Ключевые слова: *измерительный контроль, инфракрасные характеристики, совместные измерения.*

Введение

Дистанционный контроль теплового состояния объектов осуществляют путем измерения характеристик собственного излучения и сравнения полученных значений с номинальными. В качестве таких характеристик обычно используют энергетическую яркость радиационную температуру. В условиях отсутствия в составе объекта автономного источника тепла в процессе достижения теплового равновесия его поверхности с окружающей средой значения указанных характеристик не являются стабильными, что в существенной мере усложняет принятие решения о состоянии объекта. В работе [1] предложена новая характеристика объекта – эффективная излучающая поверхность – сохраняющая свое значение в изменяющихся условиях теплового равновесия, однако, требующая для своей количественной оценки детального учета текущего соотношения между составляющими радиационного и нерадиационного теплообмена. Это требование может быть обеспечено путем применения метода совместных измерений ИК характеристики объекта, метеорологических и актинометрических параметров среды, возможный алгоритм которых рассмотрен в настоящей работе.

© Нестеров М. С., Попело В. Д., 2019

1. Алгоритм обработки данных совместных измерений характеристик объекта и параметров внешних условий

В основу предлагаемого метода совместных измерений положена переопределнная система нелинейных уравнений, отражающая соотношения между составляющими радиационного и нерадиационного теплообмена на поверхности объекта при условии достижения теплового равновесия:

$$
\begin{aligned}
&(1-A_1)I_0+(1-A_2)J_0-\alpha_L\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_0-B_{atm0})-I_{p0}\}-\\
&-\alpha_L b^{-1}\pi I_{p0}+\alpha_L(ab^{-1}\pi-T_0)+\alpha_L T_{a0}-\alpha_{Tnp}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}c_{B0}\times\\
&\times\cos\varphi\cdot\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_0-B_{atm0})-I_{p0}\}+\alpha_{Tnp}b^{-1}c_{B0}\cos\varphi\times\\
&\times(ab^{-1}\pi-T_0+T_{a0}-b^{-1}\pi I_{p0})-\alpha_{Tn}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\sqrt{c_{B0}\sin\varphi}\times\\
&\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_0-B_{atm0})-I_{p0}\}+\alpha_{Tn}b^{-1}\sqrt{c_{B0}\cos\varphi}\cdot(ab^{-1}\pi-T_0+\\
&+T_{a0}-b^{-1}\pi I_{p0})-(\varepsilon\sigma T_{c\text{p}}^3)^{-1}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_0-B_{atm0})-\\
&-I_{p0}\}-(\varepsilon\sigma T_{c\text{p}}^3)^{-1}(ab^{-1}\pi-T_0-b^{-1}\pi I_{p0})=\nu_0
\end{aligned}
\tag{1}
$$

$$
\begin{aligned}
&(1-A_1)I_{1k}+(1-A_2)J_{1k}-\alpha_L\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{1k}-B_{atm1k})-I_{p1k}\}-\\
&-\alpha_L b^{-1}\pi I_{p1k}+\alpha_L T_{a1k}-\alpha_{Tnp}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}c_{B0}\cos\varphi\cdot\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{1k}-\\
&-B_{atm1k})-I_{p1k}\}+\alpha_{Tnp}b^{-1}c_{B0}\cos\varphi\cdot(T_{a1k}-b^{-1}\pi I_{p1k})-\\
&-\alpha_{Tn}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\sqrt{c_{B0}\sin\varphi}\times\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{1k}-B_{atm1k})-I_{p1k}\}+\\
&+\alpha_{Tn}b^{-1}\sqrt{c_{B0}\cos\varphi}\cdot(T_{a1k}-b^{-1}\pi I_{p1k})-4(\varepsilon\sigma T_{c\text{p}}^3)^{-1}\times\\
&\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{1k}-B_{atm1k})-I_{p1k}\}-4(\varepsilon\sigma T_{c\text{p}}^3)^{-1}b^{-1}\times\\
&\pi I_{p1k}-p\sqrt{\pi k}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{2k}-B_{1k}-(B_{atm2k}-B_{atm1k}))-\\
&-(I_{p2k}-I_{p1k})\}-\alpha_u^p(P_{1k}-P_{K1k})c_{B0}(T_{a1k}-T_{нас})+\\
&+\alpha_K^t(T_{a1k}-T_{нас})=\nu_{1k}
\end{aligned}
\tag{2}
$$

$$
\begin{aligned}
&(1-A_1)I_{2k}+(1-A_2)J_{2k}-\alpha_L\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{2k}-B_{atm2k})-I_{p2k}\}-\\
&-\alpha_L b^{-1}\pi I_{p2k}+\alpha_L T_{a2k}-\alpha_{Tnp}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}c_{B0}\cos\varphi\cdot\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{2k}-\\
&-B_{atm2k})-I_{p2k}\}+\alpha_{Tnp}b^{-1}c_{B0}\cos\varphi\cdot(T_{a2k}-b^{-1}\pi I_{p2k})-\alpha_{Tn}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}\times\\
&\times b^{-1}\pi\sqrt{c_{B0}\sin\varphi}\times\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{2k}-B_{atm2k})-I_{p2k}\}+\alpha_{Tn}b^{-1}\sqrt{c_{B0}\cos\varphi}\times\\
&\times(T_{a2k}-b^{-1}\pi I_{p2k})-4(\varepsilon\sigma T_{c\,\mathrm{p}}^3)^{-1}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(B_{2k}-B_{atm2k})-\\
&-I_{p2k}\}-4(\varepsilon\sigma T_{c\,\mathrm{p}}^3)^{-1}\times b^{-1}\pi I_{p2k}-p\sqrt{\pi k}\varepsilon_{\Delta\lambda}^{-1}b^{-1}\pi\{\tau_{\Delta\lambda}^{-1}(-B_{2k}-\\
&-B_{1k}+(B_{atm2k}+B_{atm1k}))+(I_{p2k}+I_{p1k})\}-\alpha_u^p(P_{1k}-P_{K1k})c_{B0}\times\\
&\times(T_{a1k}-T_{нас})+\alpha_K^t(T_{a1k}-T_{нас})=\nu_{2k}.
\end{aligned}
\tag{3}
$$

где A_1, A_2 – коэффициенты отражения коротковолнового и длинноволнового падающего излучения на поверхность объекта от внешних источников радиации; I, J – энергетическая облученность коротковолнового и длинноволнового излучения, создаваемая внешними излучателями (Солнце, атмосфера, земная поверхность) вблизи объекта в плоскости, перпендикулярной направлению распространения; α_K^t – среднее значение коэффициента теплоотдачи при конденсации водяного пара, который также зависит от упругости водяного пара и не является постоянным; $T_{нас}$ – температура насыщения водяного пара («точка росы»); T – температура поверхности объекта в момент конденсации водяного пара; α_{II}^p - коэффициент аналогично α_K^t, зависит от температуры воздуха и от давления водяного пара,; α_L – среднее значение коэффициента теплоотдачи свободного конвективного теплообмена; α_{Tn} – средний коэффициент теплоотдачи вынужденного, проявляющиеся при продольном движении масс воздуха вдоль вертикальной пластины; α_{Tn} – средний коэффициент теплоотдачи вынужденного конвективного теплообмена, проявляющиеся при движении масс воздуха по направлении нормали к поверхности вертикальной пластины; индекс np – означает продольную составляющую вектора скорости ветра c_B; индекс n означает поперечную составляющую вектора скорости движения масс воздуха; p – коэффициент тепловой инерции материала поверхности объекта; $A_k, B_k, \omega_k = 2\pi k$ – параметры разложения в ряд Фурье функции $T(t)$; – коэффициент излучения поверхности объекта; φ – угол между

вектором скорости ветра и плоскостью поверхности; τ_λ – спектральный коэффициент пропускания атмосферы; $B_\lambda = c_1\pi^{-1}\lambda^{-5}\varepsilon_\lambda(\exp(c_2/\lambda T)-1)^{-1}$ – спектральная плотность энергетической яркости (лучистости) собственного теплового излучения объекта; $c_1 = 3,74\cdot10^{-16}$ Вт·м2 , $c_2 = 1,438786\cdot10^{-2}$ м·К; ε_λ – спектральный коэффициент излучения поверхности объекта исследования; ρ_λ – спектральный коэффициент отражения поверхности объекта; $E_{p\lambda}$ – спектральная плотность энергетической освещенности (облученности), создаваемая внешними излучателями (Солнце, атмосфера, земная поверхность и т.п.) вблизи объекта в плоскости, перпендикулярной направлению распространения; $B_{\lambda atm}$ – спектральная плотность яркости излучения, рассеянного атмосферой на трассе «объект – радиометр»; с индексом - 0 обозначают свободные члены разложения соответствующих функций в ряд Фурье, $1k$ – коэффициенты при косинусах, $2k$ – коэффициенты при синусах; ν_0 , ν_{1k} , ν_{2k} – невязки соответствующих уравнений.

Особенностью системы является учет суточнопериодического характера изменения температуры поверхности за счет инсоляции. Оценка неизвестных системы уравнений (1), (2), (3) осуществляется методом наименьших квадратов.

Блок-схема алгоритма обработки данных совместных измерений представлена на рисунке. Данный алгоритм реализован в программе обработки данных разновременных совместных измерений [2].

Заключение

Алгоритм обработки данных позволяет при приемлемой точности получаемых оценок эффективной излучающей поверхности в рамках совместного метода измерения обеспечить воспроизводимость результатов контроля вне зависимости от реализованных внешних условий.

Список литературы

1. Нестеров, М. С. Дополнительная характеристика для нормирования инфракрасной заметности летательных аппаратов [Электронный ресурс] / М. С. Нестеров, В. Д. Попело // Журнал «Труды МАИ». – 2017. – №93. – Режим доступа: http://www.mai.ru/upload/iblock/d08/nesterov_popelo_rus.pdf

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2017610642. Российская Федерация. Математическая модель совместного оценивания параметров заметности объектов в

инфракрасном диапазоне длин волн по данным разновременных измерений / М. С. Нестеров. - № 2016662271; заявл. 15.11.2016; зарегистр. 16.01.2017; опубл. 16.01.2017, М.: ФИПС, 2017. – 1 с.

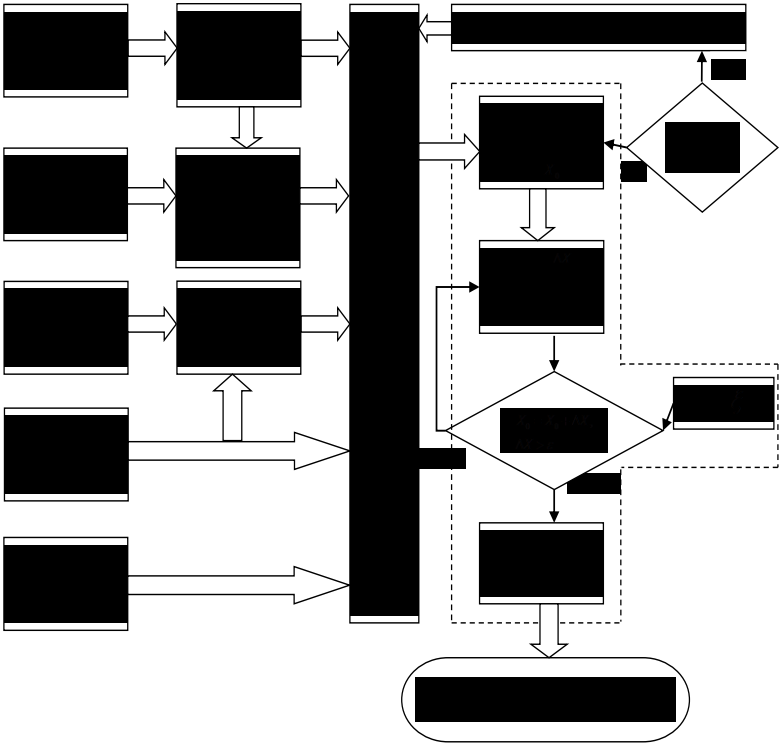


Рисунок. Блок-схема алгоритма обработки данных совместных разновременных измерений ИК характеристик объекта исследования, мер сравнения, метеорологических и актинометрических параметров

Анализ видеопотока аэроландшафта для выделения протяжённых объектов

Я. В. Петросян, email: peterson72@yandex.ru
А. В. Парфирьев, email: keeperate@mail.ru
И. И. Кораблин, email: korablinii@mail.ru
Д. М. Акбашев, email: danis.akbashev123@yandex.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *В данной работе рассматривается алгоритм анализа видеопотока с камеры, закреплённой на БЛА и направленной в надир, для выделения протяжённых объектов (дороги, трубопроводы и т.д.) для последующего автоматического управления полётом БЛА вдоль этих объектов.*

Ключевые слова: *анализ видеопотока, цифровая обработка изображений, выделение объектов на изображении.*

Введение

С развитием средств беспилотной авиации стали появляться новые возможности по мониторингу различных объектов, а также достаточно больших территорий. При этом ограничения по удалённости проведения мониторинга обуславливаются дальностью связи между беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) и наземной станцией управления. При критическом удалении от наземной станции управления возникает ситуация, когда БПЛА должен совершать полёт в автономном режиме, то есть в автоматическом режиме выбирать траекторию полёта для выполнения поставленной задачи или возвращения в точку вылета.

1. Задача мониторинга протяжённых объектов

Одной из задач мониторинга является мониторинг протяжённых объектов: дорог, линий электропередач, трубопроводов и так далее. При этом протяжённый объект может использоваться для определения траектории полёта. То есть, для БПЛА может быть поставлена задача пролететь на определённой высоте вдоль протяжённого объекта на некоторое удаление и вернуться обратно.

Автоматический выбор траектории полёта может осуществляться по изображению с видеокамеры, установленной на БПЛА в надир путём анализа изображения земной поверхности под БПЛА. Траекторию полёта БПЛА требуется корректировать таким образом, чтобы

© Петросян Я. В., Парфирьев А. В., Кораблин И. И., Акбашев Д. М., 2019

протяжённый объект как можно меньше отклонялся от центра кадра видеокамеры.

Эту задачу можно разделить на два этапа:

анализ видеопотока для выделения протяжённого объекта и определения направления траектории полёта БПЛА;

преобразование данных, полученных при анализе видеопотока, в команды управления БПЛА.

Данная статья посвящена описанию первой задачи. Задача решается путём анализа видеопотока, полученного с видеокамеры БПЛА, который пролетел вдоль протяжённого объекта, удерживая его в поле зрения камеры. Целью является выделение протяжённого объекта и расстановка на нём маркеров, по которым вычисляется направление изменения траектории БПЛА для удержания протяжённого объекта в центре кадра. Полёт БПЛА проводился таким образом, чтобы протяжённый объект изменял своё положение в кадре, удаляясь от центра, но не выходил за пределы видимости. При этом алгоритм должен «следить» за протяжённым объектом и расставлять «путевые точки». Под путевыми точками будем понимать равномерно распределённые точки, принадлежащие протяжённому объекту, и расположенные вдоль его центральной оси. Пиксельные координаты этих точек должны быть известны для вычисления траектории полёта БПЛА.

Для решения задачи использован математический пакет Matlab, позволяющий проводить обработку изображений и видеопотока. Для анализа изображений использовались методы сегментации цветного изображения и морфологические методы обработки.

2. Выделение протяжённого объекта на изображении по цвету

Выделение протяжённого объекта производится по цвету. В начальный момент времени оператор должен указать пиксел изображения принадлежащий протяжённому объекту. Цвет этого пиксела берётся за эталонный, после чего выделяются все области изображения, отличающиеся по цвету не более чем на d оттенков. В результате экспериментов было установлено, что оптимальное значение d=20.

$$m_{i,j} = \sqrt{\left(z_{R_{i,j}} - a_R\right) + \left(z_{G_{i,j}} - a_G\right) + \left(z_{B_{i,j}} - a_B\right)} \le d \qquad (1)$$

где z_R, z_G, z_B – яркости каналов изображения: R – красного, G – зелёного и B – синего, a с соответствующими индексами – эталонный цвет. Индексы i,j обозначают положения пикселей изображения.

Результатом (1) является логическое изображение m, в котором значения *true* (белый цвет) имеют пиксели, для которых пиксели исходного изображения отличаются от эталонного цвета не более чем на d. Все остальные пиксели изображения m имеют значения *false* (чёрный цвет). На маске m белым цветом выделятся интересующий нас протяжённый объект, а также все объекты того же цвета, поэтому следующим шагом является исключение всех объектов не связанных с рассматриваемым.

Исключение лишних объектов выполняется как морфологическая операция: выделение связной компоненты. Суть этой операции заключается в том, что указывается какая-либо точка, принадлежащая рассматриваемому объекту, а затем к этой точке многократно применяется операция дилатации (расширения) до тех пор, пока расширяющаяся область не заполнит рассматриваемый объект. Таким образом, маска m будет содержать только изображение протяжённого объекта. За начальную точку при выделении связной компоненты на первом шаге принимается точка указанная оператором [1]. Описанная последовательность маски протяжённого объекта показана на рис. 1.

Рис. 1. Последовательность получения маски протяжённого объекта

Для получения более качественного результата после операции выделения связной компоненты производится операция открытия по достаточно большому примитиву [1]. Это позволяет получить маску протяжённого объекта без «дырок», поэтому третье изображение на рис. 1 отличается от второго тем, что протяжённый объект выглядит более широким.

3. Расчёт координат путевых точек

Идея вычисления координат путевых точек по выделенному протяжённому объекту заключается в том, чтобы разбить этот объект на отдельные части, равномерно удалённые от центральной части кадра и определить геометрические центры этих частей, как показано на рис. 2. Отдельные фрагменты протяжённого объекта имеют различные оттенки

серого. На рисунке также показано, что есть смысл обрабатывать только переднюю часть дороги.

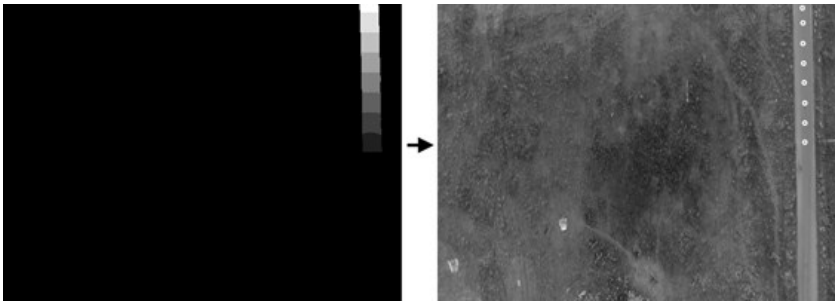


Рис. 2. Области на протяжённом объекте для расчёта координат путевых точек

Координаты путевых точек определяются как геометрические центры замкнутых областей, которые получаются пересечением маски протяжённого объекта и каждой области показанной на рис. 2 отдельной градацией серого. Таким образом, на выходе получаем массив пиксельных координат, лежащих на центральной линии протяжённого объекта.

На следующем кадре видеопотока полученные пиксельные координаты путевых точек используются как начальная точка, указанная оператором при указании на протяжённый объект. По ним рассчитывается эталонный цвет как среднее значение по каждому цветовому каналу. Таким образом, при плавном изменении цвета протяжённого объекта алгоритм будет к нему адаптироваться. Множество точек на протяжённом объекте также ускоряет алгоритм выделения связной компоненты.

4. Экстраполяция положения путевых точек

Разрывы протяжённых объектов (мосты над дорогами, поваленные деревья и т. д., вплоть до линий дорожной разметки) воспринимаются алгоритмом анализа видеопотока как завершение объекта. Пример перекрытия протяжённого объекта показан на рис. 3.

Хотя человек видит продолжение дороги на рис. 3 слева, но на этапе выделения связной компоненты продолжение дороги после разрыва отбрасывается как не принадлежащее объекту, за которым ведётся слежение.

Выход из сложившейся ситуации заключается в том, чтобы экстраполировать положение путевых точек вдоль пути. Признаком

необходимости такой экстраполяции является сокращение количества получаемых путевых точек. Так на рис. 3 слева их осталось всего 5.

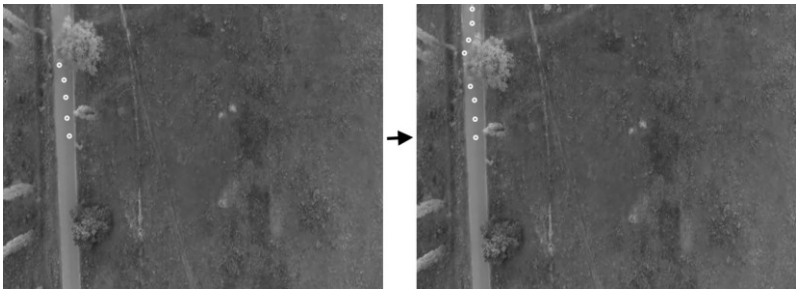


Рис. 3. Кадр с перекрытием протяжённого объекта

Для экстраполяции положения путевых точек строятся два ряда зависимостей: 1) зависимость значений столбцов путевых точек от их номера и 2) зависимость значений строк путевых точек от их номера. Нумерация путевых точек начинается от центральной части кадра. Таким образом, для данного кадра нужно экстраполировать значения столбцов и строк с номерами 6, 7 и т.д. пока мы не выйдем за пределы кадра. Экстраполяция проводится полиномом первой степени.

Кроме того, получив положение экстраполируемой точки нужно проверить, нет ли в её окрестности пиксел, соответствующих цвету искомого протяжённого объекта. Если такие пиксели есть, то такую путевую точку можно считать успешной. Результат экстраполяции путевых точек показан на рис. 3 справа.

Заключение

Алгоритм следит за перемещением поряжённого объекта в кадре, правильно определяет повороты, рассчитывает путевые точки при любых разветвлениях. Однако требуется разработать принцип выбора направления на перекрёстках. В последующем этот алгоритм планируется использовать для автоматического полёта БПЛА вдоль протяжённого объекта.

Список литературы

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – Издание 3-е, исправленное и дополненное. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.

Особенности конфигурации программного пакета CLICK для реализации алгоритмов защиты от несанкционированных соединений

Н. Е. Платов, e-mail: platovne@mail.ru
Д. В. Тимошенко, e-mail: dimtim@yandex.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С. М. Штеменко

Аннотация. *На основе разработанных алгоритмов защиты от несанкционированного доступа к элементам IP-сетей приведены особенности конфигурации программного маршрутизатора CLICK, позволяющие повысить уровень защищенности информационной системы от сетевой разведки.*

Ключевые слова: *сетевое сканирование, информационная система, компьютерная атака, маршрутизатор.*

Введение

Известно, что для обеспечения информационной безопасности вычислительных сетей необходимо с высокой достоверностью определять факты несанкционированных деструктивных воздействий и своевременно реагировать на их появление [1, 2, 3]. Однако в существующих методах и средствах защиты при обнаружении несанкционированных воздействий, как правило, только блокируют поступающие от нарушителя пакеты сообщений. Реализация указанного подхода к защите вынуждает нарушителя далее воздействовать на вычислительные сети и (или) менять стратегию воздействия, что в свою очередь требует принятия мер по повторному выявлению и пресечению новых попыток нарушителя [4, 5, 6, 7, 8]. Это может привести, в конечном счете, к истощению ресурса системы защиты или к достижению нарушителем возможности преодоления системы защиты.

1. Разработка конфигурации маршрутизатора

Данный подход реализован посредством ранее разработанных алгоритмов [9, 10]: в первом из которых передача ответных пакетов сообщений нарушителю происходит при обращении его к реальным и ложным адресам абонентов вычислительной сети; второй алгоритм осуществляет блокирование определенных пакетов сообщений, что приводит к имитации канала связи с плохим качеством; третий алгоритм

© Платов Н. Е., Тимошенко Д. В., 2019

реализует запоминание идентификаторов несанкционированных информационных потоков, приводящее к возможности выявления несанкционированных воздействий на начальном этапе.

Разработанные алгоритмы были реализованы посредством модификации конфигурационных файлов маршрутизатора Click, с использованием стандартных элементов, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Конфигурационные файлы маршрутизатора Click

№ п/п	Элемент	Описание
1	AddressInfo	Задает информацию об интерфейсе. Используется при вложении IP-пакета в ARP-пакет.
2	Classifier	Фильтрует пакеты по переданным параметрам. Используется для фильтрации ARP и IP-пакетов.
3	FromDevice	Используется в качестве первого элемента в цепочке. Задает интерфейс с которого будет осуществляться считывание пакетов.
4	ARPQuerier	Осуществляет вложение IP-пакета в ARP-пакет.
5	ToDevice	Осуществляет передачу пакета на указанное устройство.
6	CheckIPHeader	Определяет, является ли принятый пакет IP-пакетом.
7	CheckICMPHeader	Определяет, является ли принятый IP-пакет ICMP-пакетом.
8	IPPrint	Выводит IP-пакет в удобном для человека виде на консоль.
9	ICMPPingResponder	Создает ответ на принятый пакет.
10	Discard	Удаляет пакет из цепочки. На этом обработка пакетов заканчивается.

Данных элементов достаточно для корректного ответа на полученный ECHO REQUEST. Для реализации алгоритмов защиты понадобилось разработать несколько дополнительных пользовательских элементов у казанных в табл. 2.

Таблица 2

Дополнительные конфигурационные файлы

№ п/п	Элемент	Параметры	Описание
1	IpInList	Список IP-адресов.SOURCE true/false – повторяет адрес отправителя или получателя.	Передает пакет на нулевой выход, если адрес отправителя (получателя) содержится в переданном списке IP-адресов.
2	Sleep	Время задержки в миллисекундах.	Осуществляет задержку в обработке пакета.
3	Blocker	Номер отбрасываемого пакета.	Осуществляет подсчет всех проходящих пакетов. Каждый N-пакет передается на первый порт, все остальные на нулевой. Число N задается параметром.

Для выполнения целевых функций защиты маршрутизатором было разработано две конфигурации, реализующие первые два алгоритма. Третий алгоритм не был реализован вследствие условий, которые были заданы. Тестирование осуществлялось на фрагменте сети состоящей из 2-х коммутаторов.

2. Тестирование сконфигурированного маршрутизатора

Нарушитель использует ПЭВМ с ОС Windows XP и IP-адресом 192.168.0.47. Пользователь использует ПЭВМ с ОС Linux (дистрибутив Mandriva) и IP-адресом 192.168.0.98. На машине пользователя запускаются и настраиваются программный межсетевой экран iptables и маршрутизатор Click. Первая машина осуществляет отправку запросов ECHO REQUEST на ПЭВМ пользователя. В соответствии с первым алгоритмом осуществляем отправку запросов на систему которая обрабатывает эти запросы по умолчанию:

```
Обмен пакетами с 192.168.0.98 по 32 байт:
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время<1мс    TTL=128
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время<1мс    TTL=128
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время<1мс    TTL=128
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время<1мс    TTL=128
```

Теперь настроим межсетевой экран iptables для блокирования всех входящих ECHO REQUEST.

```
Обмен пакетами с 192.168.0.98 по 32 байт:
Превышен интервал ожидания для запроса.
Превышен интервал ожидания для запроса.
Превышен интервал ожидания для запроса.
Превышен интервал ожидания для запроса.
```

Теперь мы убедились, что все входящие запросы блокируются. Запускаем маршрутизатор Click с конфигурацией в соответствии с первым алгоритмом и настраиваем его на задержку при несанкционированном запросе в 250 мс. В результате чего получим следующее сообщение:

```
Обмен пакетами с 192.168.0.98 по 32 байт:
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время=265мс TTL=255
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время=265мс TTL=255
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время=270мс TTL=255
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время=270мс TTL=255
```

Теперь запустим маршрутизатор Click с конфигурацией на основании второго алгоритма. При этом, должно происходить отбрасывание каждого второго пакета и реализация задержки в 250 мс.

```
Обмен пакетами с 192.168.0.98 по 32 байт:
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время=277мс TTL=255
Превышен интервал ожидания для запроса.
Ответ от 192.168.0.98: число байт=32 время=276мс TTL=255
Превышен интервал ожидания для запроса.
```

Заключение

Таким образом, в статье был представлен разработанный программный макет работы разработанных алгоритмов с помощью межсетевого экрана iptables и программного пакета Click. Описаны особенности конфигурации программного пакета Click для реализации алгоритмов защиты от несанкционированных соединений в IP-сетях.

Список литературы

1. Максимов, Р. В. Инновационные информационные технологии в контексте обеспечения национальной безопасности государства / Р. В. Максимов [и др.] // Инновации. – 2018. – № 3. – С. 28-35.

2. Максимов, Р. В. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Р. В. Максимов, Л. С. Выговский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

3. Максимов, Р. В. Маскирование структуры и алгоритмов функционирования интегрированных инфокоммуникационных систем / Р. В. Максимов, Н. Ю. Лыков, С. Р. Шарифуллин // Технические и технологические системы : сб. тр. участников VIII Междун. научно-

практической конф. «ТТС-16». (Краснодар, 8-9 октября 2016 г.). – Краснодар, 2016. – С. 203-206.

4. Maximov R. V., Iskolnyy B. B., Sharifullin S. R. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / R. V. Maximov, B. B. Iskolnyy, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 59-65.

5. Maximov R. V., Ivanov I. I., Sharifullin S. R. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure Information Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. –Moscow, Russia, December 06-07, 2017. – P. 83-87.

6. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных информационно-телекоммуникационных сетей / Р. В. Максимов, Б. Б. Искольный, С. Р. Шарифуллин // Вопросы кибербезопасности. – 2017. – № 5 (24). – С. 72-82. DOI: 10.21681/2311-3456-2017-5-72-82.

7. Максимов, Р. В. Методика оценки живучести распределенных информационных систем / Р. В. Максимов, Б. В. Голуб, Е. М. Кузнецов // Вестник Самарского государственного университета. – 2014. – № 7 (118). – С. 221-232.

8. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // Информационные технологии и нанотехнологии : сб. тр. участников Междун. конф. и молодежн. школы «ИТНТ-2016». (Самара, 4-7 октября 2016 г.). – Самара: Институт систем обработки изображений РАН. 2016. – С. 431-438.

9. Максимов, Р. В. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения [Электронный ресурс] / Р. В. Максимов, Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин // Системы управления, связи и безопасности. – Электрон. журн. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf.

10. Максимов, Р. В. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / Р. В. Максимов, И. И. Иванов // Инновационная деятельность в ВС РФ : сб. тр. участников всеармейской НПК. (СПб, 11-13 ноября 2017 г.). – СПб.: ВАС, 2017. – С. 147-154.

Алгоритм обработки серии фотографий с целью объединения их в одну

Д. С. Погребной, email: denis2371@gmail.com
Д. В. Журавлёв, email: ddom@bk.ru
А. С. Самодуров, email: unaxel2000@mail.ru

Воронежский Государственный Технический Университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрен конвейер вычислительной фотографии HDR+, используемый для захвата, выравнивания и объединения пакета кадров с целью улучшения качества итоговой фотографии.*

Ключевые слова: *мобильная фотография, алгоритмы обработки фотографии, вычислительная фотография, HDR+.*

Введение

Камеры современных смартфонов и телефонов из-за очень жёстких массогабаритных ограничений, накладываемых производителями, имеют небольшие диафрагмы, которые ограничивают количество собираемых ими фотонов, что приводит к появлению шумных изображений при слабом освещении. Эти проблемы призвана решить современная алгоритмическая фотография, использующая мощные процессоры смартфонов, используемые для различных задач, для съёмки и обработки кадров. На сегодняшний день одной из самых удачных реализаций алгоритмической фотографии является конвейерный алгоритм HDR+.

HDR+ расшифровывается как "High-Dynamic Range + Low Noise". Свою известность HDR+ получил за ряд выдающихся возможностей. Так, алгоритм способен устранять шумы практически без потери детализации, повышать качество цветопередачи, что крайне важно в условиях низкого освещения, вместе с этим, он сильно расширяет динамический диапазон фотографии. HDR+, в отличии от стандартного HDR, почти не боится тряски смартфона и движения в кадре.

Изначально HDR+ был разрабатывался для очков Google Glass с 2011 по 2013 год. В 2013 технология дебютировала в самих очках, а затем, спустя некоторое время, была принесена обновлением в смартфон Nexus 5. В настоящее время HDR+ внедряется во все смартфоны серии Pixel, сертифицируемые Google. Однако, в теории, такой алгоритм способен работать на абсолютно любом устройстве с

© Погребной Д. С., Журавлёв Д. В., Самодуров А. С., 2019

камерой и процессором необходимой мощности. Но из-за сложности в его реализации, патентов, а также закрытому исходному коду, фактически только на устройствах от Google этот алгоритм отлично работает.

1. Критерии и концепции алгоритма

При разработке были выделены следующие важные принципы проектирования:

– Быть быстрым. Система должна максимально быстро произвести фотографию и отобразить её.

– Быть автоматическим. Фотографы должны получать лучшие снимки, не зная стратегии, используемой для захвата или обработки изображений.

– Быть естественным. Фотографии должны максимально точно передавать сцену.

– Быть универсальным. Алгоритм должен быть пригоден для создания наиболее лучший фотографий в любых условиях.

Надёжным подходом является захват пакета изображений с одинаковым временем экспозиции, а затем последующее их слияние. Разработчики HDR+ пришли к этому неожиданному выводу из-за трудности в точном выравнивании изображений, захваченных с использованием разного времени экспозиции. Даже небольшое изменение экспозиции может поставить под угрозу выравнивание из-за разного уровня шума и размытости движения. Новейшие методы слияния HDR частично решают эти проблемы, однако и они демонстрируют случайные артефакты или другую несогласованность.

HDR+ выбирает экспозицию, достаточно низкую, чтобы избежать пересвеченных мест. Это делается для того, чтобы захватить более широкий динамический диапазон. Более короткое, чем обычно, время экспозиции, позволяет смягчить размытие от дрожания камеры. Использование более низких экспозиций усиливает шум, однако это впоследствии компенсируется захватом и слиянием нескольких кадров.

Одной из целей является создание естественных фотографий, даже если сцена содержит сильный контраст. Поэтому тени делаются более тёмными, при этом сохраняется локальный контраст и разумно жертвуется глобальный контраст. Этот процесс называется HDR tonemapping.

2. Принцип работы

Блок схема работы HDR+ в общем виде изображена на рис. 1.

Важным является своевременное регулирование выдержки, фокусировки и баланса белого. В принципе, можно использовать

автоматическое определение этих параметров встроенным ISP сопроцессором. Для сцен с умеренным динамическим диапазоном эта стратегия работает хорошо. Тем не менее, для сцен с высоким динамическим диапазоном, захваченные изображения могут включать в себя пересвеченные области или недоэкспонированные объекты, которые не могут быть восстановлены последующим отображением тона HDR. [1]

Чтобы решить эту проблему разработан индивидуальный алгоритм автоматической экспозиции, который будет ответственным за определение не только общей экспозиции, но и динамического диапазона сжатия.

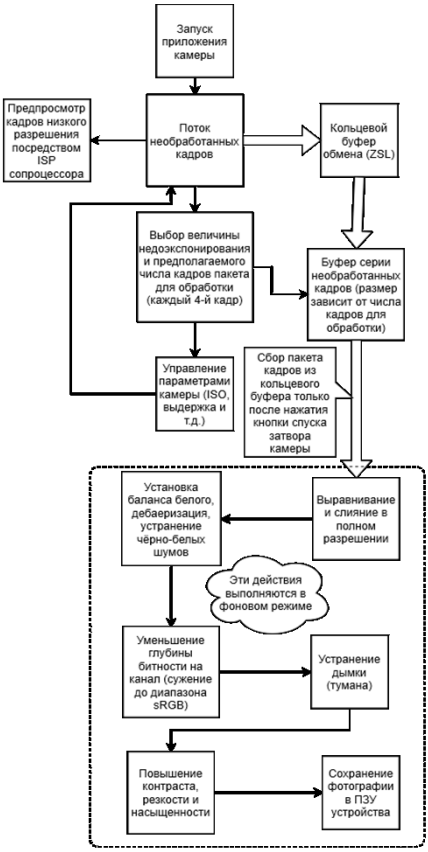


Рис. 1. Алгоритм работы

Само число кадров не может быть неограниченным, так как захват и слияние требуют времени, электроэнергии и оперативной памяти устройства.

Подстройка экспозиции. Для самых ярких сцен коэффициент усиления находится на минимальном уровне. Яркость регулируется увеличением времени экспозиции до 8 мс. Затем, когда сцена становится ещё темнее, время экспозиции сохраняется 8 мс, но коэффициент усиления увеличивается до 4×. Затем опять увеличивается время экспозиции. И так продолжается вплоть времени экспозиции 100 мс и коэффициента усиления 96×. Чтобы максимизировать SNR (ОСШ), применяется как можно больший коэффициент усиления в аналоговой форме. [2]

Размер пакета захваченных кадров. При слабом освещении или в сценах с очень высоким динамическим диапазоном, где позже будут высветляться тени, необходимо, чтобы как можно больше кадров улучшало соотношение сигнал/шум, но это приводит к увеличению времени обработки и расхода ОЗУ для захвата, буферизации и обработки. В ярких однородных сценах захват 1-2 изображений обычно является достаточным, хотя больше число изображений поможет уменьшить размытие, связанное с дрожанием камеры. [3]

Алгоритм автоматической экспозиции строится поверх контролируемого ISP-устройства. Чтобы улучшить латентность, постоянно анализируются необработанные кадры, захваченные во время просмотра; при нажатии спуска затвора серия фотографий с нужными параметрами уже находится в кольцевом буфере (ZSL) и просто копируются в буфер серии необработанных кадров для последующей обработки. Несмотря на то, что автоматическая экспозиция работает в режиме реального времени, и обрабатывает кадр примерно за 10 мс, анализ каждого кадра не нужен, поскольку быстрые изменения яркости сцены редки.

3. Финальная обработка

Выравнивание и слияние захваченных исходных кадров создает одно необработанное изображение с высокой битовой глубиной и SNR. Это изображение должно пройти ряд процедур, которые обычно выполняются ISP сопроцессором, но в данном случае программное обеспечение включает в себя дополнительный шаг сжатия динамического диапазона и ряд других операций. Рассмотрим самые интересные из них:

1. Вычитание на уровне черного вычитает смещение от всех пикселей, так что пиксели, не получающие света, становятся нулевыми.

Это смещение получается от оптически экранированных пикселей на датчике.

2. Коррекция затенения объектива осветляет углы изображения, чтобы компенсировать виньетирование объектива и корректирует пространственно изменяющийся цвет из-за того, что свет попадает на датчик под наклонным углом.

3. Регулировка баланса белого линейно масштабирует четыре канала (RGGB), чтобы серые в карте сцены были серыми на изображении.

4. Demosaicking преобразует изображение из исходного сырого кадра в линейное RGB-изображение с полным разрешением с 12 бит на пиксель.

5. Chroma denoising применяется для уменьшения красных и зеленых пятен в темных областях изображений с низким освещением.

6. Dehazing уменьшает эффект вуалирующего блика, применяя глобальную кривую тона.

7. Коррекция хроматической аберрации для скрытия боковой и продольной хроматической аберрации.

Заключение

Результирующие фотографии, полученный при помощи вышеописанной конвейерной обработки имеют качество изображения гораздо луче, чем у фотографий, создаваемых обычным программным обеспечением, особенно в сценах с высоким динамическим диапазоном или низким уровнем освещения. Также полученные фотографии крайне редко демонстрируют нежелательные артефакты. Система HDR+ получила восторженные отзывы в прессе, набирала больше баллов, чем большинство конкурентов в независимых оценках, а в миллионах фотографий, снимаемых потребителями каждую неделю, катастрофических результатов не было выявлено.

Список литературы

1. Fast local laplacian filters: Theory and applications / M. Aubry [et al.] // TOG. – 2014. – Vol. 33. – Issue 5. – 15 p.

2. Synthetic shutter speed imaging / J. Telleen [et al.] // Computer Graphics Forum. – 2007. – P. 591-598.

3. Samuel W. Hasinoff Dillon Sharlet of Georges Andrew Adams Jonathan T. Barron Florian Kainz Jiawen Chen Marc Levoy Google Research. Burst photography for mobile cameras [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://static.googleusercontent.com/media/www.hdrplusdata.org/ru/hdrplus.pdf

Алгоритм авторига для моделей с одинаковой топологией

Л. А. Прохорченко, email: prokhorchenko@cs.vsu.ru
Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается подход к построению алгоритма авторига для моделей с одинаковой топологией.*

Ключевые слова: *авториг, трёхмерная анимация, задача оптимизации.*

Введение

Современные стандарты кино и видеоигр задают высокую планку качества внешнего вида персонажей. Реалистичность цифровых актёров достигается во многом за счёт качественной анимации. На настоящий момент самым популярным решением является «скелетная анимация».

Основой метода является создание скелета и привязка к нему трёхмерной модели. Этот процесс называется оснасткой или просто риггингом (от англ. Rigging). В него входит создание виртуальных костей, сочленений и привязка их к геометрии с соответствующими весами. В некоторых разновидностях можно встретить даже симуляцию мышц. Часто в проектах требуется создание ригов для огромного множества персонажей. И в случае даже небольших различий в пропорциях, риггинг придётся проводить индивидуально. Ручное выполнение риггинга отнимает множество времени и требует специальных навыков. Чтобы ускорить этот процесс существует большое число вспомогательных инструментов, главным из которых является алгоритм автоматического риггинга.

1. Анализ существующих решений

Некоторые из существующих реализаций требуют от пользователя расставить на модели ключевые точки – шея, кисти рук, стопы ног, таз, другие требуют расположить стандартный скелет внутри модели наиболее близко к желаемому. Оба варианта заточены под работу с существующими и строго определёнными типами скелета – чаще всего это скелет человеческий, у которого, в лучшем случае, варьируется число суставов пальцев. В редких случаях может быть предусмотрен скелет для четвероногого животного. Эти алгоритмы не могут работать с нетипичными скелетами, а такие задачи возникают.

© Прохорченко Л. А., Соломатин Д. И., 2019

Другие из представленных в настоящий момент решений не требуют от пользователя никаких сведений о скелете, а базируются только на геометрии вершин. Они подходят для нетипичных случаев, но не могут обеспечить короткого времени работы и стабильного результата. К примеру, результатом работы может оказаться то, что на месте одной предполагаемой кости будет несколько.

В другом существующем подходе алгоритм получает на вход целевую геометрию – модель, риггинг которой нужно осуществить. Также ему предоставляется базовая модель с уже готовым ригом. При этом требуется равенство целевой и базовой геометрий (это условие может быть выполнено и для произвольных геометрий, если прибегнуть к ретопологии модели, использовав, например, программный пакет Wrap компании R3DS). В этой вариации алгоритма, пользователь имеет полный контроль над результатом, так как предоставляет авторигу всю необходимую информацию: соответствие точек, набор весов, вид иерархии костей.

2. Формулировка задачи оптимизации

Алгоритм, рассматриваемый в данной работе, базируется на следующем предположении. Если «согнуть» оригинальную модель таким образом, что она будет наиболее близка к целевой геометрии, то полученное положение скелета будет наиболее близко к искомому скелету для целевой геометрии. После этого станет возможным просто объединить исходный скелет в подходящем положении и модель, в которую требовалось его встроить.

Учитывая одинаковость топологий моделей (что означает равное число вершин, равное их распределение по полигонам и геометрически-смысловую эквивалентность), расчётную величину удобно выбрать как сумму квадратов расстояний между соответствующими вершинами (формула 1).

$$E = \sum_{i=1}^{N} \left\| V_i - \tilde{V_i} \right\|_2^2 = \sum_{i=1}^{N} \left(\left(x_i - \tilde{x_i} \right)^2 + \left(x_i - \tilde{x_i} \right)^2 + \left(z_i - \tilde{z_i} \right)^2 \right) \qquad (1)$$

где N – число вершин геометрии, x_i, y_i, z_i – координаты i-ой вершины V_i базовой модели, а $\tilde{x_i}, \tilde{y_i}, \tilde{z_i}$ - координаты соответствующей i-ой вершины $\tilde{V_i}$ целевой геометрии (рис. 1).

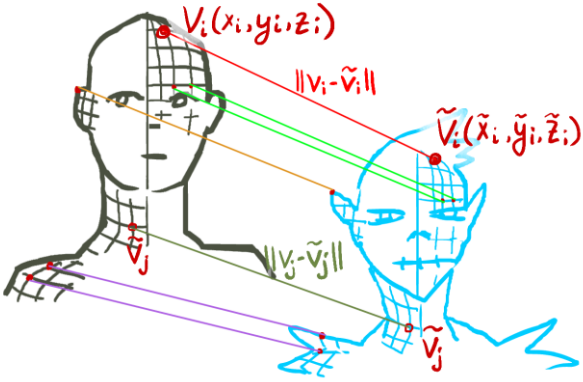


Рис. 1. Соответствие точек исходной модели (V_i,V_j) и целевой геометрии ($V_i^{\sim}$,$V_j^{\sim}$)

При устремлении геометрий друг к другу сумма минимизируется и достигнет нуля. Соответственно критерий близости будет формулироваться как «К целевой геометрии более близка та модель, для которой сумма квадратов расстояний соответствующих точек имеет наименьшее значение».

3. Параметры скелета

Результатом важнейшего этапа алгоритма должно являться такое положение скелета, чтобы оригинальная и целевая геометрии были наиболее близки. Под скелетом обычно понимают иерархию костей, сочленений (от англ. Joint). Структура кости не имеет реализации в виде полигонов, а является абстрактным отрезком, соединяющим предполагаемые места «суставов» персонажа. В общем случае из параметров длины, поворотов и масштаба кости можно рассчитать локальную матрицу трансформации, которая показывает смещение относительно кости-предка (формула 2).

$$M_{local} = R * T * S, \tag{2}$$

где R – матрица поворота, задаваемая Эйлеровыми углами, T – матрица смещения, S – матрица масштаба.

Легко заметить, что глобальные координаты в этой формуле не фигурируют, а значит, что локальные матрицы каждой некорневой кости могут быть рассчитаны без опоры и знания общей глобальной картины.

Глобальная же матрица трансформации фактически задаёт итоговые координаты кости в трёхмерном пространстве. В случае

корневой кости локальная матрица является одновременно и глобальной матрицей. А для всех остальных сочленений матрица трансформаций может быть получена умножением глобального смещения предка на локальное смещение кости, то есть, по сути, последовательным перемножением локальных матриц всех костей выше по иерархии, вплоть до корневой.

Из проведенного анализа следует, что для определения положения скелета управляющими параметрами следует считать глобальные координаты корня модели, повороты, масштабы и длинны каждой кости.

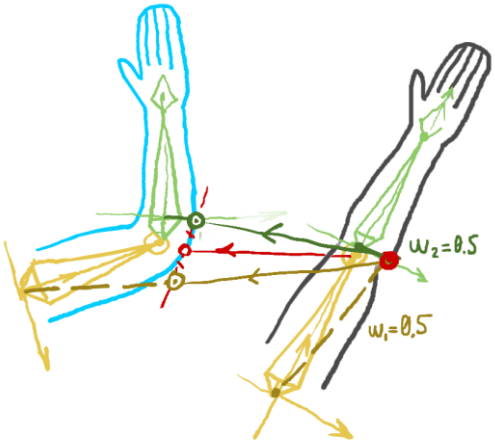
4. Прямая задача скиннинга

Остаётся невыясненным влияние положение скелета на координаты вершин модели. Задача состоит в том, чтобы зная исходную геометрию и скелет по данным скелетным трансформациям найти новую «согнутую геометрию». Необходимые для этого правила заданы логикой «прямой задачи скиннинга». Каждая вершина имеет предопределённую «привязку» к одной или нескольким костям. Для отдельной точки привязка представляет собой нормированный набор весов, показывающий, насколько она тяготеет к трансформациям соответствующих костей. Например, вершина модели, находящаяся на локте персонажа, почти одинаково тяготеет к изменениям в пространстве и плечевой и локтевой костей (рис. 2), а вершина на середине бедра всецело зависит от бедренной кости.

В рамках простейшей задачи скиннинга трансформированная координата вершины является средневзвешенным трансформаций соответствующих костей (формула 3).

$$\begin{pmatrix} x_i' \\ y_i' \\ z_i' \end{pmatrix} = \sum_{k=1}^{N_B} \left(w_k * T_k' \ * T_{0k}^{-1} * \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \right), \qquad (3)$$

где x_i, y_i, z_i – координаты i-ой вершины исходной геометрии, x_i', y_i', z_i' – её координаты, трансформированные под действием изменения положения скелета, T_k' – глобальная матрица трансформации k-ой кости, T_{0k} – её глобальная трансформация в исходном положении (нейтральном положении скелета), w_k – вес, с которым k-ая кость влияет на i-ую вершину геометрии, N_B – число костей, с которыми связана вершина.



а б

Рис. 2. Пример средневзвешенной координаты для вершины, равнотяготеющей к двум костям: а – согнутое положение руки, б – её исходное положение

Используя рассчитанные координаты преобразованной геометрии можно найти функцию близости для отдельно взятой *i*-ой пары вершин. Для этого достаточно найти квадрат разности полученного положения точки и координаты соответствующей ей точки целевой геометрии (формула 4).

$$E_i(p) = \sum_{k=1}^{N_B} \left(w_{ik} * T'_{ik}\,(R_k, T_k, M_{kp}) * T_{0ik}^{-1} * V_i - V_i^{\sim} \right)^2, \qquad (4)$$

где $V_i^{\sim}$ – вершина целевой геометрии, R_k, T_k, M_{kp} – матрица поворота кости k, её матрица смещения (определяется длинной кости) и глобальная матрица трансформации её предка, а p – общий вектор входящих значений, из которого и рассчитываются R_k, T_k, M_{kp} для каждой кости.

Просуммировав по всем M точкам модели, получим полную функцию близости (формула 5). А значит, задача по нахождению оптимального положения скелета сводится к поискам значений управляющих параметров, при которых достигает минимума полученная функция.

$$E(p)=\sum_{i=1}^{M}\left\|\sum_{k=1}^{N_B}\left(w_{ik}*T'_{ik}(p)*T_{0ik}^{-1}*V_i-\tilde{V_i}\right)\right\|_2^2 \quad (5)$$

5. Решение задачи оптимизации

Требуется подобраться такие параметры скелета, чтобы минимизировать полученную функцию. Как несложно заметить, она представляет собой сумму квадратов, а потому следует её рассмотреть как задачу наименьших квадратов. В данном случае логично было бы использовать метод Ньютона. Однако его применение повлекло бы за собой как нахождение первых, так и вторых производных функции близости, так как метод требует расчёта матрицы Гессе (формула 7).

$$H_f(x)=\left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_J}\cdot(x)\right)_{i,j=1..n} \quad (6)$$

где f – функция, для которой строится матрица Гессе, x – вектор размера n входящих переменных.

Для вычисления производных такой громоздкой функции (5) будем использовать итерационный численный метод прямого автоматического дифференцирования Autodiff. Его полное рассмотрение выходит за рамки данной статьи, но следует уточнить, что его применение куда более эффективно для нахождения производных первого, а не второго порядка.

В данных условиях для решения конкретной задачи рациональнее использовать метод Левенберга-Марквардта. Он базируется на методе Ньютона и принадлежит семейству квазиньютоновских алгоритмов. Главной особенностью квазиньютоновских методов является то, что они аппроксимируют значение матрицы Гессе с помощью первых, а не вторых частных производных функции. В реализации метода Л-М для аппроксимации используется матрица Якоби (формула 7), а итоговое приближение матрицы Гессе имеет следующий вид (формула 8).

$$J_f(b)=\begin{bmatrix}\frac{\partial r_1}{\partial b_1}(b) & \dots & \frac{\partial r_n}{\partial b_m}(b)\\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial r_1}{\partial b_m}(b) & \dots & \frac{\partial r_n}{\partial b_m}(b)\end{bmatrix} \quad (7)$$

где n – число так называемых невязок r (для данного конкретного случая под невязкой следует понимать функцию квадрата расстояний между

одной парой соответствующих точек), m – число переменных (вектор b), входящих в эти невязки.

$$H_f(x) \approx J_f^T(x) J_f(x) \tag{8}$$

Используя полученную матрицу можно рассчитать приращение параметров на каждой из итераций алгоритма (формула 9).

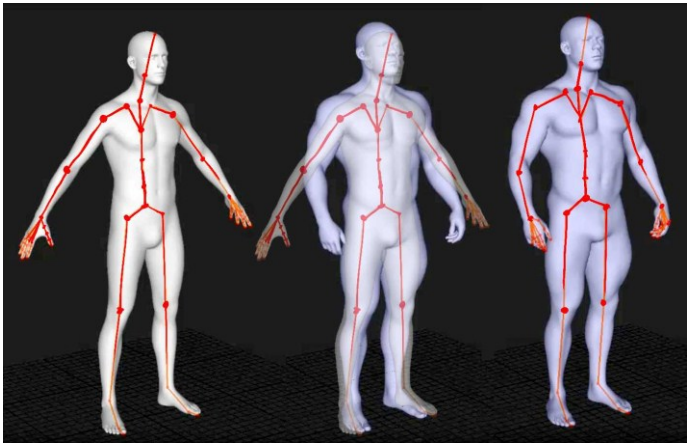
$$x_{k+1} = x_k - \Delta x = x_k - (J^T(x_k) J(x_k))^{-1} * (J^T(x_k) F(x_k)) \tag{9}$$

где x_k – текущие значения вектора входных параметров, x_{k+1} – его значение на следующей итерации, $J(x_k)$ – значение матрицы Якоби для каждой из используемых невязок, $F(x_k)$ – столбец значений невязок данной функции.

Критерием остановки могут являться достаточная близость согнутой и целевой геометрий или достаточная малость приращений.

Заключение

После нахождения параметров скелета, при котором достигается наибольшая близость геометрий, требуется провести «перепривязку» геометрии. Для этого требуется отмасштабировать кости, а затем подменить базовую модель целевой. На рис. 3 показан результат реализованного алгоритма.



а б в

а – исходная модель с привязанным скелетом, б – поиск оптимального положения скелета для целевой геометрии, в – результат выполнения алгоритма

Рис. 3. Поэтапный процесс работы алгоритма

Разработанный алгоритм авторига для моделей с одинаковой топологией обеспечивает пользователю больший в сравнении с другими подходами контроль над процессом и приемлемое время работы. Среднее время выполнения алгоритма для моделей, содержащих более трёх тысяч вершин, на 4х-ядерном процессоре Intel i5-6500 3.6 GHz составило 55 секунд.

Список литературы

1. Automatic Differentiation in Machine Learning: a Survey [Электронный ресурс] / A.G. Baydin [et al.] : Computing Research Repository (CoRR), 2018. – Режим доступа : https://arxiv.org/abs/1502.05767

2. Nocedal, J. Numerical Oprimization / J. Nocedal, S. Wright. – New-York, USA, 2006. – P. 46-55, 250-270.

3. Gill, P. E. Practical Optimization / P. E. Gill, W. Murray, M. H. Wright – California, USA, 1981. – P. 133-140.

4. WRAP [Электронный ресурс] : R3DS – Режим доступа : https://www.russian3dscanner.com

Модифицированный алгоритм вируса полиморфика как основа деструктора информационной среды

А. А. Рыженко, e-mail: litloc@rambler.ru

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России

Аннотация. *Действующая ИС должна использовать не только конструкторы данных, но и деструкторы. Предлагается использовать механизм вируса полиморфика для устранения ошибки наследования за счет гибкой переориентации потоков данных.*

Ключевые слова: *информационная система, вирус-полиморфик.*

Введение

Современные информационные системы/технологии единой глобальной сети Интернет, основанные и использующие на практике распределенную *NoSQL* архитектуру хранения данных не попадают в классическое представление модели организации систем обработки и распространения структурированной информации корпоративного уровня и выше. Часто используемая реляционная структура, основанная на взаимосвязи индексированных данных на практике оказалась не возможна при переходе к уровню хранилищ данных (в том числе и облачных технологий). Асинхронные *GRID*-системы, использующие виртуальные таблицы с прямоугольной ячейкой данных, породили множество новых проблем, связанных с переполнением и избыточностью информации на всех уровнях взаимосвязи клиентов сети, в том числе и неконтролируемостью потоков при использовании протокола *TCP/IP* в качестве связующего звена между серверными таблицами данных и виртуальными клиентскими. В результате, перенасыщение избыточными данными при решении множества проблемных ситуаций в режиме реального времени требует дополнительного переосмысления проблемы взаимодействия архитектурных компонентов с основными принципами организации данных хранилищ. В частности, проблема организации процесса «конструктор-деструктор» требует принципиально новых механизмов и дополнительных алгоритмов, позволяющих рационализировать используемые информационные ресурсы даже на последней стадии преобразования – «утилизация».

© Рыженко А. А., 2019

1. Разработка модели деструктора данных

Здесь и далее предположим, что интерпретатор, позволяющий контролировать процедуру «конструктор-деструктор» представлен в виде архитектора сети, что согласуется с основной концепцией организации сетевого окружения «системы систем» по принципу невмешательства в жизненные процессы [1].

Распределенные информационные системы единой сети Интернет используют множество маршрутных потоков данных при получении и распространении информации, что архитектору позволяет формировать динамическую базу хранения с использованием табличных форм представления *GRID*-системы. При этом необходимо учесть, что представление таблиц с прямоугольной ячейкой не позволяет внести элемент контроля, что вполне реализуемо при переходе к 6-реберной ячейке, где третья часть обеспечивается протоколом TCP/IP за счет использования служебной информации в «теле» каждой связи.

Используя полученной принцип фасетной (ячеистой) системы хранения информации, можно предопределять для каждой ячейки не только конструктивную часть (создание данных), но и индивидуальное привило деструктивной части (уничтожение данных с условием).

Дальнейшее изучение существующих систем деструкторов выявило, что наиболее уникальной и достаточно гибкой (адаптивной) является система вируса-полиморфика, позволяющего динамично создавать правила уничтожения данных и модифицировать собственную архитектуру параллельно за счет использования встроенной корректируемой обратной связи, а также механизма распределения «голова-хвост» вместе с уничтожаемыми данными.

Исследование функционала вируса-полиморфика позволили систематизировать некоторые встроенные закономерности. В результате, разработана трехуровневая модель типа «черный ящик», позволяющая определить последовательность действий типового деструктора (PD_c, где C определяет стадию деструктивного воздействия) при внедрении $PD_{c[1]}$, распространении $PD_{c[2]}$ и заражении $PD_{c[3]}$ информационных систем (рис. 1). Учтено, что обязательной составляющей деструктора, ориентированного на уничтожение данных при изменении информации, является частичная автономность головы и хвоста полиморфных наследников, т.е.:

$$\exists pd_{c[i]}, pd_{c[j]} \in PD_c \mid pd_{c[i]} \xrightarrow[i \neq j, \exists i \to j]{} pd_{c[j]}, \forall i, j = \overline{1, N_c}.$$

В результате, основываясь на терминологии компьютерных вирусов, получена следующая последовательность действий деструктора-полиморфика при уничтожении данных:

1. Голова деструктора PD_1 ищет возможные пути внедрения в данные ячейки хранилища для формирования правила уничтожения в режиме «троян», используется инструментарий сканера на основе горизонтального сценарного дерева синтеза.

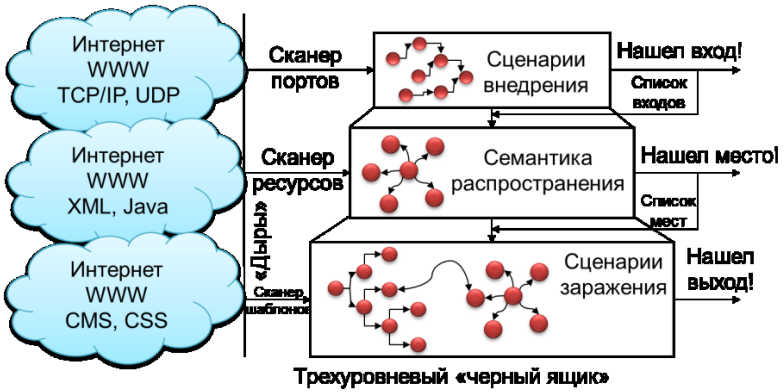


Рис. 1. Модель деструктора полиморфика

2. Сканер доступа позволяет построить семантическое дерево открытости для распространения по соседям ячейки системы в режиме «червь» для получения возможных связей. При этом деструктор отделяет хвост $PD_{\bar{c}}$ для адаптации наследников к ресурсам (рис. 2).

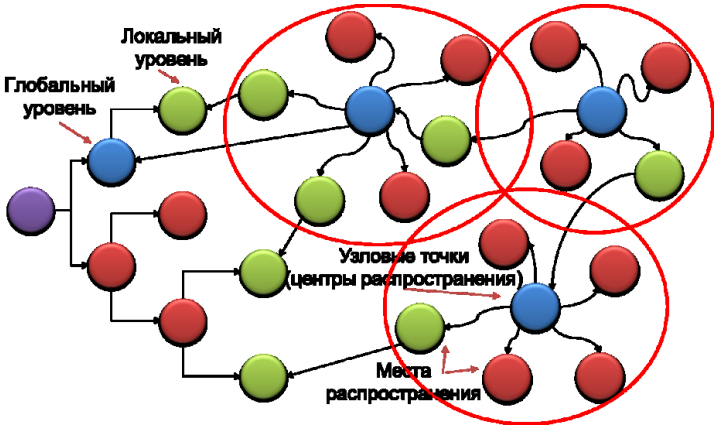


Рис. 2. Пример семантической сети с локализацией узлов второго уровня

Ограничение 1: переходные состояния между узловыми точками фасетной системы хранения данных могут не превышать двух, что позволяет распространяться достаточно быстро, а также не вызывать подозрения у архитектора развивающейся системы.

3. Хвост $PD_{\bar{c}}$ для каждой обнаруженной ячейки определяет сценарий «заражения» (формирование правила уничтожения) с использованием горизонтального дерева анализа в режиме «вирус», формирует новую голову, сканирует соседние ячейки, размножается, порождает наследника (рис. 3).

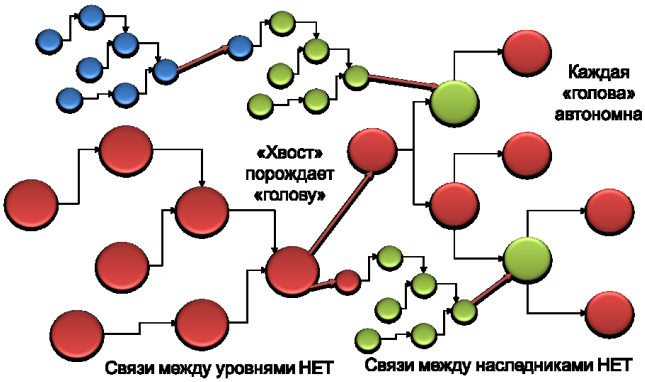


Рис. 3. Сценарий механизма заражения

Ограничение 2: каждый автономный наследник независим, начиная с этапа формирования, не имеет связи с породившем родителем, полностью дублирует действия. Процесс адаптации и обнаружения наследников также независим, возможные коллизии недопустимы, т.к. каждая голова содержит основной функционал взаимодействий по аналогии с идеологией протокола *TCP/IP*.

Также необходимо учесть, что на данном этапе полиморфик может полностью разрушить (уничтожить) систему хранения данных не вызывая подозрения в действиях, как со стороны информационной среды, так и со стороны архитектора. Для решения проблемы проведена систематизация правил в виде кубической системы «конструктор-архитектор-деструктор», позволяющая ввести обобщение в системы контролирования процессов корректируемой обратной связи.

2. Систематизация контроля деструктора

Систему процессов деструктивного воздействия можно описать в виде кубической системы ($И^3$), где три формирующих параметра описывают возможные состояния поведения (рис. 4).

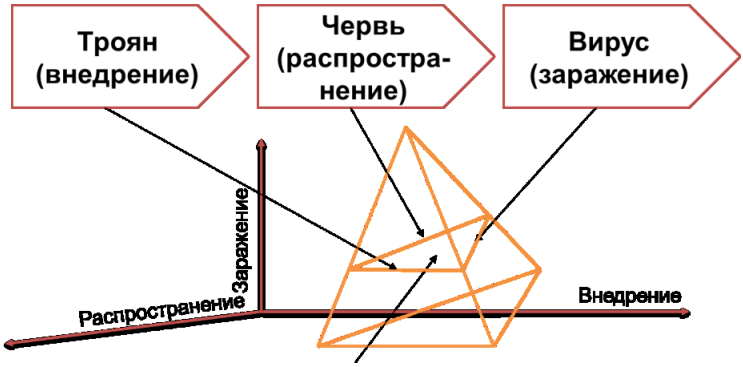


Рис. 4. Система процессов деструктора в форме $И^3$

3. Заключение

Тем не менее, для данного типа деструктора остается проблема, стандартные средства противодействия не позволяют обеспечить прямую связь между конструктором и деструктором информационные системы, что требует дополнительных исследований. Как вариант предлагается также использовать независимого архитектора, позволяющего использовать фасетную систему организации данных. Основные положения использования данной архитектуры представлены в работе [2].

Литература

1. Ryzhenko, A.A. Features creation of uniform model metacorporate information systems / A. A. Ryzhenko // Modern informatization problems. Proceedings of the XXII International Open Science Conference (Yelm, WA, USA, January 2017) : O. Ja. Kravets (ed.). – Yelm, WA, USA : Science Book Publishing House, 2017. – P. 47-51.

2. Рыженко, А. А. Проектирование алгебраической формы распределенной базы правил системы с автономными элементами / А. А. Рыженко // Седьмая Международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» САИТ 2017 (13-18 июня 2017 г., г. Светлогорск, Россия. – 2017. – С. 324-328.

Алгоритм построения сверхразрешения на основе калмановской фильтрации и суперпиксельной сегментации изображений

С. В. Саввин, email: savvin_s_v@sc.vsu.ru
А. А. Сирота, email: sir@cs.vsu.ru
А. Ю. Иванков, email: ivankov@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработан алгоритм построения многокадрового сверхразрешения в условиях ложных наблюдений на основе калмановской оптимальной линейной фильтрации и суперпиксельного представления изображений.*

Ключевые слова: *сверхразрешение, оптимальная фильтрация последовательности изображений, суперпиксельная сегментация, аппликативные помехи.*

Введение

Для эффективной работы многих систем обработки информации требуются изображения с высоким разрешением (ВР), обеспечивающие требуемый уровень детализации сцен. Одним из подходов к получению изображений ВР являются алгоритмы многокадрового сверхразрешения (СР), которые позволяют восстановить изображение ВР из последовательности изображений с низким разрешением (НР), отображающими одну и ту же сцену с субпиксельными сдвигами.

Несмотря, на наличие множества подходов к построению СР [1, 2], некоторые практические приложения остаются недостаточно изученными. Так, в процессе регистрации изображений НР помимо аддитивного шума, возможны как пропущенные наблюдения, так и ложные наблюдения аппликативного характера (рис 1а). Такая задача построения многокадрового СР, где изображениям НР свойственно наличие пропусков информации и аппликативных помех (АП), находит своё отражение преимущественно в исследованиях [2], использующих алгоритмы калмановского типа.

Обычно, в алгоритмах обработки применяется представление цифровых изображений в виде матрицы пикселей, которое не всегда является оптимальным. Одним из альтернативных подходов является предварительная суперпиксельная сегментация (СС) изображений заключающаяся в разбиении изображения на множество относительно

© Саввин С. В., Сирота А. А., Иванков А. Ю., 2019

мелких непересекающихся областей (суперпикселей), представляющих из себя относительно однородные группы пикселей (рис 1б). Полученное таким образом суперпиксельное представление изображения позволяет, в частности, организовать двухэтапную сегментацию изображений НР, которая заключается в последующей кластеризации суперпикселей, с целью обнаружить локальные области закрытий (ЛОЗ) аппликативных помех и повысить качество СР.

В данной работе рассматривается синтез и анализ алгоритма построения СР на основе оптимальной линейной фильтрации последовательности изображений НР и алгоритмами СС для выявления участков, пораженных аппликативными искажениями.

1. Построение СР на основе оптимальной линейной фильтрации

В рамках развиваемого подхода, обрабатываемые изображения НР интерпретируются как реализации случайного вектора, описывающего наблюдения восстанавливаемого изображения ВР в условиях аппликативных и аддитивных помех, что находит свою отражение в используемых моделях состояний и наблюдений (1).

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1} &= \mathbf{F}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{u}_k, \\ \mathbf{y}_k &= \mathbf{A}_k(\mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k) + \mathbf{B}_k(\tilde{\quad}\quad), \end{aligned} \qquad 2$$

где $k = \overline{1, K}$; $\mathbf{x}_{k+1}$, $\mathbf{x}_k$ – ненаблюдаемые векторы ВР; $\mathbf{F}_k$ – оператор межкадровых сдвигов; $\mathbf{u}_k$ – гауссовский вектор $\mathrm{M}[\mathbf{u}_k] = 0$; $\mathbf{y}_k$ - наблюдаемый вектор НР; $\mathbf{v}_k$ – вектор аддитивного шума измерений $\mathrm{M}[\mathbf{v}_k] = 0$; $\mathbf{H}_k$ – оператор, характеризующий воздействие системы формирования наблюдений и учитывающий ее искажения (смещение, прореживание, размытие); $\mathbf{A}_k$, $\mathbf{B}_k$ – диагональные матрицы характеризующие наличие полезной или ложной информации; $\tilde{\quad}$ – вектор экстраполированной оценки наблюдаемого изображения НР; $\mathbf{w}_k$ – отклонение ложных наблюдений от вектора $\tilde{\quad}$.

Возможны два подхода к процессу построения СР при наличии ложных наблюдений:

– оптимальный линейный фильтр (используется только априорная информация о ложных наблюдениях);

– условно-линейный фильтр (используется как априорная, так и апостериорная информации о ложных наблюдениях).

В [2] приводится детальное описание соотношений для итеративного уточнения оценки изображения ВР для обоих подходов и показано, что условно-линейный фильтр имеет существенно большую

точность восстановления изображения ВР по сравнению с оптимально линейной оценкой, что компенсирует необходимость дополнительных вычислений. В процессе работы условно-линейный фильтр использует дополнительную информационную составляющую, соответствующую каждому наблюдаемому изображению, которая задаётся в виде бинарного вектора и содержит данные о наличии ложных наблюдений в элементах изображения НР. Получение этой информации требуется проведение независимой сегментации каждого изображения НР. Полученная в результаты сегментация используются для расчёта:

– априорных вероятностей наличия или отсутствия полезной информации в отдельных пикселях НР

– априорных парных вероятностей наличия или отсутствия полезной информации в двух пикселях НР одновременно [2].

Следует также отметить, что применение данного подхода для обработки больших изображений требует реализации блочной обработки, заключающейся в независимой обработке перекрывающихся блоков изображений НР с последующим объединением результатов [2].

2. Двухэтапная сегментация аппликативных помех

Развиваемый в данной работе подход сегментации областей изображений НР, подверженных аппликативным искажениям, предполагает выполнение обработки в два этапа:

– проведение предварительной на основе суперпиксельной сегментации изображения;

– проведение кластеризации суперпикселей для их разбиения на полезные и ложные наблюдения.

В настоящее время существует большое количество алгоритмов СС, отличающихся по быстродействию, точности, компактности результатов и устойчивости. В данной работе используется алгоритм SLIC [3], который характеризуется балансом между скоростью выполнения и точностью выделения границ суперпикселей.

Так как каждый суперпиксель состоит из достаточно большого числа пикселей, оценки различных параметров суперпикселей, получаемые путем усреднения данных по числу пикселей, можно рассматривать как реализации случайных величин, описываемых нормальным распределением. Для дальнейшего разделения всех суперпикселей на два класса (полезные и аномальные наблюдения) на втором этапе сегментации предлагается применять хорошо известный EM-алгоритм (Expectation-Maximization), состоящий из двух шагов: E-шаг (вычисление апостериорных вероятностей нахождения каждого наблюдения из выборки в том или ином кластере) и M-шаг (вычисление очередного приближения неизвестных параметров распределений).

В качестве возможных признаков для кластеризации суперпикселей можно использовать следующие величины: средние значения цветовых компонент, дисперсии цветовых компонент, коэффициенты корреляции между цветовыми компонентами и др. Так как средние значения цветовых компонент в наибольшей степени характеризуют каждый суперпиксель, представляется целесообразным их использование во всех случаях в то время как остальные признаки могут использоваться при необходимости.

Как указывалось выше, включение результатов независимой сегментации в фильтр требует задания апостериорных значений вероятностей полезности наблюдений для каждого пикселя изображений, и в их качестве выступают значения апостериорных вероятностей суперпикселей, полученные на E-шаге. Апостериорные парные вероятности вычисляются на основе соответствующих соотношений, приведенных в [2] и полученной сегментации АП.

3. Экспериментальное исследование

В ходе экспериментального исследования проводилось сравнение точности построения СР при помощи условно-линейной фильтрации, использующей сегментацию методом k-средних [2] и двухэтапную сегментацию на основе СС и EM-алгоритма, описанную выше. Примеры работы данных алгоритмов показаны на рис. 1в и 1г.

а б в г

Рис. 1. Изображение НР, искажённое АП (а); СС изображения НР (б); изображение ВР, восстановленное на основе сегментации k-средних (в); изображение ВР, восстановленное на основе двухэтапной сегментации (г)

В качестве количественной меры точности алгоритма СР использовалась среднеквадратичная ошибка восстановления изображения ВР по сравнению с оригинальным изображением. На рис. 2 представлена её зависимость от средней относительной площади областей, подверженных АП.

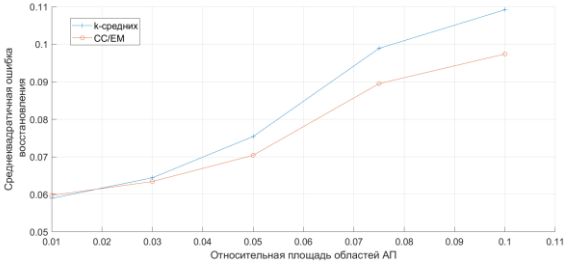


Рис. 2. Зависимость среднеквадратичной ошибки восстановления ВР от средней относительной площади ЛОЗ

В случае если АП искажают относительно небольшую площадь изображений НР, предложенный алгоритм показывает результаты, сопоставимые с оригинальным методом. Однако, при увеличении размера ЛОЗ предложенный метод начинает показывать меньшую ошибку восстановления достигая максимального уменьшения ошибки на 11.5%.

Заключение

В данное статье рассмотрено построение СР на основе алгоритмов оптимальной квазилинейной фильтрации в условиях АП с включением результатов независимой сегментации пораженных участков изображений НР. Предложен новый подход для сегментации АП, основанный на суперпиксельном представлении изображений и кластерном анализе суперпикселей. Проведено экспериментальное сравнение предложенного подхода с алгоритмом, использующим сегментацию на основе алгоритма k-средних. Проведенное исследование показало целесообразность применения предложенного подхода.

Список литературы

1. Huang, D. A short survey of image super resolution algorithms / D. Huang, H. Liu // Journal of Computer Science Technology Updates. – 2015. – Т. 2. – №2. – С. 19-29.

2. Ivankov, A. Image sequence filtering algorithms for resolution improvement in applicative noise conditions / A. Ivankov, A. Sirota // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. – 2015. – №51. – С. 622-631.

3. SLIC Superpixels Compared to State-of-the-Art Superpixel Methods / R. Achanta [et. al] // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2012. – Т.34. – №11. – С. 2247-2281.

Анализ систем аутентификации пользователя по лицу для персональных компьютеров

С. С. Стукалов, email: mr.luncode@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются существующие программные и аппаратно-программные комплексы для аутентификации пользователей персональных компьютеров, выявлены их недостатки. Предлагается собственный подход к разработке аппаратно-программного комплекса, который бы исключал недостатки рассмотренных систем.*

Ключевые слова: *распознавание лиц, аутентификация пользователей.*

Введение

Идентификация и авторизация пользователя по лицу – это удобно и быстро по сравнению с вводом пароля или использованием отпечатка пальца. Современные компьютеры позволяют производить определение лица пользователя на фотографии за секунду.

В данный момент на рынке представлено множество решений для идентификации пользователя как для мобильных платформ, так и для персональных компьютеров. Но не все они обеспечивают уровень безопасности, достаточный для повседневного использования таких решений. Попытаемся проанализировать существующие решения для персональных компьютеров.

1. Анализ существующих систем

Рассмотрим несколько наиболее известных вариантов программного обеспечения для идентификации пользователя: Windows Hello от фирмы Microsoft [1], AMD Face от AMD Corp [2], KeyLemon от KeyLemon [3], True Key от MsAfee [4], Rohos Face Logon от Rohos [5], Blink от Luxand [6].

Windows Hello является программно-аппаратным комплексом идентификации пользователя, встроенный по умолчанию в операционную систему MS Windows 10, и обеспечивает контроль доступа пользователей в систему и к определенным ее компонентам. Данный комплекс интересен тем, что для работы модуля распознавания лица требуется специальное оборудование: камера, включающая в себя

© Стукалов С. С., 2019

обычную камеру, камеру инфракрасного спектра и инфракрасную лампу. Похожим образом работает игровой контроллер xbox kinnect [7]. На текущий момент распознавание лица доступно только пользователям определенных моделей портативных ПК, отдельно камеры для Windows Hello пока не выпускаются (выпускались раннее). Это сильно ограничивает круг использования данной системы. Еще одной особенностью является наличие API для использования данной системы в сторонних приложениях [8]. Есть поддержка идентификации по отпечатку пальца при наличии соответствующего оборудования или pin-коду. Во всех остальных рассмотренных системах используется обычная веб-камера.

Технология AMD Face доступна только пользователям компьютеров на базе гибридных процессоров (APU) компании AMD A-серии (A6 – A10), серии PRO и FX – данные процессоры включают в себя графический ускоритель (GPU). Есть наличие настройки точности сопоставления лица пользователя с камеры и из памяти программы. Данное решение существует только в версии для платформы MS Windows.

Решение от KeyLemon предоставляет возможность использовать идентификацию пользователя по лицу или отпечатку пальца на платформах MS Windows и macOS. Используется стандартная веб-камера, есть настройки точности узнавания пользователя и настройки нескольких пользователей. Отличительной особенностью данного решения является то, что программа может следить за присутствием пользователя и блокировать компьютер, как только пользователь покинет область видимости камеры.

Программное обеспечение TrueKey разрабатывается для таких платформ, как MS Windows и macOS. Есть версии и для мобильных устройств. Данное программное обеспечение предоставляет возможность настройки точности узнавания пользователя. Отличительной особенностью решения является возможность настроить дополнительный фактор безопасности – pin-код, отпечаток пальца, «доверенное устройство». Включает в себя функции обеспечения безопасности пользовательских данных (шифрование) и менеджер паролей.

Следующее решение, Rohos FaceLogon предоставляет только возможность авторизации по лицу. В качестве запасного варианта или дополнительной защиты поддерживается usb-ключ или pin-код. Разрабатывается данное программное обеспечение только под платформу MS Windows, но поддерживает большее число версий данной ОС по сравнению с остальными решениями – есть поддержка

ОС Windows XP. Данное программное обеспечение использует систему искусственного интеллекта для распознавания пользователя.

Последнее рассмотренное решение – Blink. Это программное обеспечение в данный момент не поддерживается, поэтому существует только в версии для ОС MS Windows Vista и MS Windows 7. Есть настройка степени узнавания пользователя. Заявлена способность узнавать пользователя, если пользователь сменил прическу, надел очки. В этом режиме система наиболее уязвима перед злоумышленниками. Есть настройка порога узнавания пользователя.

Все рассмотренные системы, за исключением Windows Hello, используют стандартные web-камеры и являются программными решениями. Поэтому недостатком всех этих систем является неустойчивость к обходу системы с использованием изображения зарегистрированного в такой системе пользователя (спуфинг [9]). Для защиты необходимо настраивать дополнительные факторы, что усложняет использование таких решений. Комплекс Windows Hello более защищен от злоумышленников за счет использования специального оборудования вместо стандартных камер. Однако производители неохотно внедряют данные технологии в свои портативные устройства, а существующие аппаратные решения для настольных систем обладают крайне высокой стоимостью, из-за чего использование данного решения практически невозможно.

2. Программно-аппаратный комплекс идентификации и авторизации пользователя

Проведенный анализ существующих решений показывает актуальность задачи разработки простого в использовании, максимально доступного и безопасного программно-аппаратного комплекса идентификации и авторизации пользователя. Такой комплекс должен обладать следующими характеристиками: относительно недорогая и доступная аппаратная часть – специальная камера и программное обеспечение, обеспечивающее достаточный уровень защиты от спуфинга и высокую точность распознавания пользователя. Также необходимо обеспечить совместимость с наиболее популярными платформами.

Структура предлагаемого комплекса представлена на рисунке.

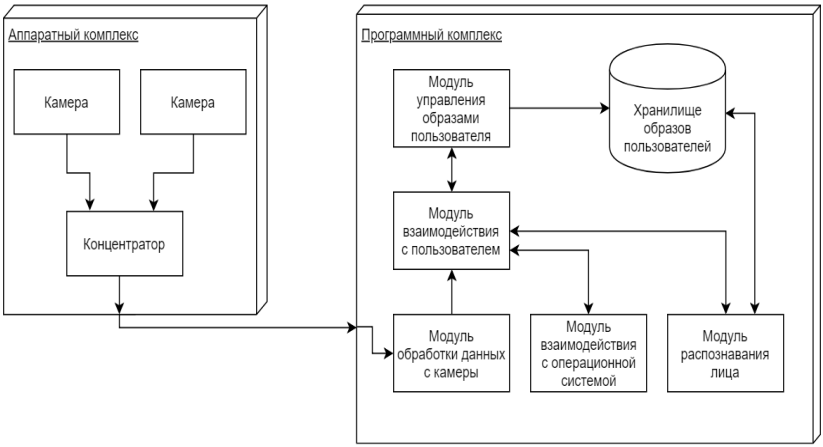


Рисунок. Схема предлагаемого решения

Аппаратная часть содержит двойную камеру. Программная часть включает в себя следующие модули:

– Модуль обработки данных с камеры.
– Модуль взаимодействия с пользователем.
– Модуль распознавания лица
– Модуль управления образами пользователей.
– Модуль, взаимодействующий с операционной системой.

Модуль обработки данных с камеры отвечает за получение данных с камеры и приведение их к виду, пригодному для работы с ними. В эти задачи входит выделение лица, обрезка изображений, формирование объемной модели лица.

Модуль взаимодействия с пользователем представляет интерфейс взаимодействия пользователя и программного обеспечения комплекса. Данный модуль отвечает за инициализацию процесса распознавания лица, работу с имеющимися или новыми образами пользователя.

Модуль распознавания лица осуществляет сопоставление данных, полученных с камеры с теми образами, которые хранятся в хранилище образов. В хранилище образов хранятся не только плоские изображения, но и объемные трехмерные модели лиц, с которыми осуществляется сопоставление.

Модуль управления образами пользователя осуществляет работу с хранилищем образов пользователей – удаление или добавление образов.

Заключение

Анализ существующих решений показал недостатки систем: доступные решения плохо защищены от спуфинга, а более защищенные алгоритмы требуют сложные и не всегда доступные аппаратные решения.

Предложенный аппаратно-программный комплекс обладает повышенной устойчивостью алгоритма распознавания к спуфингу за счет того, что комплекс обрабатывает не плоское изображение, а трехмерную модель. Также реализация аппаратной части комплекса не требует больших затрат для реализации, так как может быть использована пара обычных веб-камер.

Список литературы

1. Windows Hello [Электронный ресурс] : Microsoft – Hardware Dev Center. – Режим доступа : https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/design/device-experiences/windows-hello
2. AMD Face Login [Электронный ресурс] : AMD. – Режим доступа : http://www-sit.amd.com/en-gb/innovations/software-technologies/face-login
3. KeyLemon [Электронный ресурс] : KeyLemon. – Режим доступа : https://www.keylemon.com/
4. True Key [Электронный ресурс] : True Key. – Режим доступа : https://www.truekey.com/ru
5. Rohos Face Logon [Электронный ресурс] : Rohos. – Режим доступа: http://www.rohos.ru/products/rohos-face-logon/
6. Luxand Blink [Электронный ресурс] : Luxand. – Режим доступа: https://www.luxand.com/blink/
7. Kinect for Xbox 360 [Электронный ресурс] : Xbox. – Microsoft – Wayback Machine – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20140110181821/http://www.xbox.com/en-US/xbox360/accessories/kinect/KinectForXbox360
8. Windows Biometric Framework [Электронный ресурс] : Microsoft – Hardware Dev Center. – Режим доступа : https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/desktop/SecBioMet/biometric-service-api-portal
9. Спуфинг (spoofing) [Электронный ресурс] : Энциклопедия «Лаборатории Касперского». – Режим доступа : https://encyclopedia.kaspersky.ru/glossary/spoofing/

Системы обнаружения проникновений IDSs на основе блокчейн

А. С. Тороев, e-mail: tor_smolensk@mail.ru

КВВУ им. С.М. Штеменко

Аннотация. *В данной статье рассматривается возможность интеграции технологии блокчейн в системах IDSs . Обсуждается применимость блокчейн в системах обнаружения проникновения и определяются открытые проблемы по данному направлению.*

Ключевые слова: *обнаружение проникновения, совместная сеть, блокчейн, доверительное управление, киберугрозы.*

Введение

С целью идентификации киберугроз и возможных инцидентов, системы обнаружения проникновений (IDSs) широко развертываются в различных компьютерных сетях. Для повышения вероятности обнаружения вредоносных воздействий на смену единичным IDS пришли совместные сети обнаружения проникновений (или совместные IDSs), которые позволяют узлам IDS обмениваться данными друг с другом. Хотя системы по обнаружению проникновений изучаются последние 40 лет, совместное использование данных и доверительное управление всё ещё остаются двумя основными проблемами, которые ухудшают эффективность таких систем.

Совместное использование данных является главной проблемой для совместных систем обнаружения проникновений, так как реализация данного процесса является нетривиальной задачей, поскольку всем участвующим сторонам необходимо доверять друг другу. Например, технология PKI может помочь построить некоторые доверительные отношения, однако её работа не всегда является эффективной. Кроме того, из-за проблем конфиденциальности, некоторые стороны не готовы совместно использовать данные. Без достаточного количества данных данная технология неспособна оптимизировать алгоритмы обнаружения и создать устойчивую модель для идентификации подозрительных событий.

В части касающейся доверительного управления известно, что системы CIDNs/CIDSs уязвимы для инсайдерских атак, так как у злоумышленника есть санкционированный доступ к сети. На практике, центральный сервер осуществляет сбор трафика и поведенческих

© Тороев А. С., 2019

данных узлов, после чего производит вычисление значения уровня доверия для каждого узла. Однако когда сеть организации очень активно увеличивается, доверительное управление в такой системе становится проблемой, так как центральный сервер становиться единой точкой отказа и может быть скомпрометирован.

В последние годы технология блокчейн показала свою адаптируемость во многих сферах: логистика, международные денежные операции, межбанковское дело является далеко не полным списком сфер выше заявленной технологии. Поскольку блокчейн может защитить целостность хранения данных и гарантировать прозрачность процесса, данная технология имеет потенциал, который, как мне кажется, необходимо применить в системах обнаружения проникновений.

1. Анализ применимости существующих блокчейн решений в системах обнаружения проникновений

В настоящее время существуют некоторые предложения по внедрению технологии блокчейн в системы обнаружения проникновений. Например, Alexopoulos и другие [1] предложили использовать CIDS на основе данной технологии для повышения доверия между узлами IDS. В частности, они рассматривали необработанные оповещения, генерируемые каждым узлом IDS, как транзакции в блокчейн, которые могут быть реплицированы среди сотрудничающих узлов CIDN. Затем все сотрудничающие узлы исполняли консенсусный протокол, гарантирующий действительность транзакции перед помещением их в блок. Данная операция гарантировала, что предупреждения, хранящиеся в блокчейн, невозможно подменить. Однако, анализируя любой тип протокола консенсуса, можно увидеть, что майнинг блоков осуществляют пользователи за вознаграждение для поддержания работоспособности системы. Так, протокол «Доказательство работы» имеет некоторые известные проблемы. Например, много вычислительной мощности тратится впустую, чтобы вычислить возможное решение, которое приводит к высокой стоимости энергии для майнеров и в конечном итоге оказывается дорогим. Также в майнинге могут участвовать только узлы с высокой вычислительной мощностью. В результате, только ограниченное число майнеров могут участвовать в майнинге, что в принципе является допустимым для решения проблемы конфиденциальности, однако увеличивает шансы атаки 51%. Кроме того, в будущем майнеры будут получать от пользователей только комиссию за транзакции. Это уменьшит количество майнеров, а это означает, что сложность решения вычислительной задачи уменьшится.

Из этого следует, что система станет ещё более уязвимой к атаке 51%. Альтернативой доказательству работы является использование доказательства ставки.

Доказательство ставки – это консенсусный алгоритм, предложенный в 2012 году в качестве альтернативного алгоритма доказательства работы. Он используется для проверки блока транзакций в сети блокчейн и имеет механизм наказания узлов, которые не следуют консенсусному протоколу. Майнер должен делать ставки или ставить ставки на определенное количество цифровых активов для достижения консенсуса. В отличие от доказательства работы, этот алгоритм случайным образом выбирает майнера из майнинг пула и выбранный майнер требуется для решения простой математической задачи. Затем, если майнер успешно решает задачу, на его ставку начисляется процент или бонус. В противном случае следующий майнер выбирается случайным образом. Следовательно, нет никакой гонки, чтобы решить математическую проблему для получения экономического стимула.

Основными преимуществами proof-of-stake перед proof-of-work являются снижение энергопотребления и большая децентрализация, что приводит к снижению шансов атаки на 51%. Поскольку proof-of-stake имеет только простую математическую задачу, майнеры не нуждаются в компьютерах высокого класса для участия в майнинге. Достаточно менее мощного компьютера. Таким образом, гораздо меньше энергии тратится впустую, и нет жесткой конкуренции на создание узлов с высокой вычислительной мощностью для получения экономического стимула. Более того, практически любой узел может участвовать в майнинге. Таким образом, proof-of-stake потребляет меньше энергии и мотивирует более широкое участие в майнинге, что увеличивает децентрализацию блокчейна. Однако, в виду того, что любой узел может просматривать транзакции, остается нерешенной проблема конфиденциальности. Таким образом, использование существующих решений блокчейн систем не представляется возможным, в связи с этим для решения данной проблемы предлагается построение архитектуры многослойного блокчейна.

2. Построение многослойной блокчейн системы для систем обнаружения проникновений

Рассмотрим на рисунке 1 архитектуру построения многослойных блокчейн систем. Каждый слой архитектуры будет отражать географическую локацию узлов IDS и состоит из центральной цепи открытого блокчейн и субцепей организаций закрытого блокчейн. Майнинг закрытых блокчейн систем будет осуществляться только

доверенными майнерами на основе доказательства работы. Узлы IDS будут формировать оповещения и шифровать их. Каждый узел IDS и майнер будет иметь определенное количество атрибутов. Из этого следует, что только тот майнер, который имеет соответствующие атрибуты, может расшифровать данные, проверить их целостность и поместить в блок. Структуру доступа к данным и атрибуты будут назначаться атрибутными подразделениями (АП).

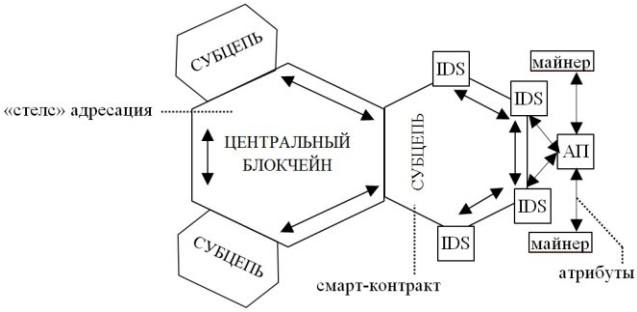


Рис. 1. Архитектура многослойного блокчейн.

В Центральном блокчейн заголовок и хэш-значение каждого блока всех субцепей будут являться транзакциями. Формирование блоков будет осуществляться на основе алгоритма доказательства ставки и его модификаций. Как только последняя транзакция в цепочке окажется внутри достаточно старого блока, все предшествующие ей транзакции в цепочке могут быть удалены в целях очистки дискового пространства. Чтобы хэш блока остался неизменным, все транзакции в блоке хранятся в виде хэш-дерева Меркла и лишь его корень включается в хэш блока рисунок 2).

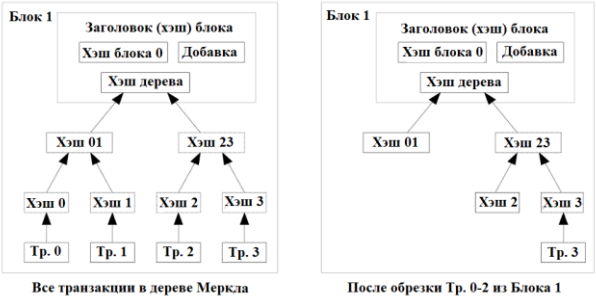


Рис. 2. Принцип построения дерева Меркла

Размер старых блоков может быть уменьшен за счет удаления ненужных ветвей этого дерева, хранить промежуточные хэши необязательно. Заголовок пустого блока будет составлять около 80 байт. Из расчета скорости генерации блока раз в десять минут получаем 80*6*24*365=4.2 Мб в год. Для среднестатистического на 2008 год компьютера с 2 Гб оперативной памяти с учетом закона Мура, предсказывающего рост на 1.2 Гб в год, хранение данных не будет проблемой, даже если все заголовки блоков будут находиться в памяти [4].

Заключение

В результате проведенного исследования было выявлено, что существующие системы построения блокчейн не подходят для применения в распределенных системах проникновения вторжений CIDS.

Применение новой архитектуры многослойного блокчейн позволяет наиболее эффективно осуществлять майнинг, что делает систему более устойчивой к атаке 51%.

Использование шифрования данных на основе атрибутов позволит решить проблему конфиденциальности данных и разграничит доступ к ним.

Перспективным направлением для будущих исследований считаю создание нового поколения операционных систем на основе блокчейн, в которых роль майнера будут выполнять не пользователи, а автономные программные модули, что в корне исключит возможность атаки методом сговора.

Литература

1. Alexopoulos, N. Vasilomanolakis, E. Ivanko, N.R. Muhlhauser, M. Towards blockchain-based collaborative intrusion detection systems / N. Alexopoulos// – In Proc. Int. Conf. Critical Inf. Infrastruct. Secur. – 2017. – P. 1-12.

2. Meng, W. Wolfgang Tischhauser, E. Wang, Q. Wang, Y. Jinguang, H. When Intrusion Detection Meets Blockchain Technology: A Review/ W. Meng // in Proc. IEEE Symp. Secur. Privacy. – January 30. – 2018. – pp. 10179–10188.

3. Goyal, R. Goyal, V. Overcoming cryptographic impossibility results, using blockchains / R. Goyal // In Proc. 15th Int. Conf. TCC, Baltimore, MD, USA. – 2017. – P. 529-561.

4. Биткойн: система цифровой пиринговой наличности [Электронный ресурс] // Информационно-справочный портал. – Режим доступа : http://info-miner.ru/coins-cryptocurrency/testovaya-zapis-opisanie-monet/

Применение обобщенной дискретной диаграммы Вороного k-го порядка для анализа геопространственных данных

С. А. Хальзов, email: khalzovsergey@mail.ru
В. В. Фертиков, email: fvv@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Анализ геопространственных данных часто требует определения близости точки к произвольному объекту или группе объектов карты, причем расстояние до каждого из них может измеряться в своей собственной метрике. В данной работе представлен алгоритм быстрого построения обобщенной дискретной диаграммы Вороного k-го порядка в виде квадродерева, которое хорошо подходит для решения данной задачи.*

Ключевые слова: *дискретная диаграмма Вороного, диаграмма Вороного k-го порядка, анализ геопространственных данных, квадродерево.*

Введение

Геоинформационная система (географическая информационная система, ГИС) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах. ГИС применяются в картографии, метеорологии, муниципальном управлении, транспорте, экономике и многих других областях. С помощью ГИС решается множество задач, в том числе поиск ближайших точек интереса (point of interest, POI) и определение зон обслуживания (service areas). Перечисленные задачи объединяет то, что они могут быть решены с применением диаграммы Вороного (ДВ).

1. Анализ геопространственных данных

Диаграмма Вороного — разбиение пространства, при котором каждая область этого разбиения состоит из точек, более близких к одному из элементов множества сайтов (генераторов), чем к любому другому элементу данного множества.

Диаграмма Вороного k-го порядка — разбиение пространства на области, точки которых ближе всего к своему собственному набору из k-ближайших сайтов. Диаграмма может быть неупорядоченной — два набора сайтов считаются одинаковыми, если содержат одни и те же

© Хальзов С. А., Фертиков В. В., 2019

сайты, и упорядоченной — сайты в наборе упорядочиваются согласно расстоянию до каждого из них. Более формальное определение обоих типов диаграмм можно найти в [1].

Диаграмма Вороного k-го порядка хорошо подходит для решения задачи поиска k-ближайших POI. Данная проблема часто возникает при анализе геопространственных данных. В практических задачах при вычислении расстояний необходимо учитывать топологию местности, а также способ передвижения, в результате чего для поиска ближайших POI необходимо строить обобщенную ДВ.

В [2, 3] описан алгоритм построения дискретной обобщенной ДВ в виде квадродерева, которое хорошо подходит для обработки пространственных запросов, характерных для ГИС. В алгоритме используется произвольная функция расстояния, что позволяет при расчете пути по дорожному графу учитывать сколь угодно много его особенностей. Алгоритм примечателен еще тем, что сосредотачивает вычисления в области границ ячеек вороного, экономя тем самым вычислительные ресурсы.

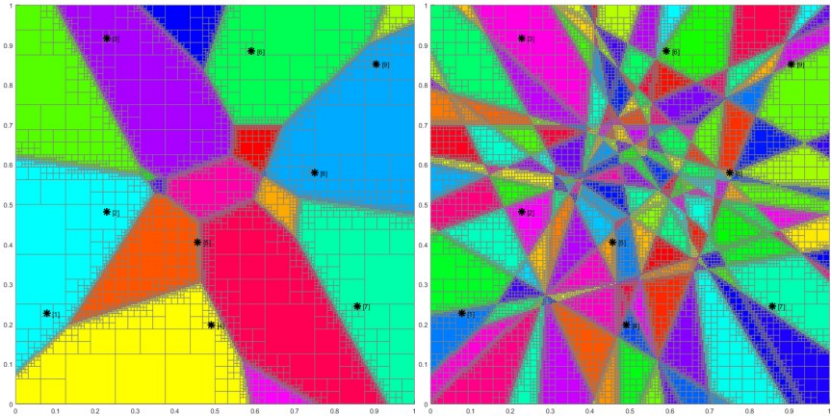
Создание ДВ k-го порядка позволяет заранее решить задачу поиска k-ближайших POI для всей карты, в результате чего при запросе пользователя можно сразу выдать готовый список ближайших POI. Как правило, на практике требуется упорядоченный список POI согласно расстоянию до точки запроса. Для решения данной задачи подходит упорядоченная ДВ k-го порядка. Но данная диаграмма значительно сложнее неупорядоченной. Упорядоченную диаграмму k-го порядка можно получить, объединив все неупорядоченные диаграммы с 1-го до k-го порядков включительно. Разница в сложности упорядоченной и неупорядоченной диаграмм наглядно продемонстрирована на рис. 1.

Следует также учесть и то, что состояние дорожного графа постоянно меняется, присутствуют как закономерные изменения (например, изменение трафика в зависимости от времени суток), так и случайные происшествия (аварии, неисправности светофоров, и т.п.). Состояние дорожного графа может сильно влиять на вид диаграммы, из-за чего ее необходимо регулярно пересчитывать.

Для решения перечисленных выше проблем можно построить неупорядоченную диаграмму порядка m, где $m > k$. При запросе k-ближайших POI необходимо:

1. получить список из m кандидатов, используя построенную ранее неупорядоченную ДВ m-го порядка;
2. вычислить расстояние от точки запроса до каждого из m кандидатов;

3. найти среди m кандидатов k-ближайших (сложность $O(m)$);
4. отсортировать список k-ближайших POI (сложность $O(k \log k)$).



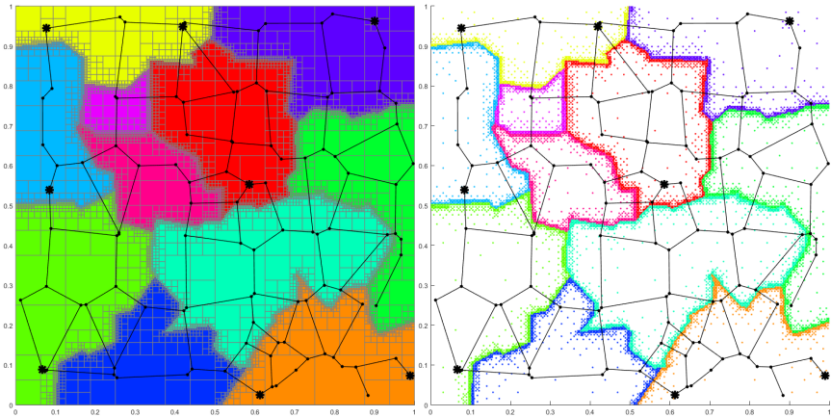
а б

Рис. 1. Сравнение упорядоченной и неупорядоченной ДВ 5-го порядка для 9 точек: а — неупорядоченная (18 секторов, 9646 точек), б — упорядоченная (229 секторов, 34642 точки)

Точное значение m можно подобрать экспериментально. В данной схеме наиболее трудоемким является шаг 2, на котором приходится вычислять m расстояний. Трудоемкость тем выше, чем сложнее метод прокладывания маршрута, то есть чем больше факторов при этом учитывается (ограничение скорости, плотность потока, аварии, ремонтные работы и т.п.).

Если ресурсы сервера позволяют, то можно вычислять упорядоченную ДВ k-го порядка с учетом текущей ситуации на дорожном графе каждые 10-30 минут, также пересчитывая для каждой ячейки диаграммы все возможные маршруты. Однако гораздо эффективнее использовать неупорядоченную ДВ m-го порядка и кэшировать рассчитанные маршруты.

На рис. 2а показана неупорядоченная ДВ 2-го порядка, построенная для программно сгенерированного дорожного графа. На рис. 2б показаны точки, в которых проводились вычисления. Видно, что вычисления сосредоточены в области границ ячеек.



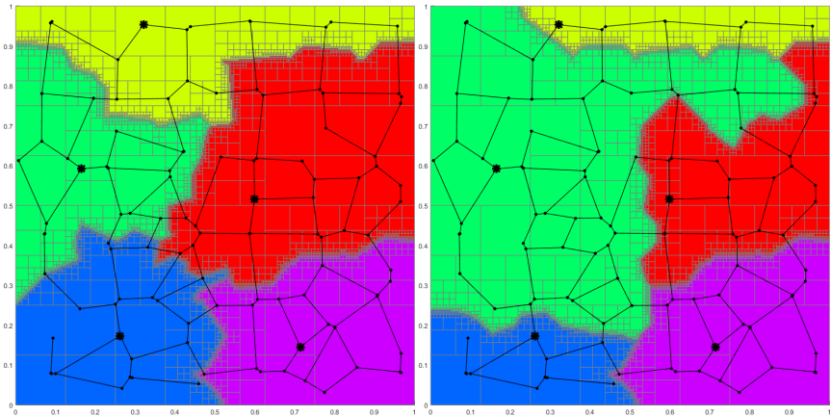
а б

Рис. 2. Неупорядоченная ДВ 2-го порядка:
а — диаграмма, б — рассчитанные точки

Другая задача — анализ зон обслуживания. Возможно минимум два варианта задачи. В первом случае необходимо определить потенциальную нагрузку на сервисный центр (СЦ). Для этого строится диаграмма, после чего вычисляется площадь и количество обслуживаемых объектов на ней.

Второй вариант задачи включает в себя первый как подзадачу. Во втором случае необходимо разделить зоны обслуживания между сервисными центрами пропорционально их мощности. Чтобы это сделать каждому СЦ назначается вес, согласно его мощности, строится диаграмма, с помощью которой вычисляется территория, которую он может обслужить и количество обслуживаемых объектов на ней. После чего вычисляется нагрузка на СЦ, веса пересчитываются, и строится новая диаграмма. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто требуемое распределение нагрузки с заданной погрешностью. На рис. 3 показан пример для 5-и сервисных центров. На рисунке видно как увеличивается зона обслуживания одного из СЦ при увеличении его веса.

Упорядоченная ДВ 2-го и больших порядков может потребоваться при определении зон совместного обслуживания. В случае отказа или перегрузки одного из СЦ будет сразу известно, какой СЦ будет его замещать.



а б

Рис. 3. Анализ зон обслуживания (аддитивно взвешенная ДВ):
а – равные веса, б – вес одного из сайтов увеличен

Заключение

В работе показано, что алгоритм из [2, 3] можно эффективно применять для поиска ближайших POI и анализа зон обслуживания. Алгоритм строит обобщенную дискретную ДВ k-го порядка в виде квадродерева, которое позволяет ускорить поиск ближайших POI, уменьшая область поиска, а также может быть использовано для вычисления зоны обслуживания и подсчета количества обслуживаемых объектов.

Литература

1. Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams / A. Okabe [et al.] ; with a foreword by D.G. Kendall. — 2nd ed. p. cm. — New York : John Wiley & Sons Ltd., 2008. – 671 p.
2. Хальзов, С.А. Алгоритм построения дискретной диаграммы Вороного произвольной размерности с заданной точностью / С.А. Хальзов, В.В. Фертиков // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 5 т. — Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2017. – Т. 3. – С. 183-188.
3. Хальзов, С.А. Алгоритм построения дискретной диаграммы Вороного k-го порядка произвольной размерности с заданной точностью / С.А. Хальзов, В.В. Фертиков // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. — Воронеж, 2017. – Вып. 11. – С. 323-329.

Формализованное представление информационных процессов в автоматизированных системах радиоконтроля в условиях обеспечения безопасности информации

Р. А. Хворов, email: khvoroff@rambler.ru
В. А. Безрядин

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются подход к моделирования информационных процессов в автоматизированных системах радиоконтроля в условиях обеспечения безопасности информации.*

Ключевые слова: *автоматизированные системы радиоконтроля, ориентированный граф, угрозы безопасности информации.*

Введение

Формирование математического (формализованного) описания информационных процессов в автоматизированных системах радиоконтроля (АС РК) в условиях обеспечения безопасности информации сопряжено с необходимостью учета ряда особенностей, к числу которых относятся:

– стохастичность информационных процессов в АС РК, обусловленная случайными длительностями времен выполнения функций обработки информации;

– стохастичность воздействия угроз информационной безопасности;

– стохастичность процессов защиты информации, обусловленная случайными длительностями времен реализации функций защиты.

1. Формализованное представление

С целью формализации функционального описания исследуемых процессов условно определим функцию любого уровней иерархии такого описания, как процедуру.

Множество $\wp$ процедур обработки и защиты информации в АС РК представим в виде:

$$\wp = \left\{ \rho_i = \left\langle И_i, \Phi_i, B_i \right\rangle \middle| \rho_i \in \wp_i, i = 1,2,...,|\wp| \right\},$$

где ρ_i – i-я процедура обработки (защиты) информации; $И_i$ – идентификатор процедуры ρ_i; $\Phi_i = \{\phi_{i,j}\}$ – структурированное

© Хворов Р. А., Безрядин В. А., 2019

множество функций, реализующих процедуру ρ_i; B_i – временная характеристика процедуры ρ_i, представляемая в виде:

$$B_i = \left\langle в_i^{(з)}, в_i^{(с)}, в_i^{(о)}, в_i^{(мин)}, в_i^{(макс)} \right\rangle, \quad (3)$$

где $в_i^{(з)}$, $в_i^{(с)}$, $в_i^{(о)}$, $в_i^{(мин)}$, $в_i^{(макс)}$ – характеристики случайного времени реализации процедуры: $в_i^{(з)}$ – условное обозначение закона распределения (равномерный, усеченный экспоненциальный, усеченный нормальный); $в_i^{(с)}$ – среднее значение; $в_i^{(о)}$ – среднеквадратичное отклонение; $в_i^{(мин)}$ – минимальное значение; $в_i^{(макс)}$ – максимальное значение.

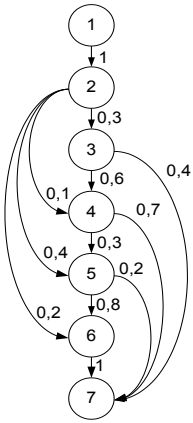
Определим на квадрате $\wp \times \wp$ множества $\wp$ процедур ρ_i, $i = 1, 2, \ldots, |\wp| - 1$, отношение порядка их выполнения и опишем его списком вида:

$$s_i^{(n)} = \left\langle M_i, l_1, p_{il1}^{(n)}, l_2, p_{il2}^{(n)}, \ldots, l_M, p_{ilM_i}^{(n)} \right\rangle, \quad (4)$$

где M_i – число процедур, которые могут быть выполнены после i-ой процедуры; l_m – номер процедуры, выполняемой после i-ой процедуры, $m = 1, 2, \ldots, M_i$; $p_{il_m}^{(n)}$ – вероятность перехода на данную процедуру.

Список формируется по убыванию значений вероятностей перехода.

Ниже приводится множество списков, описывающих, приведенный в качестве примера на рисунке, порядок следования процедур.



$s_1^{(n)} = \langle 1, 2, 1 \rangle$, $s_2^{(n)} = \langle 4, 5, 0{,}4, 3, 0{,}3, 6, 0{,}2, 4, 0{,}1 \rangle$, $s_3^{(n)} = \langle 2, 4, 0{,}6, 7, 0{,}4 \rangle$, $s_4^{(n)} = \langle 2, 7, 0{,}7, 5, 0{,}3 \rangle$, $s_5^{(n)} = \langle 2, 6, 0{,}8, 7, 0{,}2 \rangle$, $s_6^{(n)} = \langle 1, 7, 1 \rangle$

Рисунок. Вариант порядка следования процедур

Геометрическим изображением отношений порядка выполнения процедур является ориентированный граф вида [1]:

$$G = G\left(\rho, S^{(n)}\right), \tag{5}$$

множество вершин которого совпадают с исходным множеством $\wp$ процедур, а множество дуг – с множеством $S^{(n)} = \{s_i^{(n)}\}$ отношений между ними.

Аналогичным образом определим на квадрате $\Phi_i \times \Phi_i$ множества Φ_i функций $\phi_{i,j}$, $i = 1, 2, \ldots, |\wp|$, $j = 1, 2, \ldots, |\Phi_i|$-1, составляющих процедуру ρ_i отношение порядка их выполнения и опишем списком вида:

$$s_{ij}^{(\phi)} = \left\langle N_{ij}, k_{j1}, p_{ijk_{i1}}^{(\phi)}, k_{i2}, p_{ijk_{i2}}^{(\Phi)}, \ldots, k_{ijN_{ij}}, p_{ijk_{in}}^{(\phi)} \right\rangle, \tag{6}$$

где N_{ij} – число функций, которые могут быть выполнены после j-ой функции; k_{in} – номер функции, выполняемой после j-ой функции, $n = 1, 2, \ldots, N_{ij}$; $p_{ijk_{in}}^{(\phi)}$ – вероятность перехода на данную функцию.

Как и в предыдущем случае, геометрическим изображением отношений порядка выполнения функций является ориентированный граф вида [2]:

$$g = g\left(\Phi_i, S_i^{(\phi)}\right), \tag{7}$$

множество вершин и дуг которого совпадают с исходным множеством Φ_i функций и отношений $S_i^{(\phi)} = \{s_{ij}^{(\phi)}\}$ между ними, соответственно.

По аналогии с (1) представим временные характеристики функции ϕ_{ij} в виде:

$$\Omega_{ij} = \left\langle \omega_{ij}^{(з)}, \omega_{ij}^{(с)}, \omega_{ij}^{(о)}, \omega_{ij}^{(мин)}, \omega_{ij}^{(макс)} \right\rangle, \tag{8}$$

где $\omega_{i,j}^{(з)}$, $\omega_{i,j}^{(с)}$, $\omega_{i,j}^{(о)}$, $\omega_{i,j}^{(мин)}$, $\omega_{i,j}^{(макс)}$ – характеристики случайного времени реализации функции: $\omega_{i,j}^{(з)}$ – условное обозначение закона распределения (равномерный, усеченный экспоненциальный, усеченный нормальный); $\omega_{i,j}^{(с)}$ – среднее значение; $\omega_{i,j}^{(о)}$ – среднеквадратичное отклонение; $\omega_{i,j}^{(мин)}$ – минимальное значение; $\omega_{i,j}^{(макс)}$ – максимальное значение.

Заключение

Таким образом, представление информационного процесса как процесса реализации процедур и функций обработки и защиты информации в виде (1) – (6) является его формализованным описанием и может служить основой для разработки соответствующих математических моделей.

Список литературы

1. Хворов, Р. А. Моделирование информационных процессов в информационно-телекоммуникационной системе в условиях обеспечения безопасности информации / Р. А. Хворов // сб. тр. Междунар. научно-практическая конф. «Охрана, безопасность, связь – 2016» (24 ноября 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 124-128.

2. Татт, У. Теория графов / Т. Татт. – пер. с англ. – М. : Мир, 1988. – 424 с.

Постановка задачи маскирования структуры клиент-серверных информационных систем

Р. С. Шерстобитов, email: scherstobitov.rs@yandex.ru
Д. В. Зайцев, email: dan97-10@mail.ru
В. В. Кучуров, email: sidorov@none-domain3.ru

Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко

Аннотация. *В статье приводится постановка задачи маскирования информационных систем, реализуемая посредством управления демаскирующими признаками информационного обмена между сетевыми информационными объектами сетей связи общего пользования.*

Ключевые слова: *информационная система, демаскирующие признаки, сети связи общего пользования.*

Введение

Современный этап развития информационных технологий характеризуется интеграцией информационных систем ведомственного назначения и сетей связи общего пользования (ССОП). В настоящий момент потребности в передачи всех видов информации в информационных системах ведомственного назначения (ИС ВН) обеспечивается универсальной транспортной сетью. Такой универсальной транспортной сетью являются ССОП.

1. Возможности компьютерной разведки в информационных системах ведомственного назначения

Интеграция сетей связи ВН и ССОП приводят к неизбежности применения широкого диапазона открытых протоколов информационного обмена (сетевого взаимодействия), а также технологий и оборудования преимущественно иностранных разработок (в том числе и средств защиты), имеющих уязвимости и недекларированные возможности (НДВ) [1, 3]. Следовательно, у злоумышленников, также имеющих доступ к ССОП, существует возможность вести компьютерную разведку с помощью перехвата и анализа информационного трафика через пространство демаскирующих признаков (ДМП) информационного обмена информационных систем ведомственного назначения (ИС ВН).

© Шерстобитов Р. С., Зайцев Д. В., Кучуров В. В., 2019

В свою очередь, исследование закономерностей функционирования ИС ВН позволит получить схему информационных направлений [4], отражающую функционально-логическую структуру ИС, а значит и структуру системы управления, в интересах которой создается сама ИС для осуществления хорошо спланированных и целенаправленных деструктивных воздействий и нарушения функционирования системы управления ведомства [9, 10].

Разрешение данного противоречия возможно управлением демаскирующими признаками элементов ИС ВН, совокупность которых формирует информационные потоки от источника разведки к средствам (системе) разведки для формирования у злоумышленника устойчивых ложных стереотипов относительно структуры и параметров (топологии и типологии) ИС и, как неизбежное следствие, системы управления ведомством, в интересах которой создается ИС ВН.

Такой результат может быть достигнут реализацией маскирующего обмена, который позволяет скрыть факт передачи конструктивного трафика и исказить уровень иерархии узлов связи соответствующих подразделений в ИС ВН. В тоже время, ограниченные ресурсы и адаптационные возможности элементов ИС при использовании ССОП для передачи конструктивного и маскирующего трафика, а также отсутствие научно-методического аппарата выбора структуры сети маскирующего обмена и количественных значений показателей интенсивности маскирующего трафика препятствуют реализации маскирующего обмена с требуемой результативностью и эффективностью [1].

Маскирующий обмен представляет собой упорядоченную по структуре и интенсивности совокупность ложных пакетов сообщений, формируемых корреспондентами ИС ВН с целью управления ДМП алгоритмов функционирования скрываемой системы управления, увеличивающих видимую интенсивность информационного обмена между подразделениями ведомства.

2. Показатели результативности и эффективности маскирующего обмена в информационных системах ведомственного назначения

Результативность маскирующего обмена достигается увеличением объема трафика между узлами ИС ВН и формированием маскирующих (ложных) связей между узлами связи подразделений для искажения уровней их иерархии [1]. Для того, чтобы исказить ДМП алгоритмов функционирования ИС ВН необходимо в качестве исходных данных принять требуемую ложную структуру ведомственной системы управления, имитировать которую требуется. Навязывание злоумышленнику такой структуры вынудит его принимать решения в

условиях неполноты и противоречивости информации, и некорректно определять первоочередные цели для информационно-технических воздействий (компьютерных атак) [7]. Степень близости сформированной структуры ИС к ложной структуре ведомственной системы управления (СУ) и определяет, в конечном итоге, результативность маскирующего обмена.

Показателем, характеризующим результативность маскирующего обмена (достижения целей имитации) будет являться сходство имитируемых (навязываемых злоумышленнику) ложных структур ведомственной СУ и ИС ВН, а в пределе – их биекцией (взаимно однозначным отображением). В связи с тем, что структура СУ содержит значительно больше элементов, чем структура ИС, целесообразно использовать коэффициент сходства. Пусть $P(K_{\text{СХ}} \geq K_{\text{СХ}}^{\text{Треб}})$ – вероятность того, что выполняется условие $K_{\text{СХ}} \geq K_{\text{СХ}}^{\text{Треб}}$, характеризующие подобие структуры ИС ВН структуре ложной СУ. Вскрывая с высокой полнотой структуру ИС средствами компьютерной разведки, злоумышленник вскрывает ложную структуру СУ, чем и достигается его дезинформация [5, 6]. С учетом того, что структурная связность элементов ИС и их количество являются регулируемыми системой защиты параметрами, качество вскрытия злоумышленником ложной структуры можно представить следующим выражением:

$$P_{\text{Вскр}}^{\text{ИСС}} = P_{\text{КР}}^{S} P(K_{\text{СХ}} \geq K_{\text{СХ}}^{\text{Треб}}) \qquad (1)$$

где $P_{\text{КР}}^{S}$ – характеристика полноты добытых разведданных (в наиболее жестких для системы защиты условиях $P_{\text{КР}}^{S} \to 1$, следовательно $P_{\text{Вскр}}^{\text{ИСС}} \approx P(K_{\text{СХ}} \geq K_{\text{СХ}}^{\text{Треб}}))$, $s = 1..S$ – структурные элементы ИС, характеризующиеся ценностью для злоумышленника и взаимной связностью.

Эффективность маскирующего обмена достигается снижением эксплуатационных и ресурсных затрат на маскирующий обмен. ИС предназначены для конструктивного информационного обмена, следовательно, маскирующий трафик, используя совместно с конструктивным неделимый ресурс каналов связи и средств обработки информации сетевых информационных объектов (СИО), создает дополнительную нагрузку на них. Эффективный маскирующий обмен – это, прежде всего, необходимый и достаточный маскирующий обмен, позволяющий достичь требуемой для навязывания контрастности элемента структуры (по сравнению с конкурирующими элементами) и относительной частоты появления связей между ложными элементами

(для обеспечения искажения структуры в целом) [1]. Эффективность может достигаться снижением ограничений на производительность СИО и пропускную способность каналов связи, и обеспечением своевременности информационного обмена. При этом производительность СИО и пропускная способность каналов связи выступают в качестве очевидных ограничений, а своевременность информационного обмена $K_{\text{ИО}}$ определяют через показатели своевременности обработки $K_{\text{Обр}}$ и своевременности доставки $K_{\text{Д}}$ следующими соотношениями:

$$K_{\text{Обр}} = P(T_{\text{Обр}} \le T_{\text{Обр}}^{\text{Доп}}) \quad (2)$$

$$K_{\text{Д}} = P(T_{\text{Д}} \le T_{\text{Д}}^{\text{Доп}}) \quad (3)$$

Время обработки $T_{\text{Обр}}$ и время доставки $T_{\text{Д}}$ являются контекстно зависимыми величинами, то есть требуют достаточно точно определять состав канала (каналов) связи, конкретизировать функции СИО и процессов обработки (доставки) относительно уровней ЭМВОС [7]. В данном случае наиболее удобным показателем, характеризующим эффективность маскирующего обмена будет являться среднее время информационного обмена $\overline{T}_{\text{ИО}}$ одной единицей (например, 1 Мбит) конструктивного трафика или обратный ему – средняя скорость информационного обмена $\overline{V}_{\text{ИО}}$ в единицу времени (Мбит/с).

Заключение

В статье произведена постановка задачи обеспечения результативного и эффективного маскирующего обмена между сетевыми информационными объектами ИС ВН посредством сетей связи общего пользования в целях повышения защищенности ИС от компьютерной разведки.

Список литературы

1. Шерстобитов, Р. С. Маскирование интегрированных сетей связи ведомственного назначения / Р. С. Шерстобитов, С. Р. Шарифуллин, Р. В. Максимов // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 4. – С. 136-175. – Режим доступа : http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/08-Sherstobitov.pdf

2. Иванов, И. И. Спецификация функциональной модели для расширения пространства демаскирующих признаков в виртуальных частных сетях / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб. : ВАС, 2017. – С. 138-147.

3. Иванов, И. И. Этюды технологии маскирования функционально-логической структуры информационных систем / И. И. Иванов, Р. В. Максимов // Труды всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». – СПб. : ВАС, 2017. – С. 147-154.

4. Maximov, R. V. Network Topology Masking in Distributed Information Systems / R. V. Maximov, I. I. Ivanov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure Information Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. (December 6-7, 2017, Moscow, Russia). – 2017. – P. 83-87.

5. Iskolnyy, B. B. Survivability Assessment of Distributed Information and Telecommunication Networks / B. B. Iskolnyy, R. V. Maximov, S. R. Sharifullin // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation «Secure In-formation Technologies» (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. (December 6-7, 2017, Moscow, Russia). – 2017. – P. 59-65.

6. Максимов, Р. В. Оценка живучести распределенных интегрированных информационных систем / Р. В. Максимов, Е. А. Савинов // В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016). Материалы Международной конференции и молодежной школы. Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет); Институт систем обработки изображений РАН. – 2016. – С. 431-438.

7. Максимов, Р. В. Модель случайных помех интегрированным системам ведомственной связи / Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 151-155.

8. Maximov, R. V. Hiding computer network proactive security tools unmasking features / R. V. Maximov, S. P. Sokolovsky, A. L. Gavrilov // Selected Papers of the VIII All-Russian Conference with International Participation “Secure In-formation Technologies” (BIT 2017). Bauman Moscow Technical University. (December 6-7, 2017, Moscow, Russia). – 2017. – P. 88-92.

9. Выговский, Л.С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л. С. Выговский, Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2009. – № 1 (73). – С. 181-187.

10. Выговский, Л. С. Модель преднамеренных деструктивных воздействий на информационную инфраструктуру интегрированных систем связи / Л. С. Выговский, Р. В. Максимов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 3 (60). – С. 166-173.

Секция № 4
Информационные системы и базы данных

Information retrieval services for electronic collections of texts produced by language learners

R. Jakimov, email: robert.101816@student.ugd.edu.mk [1]
C. Martinovska Bande, email: cveta.martinovska@ugd.edu.mk [1]
M. Kusevska, email: marija.kusevska@ugd.edu.mk [2]
B. Ivanovska, email: biljana.ivanovska@ugd.edu.mk [2]

[1] University Goce Delcev, Shtip, Macedonia, Computer Science Faculty
[2] University Goce Delcev, Shtip, Macedonia, Faculty of Philology

Abstract. *This paper describes an information retrieval application designed for searching words and expressions from a large database of texts by grouping the texts according to specific search criteria. The combination of HTML5, CSS and JavaScript in the front-end and PHP in the back-end proved to be a successful combination that would achieve the purpose of the application.*

Key words: *linguistic corpus, information retrieval, web application*.

Introduction

Learner corpora are electronic collections of texts produced by language learners. Interest for them is growing fast in the Second Language Acquisition and Foreign Language Teaching communities because they provide an innovative and unique methodology for empirical research with theoretical and practical implications that can be used by researchers, university language students, teachers and other educators.

The Macedonian system of higher education is often criticized for its traditional methods of teaching, slow implementation of any changes and unmotivated students. This creates disparities between the current educational environment and the expectations for universities set in UNESCO 2018-2021 39 C/5 Draft Resolution to "prepare and equip graduates to contribute to sustainable development and global citizenship … and to develop innovative curricula, study programmes and alternative learning pathways in order to address the gap between traditional learning and learners and enable access routes to higher learning" (p. 46).

In order to address this weakness, the Faculty of Philology at Goce Delchev University in Shtip, Republic of Macedonia, in collaboration with the Faculty of Computer Science at the same University, has set to create a Macedonian Corpus of Learner English and German (MACOR).

© Jakimov R., Martinovska Bande C., Kusevska M., Ivanovska B., 2019

Recognizing the needs of the Macedonian educational system and the higher educational curricular, we have set the following general aims for this project:

– to develop a sound base for research activities in the field of Second Language Acquisition, curriculum design, language teaching and translation;

– to motivate researchers, teachers and students (undergraduate, graduate, doctoral) to develop skills, knowledge, and attitudes for evidence-based research in order to make informed decisions in their work;

– to provide basis for designing improved, innovative curricula for language students of English and German, future teachers and translators, which will create a learning environment that will enable young people to develop new skills and values;

– to make use of the new technologies and new modalities of learning in higher education in order to provide for quality education.

1. Corpus Description

MACOR consists of three sections: 1) learner English subcorpus; 2) learner German subcorpus; and 3) native Macedonian subcorpus. All three sections contain materials produced in response to similar tasks and in similar conditions. The native Macedonian subcorpus provides conditions for studying the influence of the mother tongue in the process of learning a foreign language.

The corpus covers levels A1-C2, and enables research according to a number of variables (determinants): age, gender, mother tongue, education, region, proficiency level, years of learning English/German, L2 exposure (Stay in a country where English/German is spoken? If yes, when? How long?); if the person speaks other foreign languages and how well.

MACOR aims to collect at least 500.000 words of functional language by Macedonian learners of English and German, i.e. letters and emails, including asking for information, asking for help, invitation, refusal, apology, thank-you letters; narratives of events, holidays, experiences; descriptions of places buildings, people, landscape; argumentative essays; and Discourse Completion Test (DCT); role plays.

2. Information retrieval application

The web application (Fig. 1) covers search and information retrieval of three previously mentioned sub-corpuses. Users are able to search the corpuses or subsets of data based on a number of variables as well as to download the available files in different formats (txt, xml, pdf). Files are named using the basic characteristics of the text and the author (student identifier number, level of study, nativeness, place of text production, etc.).

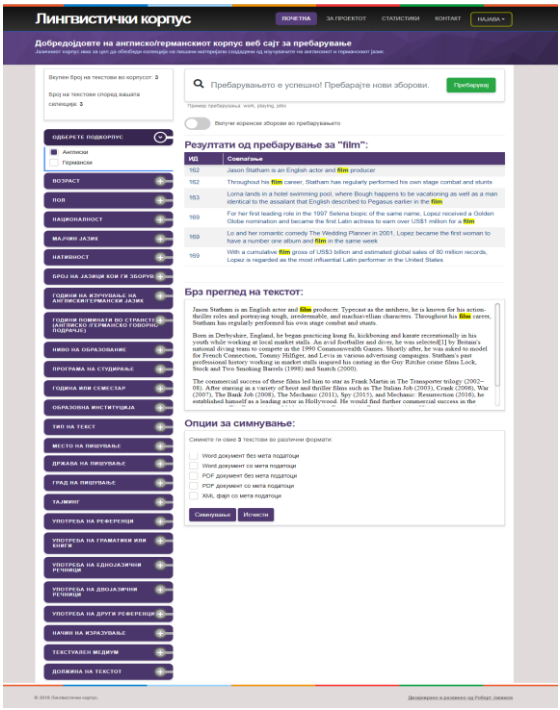


Fig. 1. Information retrieval application for electronic collections of texts

The user interface is created using HTML5, CSS3 and JavaScript, and the application uses both CSS and JS Bootstrap libraries. The application has a mobile responsive design and is suitable for use on all desktop and mobile devices. All forms designed for filling or selecting options are verified on a client-side with JavaScript, in order to avoid sending incomplete requests to the server and losing previously entered data by the user.

The back-end part of the web application is responsible for storing and organizing data. Back-end part communicates with the front-end, sending and receiving information that needs to be displayed as a web page. We used the latest version of PHP [1] scripting language to create the back-end part of the application.

Search operations on the linguistic corpuses are realized using MySQL FULLTEXT indexing and retrieval technique [2] implemented on MyISAM tables. Indexes in databases are usually used to improve search performance and serve as a substitute for a LIKE clause.

There are three types of Full-Text Indexing and Search [3] [4]: Natural Language Full-Text searches, Boolean Full-Text searches and Query expansion queries. We used the Boolean Full-Text searches in the application.

Full-text search technique should be enabled when creating the table, indicating which columns will be indexed:

```
CREATE TABLE Texts ( text_id INT UNSIGNED AUTO_INCREMENT NOT
NULL PRIMARY KEY, content TEXT, FULLTEXT(content));
```

Natural Language Full-Text Search [5] interprets the search string as free text and does not require special operators. The searches are done using the IN NATURAL LANGUAGE MODE modifier. The MATCH() function searches the required string in the text set composed of one or more columns included in FULLTEXT indexing. For each row in the table, the MATCH() clause returns a relevant value, i.e. a measure of similarity between the search query and the search results.

The basic search format is the following:

```
SELECT * FROM table_name WHERE MATCH(col1, col2)
AGAINST('search terms' IN NATURAL LANGUAGE MODE);
```

When MATCH() is used in the WHERE clause, as in the example above, the ranks returned as a result are sorted by the relevance of the occurrence of the word to a particular row. If the relevance is 0, this means that the search word does not exist in the queue. Thus the relevance is based on the ratio of the number of appearances of the searched string in the current row and the total number of occurrences in all rows that are searched.

The Boolean Full-Text Search [5] interprets the search string, using the rules of a particular query language. The searched string contains the search terms, but it can also contain operators that specify the requirements and make them uncharacteristic. For example, whether a particular word must be present or must be absent in the appropriate rows and the like.

The basic search format is the following:

```
SELECT * FROM table_name WHERE MATCH(col1, col2)
AGAINST('search terms' IN BOOLEAN MODE);
```

3. Apache Lucene – technology for searching files

Apache Lucene is an open-source library that allows searching through files, mostly text documents [6]. Lucene contains libraries that can be used with various programming languages, such as PHP, Delphi, Perl, C#, C++, Python, etc.

The Lucene indexing process consists of converting files into document objects with title, category, description, date, author, extension, and web links [7]. These attributes are just an example of information that can be stored for

further search, but in practice a larger number of attributes are used. Unlike the Hash maps, in Apache Lucene as an index list, a vector structure is used where words and documents can be stored and split into simple sequential structures. Once a document-object is created, the indexer writes the document to the index file. Then, an analyzer is created which determines the physical location of the index, whether a new index will be created, or one of the existing ones will be used, which scoring model will be used and the like.

Once a user makes a search, the application is parsed and converted to a plain text list. Then the analyzer processes it, removing punctuation marks, accents, excess words, and so on. The analyzer, using Stemmer, receives the roots of the words in the search which are used for further search. At the same time, a new object is created in which the directory in which the index is stored is loaded.At the end IndexReader and IndexSearcher objects are created. The IndexSearcher object using the search method which arguments are the Query object and an empty collection of documents searches across the index to fill the collection of documents that meet the search criteria. The order in which the documents are filled depends on the scoring, which in turn depends on the so-called scoring model that is selected and set when indexing and searching documents. From the collection of documents, a series of documents called hits are obtained.

Document scoring is one of the most important methods of Lucene [8]. Apache Lucene offers quick sorting of search results, while hiding the complexity of the entire process using ready-made classes and methods.

Integrating Lucene with an existing project is quite simple if using front-end based Java Servlet or JSP. However, if the application is built in PHP or Python, there are two main options for integration of Lucene:

1. Using PHP (also applies to Python / Ruby) port for Lucene
2. Using the Java Lucene back-end that is connected to the front-end using HTTP or SOAP, that is, using the Apache SOLR in the back-end and connecting to the PHP code with the help of calls to Web services.

Apache SOLR (Option 2) is an excellent solution for deploying PHP with Java Lucene over HTTP and is easy to implement. If more Lucene customizations are planned, like custom query queries, then it is recommended that you use your own servlet architecture. As we explained above when talking about Lucene, it consists of two main functionalities: indexing indexes that will be done in PHP with UpdateServlet and a search that is implemented with SearchServlet.

SearchServlet takes care of searching the files while UpdateServlet is responsible for updating or creating the index. Corresponding servlets will be called by the PHP code using CURL at the moment when the end user is making a text or search query.

Note that Apache SOLR requires updates to be provided with full XML without empty values, but if we own a database (example MySQL, SQL and so on) where we store data, then we need to implement our own servlets.

Conclusion

The most specific objective of the application is compilation of an electronic learner corpus of English and German interlanguage of Macedonian learners which will be used for research by junior and senior language researchers, by undergraduate and graduate language students, and by novice and experienced language teachers. The use of the corpus will contribute to:

– establishment of links between empirical research and second language acquisition, curriculum design, language teaching, and methodology development;

– pre-service and in-service training of language teachers and educators for using language corpora in their work for syllabus and material design, test design, etc.

– development of a methodology for language corpus design and use which could then be extended to other languages as well as to other types of language corpora.

Bibliography

1. PHP.net – Creating a simple XML document [Electronic resource]. – Access mode : http://php.net/manual/en/example.xmlwriter-simple.php
2. Full-text search – by Wikipedia [Electronic resource]. – Access mode :https://en.wikipedia.org/wiki/Full-text_search
3. Full Text Search: How it Works [Electronic resource]. – Access mode : https://issart.com/blog/full-text-search-how-it-works/
4. Full Text Search Throwdown [Electronic resource]. – Access mode : https://www.slideshare.net/billkarwin/practical-full-text-search-with-my-sql
5. MySQL Full text search [Electronic resource]. – Access mode : https://www.w3resource.com/mysql/mysql-full-text-search-functions.php
6. Apache Lucene Official website [Electronic resource]. – Access mode: http://lucene.apache.org/
7. Searching and Indexing With Apache Lucene [Electronic resource]. – Access mode: https://dzone.com/articles/apache-lucene-a-high-performance-and-full-featured
8. Apache Lucene Scoring [Electronic resource]. – Access mode : https://lucene.apache.org/core/3_5_0/ scoring.html

Реализация долгоживущих транзакций в распределенной системе

И.И. Брызгалов, email: i.bryzgalov@outlook.com
С.В. Власов, email: svv@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе представлен подход к реализации паттерна Saga для долгоживущих транзакций в распределенных системах. Приведены ключевые моменты предложенного подхода, представлен программный интерфейс создания контекста транзакции, показаны примеры работы предложенного алгоритма.*

Ключевые слова: *транзакция, saga, компенсаторная функция, контекст транзакции.*

Введение

Одна из проблем разработки распределенных систем - проведение транзакций в которых участвуют несколько узлов системы. Особо острой стала эта проблема с популяризацией микросервисной архитектуры приложений.

Существует несколько подходов к проведению транзакций при использовании микросервисной архитектуры: двухфазный коммит, трехфазный коммит, Saga.

Двухфазный коммит (2PC - 2 phase commit) [2] является одним из наиболее ранних алгоритмов распределенных транзакций. Данный алгоритм имеет существенный недостаток: при определенном стечении обстоятельств (разрыв соединения, падение узлов) алгоритм может перейти в блокирующее состояние и алгоритм не сможет достичь цели [3]. Также можно отметить, что данный протокол излишен при использовании NoSQL баз данных, по причине отсутствия в них транзакций или транзакции реализованы отлично от реляционных СУБД.

Для решения возможности блокировки был разработан протокол трехфазной транзакции (3PC - 3 phase commit) [4]. Для обхода возможной блокировки в алгоритм была добавлена еще одна фаза, которая бы проверяла доступность узлов. Однако данный подход не нашел популярности по причине плохой производительности, в особенности в гео-распределенных системах, так как прохождение трех фаз согласования может занимать достаточно продолжительное время.

© Брызгалов И.И., Власов С.В., 2019

Паттерн Saga [1] был представлен в 1987 как подход к решению проблемы долго идущих транзакций (long lived transactions). Ключевая идея - разбиение транзакции на последовательность малых локальных транзакций. В Saga каждая транзакция имеет компенсирующую транзакцию [1, 5] и согласованность системы возложена на слой бизнес логики, а не СУБД. Компенсирующая транзакция - транзакция, которая отменяет действия исходной транзакции.

Несмотря на то, что паттерн Saga был представлен достаточно давно, на данный момент не существует стандартного алгоритма, в отличии от 2PC, для которого существует стандарт X/Open XA. Реализация во много привязана к разработке конкретной системы.

1. Существующие подходы

Saga это последовательность локальных транзакций, которые выполняются в рамках каждого сервиса. Если локальная транзакция падает, то выполняются компенсирующие транзакции, которые приводят систему в согласованное состояние (не обязательно исходное). На данный момент существует несколько подходов к реализации такого рода транзакций [6]:

– Хореография - каждый элемент системы создает и слушает события других узлов. После выполнение локальной транзакции создается событие, которое запускает локальную транзакцию в другом узле.

– Оркестрация - внешний элемент системы (координатор) руководит ходом выполнения транзакции. Транзакция может быть описана при помощи нотации бизнес процессов (например, BPMN [7]), которая будет выполнятся неким движком бизнес-процессов.

Классические подходы имеют один существенный недостаток - сложность разработки и поддержки. Для каждого шага транзакций необходимо создавать по два события (применение и откат транзакции), несущие всю необходимую информацию, а также по два обработчика данных событий. При росте количества шагов логика транзакции становится сложной для понимания и поддержки.

В публикации представлен алгоритм, который решает сложности при создании саги и позволяет динамически связывать обработчики событий (если точка вызова находится в контексте саги и вызываемый обработчик содержит контекст саги, то они связываются в одну цепочку).

2. Описание подхода

Ключевые моменты.

– Каждая транзакция создает свой контекст, который имеет свой уникальный идентификатор в рамках системы. Идентификатор генерируется сервисом инициатором.

– Каждый сервис имеет хранилище компенсаторных функций (функций, которые выполняются для отката в исходное состояние [5]), получение функции возможно по идентификатору транзакции. Одна из возможных реализаций - класс-одиночка с атрибутом коллекции ключ-значение, где ключ - идентификатор, значение сама функция. Функция имеет время хранения, во избежание утечек памяти. Каждому идентификатору может соответствовать несколько компенсаторных функций, т.к. в рамках одной транзакции один сервис может быть вызван несколько раз. После успешного выполнения компенсаторной функции она удаляется из хранилища.

– Для доступа к компенсаторным функциям сервисы должны иметь одну точку доступа. Адрес доступа должен быть одинаковым или именоваться в рамках некоторой конвенции для упрощения общения.

– Протокол общения сервисов должен иметь возможность передавать метаинформацию: идентификатор транзакции, время жизни (например, в HTTP это можно сделать при помощи заголовков HTTP-пакета).

– Для определения контекста транзакции и компенсаторной функции может быть использована следующая языковая конструкция, которая создает контекст саги и позволяют определить обработчик компенсаторной функции:

Листинг

```
saga [timeout] {
      statements* | abort
} onabort {
      statements*
}
```

Языковая конструкция определяет блок *saga,* который создает контекст транзакции, блок может содержать выражения языка программирования или вызов ключевого слова *abort.* Вызов *abort* прерывает выполнение выражений в блоке *saga* и инициирует откат транзакции (рассылку сообщения всем участникам транзакции о необходимости вызова компенсаторной функции). Блок *onabord* определяет компенсирующие действия данной локальной транзакции.

Представленный программный интерфейс имеет опциональный параметр *timeout,* который определяет время жизни транзакции (в т.ч. сколько времени будет хранится компенсаторная функция в памяти).

В блоке саги, описывается бизнес логика, вызов других сервисов, как уже говорилось ранее, передает необходимую метаинформацию о контексте транзакции, если обработчик вызываемого сервиса содержит блок саги, то данный блок добавляется в контекст вызывающей саги и т.д.

Рассмотрим работу алгоритма на примере 3 сервисов *A*, *B* и *C*, диаграмма которого представлена на рисунке 1. У каждого сервера есть некие обработчики событий, содержащие блоком Saga.

1. Пользователь обращается на *A/do*. Так как запрос не содержит информацию о контексте, *A* создает контекст выполняет код транзакции и вызывает *B/do2*, в дополнение к полезной нагрузке *A* добавляет метаинформацию о контексте транзакции.

2. *B* начинает обработку запроса, при входе в блок видит, что вместе с запросом получил метаинформацию о транзакции и строит локальный контекст транзакции по полученной информации. *B* выполняет код локальной транзакции и вызывает *C/do3*.

3. *C* обрабатывает запрос и в случае успеха возвращает об успешном выполнении транзакции, тем самым завершая транзакцию. В примере *C* выполняется с ошибкой, что требует отката транзакции. Для рассылки сообщения участникам транзакции в данном примере используется интеграционная шина (message broker). Интеграционная шина рассылает сообщение об необходимости отката определенной транзакции (saga_ctx) всем участникам транзакции.

4. Участники транзакции получают сообщение об откате транзакции и выполняют компенсаторную функцию, которая соответствует полученному контексту транзакции.

Несмотря на то, что пример показывает синхронное общение сервисов, асинхронная работа алгоритма может быть достигнута средствами асинхронного программирования, которые поддерживаются большинством современных языков (async/await в JavaScript, C#; CompletableFuture в Java).

Показанный подход позволяет также создавать параллельно идущие транзакции при помощи средств асинхронного программирования. Так, сервис *A* вызывает сервис *B* и не дожидаясь окончания выполнения обработчика *B* вызывает сервис *C*. И все участвующие узлы будут объединены в общую транзакцию.

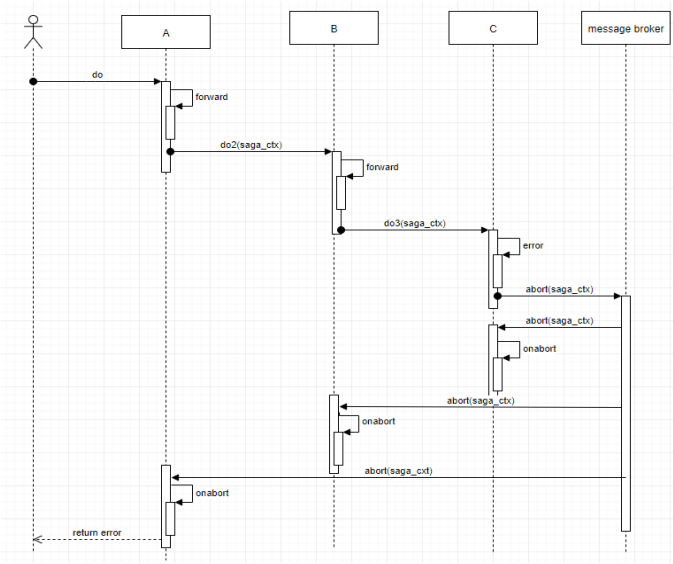


Рисунок. Диаграмма выполнения алгоритма с откатом транзакции

При асинхронном выполнении возможно влияние сетевых задержек, которое может проявится в том, что следующий шаг транзакции может начаться после того как произошел откат транзакции. В данном случае система перейдет в несогласованное состояние. Решением данного случая является хранение идентификаторов транзакций, которые были отменены. Перед запуском локальной транзакции проверяется на то, что транзакция не была отменена, а при откатке идентификатор транзакции добавляется в список отмененных транзакций. По аналогии с компенсирующей функцией, срок хранения отмененных транзакций может быть ограничен до времени жизни саги.

В примере с ошибкой требующей отката транзакции, рассылка сообщения участникам транзакции выполнялась при помощи общей интеграционной шины (ActiveMQ, Kafka и д.р.). Использование интеграционной шины позволяет рассылать сообщение об отмене транзакции одновременно всем участникам (так как транзакции локальные, порядок не важен), а также вопрос недоставки сообщения возложить на интеграционную шину.

Возможен вариант без использования интеграционной шины: каждый сервис должен знать адрес других сервисов и для отката транзакции сервис, который инициирует откат транзакции, делает

широковещательную рассылку сообщения об откате транзакции, если получатель имеет компенсаторную функцию, связанную с контекстом откатываемой транзакции, он ее выполняет.

Предложенный подход предполагает только обратное восстановление (backward recovery), в дальнейшем необходимо проработать восстановление с точкой сохранения (backward/forward recovery), когда транзакция восстанавливается до определенного момента и делает новую попытку [1].

Вывод

В работе был представлен подход к реализации паттерна Saga на основе модели хореографии. Главная цель разработанного подхода - простота разработки и поддержки. Представленный алгоритм позволяет динамически связывать общение с узлами распределенной системы в единую цепочку.

Ссылки

1. Garcia, H. SAGAS. / H. Garcia, K. Salem // Journal of the ACM. – 1987. –P 249-259.
2. Gray, J. Notes on Data Base Operating Systems. / J. Gray // In Operating Systems, An Advanced Course. – New York, 1978. – P 393-481.
3. Skeen, D. A Quorum-Based Commit Protocol. / D. Skeen // Computer Science Department Cornell University. Technical Report. – New York, 1982. – P 1-12.
4. Skeen, D. Nonblocking Commit Protocols. / D. Skeen // Journal of the ACM. – 1981. – P 133-142.
5. Compensating Transaction pattern. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/patterns/compensating-transaction
6. Richardson, C. Saga [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://microservices.io/patterns/data/saga.html
7. BerndRücker. Saga. How to implement complex business transactions without two phase commit [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://blog.bernd-ruecker.com/saga-how-to-implement-complex-business-transactions-without-two-phase-commit-e00aa41a1b1b

Создание информационной системы проведения опросов и анализа статистических характеристик ответов

С. Г. Вертопрахова, Svetik_125521@mail.ru
М. В. Зеленова, businkakatilas@mail.ru

[1]Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Аннотация. *Социальные исследования приобретают массовый характер, для более быстрого получения информации и меньших трудозатрат используются специальные системы для конструирования опросов, которые зачастую несовершенны и обладают рядом недостатков. Выявленные недостатки сделали актуальным создание новой системы проведения опросов с поддержкой всех этапов создания опросов и наличием встроенного инструменту анализа полученной в результате опроса информации на основе одного из методов.*

Ключевые слова: *Статистическое исследование, конструктор опросов, методы анализа статистических социальных исследований, информационная система.*

Введение

В современном мире невозможно представить какой-либо процесс в общественной жизни без учета мнения человека. С развитием торговых связей социологические исследования и статистика стали играть важную роль в формировании взаимоотношений между людьми и формировании их мнений.

Посредством проведения опросов можно собрать мнение сотни тысяч людей и повлиять на их мнения и суждения о том или ином явлении или продукте.

Конструкторы опросов позволяют создавать опросы и проводить их людям без необходимости приобретения каких-либо дополнительных навыков и умений, а встроенные системы анализа позволяют проанализировать собранную информацию автоматически.

Заложенные механизмы анализа позволяют отбирать и распределять информацию в зависимости от тех или иных поступающих данных. При этом сам статистический опрос проходит ряд этапов: от

© Вертопрахова С. Г., Зеленова М. В., 2019

сбора и хранения информации до полного анализа с последующей выдачей результатов.

Большинство систем обладают всеми перечисленными характеристиками, однако общий функционал ограничен и обладает рядом недостатков. Возрастающая роль статистических социологических исследований делает актуальной создание новой системы конструкторов опросов, которая помимо доступа к основным функциям будет обладать рядом дополнительных: встроенной системой анализа результатов, возможностью использования на различных платформах и возможностью сохранения и загрузки опросов в собственном формате для редактирования и резервного копирования на локальном компьютере.

1. Системы создания опросов

В зависимости от типов задач и поставленных целей выделяют различные виды статистических исследований: от глубины и сложности изучаемого материала, от частоты проведения, от целей, по масштабности проведения, от места, по охвату единиц совокупности. По источнику сведений выделяют непосредственное наблюдение, документальное наблюдение и опрос.

Опрос – способ получения информации посредством опрашивания респондентов по конкретному вопросу. Опросы предлагают человеку ответить на один или сразу на несколько вопросов по какой-то конкретной тематике. Опросы – возможность сбора информации в максимально кратчайшие сроки.

В процессе развития информационного общества способ проведения опросов и последующего сбора информации видоизменялся. Изначальный ручной труд по созданию сотен тысяч анкет с вопросами, их распределения и последующего сбора информации и ее анализа заменяется созданием компьютерных программ, содержащих различные статистические алгоритмы для работы с различными типами данных.

Развитие сети Интернет сделало возможным использование опросов за пределами компьютерных программ и без необходимости передачи опросного листа человеку напрямую, начав процесс использования опросов повсеместно.

Значительно упростились способы сбора информации по тому или иному вопросу, уменьшились затраты на время, людям больше нет необходимости обходить сотни тысяч людей, а потом вносить результаты, теперь можно отправить ссылку на опрос или исследование, и если человек заинтересуется, то он может пройти этот опрос в любое доступное для него время, не прерываясь и не отвлекаясь от других дел.

Результаты собираются и накапливаются уже в электронном виде, что существенно облегчает работу по сбору информации.

Чтобы у составителей опросов не было необходимости приобретать специальные навыки и знания о том, как создать правильный опрос, где это сделать и будет ли проанализирована собранная информация, были созданы специальные веб-сервисы – конструкторы опросов.

Конструкторы опросов представляют собой программные средства для создания опросов или анкет, использующих один из методов создания опросов, определения выборки из целевой совокупности, проведения пилотного исследования, пересмотра полного списка вопросов и одного конкретного, выполнения полного опроса, анализа и интерпретации собранных данных, информирования о результатах исследования.

Среди наиболее популярных систем выделяют: SurveyMonkey[1], Google Forms[2], Survio[3], Simpoll[4], Anketolog[5], Testograf.ru[6].

Выбор той или иной системы зависит напрямую от желания, возможностей и удобства для пользователя. Преимуществами всех систем является наличие веб-версии, возможность создания опросов и сбора ответов, в системе SurveyMonkey присутствует возможность распространения опросов несколькими способами: прямой или дополнительными ссылками, встраиванием на сайт, всплывающим приглашением или окном. У GoogleForms среди достоинств выделяется отсутствие ограничений по количеству вопросов в анкете и ответов в опросе, однако к недостаткам относится отсутствие систем анализа собранной информации. В системах Simpoll и Anketolog присутствует возможность просмотра результатов опросов, но при этом отсутствует вероятность выгрузки результатов в файл.

К недостаткам большинства систем относятся отсутствие встроенных систем анализа собранной информации, наличие платной версии: базовая функциональность доступна бесплатно, за доступ к расширенной необходимо доплатить (увеличенное количество анкет, вопросов и ответов, функции анализа и представления результатов в наглядной форме). Кроме того, большинство систем больше предназначены для проведения опросов, анализ результатов чаще всего необходимо производить отдельно с помощью других средств.

Ряд недостатков сделал необходимым создание собственной системы, предоставляющей полный доступ ко всем основным функциям, позволяющей собирать все результаты опросов, обладающей поддержкой множества платформ и имеющей встроенные инструменты анализа результатов и создания настраиваемых отчетов.

2. Этапы социальных статистических исследований

Любое социальное статистическое исследование состоит из ряда последовательных этапов. В зависимости от обобщенности тех или иных этапов выделяют несколько характеристик: от наиболее краткой (сбор, хранение и анализ полученной информации) до полной, состоящей из 11 этапов, подробно описывающей последовательно каждый шаг. [8, 9]

Наиболее оптимальным является выделение 5 наиболее общих этапов:

1. Определение темы статистического исследование и формирование первичной статистической информации
2. Сбор статистической социологической информации
3. Обработка собранной статистической социологической информации
4. Анализ собранной информации
5. Формирование отчетов и результатов исследования

До возникновения систем создания опросов все этапы были строго разделены, могли выполняться разными людьми, и были очень трудоемкими по времени и по количеству людей участвующих в процессе, системы для создания опросов облегчили процесс создания, сбора и анализа полученной информации, теперь один человек может все это делать в одном месте с меньшими затратами на время и силы.

3. Методы статистических социальных исследований

Наиболее важной частью статистических исследований является анализ собранной информации. В зависимости от того или иного типа собираемой информации выделяют различные методы анализа, наибольшее распространение среди которых получили следующие методы [10]:

- статистическое наблюдение;
- сводка и группировка материалов статистического наблюдения;
- абсолютные и относительные статистические величины;
- вариационные ряды;
- выборка;
- корреляционный и регрессионный анализ;
- ряды динамики.

При этом все методы, используемые в статистическом анализе, условно можно разделить на первичные (в результате которых получаются показатели, отражающие непосредственные результаты, полученные в ходе проводимых экспериментов) и вторичные (в результате которых выявляются скрытые статистические закономерности в полученных первичных результатах).

К первичным методам статистической обработки данных относятся определение среднего арифметического, дисперсии, моды и медианы. К вторичным методам – корреляционный анализ, регрессионный анализ, факторный анализ, методы сравнения первичных данных двух или нескольких выборок.

Все методы вне зависимости от их сложности, позволяют проанализировать собранную информации с различных точек зрения, их использование зависит от решаемой задачи.

4. Информационная система проведения опросов

Анализ выявленных недостатков в существующих системах-конструкторах опросов показал актуальность создания системы, отвечающей следующим требованиям:

1. Система должна содержать все этапы прохождения опросов от создания опросов до анализа ответов.
2. В системе должна присутствовать возможность сохранения и загрузки опросов в собственном формате для редактирования и резервного хранения на локальном компьютере.
3. В системе должна быть реализована возможность создавать опросы с различными типами вопросов: по открытости, по множественности выбора и по наличию визуального компонента.
4. В системе должны быть встроенные инструменты анализа результатов в зависимости от типов поступивших данных, представления их в наглядной форме и выгрузки результатов в файл.
5. Система должна поддерживать возможность ее использования на различных платформах.

5. Заключение

Процесс импортозамещения предполагает наличие большого количества программных средств отечественного производства, удовлетворяющих те или иные потребности и запросы отдельного индивида или компании.

Использование социальных исследований и опросов для получения и анализа общественного мнения приобрело все большее значение, как следствие возрастает роль в использовании специальных средств для составления опросов.

Стремительное развитие сети Интернет выявило необходимость создания специальных систем для создания опросов, чтобы каждый человек вне зависимости от местоположения мог бы высказать свое мнение по тому или иному вопросу или создать свой собственный опрос без каких-либо дополнительных навыков. Проанализированная информация о существующих системах выявила их несовершенство,

вследствие чего возникла необходимость в создании новой системы, решающей все возникающие проблемы и устраняющая несовершенства.

Создаваемая система предоставит пользователям все основные возможности для создания опросов, а встроенные инструменты анализа ответов в зависимости от типа той или иной поступающей информации позволят сократить время получения конечных результатов.

Литература

1. Официальный сайт электронной системы составления опросов SurveyMonkey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.surveymonkey.com
2. Официальный сайт электронной системы составления опросов Google Forms [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.google.com/intl/ru_ua/forms/about/
3. Официальный сайт электронной системы составления опросов Survio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.survio.com/ru/
4. Официальный сайт электронной системы составления опросов Simpoll [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://simpoll.ru
5. Официальный сайт электронной системы составления опросов Anketolog [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://anketolog.ru
6. Официальный сайт электронной системы составления опросов Testograf.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.testograf.ru/ru/
7. Ньюман, В. Л. Методы социальных исследований: количественный и качественный подходы / В. Л. Ньюман. – 2-е изд. – Бостон: Allyn and Bacon, 1991. – 545 с.
8. Понятие об основных этапах статистического исследования. Задачи статистического наблюдения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ekonomstat.ru/polnye-otvety-na-voprosy-k-ekzamenu-statistika/75-ponyatie-ob-osnovnyx-etapax-statisticheskogo-issledovaniya.html
9. Steps Involved in the Process of Social Research: 11 Steps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.yourarticlelibrary.com/social-research/steps/steps-involved-in-the-process-of-social-research-11-steps/64499
10. Шорохова, И. С. Статистические методы анализа: [учеб. пособие] / И. С. Шорохова, Н. В. Кисляк, О. С. Мариев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. Федер. ун-т. – Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2015. – 300 с.
11. Зайцева, Е.Н. Обзор систем для создания тестов и опросов в Интернете / Е.Н. Зайцева, Ж.А. Фомченко // Инновационные технологии в образовании и науке : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 7 мая 2017 г.). В 2 т. / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – Т. 2. – С. 49-51.

Создание информационно-аналитической системы спортивной организации с разграничением доступа

С. Ю. Голдобина, email: midday2013@gmail.com
Е. В. Полицына, email: kathrin.beaver@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет)»

Аннотация. *Рассматривается задача разграничения доступа в информационных системах, описываются результаты анализа методов и средств разграничения доступа для реализации в информационного-аналитической системе спортивной организации, причины и направления расширения функциональных возможностей системы.*

Ключевые слова: *автоматизация спортивной области, информационная система спортивной организации, разграничение доступа к информационным ресурсам, права доступа*

Введение

Общество живет в бесконечном потоке информации и ведение профессиональной деятельности только приумножает его. Оперативно справляться с восприятием, анализом и использованием большого объема данных становится сложной задачей. В связи с этим создаются специализированные инструменты для представления информации в более простой для восприятия форме, ее классификации, структуризации, агрегации, обработки, накопления и анализа.

Сфера спорта является одной из областей, деятельность в которой связана с оперированием и анализом больших объемов различных данных. В частности, фигурное катание является сложно-координационным видом спорта, которому характерны высокие требования к самым разным физическим и творческим качествам, в связи с этим любой вид деятельности сопровождается большим количеством данных и для работы с ними необходим специализированный инструмент, позволяющий собирать данные в едином источнике, агрегировать их, производить анализ и представлять результаты обработки в доступном для всех заинтересованных в информации лиц виде.

© Голдобина С. Ю., Полицына Е. В., 2019

1. Необходимость разграничения доступа в информационных системах

Как только информация приобретает массовый характер, вполне закономерно появляются разные типы пользователей, подразумевающие под собой заинтересованных людей с разными целями доступа к информации. Как следствие появилась необходимость разделения таких понятий, как субъект и объекты доступа. Объектами принято называть аппаратно-программные части информационных систем [1], субъектами – сущности, инициирующие действия над информационными ресурсами в рамках модели разграничения доступа [1]. Исходя из того, появилось два вида взаимодействия с данными – санкционированный – не нарушающий политики разграничения доступа, и несанкционированный – действующий им вопреки.

Избыточные права доступа к данным в многопользовательских системах небезопасны, а в некоторых случаях и незаконны. Это приводит к возникновению ряда проблем.

Во-первых, не все информационные ресурсы могут быть общедоступны. Примером являются персонифицированные данные, работа с которыми является санкционированной только после взаимного соглашения источника и пользователя данных.

Во-вторых, необходимо сохранять целостность данных информационной системы, предотвращать ее потери и некорректных изменения.

В-третьих, одним из критериев пользы информации является ее актуальность и точность. Разграничение доступа к данным позволяет управлять необходимым объемом информации, предотвращая ее избыточность для пользователя.

В связи с этим, контроль за производимыми с информацией действиями позволяет настраивать ее доступность, сохранять целостность, предотвращать от несанкционированных изменений, задавать предоставляемый объем и качество.

2. Расширение функциональности информационной системы спортивной организации

Развитие и популяризация массового спорта приводят к увеличению спортивных организаций. Любая из них в процессе своей деятельности решает, как общие задачи: ведение документооборота, бухгалтерии, планирование своей деятельности и бюджета, так и специальные: отслеживание медицинских показателей спортсменов, учет результатов, планирование тренировочного процесса и др. В связи с этим, возникает вопрос автоматизации процессов и использовании информационных систем в работе организаций.

Фигурное катание на коньках является сложно-координационным видом спорта, которому характерны высокие требования к физическим и творческим показателям, из-за чего тренировочный и организационные процессы превращаются в трудоемкие. При этом, не существует специализированных инструментов, позволяющих их автоматизировать [2].

Ансамбль ледового танца «КАСКАД» является одной из организаций массового спорта, осуществляющей подготовку спортсменов одиночного фигурного катания и спортивных балетов на льду и ежегодно формирующих несколько команд в разных возрастных категориях.

В связи с этим, для решения как общих, так и специализированных задач спортивной организации в Ансамбле ледового танца «КАСКАД» с 2017 года используется информационная система поддержки тренировочно-соревновательного процесса, которая упрощает сбор, учет, информации о спортсменах, тренерах, судьях, командах, постановках; контроль и анализ результатов спортсменов, подготовку документации.

Система состоит из пяти модулей [2]:

1. Организация – модуль, содержащий всю необходимую информацию об организации.

2. Сотрудники – модуль для управления списком сотрудников организации.

3. Спортсмены – модуль для управления списком спортсменов и их персонифицированной информацией.

4. Постановки – модуль для управления информацией по постановкам.

5. Зачеты и соревнования – модуль, позволяющий рассчитывать результаты по общей, специальной физической подготовке и зачетам на льду, а также просматривать данные о зачетно-соревновательной деятельности, результатах спортсменов, выводить их в протоколы как на экран монитора, так и в электронный pdf-документ в различных вариантах: пустых (без оценок, результатов), полных (протокол с результатами), сводных (по каждому из спортсменов в случае одиночного катания, по проведенному зачету с результатами для остальных) и итоговых (протокол по проведенному зачету или соревнованию с отображением ключевых показателей и ранжированию по местам).

Система предназначена для внутреннего использования сотрудниками организации и в настоящее время эксплуатируется только тренерским составом. Однако, с ростом ансамбля, расширением круга

лиц, заинтересованных в процессе контроля качества спортивных показателей коллектива (тренерский состав, родители и спортсмены), и как следствие, объемов данных, а также расширением перечня решаемых задач возросли и потребности в автоматизации:

– ведение учета занятий и посещений,

– информирование спортсменов и их родителей о текущих результатах, результатах промежуточных и итоговых зачетов,

– предоставление сведений о тенденциях развития физических качеств,

– контроль сроки истечения медицинский, страховых и пр. документов спортсменов и др.

Направление спортивных балетов все больше развивается: усложняются требования как административных, так и профессиональных, становится необходимым все больше развивать физические качества спортсменов, для чего необходим анализ большего количества данных и четкое планирование тренировочной деятельности, что крайне сложно без автоматизации обработки данных. Данные процессы возможны лишь при совместной работе каждой из участвующих сторон – спортсменов, тренеров, родителей. В связи с расширением количества и типов пользователей информационными ресурсами коллектива, необходимо разграничить к ним доступ.

Таким образом, появилась потребность в доступе к информации разных групп пользователей, как следствие, разграничении прав доступа, а также в автоматизации проведения анализа, как результатов спортсменов, так и судейских оценок.

После проведенного анализа систем разграничения доступа пользователей к информационным ресурсам Avanpost IDM, IBM Security Identity Manager, Oracle Identity Manager, SailPoint IdentityIQ, КУБ, Solar inRights и др. было выявлено, что не существует универсального решения, подходящего любой компании.

Системам разграничения доступа или IDM-системам (Identity Management) [3] свойственно решать большую совокупность задач, поддерживать многоуровневые системы проверок субъекта и объекта информационной системы на совместимость и ее тип, интегрироваться с другими корпоративными системами внутри организации, проводить анализ и отчетность активностям пользователей. Поэтому IDM-системы сложно применимы и излишни для решения задач небольших организаций с небольшими потребностями разграничения доступа к информационным ресурсам по ряду причин:

– IDM-систем затратны при приобретении и их дальнейшей поддержке, что недопустимо для небольших организаций;

– IDM-систем требуют дополнительного дорогостоящего оборудования и также его обслуживания;

– в небольших организациях обычно нет блока ИТ-специалистов для поддержки и сопровождения крупных систем;

– большая часть функциональности дорогостоящих систем будет просто не востребована.

Данные системы сложно применимы и излишни для решения задач небольших организаций с небольшими потребностями разграничения доступа к информационным ресурсам. В связи с этим, появляются и развиваются программные средства для реализации возможности разграничения доступа пользователей в системе – плагины, фреймворки, библиотеки. К примеру, Java фреймворки: Spring Security, PHP фреймворк – Yii, NodeJS – Passport.js и тд.

В связи с этим, необходимо реализовать информационно-аналитическую систему спортивной организации с собственным механизмом разграничения доступа пользователей в системе, с возможностью ведения учета занятий и посещений, информирования спортсменов и их родителей о текущих результатах, результатах промежуточных и итоговых зачетов, тенденциях развития физических качеств и сроках истечения медицинских, страховых и пр. документов спортсменов.

Для реализации вышеописанных требований осуществляется расширение имеющейся модели данных, разработка веб-приложения с возможностью доступа пользователей с учетом следующих ролей: спортсмен, представители спортсмена, тренеры и администратор. Управление доступом осуществляется посредством реализации собственного механизма ролевой модели с использованием Java фреймворка Spring Security [4]. В интерфейсе приложения предполагается реализация следующих модулей: модуль учета занятий и посещений, модуль просмотра результатов спортивной деятельности – блока зачетов и тенденции развития по каждому из спортсменов.

Реализация предоставит возможность участвовать в тренировочно-соревновательном процессе каждой из сторон: спортсменам, тренерам, родителям, – чтобы совместно работать над улучшением профессиональных результатов.

Заключение

В связи с ростом объема решаемых задач ансамбля ледового танца «КАСКАД», расширением круга лиц, заинтересованных в процессе контроля качества спортивных показателей коллектива, увеличением объема данных, а также нормативными изменениями в области спортивных балетов на льду и одиночного фигурного катания на

коньках была определена актуальность реализации средств разграничения доступа в информационного-аналитической системе спортивной организации, определены направления расширения функциональных возможностей системы.

Их реализация позволит эффективнее решать задачи подготовки спортсменов и предоставить доступ к необходимой информации всем заинтересованным лицам.

Список литературы

1. Объект и субъект доступа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.aha.ru/~bwp/SafetyGl.html

2. Голдобина, С.Ю., Создание информационной системы для спортивной организации / С.Ю. Голдобина // Гагаринские чтения – 2017 : XLIII Международная молодежная научная конференция: Сборник тезисов докладов: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва, 2017. – С. 705-706.

3. IDM-системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.antimalware.ru/reviews/IdM_IAM_russian_market_2015

4. Краткий обзор Spring Security [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/post/203318/

Требуемые характеристики авиационной связи (RCP) в интересах безопасности воздушного движения

Е. В. Головченко
В. А. Дьяченко
Н. М. Дадажонов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье представлены результаты анализа подхода формирования требуемых характеристик авиационной связи для различных типов использования воздушного пространства. Приведен порядок определения типов требуемых характеристик связи в целях организации воздушного движения.*

Ключевые слова: *авиационная связь, требуемые характеристики связи, организация воздушного движения.*

Введение

Непрерывное развитие авиации обуславливает повышенный спрос на пропускную способность воздушного пространства с акцентом на его оптимизацию. Это наряду с необходимостью обеспечения эффективности эксплуатации воздушных судов в пределах приемлемых уровней безопасности полетов сформировали условия создания системы воздушного пространства основанной на характеристиках, включая навигацию, основанную на характеристиках (PNB) [1, 2].

Переход к системе воздушного пространства, основанной на характеристиках, является критическим аспектом создания безопасной и эффективной глобальной системы организации воздушного движения (ОрВД). По мере ее непрерывного развития решается задача обеспечения приемлемых эксплуатационные характеристик с учетом изменяющихся технологий.

Для удовлетворения потребностей в пропускной способности и эксплуатационной эффективности воздушного пространства авиационная связь играет все более важную роль в организации воздушного движения, используя сочетание средств передачи данных и речевой связи. Например, линия передачи данных может обеспечить интеграцию функциональных возможностей организации воздушного движения на борту воздушных судов и в органах ОВД, а

© Головченко Е. В., Дьяченко В. А., Дадажонов Н. М., 2019

также надежную связь «диспетчер – пилот», обеспечивая тем самым предпочтительную для пользователей и динамичную маршрутизацию, возможности вмешательства диспетчера в условиях применения сокращенных минимумов эшелонирования, в которых применение альтернативных средств связи является более сложным. Поэтому концепция RCP [3] предусматривает средства обеспечения приемлемых характеристик связи в рамках всей системы ОрВД.

1. Анализ концепции RCP

В рамках использования связи в системе организации воздушного движения связь представляется в форме транзакций – процесса передачи указаний (разрешений, полетной информации и/или запроса), который считается завершенным (выполненным) только в том случае, когда получено подтверждение о их выполнении.

Разработанные международной организацией гражданской авиации требуемые характеристики связи для обеспечения функций ОрВД представлены в [3], где они раскрываются без указания каких-либо конкретных технических средств. Функции ОрВД являются выделенным эксплуатационным компонентом обслуживания воздушного движения, примерами которых могут быть обеспечение эшелонирования воздушных судов, изменение маршрутов полета воздушных судов и предоставление полетной информации. Концепция RCP оценивает транзакции эксплуатационной связи в контексте функций ОрВД с учетом взаимодействия людей, процедур и характеристик эксплуатационных условий.

Основой разработки концепции RCP является необходимость представления объективных критериев качества в виде определенных типов RCP, предназначенных для оценки различных технических средств связи. В случае определения и принятия этих критериев, определяемых типом RCP, целесообразность реализации конкретной функции ОрВД, включая ее технические характеристики и действия человека, может быть оценена на их основе.

В соответствии с [3] каждый тип RCP получает определенное обозначение, например, RCP 240, которое определяет стандартные характеристики транзакций эксплуатационной связи. Каждый тип RCP определяет требуемые значения времени транзакции связи, непрерывности, готовности и целостности.

Концепция RCP не опирается на конкретные технические средства. Однако она не подразумевает содействия использованию неограниченного числа альтернативных технических средств связи для обеспечения какой-либо одной функции ОрВД. Непосредственно типы RCP могут определяться как на основе региональных соглашений в

рамках сообщества ОрВД, так и в форме требований к бортовому оборудованию связи.

Таким образом, под требуемыми характеристики связи (RCP) понимается определенный перечень требований к эксплуатационным характеристикам связи для обеспечения конкретных функций ОрВД. В данном случае функция ОрВД представляет собой отдельный эксплуатационный компонент обслуживания воздушного движения. Примерами функций ОрВД может быть эшелонирование воздушных судов, изменение маршрутов полета воздушных судов и предоставление полетной информации.

Концепция RCP связана с характеристиками средств связи, необходимыми для обеспечения функции ОрВД, и, следовательно, влияет на предоставление обслуживания воздушного движения. Цель концепции RCP заключается в определении возможностей и характеристик средств связи посредством установления перечня характеристик средств связи (тип RCP), необходимых для выполнения конкретной функции ОрВД. Ее достижение обеспечивается посредством определения типа RCP для средств связи, обеспечивающих функцию ОрВД, установления типов RCP для системы связи, обеспечивающих функции ОрВД в данном воздушном пространстве и обеспечения соответствия установленным типам RCP путем проведения анализа, эксплуатационных оценок и мониторинга характеристик систем связи. Основные типы RCP представлены в таблице [2].

Таблица

Рекомендуемые типы RCP

Тип RCP	Время транзакции (с)	Непрерывность (вероятность/ час полета)	Готовность (вероятность/час полета)	Целостность (допустимая частота/час полета)
RCP 10	10	0,999	0,99998	10^{-5}
RCP 60	60	0.999	0,9999	10^{-5}
RCP 120	120	0.999	0,9999	10^{-5}
RCP 240	240	0,999	0,9999	10^{-5}
RCP 400	400	0,999	0,999	10^{-5}

Каждый тип RCP включает значения следующих параметров: время транзакции связи, непрерывность, готовность и целостность.

Время транзакции связи указывает максимальное время осуществления транзакции, по истечение которого инициатору следует приступить к выполнению альтернативной процедуры.

Под непрерывностью понимается вероятность того, что транзакция может быть завершена в течение времени транзакции связи.

Под готовностью понимается вероятность того, что транзакция может быть инициирована по мере необходимости.

Под целостностью понимается вероятность одной или нескольких необнаруженных ошибок в завершенной транзакции связи.

В зависимости от конкретных условий и имеющегося опыта применения RCP могут устанавливаться и другие типы RCP, помимо указанных в таблице.

В качестве примера можно привести, что тип RCP 10 может применяться для вмешательства диспетчера в целях обеспечения эшелонирования в воздушном пространстве радиусом 5 м. миль. Тип RCP 60 в сочетании с типом RCP 10, применяемым в воздушном пространстве радиусом 5 м. миль, может применяться для обычной связи по линии передачи данных с целью разгрузить систему речевой связи. Тип RCP 120 может использоваться для вмешательства диспетчера в целях обеспечения эшелонирования в воздушном пространстве радиусом 15 м. миль [3, 4].

На рисунке представлен порядок определения типа RCP для определенной функции ОрВД [2].

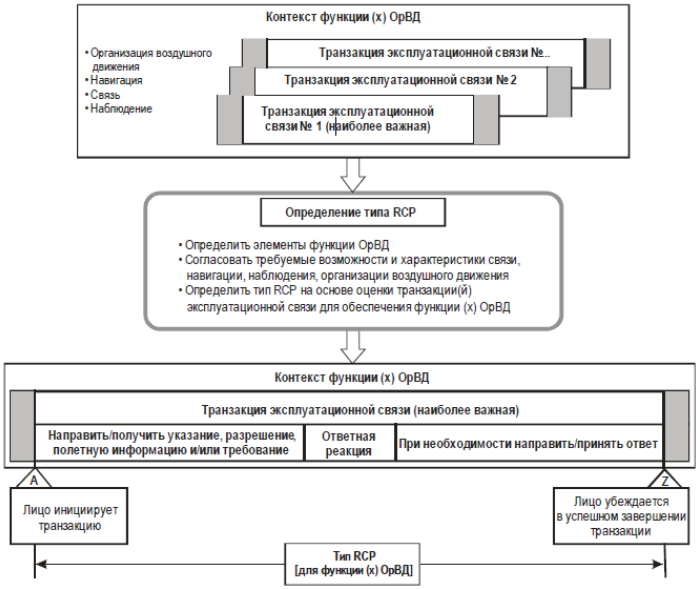


Рисунок. Определение типа RCP для функции ОрВД

Тип RCP определяется на основе оценки показателей транзакций эксплуатационной связи в контексте функции ОрВД, которые включают:

характеристики воздушного пространства, например, минимумы эшелонирования, критерии разнесения и пределы пропускной способности;

эксплуатационные возможности, например, динамичная схема прибытия, пересекающиеся траектории полета или процедура набора высоты/снижения в следе;

характеристики систем CNS/ATM, например, навигация, наблюдение, управление полетом, обработка полетных данных, а также средства обеспечения принятия решений диспетчером и летным экипажем.

Заключение

Таким образом, концепция RCP предоставляет гибкий механизм обеспечения обслуживания воздушного движения с учетом условий выполнения полетов и возможности их динамического изменения.

Необходимо иметь в виду, что тип RCP должен определяться в контексте соответствующих характеристик воздушного пространства, эксплуатационных возможностей и характеристик всей системы CNS/ATM. Предоставляемое обслуживание должно допускать изменение одних показателей характеристик за счет других.

Литература

1. Головченко, Е.В. Авиационные инфокоммуникационные сети: монография.Е.В. Головченко, П.А. Федюнин, В.А. Дьяченко, М.А. Стафеев. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), 2018. – 223 с.

2. Doc 9613. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN). – Международная организация гражданской авиации, 2008. – 304 с.

3. Doc 9861. Руководство по приемопередатчику универсального доступа (UAT). – Международная организация гражданской авиации, 2012. – 306 с.

4. Doc 9869. Руководство по требуемым характеристикам связи (RCP). Международная организация гражданской авиации, 2008. – 46 с.

Применение автоматизированных тестов и инструментов статического анализа в информационной системе проверки программ в рамках обучения программированию

И.И. Данилова, email: iradann.r@gmail.com[1]
С.А. Полицын, email: pul_forever@mail.ru[1]

[1]Московский авиационной институт (научный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной статье рассматриваются существующие системы обучения программированию, их принципы работы, а также реализация информационной системы учета и проверки задач. Обозначена необходимость внедрения автоматизированного тестирования как дополнения к функциональности существующей ИС, описаны ключевые направления развития.*

Ключевые слова: *Автоматизированная проверка исходного текста программ, тестирование, статический анализ кода.*

Введение

В современном мире процесс компьютеризации общества протекает в относительно быстром темпе. Электронно-вычислительные машины и техника внедряются во все сферы жизнедеятельности человека, что предполагает активное развитие ИТ-индустрии. В связи с этим на рынке труда возрастает потребность в квалифицированных специалистах в области информационных технологий, в частности, в разработчиках программного обеспечения (ПО). В зависимости от вида ПО его проектирование и разработка могут отличаться по срокам выполнения работы, степени сложности, предъявляемых требований, предназначения и т.д. Большие объёмы исходного кода программ пишутся и поддерживаются разработчиками, при этом работа зачастую ведётся в сжатые сроки, для скорейшего выпуска ПО на рынок, что отражается на качестве готового продукта.

Повышение качества кода и скорости разработки возможно благодаря написанию «чистого» кода [1], соблюдая правила из руководств по стилю (от англ. Style guide), а также автоматизированному тестированию реализуемых алгоритмов.

Поддержание чистоты кода и проведение тестирования, начиная с ранних стадий разработки ПО, позволяет снизить риск возникновения

© Данилова И.И., Полицын С.А., 2019

различного рода ошибок, уменьшая финансовые затраты на их исправление.

1. Существующие системы обучения программированию

Чтобы программный продукт оставался конкурентоспособным и востребованным, важно его технически поддерживать, модифицировать и расширять функциональность с учетом пожеланий пользователей. Наиболее эффективно и быстро справляться с данными задачами сможет именно та команда разработчиков, чей исходный код программы написан структурировано, логично и с наименьшим числом ошибок.

С целью выявления стилистических и семантических ошибок используют инструменты статического анализа, позволяющие проверять исходный текст программы без её реального запуска, а также с разной глубиной анализа (от отдельных модулей до всего текста программы). А для выявления программных ошибок в ходе выполнения программ, используют различные виды тестирования.

Развивать навыки написания «чистого» кода (т.е. кода с соблюденными правил именования, написания функций и классов, комментариев, форматирования и пр. для различных языков программирования) и отладки реализованных алгоритмов необходимо с самого начала процесса обучения программированию.

В настоящее время существуют различные системы обучения и контроля программ с автоматической проверкой кода. Примерами таких онлайн-сервисов в России являются: онлайн-платформа для изучения языка программирования Python с автоматической проверкой решаемых задач [2], сервис для дистанционной подготовки к олимпиадам по программированию [3], разработанный Центром педагогического мастерства совместно с Московским центром непрерывного математического образования, Timus Online Judge [4] – крупнейший в России архив задач по программированию с автоматической проверяющей системой, Интернет-школа Программирования и проведения олимпиад [5] и др.

В данных системах проверка решенных задач основана на определении соответствия результатов работы программы заданному набору данных (автотестам), однако во время тестирования часто не отслеживается «чистота» кода, его логичность и структурированность.

2. Реализация информационной системы проверки исходного кода программ

Отсутствие проверки наличия стилистических и семантических ошибок делает необходимым создание информационной системы учета

и проверки исходного кода программ с применением инструментов статического анализа.

Такая информационная система (ИС) успешно реализована и внедрена на кафедре 319 НИУ МАИ [6]. Работа ИС основана на интеграции системы учета и ведения задач Redmine [7] со статическими анализаторами для языков программирования Java, C++ и Python. Функционирование ИС включает в себя следующую последовательность действий:

1. Автоматический (или пользователем) запуск программы с последующей отправкой запроса в систему ведения и учёта задач Redmine.
2. Загрузка в ИС файлов с текстами программ из задач с определенным статусом, в которых были обнаружены изменения (под изменениями предполагается загруженный студентом файл в систему Redmine, ранее необрабатываемый ИС).
3. Запуск инструмента статического анализа в соответствии с языком программирования (Python – PyLint [8]; Java – Checkstyle [9]; C++ – Cpplint [10]).
4. Анализ результатов работы статического анализатора, формирование отчётности в формате текстового документа.
5. Отправка результата автору программы в виде комментария с прикреплённым файлом-отчетом.

Использование данной ИС позволило предоставить студентам развёрнутую обратную связь по результатам проверки текста программ на наличие в них стилистических/семантических ошибок (верная инициализация переменных, некорректная работа с памятью, дубликаты и пр.), что является полезным в рамках отработки навыков создания программного кода в соответствии с промышленными стандартами, а также снизило нагрузку на преподавателей.

Однако в настоящее время система не решает проблему полной автоматизации процесса проверки заданий по программированию, так как невозможно принимать решения задач, основываясь только на «чистоте» кода без проверки корректности решения самой задачи.

3. Расширение возможностей информационной системы

Внедрение автоматизированного тестирования является необходимым дополнением к существующей информационной системе для проведения полноценной автоматизированной проверки исходного кода программ в рамках обучения программированию.

В информационной системе предполагается проверка предоставленным пользователем задач в трех режимах: статический

анализ кода; тестирование; статический анализ совместно с тестированием.

Тестирование состоит из двух этапов:

1. Основной. Для проведения этого этапа тестирования используется база данных, пополняемая преподавателем определенными наборами входных и выходных данных (автотестами), на соответствие которым тестовая система будет проверять предоставленный студентом текст программы.

2. Дополнительный. На вход тестируемой программе поступают входные данные, подобранные случайным образом. Генерация входных данных построена на использовании шаблонов, когда за основу берется правильное авторское решение.

Проверка исходных текстов программ с помощью автоматических тестов предполагает загрузку и запуск файлов различных расширений, что может являться проблемой безопасности вычислительных устройств, на которых запущена ИС. С целью предупреждения наступления возможных негативных последствий от запуска недоброкачественного файла, необходима дополнительная проверка сданной программы перед последующей работы с ней, например, ограничения используемых команд, сторонних библиотек и т. д, в сочетании с антивирусной проверкой.

Также нужно задавать ограничения: допустимый объем памяти файла и время его обработки системой (например, не более 1 секунды). Ограничения являются дополнительным средством защиты от недоброкачественного кода и позволяют отсеять неудачно реализованные программы с точки зрения логики работы алгоритма и пр.

Во время запуска ИС преподаватель может задавать условия проверки задач и перевода их в определенные статусы в системе Redmine в соответствии с результатами этой проверки. Например, если задача успешно прошла все тесты и не имеет стилистических/семантических ошибок, то может быть автоматически принята. Однако при использовании автоматического режима актуальна проблема несамостоятельного выполнения работ, т.е. возникает необходимость поиска идентичных решений. В ИС предполагается разработка алгоритма сравнения кода с использованием существующих решений (DiffMerge [11] и др.) или их комбинаций.

Для оценки степени усвоения пройденного материала в существующей системе могут быть реализованы методы сбора статистки:

3. На каких задачах и на каких тестах студенты совершают наибольший процент ошибок.

4. Какие ошибки наиболее часто встречаются в процессе анализа текста программ статическими анализаторами и др.

Реализация описанных ранее решений проводится с учетом лучших практик, представленных в существующих системах обучения программированию, и добавлением новых функций.

Заключение

Внедрение автоматического тестирования в информационную систему, основанную на интеграции систем учета и ведения задач с инструментами статического анализа, способствует повышению эффективности обучения программированию. Получив обратную связь, исправляя ошибки и выясняя причину несоответствия поведения программы ожидаемому, студенты приобретают навыки отладки программ, которые помогут им избежать аналогичных ошибок в будущем.

Кроме того, использование системы позволяет сократить объем рутинной работы преподавателей, а использование статистики ошибок постоянно адаптировать и совершенствовать процесс обучения.

Список литературы

1. Мартин, Р. Чистый код: создание, анализ и рефакторинг / Р. Мартин; пер. с англ. Е. Матвеев. — СПб.: Питер, 2016. — 464 с.

2. Питонтьютор [Электронный ресурс] : официальный сайт онлайн-сервиса. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://pythontutor.ru

3. Дистанционная подготовка по информатике [Электронный ресурс] : официальный сайт онлайн-сервиса для дистанционной подготовки по информатике. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://informatics.msk.ru

4. Timus Online Judge – архив задач с проверяющей системой [Электронный ресурс] : первый российский архив задач с автоматической системой проверки. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://acm.timus.ru

5. Интернет-школа Программирования [Электронный ресурс] : официальный сайт онлайн-сервиса для дистанционной подготовки по информатике. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://ips.ifmo.ru

6. Данилова, И.И. Создание информационной системы учёта и проверки исходного кода программ с применением инструментов статического анализа / И.И. Данилова // «Информатика: проблемы, методология, технологии» материалы XVIII Международной научно-

методической конференции : в 7 т.. Воронежский государственный университет. — Воронеж, 2018. — С. 30-35.

7. Online Project Management [Электронный ресурс] : официальный сайт веб-приложения для управления проектами и задачами. — Электрон. дан. — Режим доступа: http://www.hostedredmine.com

8. PyLint [Электронный ресурс] : официальный сайт статического анализатора. — Электрон. дан. и прогр. — Режим доступа: https://www.pylint.org

9. Checkstyle [Электронный ресурс] : официальный сайт статического анализатора. — Электрон. дан. и прогр. — Режим доступа: http://checkstyle.sourceforge.net

10. Cpplint [Электронный ресурс] : исходный код программы. – Электрон. дан. и прогр. – Режим доступа: https://github.com/cpplint/cpplint

11. DiffMerge [Электронный ресурс] : официальный сайт программного обеспечения. — Электрон. дан. и прогр. — Режим доступа: https://sourcegear.com/diffmerge

Средства для измерения уровней побочных электромагнитных излучений и наводок

И. А. Зауголков, e-mail: kafedra_kmm@mail.ru [1]
О.В. Исаева, e-mail: phys@nnn.tstu.ru [2]

[1] Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
[2] Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В работе проанализированы современные средства по обработке, хранению и передаче информации с точки зрения физических процессов создающих побочные информативные радиосигналы. Проведена классификация средств измерений побочных электромагнитных излучений и наводок. Создана база данных, позволяющая подобрать необходимые средства измерений радиосигналов.*

Ключевые слова: *защита информации, база данных, случайные опасные сигналы, побочные электромагнитные излучения и наводки*

Введение

Работа современных средств по обработке, хранению и передаче информации сопровождается физическими явлениями и процессами, создающими побочные радиосигналы. Такие сигналы называются случайными опасными сигналами. Они возникают вне зависимости от желания владельца информации и зачастую без проведения специальных исследований, выявить их практически невозможно.

Источники опасных сигналов можно классифицировать исходя из физической природы следующим образом: акустоэлектрические преобразователи; излучатели низкочастотных сигналов; излучатели высокочастотных сигналов; паразитные связи и наводки. В результате возникают информативные электромагнитные излучения, а в соединительных линиях и посторонних проводниках, находящихся на объекте информатизации, могут появляться наводки от информационных сигналов. Этот канал утечки информации называется ПЭМИН (побочные электромагнитные излучения и наводки).

Исследования показали, что по этому каналу уязвимы около 2% информации. это данные, которые вводятся с клавиатуры компьютера, записываются на накопители, читаются с накопителей, передаются в каналы связи, выводятся на периферийные печатные устройства – принтеры, плоттеры или отображаются на дисплее [1].

© Зауголков И. А., Исаева О. В. 2019

1. Разработка моделей

Для обеспечения выбора средств измерений побочных электромагнитных излучений и наводок разработана база данных «Средства измерения ПЭМИН».

В ходе разработки базы данных был произведён анализ реестра средств измерений и выявлены следующие устройства для измерения побочных электромагнитных излучений и наводок: нановольтметры; селективные микровольтметры; антенны измерительные; анализаторы спектра; измерительные приемники.

Физическая модель базы данных представлена в виде табл. 1-3.

Таблица 1

Структура базы данных

Название	Описание
Tools	Таблица средств измерения электромагнитных излучений и наводок
Producers	Таблица со сведениями о производителе средств измерений

В «Базе данных технических средств, предназначенных для измерения уровней сигналов ПЭМИН» вся основная информация о средствах измерения электромагнитных излучений и наводок содержится в таблице *Tools*. Её структура представлена в табл. 2.

Таблица 2

Структура таблицы Tools

Ключевое поле	Имя поля	Тип данных	Описание
*	Номер	Счетчик	Идентификационный номер
	Номер в Госреестре	Текстовый	номер реестре утвержденных типов средств измерений
	Наименование СИ	Текстовый	Наименование утвержденного типа средства измерения
	Обозначение типа СИ	Текстовый	Буквенно-цифровое обозначение типа средства измерения
	Описание	Текстовый	Подробное описание средства измерения
	Изготовитель	Текстовый	Предприятие-изготовитель

Структура дополнительной таблицы, содержащей реквизиты предприятия-изготовителя, представлена в табл. 3.

Таблица 3

Структура таблицы Producers

Ключевое поле	Имя поля	Тип данных	Описание
*	Номер	Счетчик	Идентификационный номер
	producer_title	Текстовый	Предприятие-изготовитель
	details	Текстовый	Реквизиты предприятия

При работе с «Базой данных технических средств, предназначенных для измерения уровней сигналов ПЭМИН» пользователь имеет следующие возможности: запрос всех средств измерения ПЭМИН; запрос средств измерения от конкретного производителя; запрос средств измерения, относящихся к конкретному типу.

Разработанная база данных строится в *MS Acces*s. На данный момент в ней две таблицы: *tools* из 123 записей, содержащая все сведения о средствах измерения ПЭМИН, и *producers* с данными о производителях.

Заключение

Интерфейс базы данных обеспечивает: ввод, просмотр, редактирование данных на основе форм с максимальным использованием средств автоматизации; стандартные операции навигации и обслуживания базы данных; получение сводных данных и выборок на основании запросов; печать отчётов для документирования различных данных.

Создание базы данных способствует повышению уровня осведомленности пользователей о существующих средствах измерения побочных электромагнитных излучений и наводок [2].

Применение базы данных позволит потенциальным пользователям легко найти всю интересующую информации по средствам измерения побочных электромагнитных излучений и наводок. Предлагаемая база данных удобно скомпонована и содержит: № свидетельства, дату внесения в реестр, срок действия сертификата, наименование средства измерения, тип средства, цену средства измерения, область применения, краткую характеристику параметров, производителя и его адрес. Она предусматривает поиск нужных сведений по содержанию, по

предприятию-производителю средства измерения; стоимости средства измерения; сроке действия свидетельства.

Список литературы

1. Чванова, М. С. Актуальные проблемы информатики / М. С. Чванова, И. А. Зауголков, Д. В. Лопатин. – Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2012. – 179 с.

2. Коротич, Д.И. Информационно-методическое обеспечение подготовки бакалавров в области комплексной системы защиты информации / Д. И. Коротич, И. А. Зауголков, О. В. Исаева // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. ТГТУ. – Тамбов, 2016. – С. 268-272.

Описание программной платформы вспомогательной и дополненной реальностей XR

Н. А. Кожевников, e-mail: nikita.kozhevnikov@inlinegroup-c.ru[1]
Н. В. Огаркова, e-mail: nataly.ogarkova@gmail.com[2]
Е. С. Барановский, e-mail: esbaranovskii@gmail.com[2]

[1]ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ»
[2]Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются возможности системы вспомогательной и дополненной реальностей XR, разработанной специалистами ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ».*

Ключевые слова: *XR, AR, вспомогательная реальность, дополненная реальность, ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ».*

Введение

На сегодняшний день направление AR (вспомогательная и дополненная реальности) в основном используется в сфере развлечений. Вспомогательная реальность (assisted reality, AR) – это отображение перед глазами любого заранее определенного графического контента без привязки к объектам физического мира. Дополненная реальность (augmented reality, AR) – это результат введения цифрового графического контента при наведении камеры на физический объект из реального мира с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации.

В корпоративном сегменте направление AR может быть использовано для упрощения и повышения эффективности бизнес-процессов. Программная платформа XR предназначена для построения гибких решений с применением устройств и технологий вспомогательной и дополненной реальностей.

1. Архитектура платформы XR

Платформа разделена на три основных компонента:

1Серверная часть платформы отвечает за создание собственных произвольных сценариев бизнес-процессов, а также за вывод результатов их выполнения.

2Клиентская часть – за работу этих сценариев в Android-приложении на «умном устройстве»: в «умных очках», смартфоне или планшете.

© Кожевников Н.А.., Огаркова Н.В., Барановский Е.С., 2019

3Сервер аудио-видеосвязи – за организацию видео-звонков между операторами и экспертом во время осуществления сценариев.

Общая архитектура системы представлена на рис. 1.

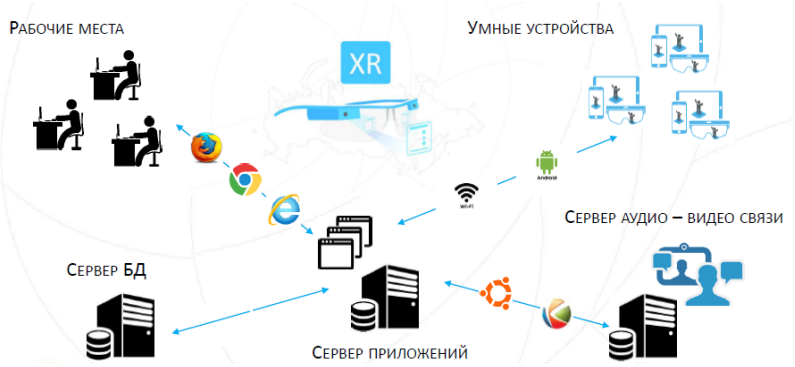


Рис. 1. Архитектура программной платформы XR

2. Возможности платформы XR

На рис. 2 представлен этап проектирования сценария дизайнером процессов в системе XR. С помощью него создается контент, который впоследствии будет использован в Android-приложении для выполнения работ.

Рис. 2. Формирование сценария в системе XR

Перечень областей применения возможностей системы практически не ограничен: это наглядно показано на рис. 3.

Рис. 3. Варианты использования возможностей системы XR

3. Преимущества использования платформы XR

Применение платформы XR помогает типовым работникам сборочных цехов эффективно выполнять производственные операции за счет систематизации каждого действия.

Во время выполнения процессов система XR позволяет осуществлять онлайн-регистрацию выявленных дефектов с приложением фото-, видео- и аудиоматериалов. Решение позволяет не только выполнять структурированные процедуры осмотра оборудования, но и видеть на устройствах в режиме реального времени текущие показатели обслуживаемого оборудования с целью того, чтобы отрегулировать их на месте.

Вся полученная во время обхода информация сохраняется локально в очках и (или) передается в режиме реального времени на платформу XR.

Помимо этого, в системе XR присутствует возможность интеграции с SAP: динамически формируются сценарии процессов на основе заранее подготовленного шаблонного процесса и заказов, пришедших на сервер из SAP.

Также платформа XR позволяет работнику быть всегда на связи с экспертами, которые помогут решить возникшую проблему. Эксперт помимо аудио/видеосвязи с оператором имеет возможность отправить работнику в режиме реального времени на устройство обновленную инструкцию или дополнительные фото- / видео- / аудиоматериалы.

Технология в комбинации с устройствами легко встраивается в существующую IT архитектуру, помогает совершенствовать процессы и создавать новые, упрощает взаимодействие человек-машина и позволяет реализовывать концепцию Hands Free (руки свободны, а инструкции перед глазами).

Помимо прочего, в системе XR разработан модуль AR-заметок. С помощью него можно увидеть использование технологий дополненной реальности. Приложение умеет распознавать изображения: оператор может навести камеру на реальный объект (например, картину на стене), и на экране устройства он увидит блок с текстом (AR-заметка), который дизайнер заранее ввёл для этого изображения (AR-маркера) при создании процесса.

Важно отметить, что платформа XR полезна при проведении разного рода инспекций. По инструкции с помощью умного устройства можно осуществлять мониторинг параметров изготовления, контроль качества и регистрацию голосовыми командами фактических параметров изделий, а также в режиме реального времени анализировать сопутствующую документацию.

Система XR по итогам проделанной инспектором работы автоматически формирует детальный отчет и аналитику в различных разрезах. При этом действия различных инспекторов на разных производственных площадках доступны в режиме реального времени руководителю.

Кроме того, при использовании нательных датчиков в интеграции с решением XR платформа постоянно измеряет ключевые показатели состояния работника, помогая соблюдать нормы охраны труда и оперативно реагировать на ситуации, когда работнику требуется медицинская помощь.

Заключение

Таким образом, платформа XR в комбинации с «умными устройствами» позволяет дать руководство к действию, минимизировать человеческий фактор, повысить вовлеченность в работу и заставить исполнителя строго выполнять требуемые операции, вследствие чего повышается эффективность бизнес-процессов.

Список литературы

1. Платформа XR [Электронный ресурс]: новости и события / ООО «ИНЛАЙН КОНСАЛТИНГ». – Режим доступа: http://inlinegroup.ru/events/news/697/

2. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем / В.И.Грекул. – 2-е изд., перераб.и доп. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 901 с.
3. Urman, S. ORACLE 8. PL/SQL Programming / S. Urman. – Osborne : McGraw-Hill, 1997. – 608 p.
4. Scott, J. Expert Oracle Application Express / J. Scott. – New York : Springer Science, Business Media, 2015. – 629 p.
5. Gault, D. Beginning Oracle Application Express 5 / D. Gault. – New York : Springer Science, Business Media, 2015. – 476 p.
6. Gault, D. Advanced Oracle Application Express 5 / D. Gault. – New York : Springer Science, Business Media, 2015. – 524 p.
7. Wesley, S. Pro jQuery in Oracle Application Express / S. Wesley. – New York: Springer Science, Business Media, 2015. – 221 p.

Разработка и использование электронных практикумов в преподавании технических наук

И. А. Зауголков[1]
И.П. Колобенков, e-mail: kafedra_kmm@mail.ru [1]
О.В. Исаева, e-mail: phys@nnn.tstu.ru[2]

[1]Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
[2] Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В работе производится создание электронного практикума "Физическая защита объектов информатизации", позволяющего имитировать процессы, протекающие в изучаемых реальных объектах, или смоделировать эксперимент, не осуществимый в реальных условиях. Практикум разработан с помощью веб-программирования и может работать в любом современном браузере. Архитектура электронного практикума при изменении контента позволяет использовать его для изучения естественнонаучных дисциплин.*

Ключевые слова: *физическая защита объектов информатизации, электронный практикум*

Введение

На сегодняшний день развитие цивилизованного общества характеризуется процессом информатизации. Информатизация общества представляет собой сложный социальный процесс, характерной особенностью которого является то, что преобладающим видом деятельности в сфере общественного производства считается обработка, накопление, сбор, передача, хранение и использование информации, осуществляемые на базе передовых средств вычислительной техники.

Переход общества к информационной эпохе своего развития выставляет в качестве одной из главных задач, стоящих перед системой образования, задачу повышения уровня подготовки будущего специалиста в сфере практического применения информационных технологий [1]. Процесс повышения уровня информационной подготовки невозможен при отсутствии во всех формах современной образовательной деятельности информационных и коммуникационных технологий [2].

© Зауголков И. А., Колобенков И. П., Исаева О. В., 2019

1. Разработка моделей

В работе производится создание оригинального электронного практикума "Физическая защита объектов информатизации", который дает возможность удаленно совершенствовать свои знания, не отвлекая от основной деятельности.

Актуальность выбранной темы состоит в том, что существует огромное количество средств, которыми имеет возможность воспользоваться студент во время обучения, благодаря электронному практикуму обучающийся сможет применять те или иные технологии для различного вида деятельности связанной с системой физической защиты.

В работе решены следующие задачи: проанализирована литература и источники в интернете по теме «Физическая защита объектов информатизации» с целью формирования круга печатных и электронных практикумов, рассматривающих те или иные технологии, используемые в деятельности студентов и преподавателей; проанализирована литература и источники в интернете с целью выделения требований, предъявляемых к электронному практикуму [3,4] ; спроектирована структура и интерфейс электронного практикума «Системы физической защиты объектов информатизации»; реализован электронный практикум.

Электронный практикум позволяет имитировать процессы, протекающие в изучаемых реальных объектах, или смоделировать эксперимент, не осуществимый в реальных условиях. При этом тренажер имитирует не только реальную установку, но и объекты исследования и условия проведения эксперимента [3]. Лабораторные тренажеры позволяют подобрать оптимальные для проведения эксперимента параметры, приобрести первоначальный опыт и навыки на подготовительном этапе, облегчить и ускорить работу с реальными экспериментальными установками и объектами.

Программный продукт может быть использован для организации самостоятельной работы студентов направления подготовки «Информационная безопасность», «Прикладная информатика». Электронный практикум представляет собой отобранный и составленный теоретический и практический материал, представленный в удобной для студента форме. Практикум разработан с помощью веб-программирования и может работать в любом современном браузере.

Электронный практикум был разработан с помощью программы Adobe muse CC.

Во время создания использовались следующие технологии:

– HTML - язык разметки гипертекста для веб-документа, включая теги, которые позволяют браузеру создавать из текста дизайн;

– Каскадные таблицы стилей CSS - это мощный текстовый стандарт, который определяет представление данных в браузере. Каскадные таблицы стилей позволяют хранить контент отдельно от его презентации.

– JavaScript - это сценарный язык программирования, который позволяет настраивать конкретные действия для интерактивности приложений.

2. Структура практикума

1Физическая защита объектов информатизации (главная страница)
2Начать работу с электронным практикумом
3Программы
4Практические занятия
5О практикуме

Для большего удобства и интереса студентов главная страница представляет из себя эргономичное меню, которое больше напоминает какое-нибудь приложение. Содержит в себе 4 раздела. На рис. 1- 2 изображена главная страница электронного практикума.

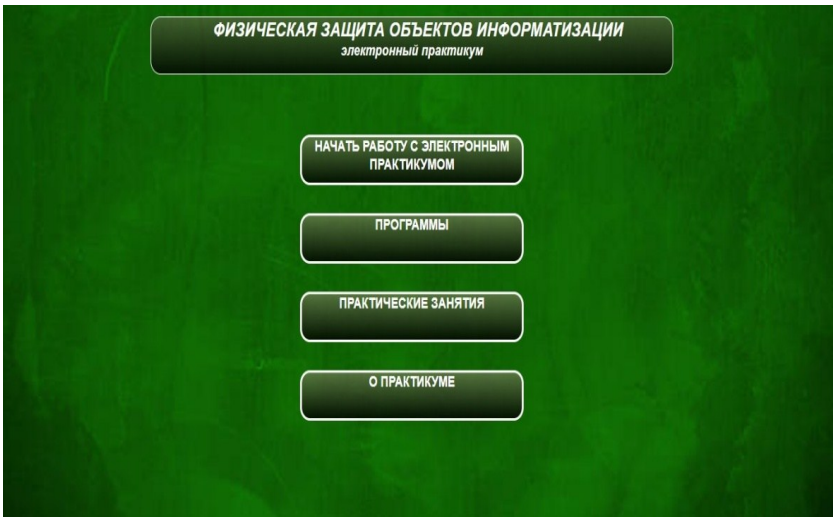


Рис. 1. Главная страница электронного практикума «Физическая защита объектов информатизации»

В руководстве по работе с электронным практикумом «Физическая защита объектов информатизации» описывается: структура практикума - меню и основной контент практикума; основные страницы- (Начать работу с электронным практикумом, Программы, Практические занятия, О практикуме)

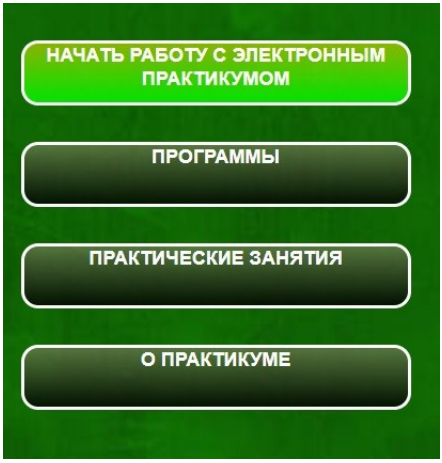


Рис. 2. Разделы главной страницы электронного практикума «Физическая защита объектов информатизации»

Электронный практикум «Физическая защита объектов информатизации» предназначен для освоения таких разделов, как «Биометрические системы безопасности», «Проектирование системы видеонаблюдения», «Проектирование системы контроля и управления доступом», «Паразитные емкостные связи», «Паразитные индуктивные связи», «Экранирование электрических полей» и ориентирован на очную и заочную форму обучения направления подготовки бакалавров «Информационная безопасность» и специальности «Безопасность информационных технологий в правоохранительной сфере».

В электронном практикуме реализованы три задания для лабораторных работ («Биометрические системы безопасности», «Проектирование системы видеонаблюдения», «Проектирование системы контроля и управления доступом») и три задания для выполнения практических работ («Паразитные емкостные связи», «Паразитные индуктивные связи», «Экранирование электрических полей»).

Информационное наполнение ресурса формируется из различных материалов: текстовой, графической, а так же ссылок. Все приводимые сведения тематически разбиты по блокам или по разделам, а так же сведения могут одновременно входить в состав нескольких разделов. Любой раздел может быть разделен на подраздел. На страницах разделов, возле ссылок на информационные материалы – имеется нумерация.

Для комфортного прохождения лабораторных работ или практических занятий следует сразу скачать все необходимые программы в разделе «Программы».

Заключение

Архитектура электронного практикума при изменении контента позволяет использовать его для изучения естественнонаучных дисциплин университета.

Список литературы

1. Коротич, Д. И. Информационно-методическое обеспечение подготовки бакалавров в области комплексной системы защиты информации. / Д. И. Коротич, И. А. Зауголков, О. В. Исаева // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – ТГТУ. Тамбов, 2016. – С. 268-272.

2. Чванова, М. С. Актуальные проблемы информатики. / М. С. Чванова, И. А. Зауголков, Д. В. Лопатин. – Тамбов: Издательский дом ТГУ им. Г. Р. Державина, 2012. – 179 с.

3. Осипова, И. А. Моделирование процесса научного исследования на примере работы учебной лаборатории по нанотехнологиям. / И. А. Осипова, О. В. Исаева // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – ТГТУ. Тамбов, 2016. – С. 272-276.

4. Физика / Ю. М. Головин [и др.] // Учебно-методический комплекс. Электронный ресурс. – Тамбов, 2017. – 153 с.

Проектирование и реализация реляционной базы данных программы автоматизированного размещения документов

О. Б. Кремер, email: olgaborisovna_k@mail.ru
С.Л. Подвальный, email: spodvalny@yandex.ru
М.А. Белых, email: legion.lords@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В статье представлены этапы разработки программы для автоматизированного размещения отчетных документов студентов по дисциплинам. Рассмотрены проектирование структуры базы данных, программная реализация формирования SQL-запросов, реализация интерфейса пользователя для поиска документов в базе данных.*

Ключевые слова: *автоматизированное размещение документов, база данных, SQL-запрос, проектирование, поиск.*

Введение

Автоматизированное размещение документов подразумевает под собой систему, занимающуюся распределением информации, в которой в качестве управляющей силы используется человек-оператор, занимающийся непосредственно управлением этой системой [1].

На кафедре автоматизированных и вычислительных систем ВГТУ была разработана компьютерная программа для автоматизированного размещения отчётных документов студентов по дисциплинам на компьютере преподавателя на основе реляционной базы данных.

Реляционной базой данных (БД) называется состоящая из взаимосвязанных таблиц база данных, в которой каждая таблица содержит информацию об объектах определённого типа [2].

В ходе разработки программы были выполнены ряд этапов, в состав которых вошли проектирование структуры БД, программная реализация связи полей БД с интерфейсными компонентами среды разработки и формирование SQL-запросов к БД, а также реализация интерфейса пользователя для поиска документов в БД по запросу.

1. Проектирование базы данных программы

На этапе проектирования структуры БД была описана концептуальную модель рассматриваемой предметной области, т.е. был определен перечень информации и их взаимосвязи [3]. Структура базы

© Кремер О. Б., Подвальный С. Л., Белых М. А., 2019

данных строится на основе данной модели и состоит из семи следующих таблиц: «ВидРаботы», «Дисциплина», «ФормаОбучения», «УчебнаяГруппа», «Студенты», «ИнформацияДисциплины», «ИнформацияДокументы». Все таблицы логически связаны между собой. Структурная схема взаимосвязанных таблиц БД представлена на рис. 1.

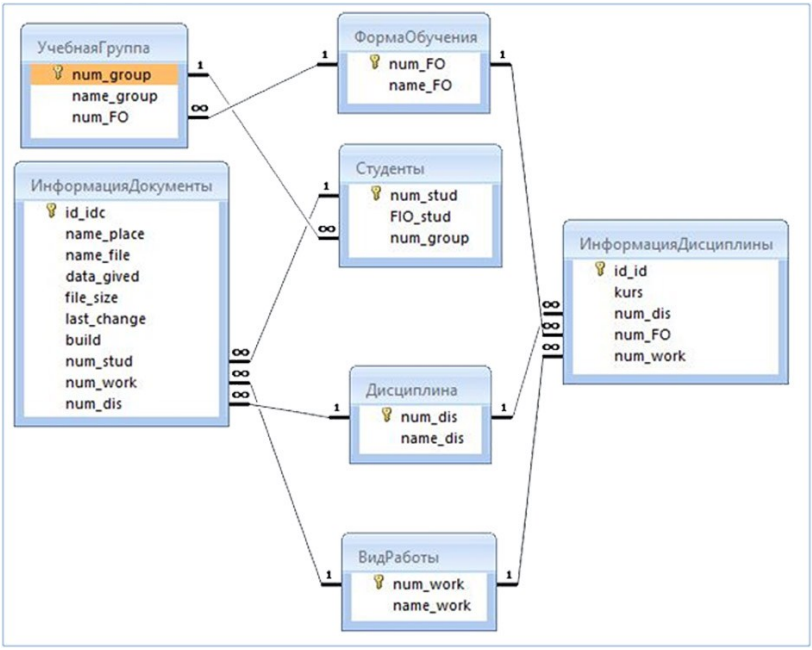


Рис. 1. Структурная схема таблиц БД

Рассмотрим таблицы БД подробнее.

Таблица «ВидРаботы» содержит информацию о названиях работ, таких как курсовой проект и отчёт по лабораторной работе.

Таблица «Дисциплина» содержит информацию о названиях дисциплин, таких как «Системное программное обеспечение», «Программирование в среде 1С».

Таблица «ФормаОбучения» содержит информацию о названиях форм обучения, таких как очная, заочная.

Таблица «УчебнаяГруппа» содержит информацию о названиях групп и их формах обучения.

Таблица «Студенты» содержит информацию о фамилии, имени, отчестве студентов.

Таблица «ИнформацияДисциплины» содержит информацию об условном номере формы обучения, курсе, на котором изучается дисциплина, и условном номере вида работы, которая связана с этой дисциплиной.

Таблица «ИнформацияДокументы» содержит информацию об атрибутах документа, таких как имя, размер, путь, год сдачи, дата последнего изменения и дата создания файла, а также условные номера ФИО студента, которому принадлежит работа, вида сданной работы и дисциплины.

Таблицы БД реализованы в СУБД Microsoft Access 2007.

2. Формирование SQL-запросов на этапе программирования ПС

Взаимодействие программы с таблицами БД производится посредством формирования SQL-запросов. Представим некоторые типы запросов, которые использованы на этапе программирования в среде Microsoft Visual Studio 2017 на языке программирования C++.

Для выбора одного значения из перечня всех значений параметра в программе реализован их вывод в интерфейсную компоненту «dataGridView». Значения необходимого параметра берутся из поля таблицы БД. Например, если пользователю надо выбрать форму обучения студента, то на экране в интерфейсной компоненте будет отображен перечень всех форм обучения. Формирование запроса для выбора значений поля с названием формы обучения «name_FO» таблицы «ФормаОбучения» и вывода в компоненту «dataGridView» результата поиска в БД представлено на рис. 2.

```
System::Data::OleDb::OleDbConnection^ DBConnections = gcnew System::Data::
OleDb::OleDbConnection(
      "Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;"+
      "Data Source = " + fullPath + "\\DipDB.mdb;" +
      "Persist Security Info = False");
DBConnections->Open();
System::Data::DataSet^ SetData = gcnew System::Data::DataSet();
System::Data::OleDb::OleDbDataAdapter^ DBQuery = gcnew System::Data::OleDb::
OleDbDataAdapter(
"Select name_FO FROM ФормаОбучения", DBConnections);
DBQuery->Fill(SetData);
DBGrid->DataSource = SetData->Tables[0]->DefaultView;
DBConnections->Close();
delete DBConnections, DBQuery, SetData;
```

Рис. 2. Запрос к БД на поиск значений одного поля таблицы БД

Для вывода значений полей двух таблиц БД в интерфейсную компоненту используется другой SQL-запрос. Например, если необходимо отобразить перечень студентов с их учебными группами, то в запросе надо связать две таблицы по определенным полям.

Формирование запроса для выбора значений полей с именами студентов «FIO_name» таблицы «Студенты» и названиями групп «name_group» таблицы «УчебнаяГруппа» представлено на рис. 3.

```
System::Data::OleDb::OleDbDataAdapter^ DBQuery = gcnew System::Data::
OleDb::OleDbDataAdapter(
"SELECT FIO_stud, name_group from Студенты, УчебнаяГруппа " +
"where Студенты.num_group = УчебнаяГруппа.num_group", DBConnections);
DBQuery->Fill(SetData);
DBGrid->DataSource = SetData->Tables[0]->DefaultView;
```

Рис. 3. Запрос к БД на поиск значений полей из двух таблиц БД

Для вывода значений полей четырех таблиц БД используется другой SQL-запрос. Например, если необходимо отобразить значения полей таблицы «ИнформацияДисциплины», то в запросе надо связать по определенным полям такие таблицы, как «Дисциплина», «ФормаОбучения», «ИнформацияДисциплины», «ВидРаботы».

Формирование запроса на выбор значений полей таблицы «ИнформацияДисциплины» и вывода их в интерфейсную компоненту представлено на рис. 4.

```
System::Data::OleDb::OleDbDataAdapter^ DBQuery = gcnew System::Data::
OleDb::OleDbDataAdapter(
      "Select name_dis, name_FO, kurs, name_work "+
      "from Дисциплина, ФормаОбучения, ИнформацияДисциплины, ВидРаботы "+
      "where(ИнформацияДисциплины.num_dis = Дисциплина.num_dis)"+
      "and (ИнформацияДисциплины.num_FO = ФормаОбучения.num_FO)"+
      "and (ИнформацияДисциплины.num_work = ВидРаботы.num_work)",
DBConnections);
DBQuery->Fill(SetData);
DBGrid->DataSource = SetData->Tables[0]->DefaultView;
```

Рис. 4. Запрос к БД на поиск значений полей четырех таблиц БД

3. Реализация интерфейса пользователя для поиска документов

Главное окно программы предоставляет доступ к режиму работы «Поиск документа». В этом окне расположены фильтры для установки параметров поиска документов в БД, кнопка «Очистить всё» для сброса настроек фильтров, кнопка «Найти» для осуществления поиска документов в БД, удовлетворяющих заданным фильтрам, кнопка

«Просмотр документа» для просмотра содержимого выбранного документа.

Пример результатов поиска документов по заданным фильтрам представлен на рис. 5.

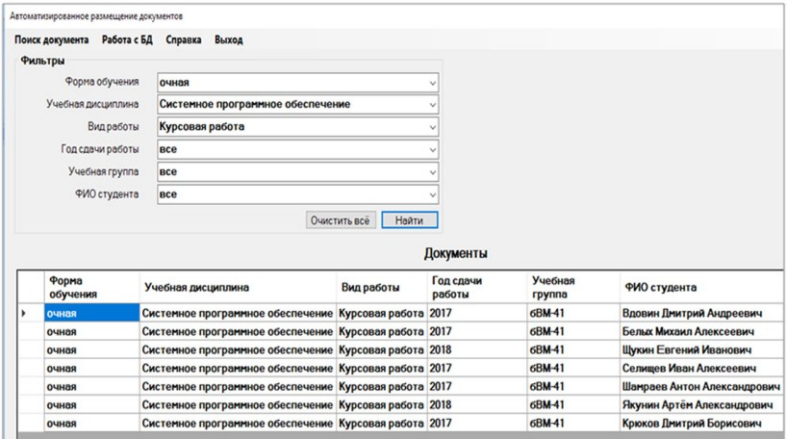


Рис. 5. Пример результатов поиска документов

В программе реализованы режимы ввода информации в выбранную пользователем таблицу БД, коррекции информации выбранной записи каждой таблицы БД, просмотра всех записей выбранной таблицы БД.

Заключение

Таким образом, представленные этапы разработки позволили реализовать программу автоматизированного размещения отчётных документов студентов по дисциплинам на компьютере преподавателя, что позволит повысить эффективность поиска нужных документов.

Список литературы

1. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. – 224 с.

2. Малыхина, М.П. Базы данных: основы, проектирование, использование / М.П. Малыхина. – М.: БХВ-Петербург, 2016. – 518 с.

3. Кремер, О.Б. Этапы разработки программы автоматизированного размещения работ студентов / О.Б. Кремер, М.А. Белых // Интеллектуальные информационные системы: тр. междун. науч.-практ. конф.: в 2 ч. ФГБОУ ВО «ВГТУ». – Воронеж, 2018. – Ч. 2. – С. 78-81.

Методы и технологии разработки обучающих программ программированного обучения в образовательном процессе вуза

С. П. Кухаренко, email: serp@rambler.ru
О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Е. В. Чмутин [1]

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается методы построения обучающих программ программированного обучения в образовательном процессе вуза.*

Ключевые слова: *обучающие программы, электронный учебно-методический комплекс.*

Введение

Применение программированного обучения в образовательном процессе вуза при преподавании дисциплин, в частности, общепрофессиональных, весьма перспективно, но его возможности могут быть реализованы с определенной эффективностью лишь при условии соблюдения научно обоснованного алгоритма обучения:

- продвижение обучаемого от незнания к Знанию; – от знания к Умению; – от умения к Навыку; – от ЗУН к компетентности.

Потенциальные возможности образовательных программ подвергались интенсивной дискуссии, но при этом очень мало было сказано относительно конкретной методики, обеспечивающей успешное программирование. Далее представлены основные методы построения обучающих программ для общепрофессионального цикла на практических примерах образовательного процесса дисциплин кафедры общепрофессиональных дисциплин Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж).

1. Линейное программирование

Линейное программирование в области знаний начертательной геометрии дает возможность обучающемуся путем «подсказок» и «стимулов-указаний» дать правильный ответ.

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Чмутин Е. В., 2019

В первой порции обучающемуся предъявляется небольшой объем информации, и от него требуется дать ответ, вписав в соответствующем месте пропущенные слова или предложения.

Пример.

1. Проекции геометрических элементов (фигур):

V – «……» плоскость проекций.

2. Проекции точек обозначаются строчными буквами латинского алфавита с добавлением индекса:

a′, b′, c′, d′ – какие проекции имеют такое обозначение «……»

3. Px, Py, Pz или PV, PH, PW – как обозначаются точки схода плоскостей «……» (обозначаются с индексом соответствующей оси).

4. PV, PH, PW или Px, Py, Pz – как обозначаются следы «……» плоскостей «……» (обозначаются с индексом соответствующей плоскости).

Важной особенностью линейного программирования является то обстоятельство, что обучающийся практически выписывает или «конструирует» ответ. Составленный самим обучаемым ответ заставляет его более глубоко продумать материал и позволяет добиться лучшего понимания, чем при выборе правильного ответа из предоставленного ему набора готовых ответов. Программа, таким образом, не экзаменует обучающихся, а обучает, требуя от них дать явно выраженный, продуманный и самостоятельный ответ. Такие программы иногда называют Smart-конспектами.

Линейные программы бывают двух видов, как показано на рис. 1. Первый из них характеризуется тем, что обучающийся изучает последующую порцию (дозу) материала независимо от того, правильно ли выполнил задание по предыдущей порции. Этот вид линейной программы хорошо реализуется в программированных электронных учебниках. Другим видом линейной программы предусматривается выдача обучающемуся очередной порции только в том случае, если задание предыдущей порции было выполнено правильно. Если начальный уровень (модуль) знаний освоен, то «малые шаги» в линейной программе и малая скорость развертывания материала, при его подаче, становятся недостаточно эффективными.

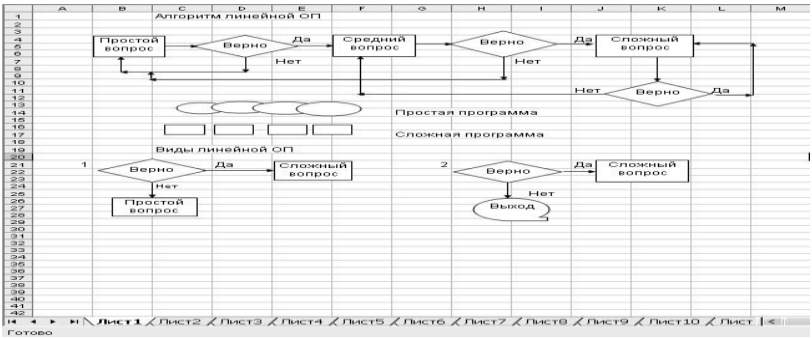


Рис. 1. Алгоритм линейного программирования

2. Разветвленное программирование

Для более подготовленных обучающихся более эффективно применять разветвленное программирование, алгоритм которого показан на рис. 2.

Разветвленное программирование (метод Краудера) основывается на выборе ответов из набора предложенных (схема множественного выбора.

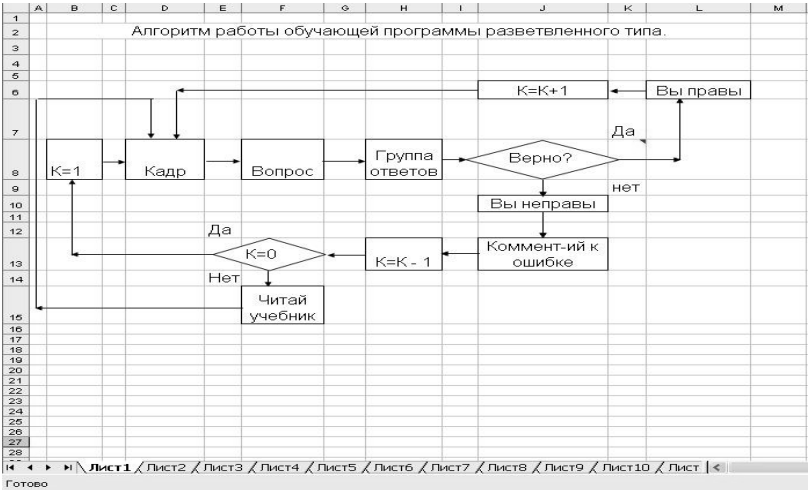


Рис. 2. Алгоритм разветвленного программирования

Основным структурным элементом при разветвленном программировании является кадр, который обычно состоит из раздела материала объемом от 30 до 70 слов, хотя в некоторых случаях объем информации в кадре может быть и увеличен. За этой информацией следует вопрос с выбором ответа, и выбранный ответ автоматически определяет следующую порцию материала. Если обучающийся выбрал правильный ответ, ему сообщается, что он прав, и разъясняется, почему он прав, причем одновременно предлагается следующая порция информации. Если обучающийся выбрал неверный ответ, ему сообщается, что он ошибся, и разъясняется вероятная причина ошибки. После этого он либо снова отсылается к первой порции информации, чтобы сделать новую попытку выбора правильного ответа, либо же ему перед возвращением к исходной или последующей порции дается вспомогательный поясняющий материал.

Приведем пример фрагмента разветвленной программы «Электронный конспект лекций по дисциплине «Начертательная геометрия»» [1, 2] состоящей из четырех порций П1...П4. Полностью успевающий обучающийся будет переходить от порции П1 через порции П2 и ПЗ к порции П4. Если он делает простую ошибку по материалу порции П2, то будет отослан к поясняющей порции П2А или П2Б. Там он узнает, что он ошибся, и получит разъяснения относительно вероятного характера его ошибки. После этого ему будет предложено вернуться к порции П2, чтобы второй раз попытаться ответить на вопрос. При выполнении порции ПЗ предусмотрены разветвления из последовательно включенных вспомогательных порций ПЗА, ПЗБ, ПЗВ при серьезной ошибке. В этом случае обучающемуся будет не только указано, что он ошибся, но, помимо этого, материал порции ПЗ будет разбит на более мелкие части ПЗА, ПЗБ, ПЗВ с дополнительными иллюстрирующими примерами.

Таким образом, способный обучающийся, который будет иметь дело только с порциями П1, П2, ПЗ и П4, пройдет материал гораздо быстрее, чем обучающийся, которому придется обращаться к вспомогательным порциям, т.е. время, которое обучающийся затратит при обучении, будет зависеть не только от скорости, с которой он проходит каждую из предложенных ему порций, но также и от количества информации, с которой ему придется иметь дело во вспомогательных порциях [3].

С программой по системе Краудера обычно связывают выбор правильного ответа из ряда готовых ответов. Однако нет причин, по которым и в этом случае нельзя было бы применять конструирование ответа.

3. Адаптивное программирование

Адаптивное программирование, алгоритм которого представлен на рис. 3, основано на гипотезе, что некоторое количество ошибок необходимо для обучения навыкам, т.е. если не будет сделано ошибок, эффект обучения будет меньше.

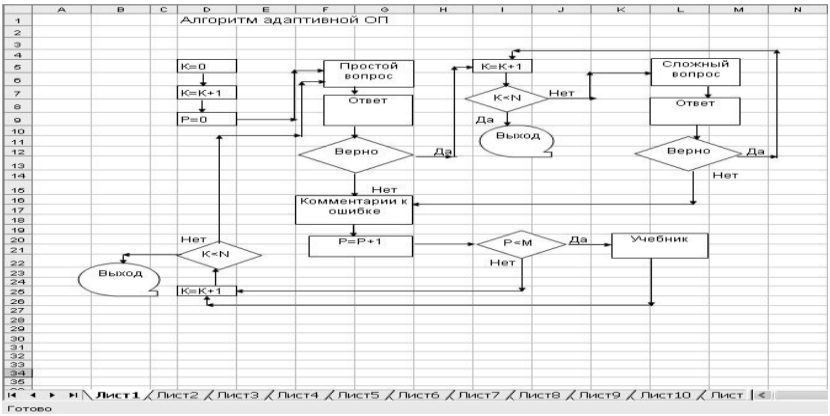


Рис. 3. Алгоритм адаптивного программирования

При этом количество допущенных ошибок используется следующим образом:

– как только процент ошибок падает ниже определенного уровня, автоматически повышается степень трудности программы обучения;

– как только процент ошибок возрастает выше определенного уровня, автоматически понижается степень трудности; одновременно обучающийся получает «указывающую информацию», которая помогает ему выбрать правильный ответ и предлагает дополнительные упражнения по тем вопросам, усвоение которых дается с наибольшим трудом.

Обучающая программа (ОП) накапливает сведения о точности ответов и скорости работы обучающегося в течение периода обучения, в результате чего можно судить о материале, вызывающем наибольшие трудности.

Заключение

В заключение следует отметить еще один важный момент, влияющий на эффективность ОП, – это тип ответа: конструируемый, выборочный (альтернативный) или кодированный. По вопросу о том,

какому типу ответа следует отдать предпочтение, имеются различные мнения. Сторонники конструируемых ответов уверены, что такой ответ наиболее естественен, не вникая в существующие на сегодняшний день возможности практической реализации. При кодированном ответе (разновидность конструируемого) слова или фразы, используемые для ответа, кодируются числами или иными символами.

Список литературы

1. Самарин, Ю. А. Очерки психологии ума / Ю. А. Самарин. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962. – 504 с.

2. Беспалько, В. П. Основы теории педагогических систем / В. П. Беспалько. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. – 303 с.

3. Кухарено, С.П. Формирование профессиональных компетенций будущих преподавателей общепрофессиональных дисциплин в военном вузе [Текст] / С.П. Кухарено, О.Л. Дзюбенко – Москва: Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 188 [6] – С. 181-186.

Программно-информационные системы реализации сценариев учебной деятельности

С. П. Кухаренко, email: serp@rambler.ru
О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Е. В. Чмутин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается функция сбора информации посредством обратной связи «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся» при изучении общепрофессиональных дисциплин. В эргатических системах, в частности, циклических замкнутых педагогических системах управления, обязательно присутствует функция систематического сбора информации.*

Ключевые слова: *эргатические системы, профессиональная подготовка специалистов, общепрофессиональные дисциплины.*

Введение

Один из краеугольных законов педагогической психологии гласит, что психика проявляется, формируется и развивается только в деятельности. Исходя из этого, обучение определяют как управление познавательной деятельностью обучающихся с целью формирования у них определенных знаний, умений и навыков, развития личностных качеств.

Для реализации этих задач целесообразно разработать автоматизированный учебный курс (АУК), представляющий программно-информационную систему, состоящей из программ для ЭВМ, реализующих сценарии учебной деятельности, и определенным образом подготовленных знаний (структурированной информации и системы упражнений для ее осмысления и закрепления). Отсюда следуют ключевые проблемы проектирования АУК для общепрофессиональных дисциплин: подготовка информационного описания теоретического материала, создание упражнений для активизации процесса усвоения теории, разработка сценариев (алгоритмов управления) для организации эффективной целенаправленной познавательной деятельности обучающихся

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Чмутин Е. В., 2019

1. Обратная связь в эргатической системе «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся»

В соответствии с постулатами общей теории управления, в любых эргатических системах, в частности циклических замкнутых педагогических системах управления, обязательно присутствует функция систематического сбора информации посредством обратной связи.

Обратная связь (ОС) в эргатической системе «Преподаватель – Обучающая программа – Обучающийся» представлена двумя видами: внешняя и внутренняя ОС. Внутренняя ОС – это информация, которая поступает от обучающей программы к обучающемуся в ответ на его действия при выполнении упражнений. Она предназначена для самокоррекции обучающимся своей учебной деятельности.

Внутренняя ОС имеет исключительно важное значение для автоматизации процесса обучения, обеспечивая адаптивную последовательность обучения. Внутренняя ОС дает возможность курсанту сделать осознанный вывод об успешности или ошибочности учебной деятельности. Она побуждает обучающегося к рефлексии, является стимулом к самообразованию, помогает оценить и скорректировать результаты учебной деятельности. Различают консультирующую и результативную внутреннюю ОС. Консультация может быть разной: помощь, разъяснение, подсказка, репетиторство и т.п. Результативная ОС также может быть различной: от «верно – неверно» до демонстрации правильного результата или способа действия.

Цель построения адаптивной последовательности обучения как метода адаптации заключается в обеспечении обучающихся наиболее подходящей индивидуально планируемой последовательности для изучения единиц знаний и выполняемых задач. Для реализации метода ставится задача построения оптимальной последовательности изучения УЭ. В компьютерных системах обучения УЭ или объект изучения представляется в виде трех- или четырехуровневой иерархии: курс (учебный предмет), тема, раздел темы, квант учебной информации (УИ), причем уровень разделов для небольших и несложных тем может быть опущен. Квант УИ – это элементарная порция информации: текст изучения некоторого понятия темы (квант-понятие), вопрос, задача, комментарий на ответ, разъяснительный текст и т.п.

В настоящее время при объектно-ориентированном подходе к разработке компьютерных систем обучения широко используется термин «объект изучения» (learning object). Под объектом изучения (ОИ) понимают кванты УИ.

Построение оптимальной последовательности объектов изучения осуществляется на основе модели содержания учебного материала, в качестве которой используется ориентированный граф с нагруженными ребрами (связями). Множество вершин графа (1, 2, …) соответствует объектам изучения (курсам, темам, разделам тем или квантам УИ), а множество S – связям между ними. При этом возможны следующие степени связи:

$S1$ – для изучения объекта необходимо иметь общее понятие о другом ОИ;

$S2$ – при изучении объекта используются частые ссылки на другой ОИ;

$S3$ – для изучения наиболее сложных (или редко используемых) понятий объекта необходимы знания из области другого ОИ;

$S4$ – для изучения объекта и практического применения знаний необходимо четкое знание другого ОИ.

Модель усвоения учебного материала представляет логическую последовательность и связи между изучаемыми УЭ. Умения, как навыки в овладении осваиваемыми способами деятельности, характеризуется степенью автоматизации усвоения. Этот показатель требуется для мониторинга процесса обучения общепрофессиональным дисциплинам. Степень автоматизации усвоения измеряется коэффициентом

$$K_t = \frac{t_1}{t_2} \qquad (1)$$

где – время выполнения теста профессионалом; t_2- время выполнения теста обучающимся.

2. Осознанность как показатель качества усвоения.

Осознанность учебной деятельности всегда высоко ценилась преподавателями. Под осознанностью обычно понимают умение обосновать выбор способа действия и его план – ориентировочную основу деятельности.

Различают три степени осознанности: $\gamma = 1, 2, 3$.

$\gamma = 1$ – обучающийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию изучаемой дисциплины.

$\gamma = 2$ – обучающийся обосновывает свой выбор, опираясь на информацию не только изучаемой, но и какой-либо смежной дисциплины.

$\gamma = 3$ – обучающийся обосновывает свой выбор с привлечением информации из различных дисциплин с широким использованием междисциплинарных связей.

3. Сложность учебного материала.

Это понятие относительное. Оно связано с уровнем представления учебного материала β. Если курсант владеет аппаратом изложения материала на данном уровне (например логикой на 2-м уровне, математическим аппаратом – на 3-м), то изложение материала ему не кажется сложным, и наоборот. Так, человек с гуманитарной подготовкой, не владеющий математическим аппаратом, какой бы он ни был «сообразительный», не поймет изложение технической науки на 3-м уровне. Принцип от простого к сложному означает движение в ходе обучения от низшего уровня (β = 1, 2) к высшему (β = 3, 4).

4. Трудность учебного материала.

Это также понятие относительное. Оно связано с уровнями усвоения учебного материала. Чем выше уровень усвоения α, тем выше трудность. При этом важна также преемственность в усвоении. Если обучающийся владеет материалом на первом уровне, то переход к освоению на втором уровне ему труден, но доступен. Если же ставится задача сразу перейти от первого уровня усвоения к третьему, например, после прочтения учебного пособия – к решению нетиповых задач, то это более высокая степень трудности, которая может оказаться недоступной [1]. В процессе обучения в зависимости от выбранного целевого показателя по α необходимо сначала организовать учебную деятельность на уровне α = 1, затем – α = 2 и т.д., как показано на рисунке 1. Именно поэтому в системе КОС предусмотрена следующая последовательность применения различных компонент учебных комплексов: учебное пособие (α = 1), АУК (α = 1 – 2), тренажеры (α = 2 – 4), ППП (α = 2 – 4).

Одной из распространенных педагогических ошибок является ситуация, когда на экзамене (или в проекте КОС) «требовательный» преподаватель хочет, чтобы обучающиеся решали нетиповые задачи лишь по материалам лекционных занятий, не организовав предварительно процесс обучения не только на третьем, но и на втором и первом уровнях усвоения. Особенность в том, что потенциал лекции (α = 1) вовсе не гарантирует усвоение учебного материала на первом уровне [2].

Следует, однако, заметить, что жесткая линейная структура процесса движения от низших α уровней к высшим уровням, не всегда психологически оправдана.

Например, при необходимости овладеть элементами теории решения изобретательских задач рекомендуется на занятиях вводить проблемную ситуацию. По теме «Чтение и деталирование чертежей общего вида» дисциплины компьютерная графика можно предложить

проблему выбора нагружения, характерную для более высокого уровня изучения дисциплины «Сопротивление материалов»: «…Какое нагружение испытывает деталь: растяжение (сжатие), кручение, изгиб?...». Для этой цели достаточно подключить опцию «Simulation» в САПР SolidWorks, используемую на лабораторных занятиях. Обучающийся интуитивно может выбрать схему нагружения из предложенных в САПР [3].

Заключение

Таким образом, обоснованное решение этой проблемы в практических задачах появится позднее, на занятиях по изучению более сложных общепрофессиональных дисциплин, но на занятиях по компьютерной графике такой сценарий может способствовать формированию внутренней мотивации к самостоятельному изучению теоретического материала. Естественно, что процесс изучения теории на уровнях ($\alpha = 3$) не будет осознанно мотивирован, но полезно иногда дать обучающимся возможность в начале обучения ($\alpha = 1, 2$) попробовать решать практические задачи на уровне ($\alpha = 3$), чтобы создать проблемную ситуацию для обучающегося [4].

Список литературы

1. Самарин, Ю. А. Очерки психологии ума / Ю. А. Самарин. – М.: Изд-во АПН РСФСР, 1962. – 504 с.

2. Беспалько, В. П. Основы теории педагогических систем / В. П. Беспалько. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1977. – 303 с.

3. Кухарено, С. П. Формирование электронной информационно-образовательной среды для инженерного анализа в военном вузе (часть I) [Текст] / С.П. Кухарено, О.Л. Дзюбенко. – Москва: Изд-во РУСАЙНС, 2018. – 138 [7] – С. 133-137.

Программный инструмент для интеграции данных в формате JSON

М. А. Лактионова, email: laktionofs@mail.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье описана разработка программного инструмента, предназначенного для упрощения интеграции данных в формате JSON в различное программное обеспечение.*

Ключевые слова: *интеграция данных, JSON, JSON Schema, разбор данных, база данных.*

Введение

Работу современных компаний сложно представить без наличия базы данных. Объемы современных хранилищ разительно отличаются от тех, что были 10 лет назад, а в качестве источников данных выступают как реляционные (Oracle, SQL Server и др.), так и нереляционные (Excel и др.) структуры данных. Большинство как сторонних, так и внутренних сервисов для обмена данных используют формат JSON. Поэтому для современных продуктов так важно поддерживать работу с данным форматом.

1. Постановка задачи

Требовалось разработать программный инструмент, позволяющий интегрировать поддержку данных в формате JSON, в том числе создавать базу данных на основе JSON-схемы для последующей вставки и выборки данных. JSON-схема содержит структуру JSON-объекта и базы данных. Предполагается, что входные данные удовлетворяют правилам синтаксиса формата JSON и не противоречат друг другу.

2. Формат входных данных

JSON (JavaScript Object Notation) — формат обмена данными, удобный для чтения и написания как для человека, так и для компьютера. Он основан на двух структурах данных: коллекции пар «ключ–значение» и упорядоченном списке значений (в большинстве языков это реализовано как массив, вектор, список или последовательность). В качестве значений могут выступать строки, числа, логические значения, null, а также массивы и другие JSON-объекты.

© Лактионова М. А., Матвеева М. В., 2019

JSON-схема — это стандарт описания структур данных. Схема является JSON-объектом. Она позволяет не только описывать, но и проверять данные в формате JSON. Например, указав, что атрибут должен содержать строковое значение, объект JSON, в котором будет содержаться число, будет признан некорректным.

3. Средства реализации

В качестве языка программирования был выбран язык Java. Возможности данного языка предоставляют все необходимые инструменты для реализации поставленной задачи. В качестве СУБД была выбрана SQLite, которая является свободно распространяемой, компактной и простой в использовании. Для доступа к базе данных использовался драйвер JDBC.

4. Разбор JSON Schema

Как упоминалось ранее, входные данные в формате JSON могут содержать в себе другие JSON-объекты и массивы данных. Для хранения объектов необходимо создать дополнительную таблицу. Ссылка на эти данные (объекты) должна быть реализована в виде внешнего ключа в ссылающейся таблице. Для хранения массивов необходимо создать две таблицы: одну для хранения данных из массива, другую — промежуточную — для хранения пар из первичных ключей ссылающейся и ссылаемой таблиц.

На рисунке представлена диаграмма компонентов, отражающая зависимости между пакетами с классам.

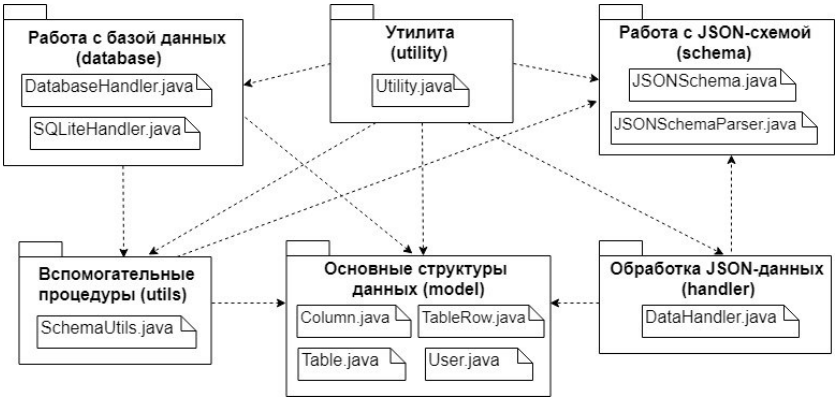


Рисунок. Диаграмма компонентов

Для хранения структур данных из JSON-схемы созданы такие классы как Table («таблица») и Column («столбец»). Первый позволяет хранить такие данные, как имя, описание и владельца, а второй — имя, описание, тип данных, таблицу-владельца, а также ссылку на таблицу, если данный столбец хранит внешний ключ.

Класс JSONSchema («JSON-схема») используется для хранения названия схемы (имя файла), объекта схемы (JSON-объект), списков столбцов и таблиц, а также пар «таблица–столбцы». Такое хранение структуры удобно для дальнейшего создания и заполнения базы данных.

Класс User («пользователь») хранит имя пользователя, создавшего таблицу.

Для разбора схемы на объекты «таблица» и «столбец» написан рекурсивный метод parseProperties, который в зависимости от типа данных столбца определяет, создавать ли новый объект типа «таблица» или нет. Процесс начинается с «корня» схемы и рекурсивно проходит через каждую вложенную структуру, при этом, если необходимо, находит нужное описание объекта в атрибуте “description” в корне схемы. Этот метод содержится в классе JSONSchemaParser.

5. Разбор и сохранение данных в формате JSON

Для хранения данных из объекта JSON создан класс TableRow («строка таблицы»), который позволяет хранить таблицу-владельца, ID (первичный ключ) строки в таблице, а также значения.

Для считывания данных в формате JSON создан класс DataHandler, который также рекурсивно проходит по объекту, создавая новые «строки таблиц», при этом проверяя, уникальна ли строка. Если столбец содержит объект, то сначала создается «строка» для ссылаемой таблицы, возвращается ее первичный ключ и только потом создается строка ссылающейся таблицы. В случае массива, хранящего объекты, требуется дополнительная таблица для их хранения.

Для решения поставленной задачи создан класс SQLiteHandler, который отвечает за создание базы данных, загрузку и выборку данных. Для поддержки хранения массивов создается промежуточная таблица, имя которой состоит из имен двух таблиц (для примитивных типов — имя таблицы и имя столбца), разделенных символом «_». При загрузке данных, если в схеме типом атрибута был “array” (массив), создается столбец строкового типа, который затем заполнялся значением “[array]” для отсылки к промежуточной таблице. Логические и null значения отражаются как “true”, “false” и “null” соответственно. Все запросы строятся динамически в зависимости от таблицы и ее столбцов.

Хранение данных в виде объектов «строка таблицы» позволяет загружать сразу все данные в соответствующие таблицы

«пакетами» (batch). Таким образом удается избежать возможных конфликтов, связанных с нарушением ссылочной целостности.

Выборку данных можно производить как по всем столбцам, так и по выбранным, передав их список. При этом делается проверка, действительно ли указанные столбцы принадлежат данной таблице. Данные из базы возвращаются в виде объекта ResultSet и получить значения можно с помощью обращения по имени столбца.

Заключение

В результате проделанной работы создан программный инструмент, позволяющий на основе JSON-схемы и данных в формате JSON выполнять следующие операции: разбор JSON-схемы, извлечение данных из JSON-объекта на основе JSON-схемы, создание базы данных на основе JSON-схемы, загрузка данных в базу данных и их выборка. Разработанный программный инструмент внедрен компанией ОТ-ОЙЛ в процесс разработки программного обеспечения.

Список литературы

1. Шилдт, Г. Java 8. Полное руководство / Г. Шилдт; пер. с англ. И. В. Берштейна; под ред. И. В. Берштейна – 9-е изд. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2015 – 1376 с.

2. 2. Эккель Б. Философия Java / Б. Эккель; пер. с англ. Е. Матвеева — 4-е изд. — СПб. : Питер, 2015 — 1168 с.

3. JSON Schema Core [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа : http://json-schema.org/latest/json-schema-core.html

4. JSON Schema Validation [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа : http://json-schema.org/latest/json-schema-validation.html

5. SQLite documentation [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа : https://www.sqlite.org/docs.html

Пример приведения отношения к пятой нормальной форме

М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com
П. С. Лысачев, email: petr.lysachev@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрен наглядный пример приведения отношения к пятой нормальной форме.*

Ключевые слова: *теория баз данных, проектирование баз данных, нормализация, пятая нормальная форма, 5НФ.*

Введение

При проектировании баз данных на практике редко доводят процесс нормализации до нормальных форм высоких порядков (четвертая, пятая, доменно-ключевая, шестая нормальные формы). Это связано с тем, что обнаружить все зависимости соединения непросто, и часто не имеет большого практического смысла. Чаще всего на практике ограничиваются третьей нормальной формой, также нередки случаи, когда проводя денормализацию доходят до второй. Но в классических вузах студентам, изучающим теорию баз данных, и получающих образование в сфере информационных технологий, преподаются нормальные формы высоких порядков. Далеко не во всех изданиях, посвященных теории проектирования баз данных, описывается процесс приведения отношения к нормальным формам высоких порядков. Еще тяжелее найти наглядный и понятный пример на эту тему. Это связано не только с трудностью выделения всех зависимостей соединения, но и с тем, что, например, отношения, которые находятся в четвертой нормальной форме и не находятся в пятой, встречаются крайне редко.

В данной статье рассматривается наглядный пример приведения отношения к пятой нормально форме, позволяющий облегчить понимание студентами теоретического материала, связанного с процессом нормализации. Преднамеренно в статью не включен подробный теоретический материал, который достаточно хорошо изложен в [1-3].

1. Анализ отношения

В качестве предметной области возьмем образовательный центр, проводящий дистанционное обучение. Своим клиентам центр

© Матвеева М. В., Лысачев П. С., 2019

предлагает несколько пакетов. Каждый пакет включает в себя набор курсов. При чем один курс может входить как в один так и в несколько пакетов. Названия всех курсов уникальны. Клиент может приобрести любое количество пакетов. Так же клиент может выбирать какие курсы из пакета изучать. После изучения всех курсов из одного пакета клиент получает сертификат.

Допустим, имеется следующая информация. Иванов И. И. изучил курсы «Язык JAVA» из пакета «Старт», «Теория баз данных» из пакета «Специалист БД». Петров П. П. изучил курс «Теория баз данных» из пакета «Старт».

Построим отношение *Студент_Пакет_Курс*, показывающее какие курсы и из какого пакета прошел обучающийся (рис. 1).

Студент	**Пакет**	**Курс**
Иванов И. И.	«Старт»	«Язык JAVA»
Иванов И. И.	«Специалист БД»	«Теория баз данных»
Петров П. П.	«Старт»	«Теория баз данных»

Рис. 1. Отношение Студент_Пакет_Курс

Проанализируем данные отношения *Студент_Пакет_Курс*. Из первой строки следует, что Иванов И. И. приобрел пакет «Старт». Согласно второй строке Иванов И. И. прошел курс «Теория баз данных» из пакета «Специалист БД». Из третьей строки получаем данные о том, что курс «Теория Баз данных» включен и в пакете «Старт». На основании этого следует, что Иванов И. И. изучив курс «Теория баз данных» из пакета «Специалист БД», изучил и курс «Теория баз данных» и из пакета «Старт», так как это один и тот же курс.

Если (Иванов И. И., «Старт»),
(Иванов И. И., «Теория баз данных»),
(«Теория баз данных», «Старт»),
то (Иванов И. И., «Старт», «Теория баз данных»)

К. Дж. Дейт в [1] называет такое правило ограничением 3-декомпозируемости, сокращенно 3Д-ограничение.

Для того, чтобы информация в отношении *Студент_Пакет_Курс* была полной необходимо включить кортеж (Иванов И. И., «Старт», «Теория баз данных») (рис. 2). Теперь каждая пара значений атрибутов этого кортежа в отношении *Студент_Пакет_Курс* указана дважды.

Избыточность вызванная 3Д-ограничением ведет к аномалиям. Если отношение *Студент_Пакет_Курс* первоначально имело две первые строки, то после вставки третьей строки потребовалось вставить и четвертую строку. Если бы осуществляли вставку четвертой строки,

а не третьей, то третью вставлять не потребовалось бы. Удаление третьего кортежа не повлечет за собой удаление других кортежей. Но при удалении последний строки о том, что Иванов И. И. изучил курс «Теория баз данных» в пакете «Старт» требуется удаление второй или третьей строки, но неопределенно какой из них.

Студент	Пакет	Курс
Иванов И. И.	«Старт»	«Язык JAVA»
Иванов И. И.	«Специалист БД»	«Теория баз данных»
Петров П. П.	«Старт»	«Теория баз данных»
Иванов И. И.	«Старт»	«Теория баз данных»

Рис. 2. Отношение Студент_Пакет_Курс

Декомпозиция рассматриваемого отношения на два отношения, подобно тому, как это делается для достижения второй, третьей, четвертой нормальных форм, приведет к тому, что невозможно будет восстановить исходное отношение. Рассмотрим возможные проекции отношения *Студент_Пакет_Курс* (рис.3).

Студент_Пакет

Студент	Пакет
Иванов И. И.	«Старт»
Иванов И. И.	«Специалист БД»
Петров П. П.	«Старт»

Пакет_Курс

Пакет	Курс
«Старт»	«Язык JAVA»
«Специалист БД»	«Теория баз данных»
«Старт»	«Теория баз данных»

Студент_Курс

Студент	Курс
Иванов И. И.	«Язык JAVA»
Иванов И. И.	«Теория баз данных»
Петров П. П.	«Теория баз данных»

Рис. 3. Декомпозиция отношения *Студент_Пакет_Курс*

Если с помощью операции естественного соединения соединить любую пару из трех рассматриваемых проекций, то ни в одном из случаев восстановления исходного отношения не произойдет, так как

возникают кортежи, которых не было в исходном отношении *Студент_Пакет_Курс* (рис. 4). Так проявляется зависимость соединения, вызванная 3Д-ограничением. Зависимость соединения – это свойство декомпозиции, которое вызывает генерацию ложных строк при обратном соединении отношений с помощью операции естественного соединения.

Студент_Пакет и Пакет_Курс

Студент	**Пакет**	**Курс**
Иванов И. И.	«Старт»	«Язык JAVA»
Иванов И. И.	«Старт»	«Теория баз данных»
Иванов И. И.	«Специалист БД»	«Теория баз данных»
Петров П. П.	**«Старт»**	**«Язык JAVA»**
Петров П. П.	«Старт»	«Теория баз данных»

Пакет_Курс и Студент_Курс

Студент	**Пакет**	**Курс**
Иванов И. И.	«Старт»	«Язык JAVA»
Иванов И. И.	«Специалист БД»	«Теория баз данных»
Петров П. П.	**«Специалист БД»**	**«Теория баз данных»**
Петров П. П.	«Старт»	«Теория баз данных»
Иванов И. И.	«Старт»	«Теория баз данных»

Студент_Пакет и Студент_Курс

Студент	**Пакет**	**Курс**
Иванов И. И.	«Старт»	«Язык JAVA»
Иванов И. И.	«Старт»	«Теория баз данных»
Иванов И. И.	«Специалист БД»	«Теория баз данных»
Иванов И. И.	**«Специалист БД»**	**«Язык JAVA»**
Петров П. П.	«Старт»	«Теория баз данных»

Рис. 4. Попарное соединение отношений *Студент_Пакет*, *Пакет_Курс*, *Студент_Курс*

Отношение без зависимостей соединения находится в пятой нормальной форме (5НФ). Следовательно, имея зависимость соединения отношение *Студент_Пакет_Курс* не находится в 5НФ. Ключом является весь набор атрибутов (*Студент*, *Пакет*, *Курс*), нетривиальных многозначных зависимостей отношение *Студент_Пакет_Курс* не имеет, следовательно, оно находится в четвертой нормальной форме.

2. Приведение отношения к пятой нормальной форме

Для того, чтобы привести отношение *Студент_Пакет_Курс* к 5НФ необходимо произвести декомпозицию на три отношения (рис. 3).

Восстановить исходное отношение *Студент_Пакет_Курс* можно двумя способами.

1 способ. Соединить два отношения по одному атрибуту, после чего полученное отношение соединить с третьим отношением по составному атрибуту. Например, соединить отношения *Студент_Пакет* и *Пакет_Курс* по атрибуту *Пакет*, а затем результирующее отношение соединить с отношением *Студент_Курс* по атрибутам *Студент* и *Курс*.

2 способ. Получить все попарные соединения трех отношений (рис. 4), а затем над результатами соединений выполнить операцию пересечения множеств. Пересечение множеств исключит лишние строки.

Следует заметить, что на практике будут введены три справочных отношения для *Студентов*, *Пакетов* и *Курсов* с суррогатными первичными ключами, а рассмотренные отношения будут содержать не сами названия, а соответствующие идентификаторы. Здесь же для наглядности и облегчения понимания это не было введено намеренно.

Заключение

В данной статье на практическом примере был рассмотрен процесс приведения отношения к пятой нормальной форме. Основная задача примера состояла в том, чтобы облегчить усвоение студентами теоретического материала теории баз данных. Основываясь на опыте преподавания дисциплины базы данных студентам, обучающимся по специальности прикладная информатика, можно сделать вывод, что пример значительно упрощает объяснение и усвоение студентами теоретического материала, касающегося 5НФ.

Список литературы

1. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – 7-е изд. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2001. – 1072 с.

2. Коннолли, Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг, А. Страчан. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2001. — 1120 с.

3. Толстобров, А. П. Управление данными : учебное пособие / А. П. Толстобров. — Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. — 205 с.

Разработка web-приложения для сравнения различных версий структуры базы данных

С. Ю. Меделян email: smedelyan@yandex.ru
М. В. Матвеева email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье освещена реализация web-приложения, производящего сравнение двух версий структуры базы данных и отображающего результат сравнения в web-интерфейсе.*

Ключевые слова: *базы данных, web-приложение, сравнение, структура базы данных, архитектура web-приложения.*

Введение

В настоящее время почти всё существующее ПО в той или иной мере работает с базами данных. Разработчик, продолжая поддерживать и дорабатывать свой продукт, вносит изменения не только в само приложение, но и, при необходимости, в структуру базы данных(БД). Заказчик получает скрипт, модифицирующий устаревшую структуру базы данных. Web-приложение для сравнения двух различных версий структуры базы данных предоставит заказчику наглядную и полную информацию о разнице между этими версиями.

В статье освещена реализация web-приложения, производящего сравнение двух версий структуры базы данных и отображающего результат сравнения в web-интерфейсе. Доступ к версиям структуры базы данных осуществляется посредством предоставления (загрузки) пользователем приложению *слепка*: zip-архива, содержащего внутри себя элементы структуры базы данных в виде отдельных файлов в формате XML. Сравнение проводится на серверной стороне, а его результат – возвращается в виде JSON-объекта в соответствии с принципами REST-архитектуры. Сравнению подлежат свойства элемента структуры базы данных (например, для столбца – его имя и тип хранимых данных). Приложение спроектировано и реализовано в соответствии с паттерном проектирования Model-View-Presenter (MVP) для поддержки возможности дальнейшего расширения функциональности и списка сравнимых типов. На данный момент реализовано сравнение таблиц, столбцов и ограничений первичного ключа.

© Медлян С. Ю., Матвеева М. В., 2019

Приложение реализовано на языке Java 8 с использованием фреймворка Google Web Toolkit 2.8.2.

1. Архитектура классов

1. *Классы-элементы* представляют элемент стуктуры БД и его свойства.

2. *Классы-парсеры* (англ. parse – разбирать, анализировать) осуществляют преобразование загруженных слепков в *классы-элементы* структуры БД.

3. *Классы-компараторы* (англ. compare – сравнивать) осуществляют сравнение двух элементов структуры БД, каждая из которых представлена в виде древовидной иерархии экземпляров классов из пункта 1 (то есть в виде иерархии экземпляров *классов-элементов*).

Добавление поддержки нового типа элемента структуры БД осуществляется следующим образом:

- добавить соответствующий типу элемента *класс-элемент*;
- добавить *класс-парсер*, способный при разборе слепка распознать этот элемент и включить его в общую иерархию;
- добавить *класс-компаратор*, способный при сравнении слепков сравнивать два элемента одного типа между собой;
- зарегистрировать созданные *класс-парсер* и *класс-компаратор* в сервисах разбора и сравнения слепков соответственно;
- *(опционально)* добавить дополнительную логику в интерфейс для отображения специфичных для конкретного элемента свойств, если требуется.

2. Классы-элементы

AbstractNode – абстрактный базовый класс для всех остальных классов-элементов (см. рис. 1). Он содержит внутри себя коллекцию children, каждый из элементов которой также содержит children и так далее, – образуя таким образом древовидную иерархию.

Обычно если элемент может содержать другие элементы (например, таблица может содержать столбец), то эти элементы хранятся в специальном контейнере (таблица – столбцы – столбец 1). Для поддержки этой особенности служит класс ContainerNode, от которого должны наследоваться классы-элементы, служащие контейнерами для других элементов (TableContainer, ColumnContainer, ConstraintContainer и т. д.).

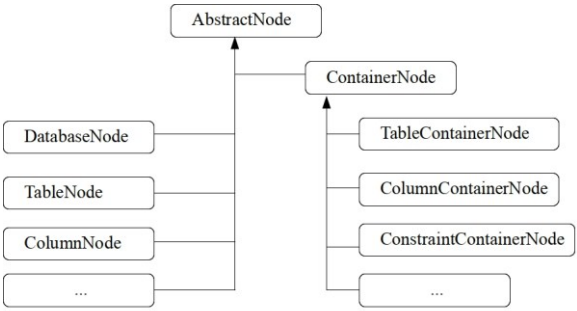


Рис. 1. Иерархия классов-элементов

3. Классы-парсеры

DBObjectParser – базовый класс для всех классов-парсеров (см. рис. 2). Он содержит внутри себя коллекцию зарегистрированных в нём *подпарсеров*. Логика разбора *слепка* следующая:

– получить на вход объект – элемент для разбора;

– разобрать свойства объекта и создать на их основе новый экземпляр *класса-элемента*;

– получить список всех *потомков* этого объекта для последующего разбора;

– для каждого потомка проверить, зарегистрирован ли *подпарсер*, способный его разобрать; если да – передать потомка подпарсеру, иначе – пропустить его;

– зарегистрировать полностью разобранный элемент в общей иерархии.

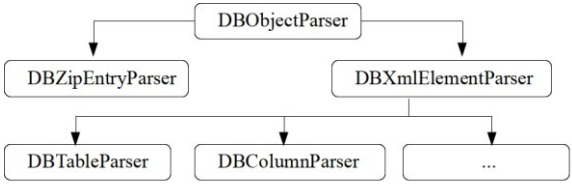


Рис. 2. Иерархия классов-парсеров

Иными словами, парсеры тоже образуют древовидную иерархию.

В корне иерархии находится DBZipEntryParser. Его компетенция – преобразование очередного элемента ZIP-архива в элемент XML-документа (у XML-документа всегда есть один-единственный корневой

элемент, поэтому документ можно представить как корневой элемент со списком вложенных элементов-потомков).

Все остальные классы всегда работают с XML-элементами. Соответственно, все остальные классы должны наследоваться от DBXmlElementParser.

4. Классы-компараторы

Класс *DBObjectComparator* – базовый класс для всех классов-компараторов (см. рис. 3). Он содержит внутри себя коллекцию зарегистрированных в нём *подкомпараторов*.

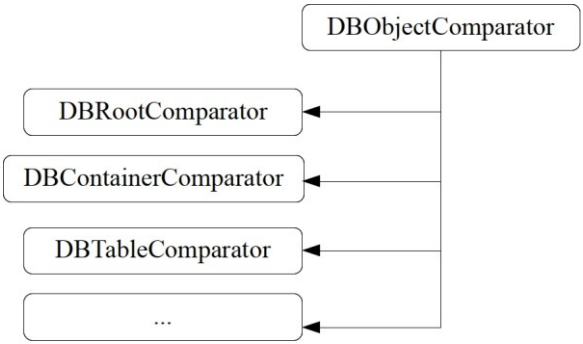


Рис. 3. Иерархия классов-компараторов.

Логика проведения сравнения двух элементов аналогична логика разбора слепка (выше).

Корневым компаратором является класс *DBRootComparator*. Он осуществляет сравнение двух *DatabaseNode* посредством зарегистрированных в нём *подкомпараторов*.

Заключение

Подобное распределение ответственности способствует дальнейшему расширению функциональности приложения и внедрения поддержки новых типов элементов БД. Будучи спроектированным в соответствии с паттерном MVP, приложение поддерживает на архитектурном уровне возможность добавления как иных источников информации о структуре базы данных (таковыми могут быть, например, сама СУБД, сторонний REST-сервис, CSV-файл и прочие), так и иных способов представления результата сравнения (мобильное устройство, десктопное приложение, различные фреймворки для рисования диаграмм и так далее).

Разработанный web-интерфейс позволяет пользователю выполнять следующие действия:

– загружать слепки старой и новой версий структуры базы данных;

– получать отформатированный результат сравнения списков в виде отдельной иерархии элементов для каждого слепка;

– просматривать в отдельной области экрана детальную информацию об элементе при его выборе щелчком мыши;

– переключать web-интерфейс в режим отображения только тех элементов, которые претерпели изменения (то есть скрывать неизменённые элементы).

Список литературы

1. Хорстманн, Кей Н. Java. Библиотека профессионала, том 1. Основы / Кей Н. Хорстманн, Г. Корнелл; пер. с англ. И.В. Берштейна. – 10-е издание – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016 – 864 с.

2. GWT Developer’s Guide [Электронный ресурс] // GWT Open Source Project. – Режим доступа: http://www.gwtproject.org/doc/latest/DevGuide.html

3. Java™ Platform, Standard Edition 8 API Specification [Электронный ресурс] // ORACLE Help Center, 1993-2018. Режим доступа: https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/

4. Model-view-presenter [Электронный ресурс] // Wikipedia, the free encyclopedia. – Режим доступа : https://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93presenter

Система обработки визуальной информации на примере процесса подбора оправы очков

Е. А. Михайлюк, email: gazon1978@yandex.ru [1]
Е. Н. Шафоростова, email: shaf-elena@ yandex.ru [2]

[1] Старооскольский технологический институт НИТУ «МИСиС»
[2] Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Аннотация. *В работе рассматривается задача, связанная с обработкой визуальной информации на примере подбора оправы очков. Применяется алгоритм работы нейронной сети для анализа изображения внешности клиента, который является современным направлением развития компьютерного зрения. Реализация системы произведена средствами библиотеки OpenCV.*

Ключевые слова: *библиотека OpenCV, нейронная сеть, классификатор, вектор взвешенных сумм, входное изображение.*

Введение

В настоящее время на современных интернет-площадках выявлена тенденция к тому, что клиент интернет-магазина самостоятельно просматривает весь каталог имеющейся продукции и осуществляет покупку, основываясь на собственном, зачастую не объективном, восприятии эстетических характеристик выбираемого товара. Наиболее частым критерием подбора такого аксессуара, как оправа для очков, является форма лица, которую пользователь определяет самостоятельно.

Анализ популярных программных продуктов показал (3D Virtual Try-On, TryLive for Eyewear, OWIZ), что в системах отсутствует возможность учета анализа изображения внешности клиента с применением выписки-рецепта на очки [1-5]. Имеется явное противоречие между назначением врача офтальмолога по коррекции зрения и выбором очков в интернет-магазинах без профессиональных рекомендаций и контроля.

1. Объекты системы и методы разработки

В предлагаемой информационной системе процесс консультации клиента по вопросам подбора оправы очков представлен на рис. 1 и основывается не только на эстетических характеристиках клиента, но и

© Михайлюк Е. А., Шафоростова Е. Н., 2019

включает учет сведений выписки-рецепта на очки, с участием профессионального консультирующего персонала компании [6].

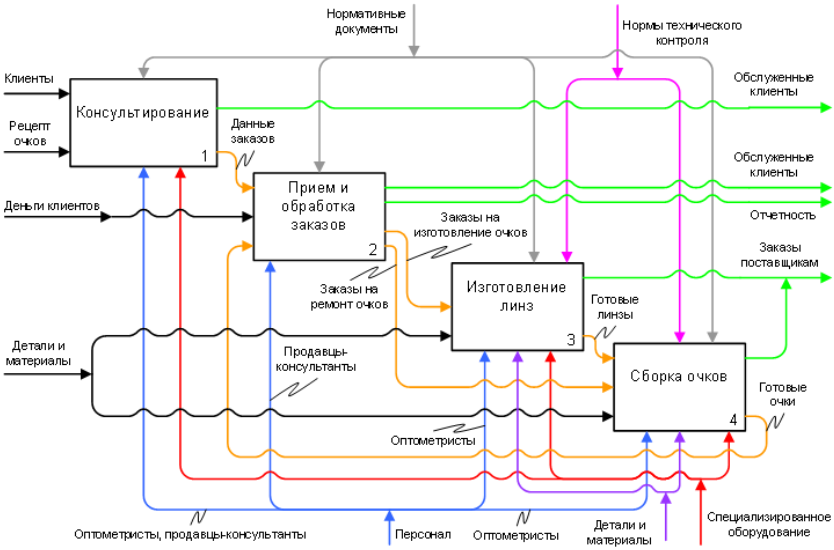


Рис. 1. Диаграмма основного бизнес-процесса обслуживания покупателей

В состав разрабатываемой системы входит:

1. база данных SQLite3, содержит сведения об очках (оправах), а также их характеристиках;
2. модуль формирования списков рекомендованных клиенту очков, на основании заданных стилевых и медицинских характеристик;
3. подсистема выдачи рекомендаций по выбору очков по заданным критериям;
4. подсистема вывода отчетов (например, по популярности оправ);
5. эргономичный интерфейс пользователя, обеспечивающий удобство и безопасность пользования информационной системы.

Перед непосредственным запросом списка рекомендованных очков, производится анализ изображения внешности клиента. Алгоритм выдачи рекомендаций включает в себя этапы: анализ фото, определение формы лица, а также вычисление взвешенной суммы векторов,

описывающих характерные участки внешности: цвет радужной оболочки глаз и всего лица клиента. [7-9].

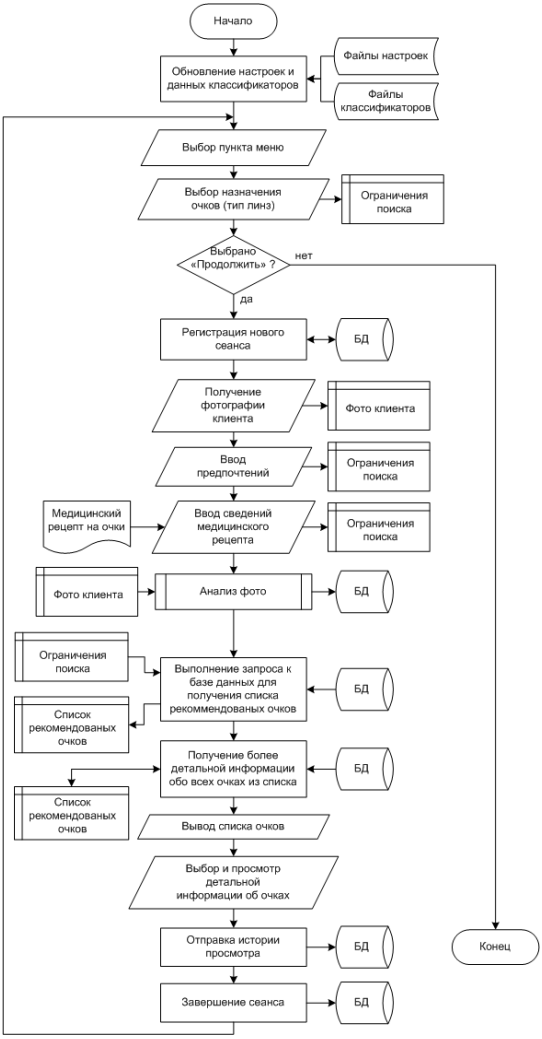


Рис. 2. Блок схема алгоритма «Основного рабочего цикла подбора очков»

Алгоритм определения сезона использует классификатор подходящего сезона, входом которого является список из пяти центров

кластеров входного изображения в цветовом пространстве HSL, где количество точек подобрано экспериментально. После внесения изменений в базу данных производится анализ изображения оправы, в случае, если оно было добавлено или изменено, и анализ цвета, если он был добавлен или изменен.

Алгоритм анализа цвета включает отнесение конкретного цвета, представленного в пространстве RGB преобразованного в пространство HSL, к различным временам года (сезонам) при помощи соответствующего классификатора. Отправка нормализованных результатов анализа осуществляется в отдельную таблицу «PeerReview_colors».

Алгоритм анализа изображения оправы включает предобработку изображения, поиск наибольшего контура и упрощения этого контура эллипсами с использованием разных методов аппроксимации, которые бы описывали форму оправы на изображении. После этого параметры эллипсов поступают на вход классификатора подходящей формы человеческого лица, с которой бы наиболее гармонично сочеталась эта оправа, после чего выходные значения нормализуются и отправляются в базу данных в специальную таблицу «PeerReview_frames».

Используемые в информационной системе классификаторы представляют собой трехслойную нейронную сеть, состоящую из персептронов прямого распространения, структура которой построена по геометрическому принципу [10].

Адекватность обученной модели оценивалась из соответствия ожидаемой от классификатора оценки для конкретного тестового экземпляра (внешности, оправы, цвета) [11-12].

Анализ изображения лица клиента производится средствами библиотеки машинного зрения OpenCV, так как она изначально имеет обученный детектор человеческих лиц, а также инструментарий, достаточный для решения задачи подбора очков [13-14]:

функционал для локализации области изображения, в которой расположено лицо человека;

модуль для поиска особых точек на изображении лица;

модуль для построения классификаторов.

Для определения изображения внешности клиента с учетом анализа его индивидуальных характеристик используем метод ранжирования подходящих клиенту очков при получении списка рекомендаций, который производится по значению метрики и вычисляется как взвешенная сумма метрик, оценивающих цвета оправ и линз, а также формы самих оправ:

$$g = \langle f, l \rangle$$
$$M(g) = m_{color}(f) \cdot w_{color\_F} + m_{color}(l) \cdot w_{color\_L} + m_{shape}(f) \cdot w_{shape} \quad (1)$$

где g – множество очков: оправы (f) и линзы; wcolor_F, wcolor_L, wshape – весовые коэффициенты предпочтений, mcolor(x) – метрика, оценивающая цвет; mshape(x) – метрика, оценивающая форму.

Вычисление значений метрик производится на основе косинусного сходства по обобщенной формуле:

$$similarity = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \cdot \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i \cdot B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (A_i)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (B_i)^2}} \quad (2)$$

где A – вектор оценок классификатора, хранимый долгое время (оценка подходящей формы лица для оправ или подходящего сезона для цвета); B – вектор оценок классификатора, передаваемый при сеансе, который описывает аспект внешности клиента (форма лица или сезон цветовой палитры внешности); n – размерность вектора оценок (количество классов); i – номер класса.

Так как векторы изначально нормализуются перед внесением в базу данных при изменении и добавлении новых записей [9, 15]:

$$similarity = A \cdot B = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot B_i \quad (3)$$

Алгоритм процесса выдачи рекомендаций состоит из следующих этапов:

– выбор назначения очков;
– инициирование нового сеанса обслуживания;
– получение фронтального изображения лица клиента с камеры;
– заполнение сведений из выписки-рецепта на очки;
– ввод предпочтений клиента, касательно материала очков, бренда, формы, типа и цвета оправы;
– указание приоритета предпочтений (цвет оправы, цвет линз, форма оправы);
– анализ фотографии клиента с последующим выполнением запроса списка рекомендованных очков;
– просмотр изображений и характеристик оправ из полученного списка;
– завершение сеанса обслуживания клиента.

Другим инструментом, который доступен администратору системы, является возможность изменения параметров работы системы

и обучение классификаторов. Соответствующий алгоритм работы и экранная форма представлены на рис. 3-4.

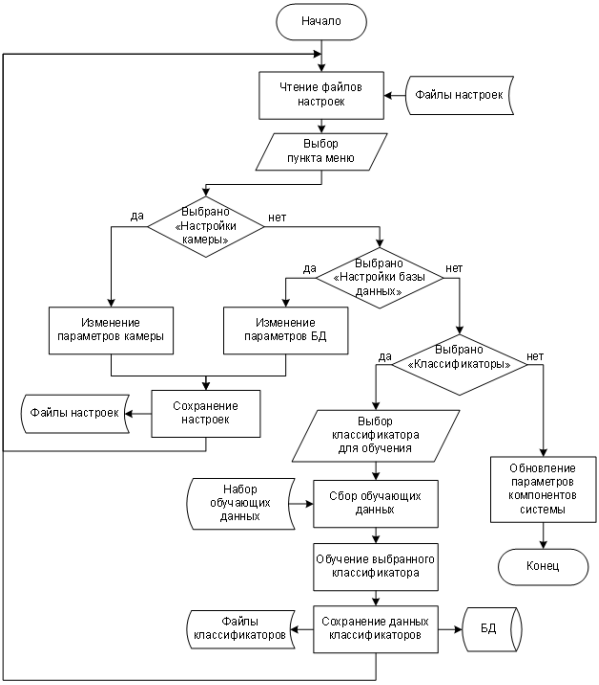


Рис. 3. Алгоритм изменения параметров работы системы и обучения классификаторов

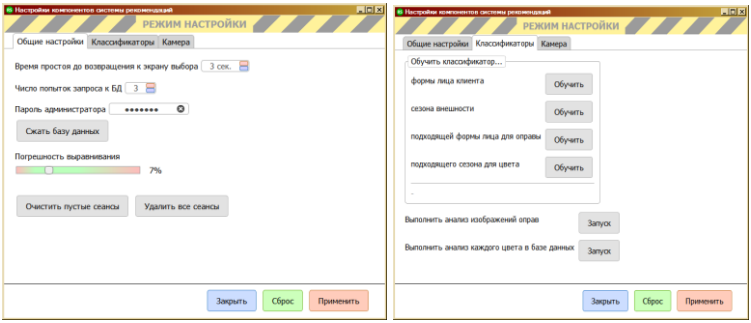


Рис. 4. Экранные формы «Изменение настроек и обучение классификаторов»

Заключение

В данной статье описаны бизнес-процессы работы офтальмологического салона, на основе стандарта IDF0. Представлены наборы алгоритмов работы информационной системы, реализующие подбор оправы очков клиентов салона, на основе трехслойной нейронной сети. Показаны варианты подбора оправы очков по медицинским показаниям и с учетом рекомендаций системы по внешности клиента.

В результате внедрения подобной системы резко повышает качество профессионального предоставления услуг клиентам, поскольку процесс подбора оправы очков базируется не на субъективном решении продавца-консультанта, а на работе классификаторов системы различного назначения.

Список литературы

1. About // OpenCV library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://opencv.org/about.html.
2. Generative adversarial networks / I. J. Goodfellow [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2014. – 9 p.
3. OpenCV: Modules [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.opencv.org/3.4.0/modules.html
4. Belhemeur, P. N. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection / P. N. Belhumeur, J. P. Hespanha, D. J. Kriegman. // Journal IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – July 1997. – Vol. 19. – Issue 7. – P. 711-720. doi: 10.1109/34.598228.
5. Shapire, R. E. A Brief Introduction to Boosting / R. E. Shapire // IJCAI'99 Proceedings ofthe 16th international joint conference on Artificial intelligence. – August 1999. – Vol. 2. – P. 1401-1406.
6. Михайлюк, Е. А. Подбор оправы очков по изображению человеческого лица / Е. А. Михайлюк, Е. Н. Шафоростова // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство. Материалы Четырнадцатой Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием. – 2017. – С. 64-67.
7. Ширяев, В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика / В.И. Ширяев. – М.: КД Либроком, 2016. – 232 с.
8. Талан, А. Перспективы машинного зрения // Chip News: электронный научно-технический журнал – 2009. – №2(137). – http://www.chip-news.ru/archive/chipnews/200902/Article_06.pdf.
9. Носков, А.А. Сравнение метрик оценки сфокусированности для задачи формирования полностью сфокусированных изображений /

А. А. Носков, Е. А. Аминова, В. А. Волохов // Цифровая обработка сигналов и ее применение (DSPA–2016): докл. 18-й междунар. конф. – М., 2016. – Т. 2. – С. 729-734.

10. Ионов, С.Д. Многовариантность применения воспроизводящихся искусственных нейронных сетей в задачах распознавания / С.Д. Ионов // Тезисы докладов XI Всероссийской научной конференции «Нейрокомпьютеры и их применение». – 2013 – с. 43-45.

11. Нейроматематика. Кн. 6.: Учеб. пособие для ВУЗов / Агеев А.Д [и др.]; Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2002. – 448 с.

12. Грешилов, А. А. Математические методы принятия решений / А. А. Грешилов. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 . – 583 с.

13. Саммерфилд, М. Qt. Профессиональное программирование. Разработка кроссплатформенных приложений на C++ / М. Саммерфилд. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 551 с.

14. Шлее, М. Qt 5.3. Профессиональное программирование на C++ / М. Шлее. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 928 с.

15. Шоробура, Н. Н. Разработка моделей и программных средств для многокритериальной оптимизации сложных объектов в компьютерных информационных системах [Электронный ресурс] / Н. Н. Шоробура. – Режим доступа : http://www.masters.donntu.edu.ua/2004/kita/shorobura/diss/index.htm.

Разработка информационной системы визуализации и суперкомпьютерного моделирования карьеров открытых горных работ с использованием современных веб-технологий

В. М. Михелев, email: mikhelev@bsu.edu.ru
Д. В. Петров, email: petrov@bsu.edu.ru
А. А. Вторников, email: 1112269@bsu.edu.ru

Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются детали реализации информационной системы визуализации и суперкомпьютерного моделирования карьеров открытых горных работ с использованием современных веб-технологий.*

Ключевые слова: *Моделирование карьеров, веб-технологии, webgl, python, django, postgresql.*

Введение

В современном мире очень развита такая промышленность как горнодобывающая. Одна из самых развитых в стране, это добыча минеральных ресурсов. Очень часто, открываются все новые карьеры и рудные месторождения.

Перед началом проведении работ на территории предполагаемого карьера, необходимо проанализировать местность. Собрать как можно обширные данные об имеющиеся природных ресурсах. После этого необходимо построить модель, и рассчитать какую максимальную прибыль можно извлечь из этого месторождения.

Для построения модели карьера используется очень дорогостоящее и платформа ограничивающее программное обеспечение.

Намного продуктивнее использовать web технологии для визуализации полученной информации. Особенно когда многие web технологии сравнялись по производительности и функциональности с десктопными решениями.

Например, при помощи такой технологии как WebGL, добившейся очень высоких результатов в обработке графики в web, можно строить и обрабатывать сложные модели, а также использовать различные эффекты.

Таким образом построение модели карьера становится возможным в web. И пользователь-проектировщик, стоя около карьера, имея

© Михелев В. М., Петров Д. В., Вторников А. А., 2019

планшет и подключение к сети интернет, может просматривать строящийся карьер и делать какие-либо выводы.

1. Проектирование системы визуализации карьеров

Разрабатываемая система должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Импортировать данные о карьере для построения модели и расчетов в формате, описанном в статье [1].
2. Визуализировать полученные данные в 3D и данные после проведения вычислений.
3. Просматривать данные как загруженные, так и полученные в ходе вычислений.
4. Экспортировать изображения построенных моделей.
5. Предоставлять выбор метода для расчетов.
6. Создавать отчет основываясь на результатах вычислений.

Реализуемая система имеет архитектуру, схема которой изображена на рис. 1.

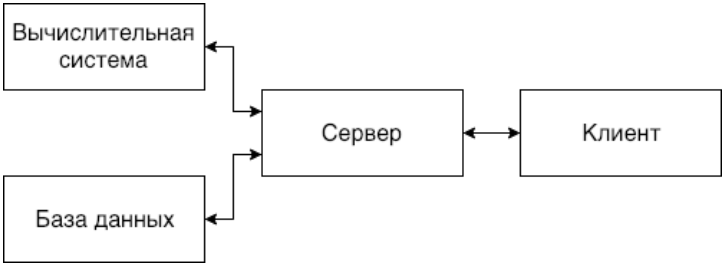


Рис. 1. Архитектура системы визуализации карьеров

Основным объектом системы является сервер. На нем происходят основные действия с данными. Все эти операции будут производиться при помощи скриптов написанный на языке Python с использованием фреймворка Django.

Данный фреймворк был выбран, потому что имеет следующие достоинства:

– Полная комплектация: Django работает с десятками дополнительных функций, которые заметно помогают с аутентификацией пользователя, картами сайта, администрированием содержимого, RSS и многим другим. Данные аспекты помогают осуществить каждый этап веб разработки.

– Безопасность: Работая в Django, можно получить защиту от ошибок, связанных с безопасностью и ставящих под угрозу проект.

– Масштабируемость: фреймворк Django наилучшим образом подходит для работы с самыми высокими трафиками.

– Разносторонность: менеджмент контента, научные вычислительные платформы, даже крупные организации – со всем этим можно эффективно справляться при помощи Django.

Также, одним из основных компонентов системы является база данных. Схема базы данных изображена на рис. 2.

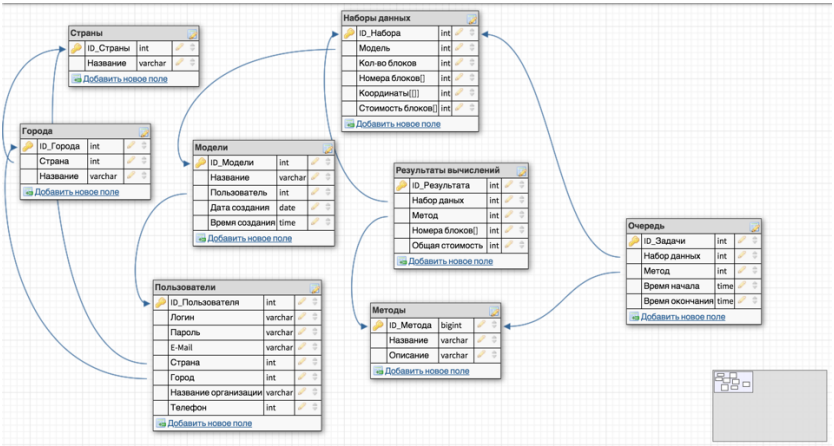


Рис. 2. Схема базы данных системы визуализации карьеров

Базу данных для хранения всей информации, используемой входе работы системы, было решено реализовать на такой СУБД, как PostgreSQL.

PostgreSQL содержит множество возможностей. Созданный с использованием объектно-реляционной модели, он поддерживает сложные структуры и широкий спектр встроенных и определяемых пользователем типов данных. Он обеспечивает расширенную ёмкость данных и заслужил доверие бережным отношением к целостности данных.

В проектируемой системе реализована система регистрации пользователей, данные, соответственно, будут храниться в базе данных.

Веб сервис использует данные о блоках карьера, а именно номера блоков, их координаты, а также их стоимость извлечения. Все это привязано к учетным записям, и пользователи в любой момент могут просмотреть содержимое таблиц.

Также, в базе данных хранится результаты вычислений, проведенных пользователем.

Отдельную сущность в базе данных занимает очередь вычислений. В ней содержится данные о начале вычислений, примерном окончании и каким методом ведется обработка.

Вычислительная система реализована на суперкомпьютере «Нежеголь» НИУ «БелГУ».

На клиентской стороне отображается весь пользовательский интерфейс, а также Результаты вычислений и построенные модели. Пример окна вывода, построенный модели изображен на рис. 3.

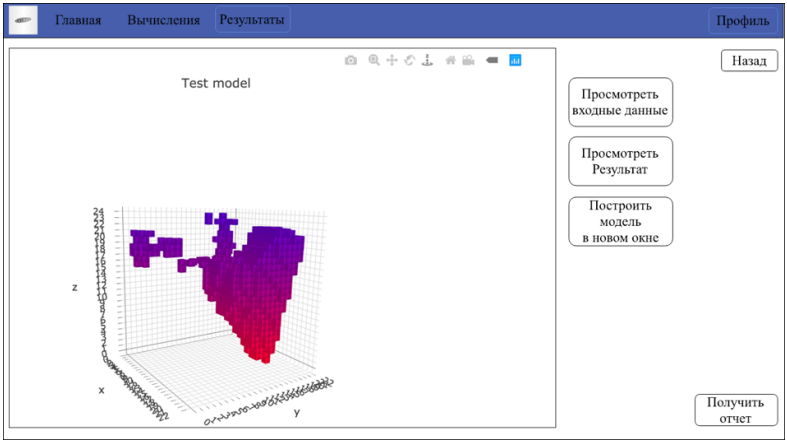


Рис. 3. Пример пользовательского интерфейса

Заключение

Входе реализации системы визуализации карьеров открытых горных работ, выяснилось, что действительно современные web технологии могут быстро и качественно справляться с тяжелыми задачами, такими как вывод 3D графики в окне браузера.

Бесспорно, можно утверждать, что десктопные приложения справляются с подобными задачами лучше, но используя web технологии можно избавиться от многих ограничений, которые накладываются в ходе работы с десктопами, а именно смена дислокации рабочей машины, переходы на другие операционные системы в большинстве случаях требующие смены программного обеспечения для выполнения специальных задач.

Тем самым подобные системы облегчают работу многих людей в такой сфере как горнодобывающая промышленность. При помощи такой системы реализованной в web, люди могут выполнять какие-либо планировочные работы стоя возле карьера и держа в руке планшет.

Список литературы

1. Головатый, А. Django. Подробное руководство / А. Головатый, Д. Каплан-Мосс. – 2-е изд. – СПб.: Символ-Плюс, 2010. – 560 с.

2. Макфарланд, Д. С. JavaScript и jQuery. Исчерпывающее руководство / Д. С. Макфарланд .– 3-е изд. – М.: Эксмо, 2017. – 880 с.

3. Мацуда, К. WebGL. Программирование трехмерной графики / К. Мацуда, Р. Ли, А. Киселев. – 1-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 494 с.

4. MineLib: A Library of Open Pit Mining Problems / Daniel Espinoza [et al.] // Annuals of Operations Research. – 2012. – 206(1). – P. 91-114.

Работа выполнена при поддержке РФФИ № 18-47-310001 и № 17-07-00636

Унифицированный метод описания структурированных объектов

Е. А. Рубцов, email: rea@inistek.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), кафедра 319

Аннотация. *В данной работе предложен унифицированный метод описания структурированных объектов, основанный на описании внутренней структуры этих объектов. Приведены несколько примеров использования предложенного метода.*

Ключевые слова: *структуры данных, описание данных, передача данных.*

Введение

В современном мире окружающие нас объекты имеют различную внутреннюю структуру: здания, базы данных, книги, химические формулы, календари, диаграммы и т.д. Один из способов описания этих объектов: описание их внутренней структуры. Наглядное, краткое, унифицированное описание окружающих нас объектов, основанное на описании их внутренней структуры, позволило бы сократить время обмена информацией об этих объектах и уменьшить вероятность возникновения ошибки как при описании объектов, так и при передаче информации о них.

1. Основы метода

Метод основан на выявлении в структуре описываемого объекта атомарного элемента и различных групп атомарных элементов. При этом выявляется и описывается семантика (содержательная сторона) атомарного элемента и каждой выявленной группы. Для обозначения произвольного атомарного элемента используется символ «а». Для обозначения произвольного множества атомарных элементов используются символы «ам». Для обозначения произвольного списка атомарных элементов используются символы «ас». Множество в предлагаемом методе отличается от списка тем, что в множестве не может быть двух одинаковых элементов и отсутствует упорядоченность элементов. В списке, в отличие от множества, присутствует порядок элементов и элементы, входящие в состав списка, могут повторяться. Группы «ам» и «ас» являются группами первого уровня. Группами

© Рубцов Е.А., 2019

второго уровня является множество множеств атомарных элементов, список множеств атомарных элементов, множество списков атомарных элементов и список списков атомарных элементов. Перечисленные группы второго уровня обозначаются соответственно: «амм», «амс», «асм», «асс». Далее, по аналогии, можно выделить 8 групп третьего уровня, 16 групп четвертого уровня и т. д.

Если количество различных атомарных элементов в структуре описываемого объекта ограничено сверху, то справа от символа «а» будет расположено число, обозначающее эту границу: «ak», где k – максимальное количество различных атомарных элементов, которые могут присутствовать в структуре объекта.

Если какая-то группа элементов имеет в рамках структуры описываемого объекта фиксированный размер, то справа от обозначения данной группы будет указано число, обозначающее размер группы: «амk», где k – мощность множества «ам».

Выявленные в структуре объекта атомарные элементы и группы записываются в виде списка. В каждой строке списка идет сначала символьное обозначение выявленного атомарного элемента или группы, после которого через тире следует описание семантики атомарного элемента или группы. Строчки списка упорядочены следующим образом: сначала идет атомарный элемент, затем группы первого уровня, затем группы второго уровня и т.д. Пример списка, описывающего структуру объекта:

– а – семантика атомарного элемента
– ас – семантика группы первого уровня
– асс – семантика группы второго уровня

2. Описание структуры

Атомарный элемент в структуре описываемого объекта может в реальном мире иметь свою внутреннюю структуру, но при описании структуры он рассматривается как элемент без внутренней структуры [1]. Например, содержимое ячейки таблицы может иметь свою внутреннюю структуру, но при описании структуры таблицы содержимое ячейки таблицы может быть рассмотрено как атомарный элемент.

Если внутри объекта существует несколько разных структур, то для описания каждой структуры можно выделить свой атомарный элемент. Если выявленные структуры не зависят друг от друга, то полная структура объекта будет описываться несколькими разными списками. Описание двух независимых структур одного объекта будет выглядеть так:

– а – семантика атомарного элемента первой структуры
– ас – семантика группы первого уровня, состоящей из атомарных элементов первой структуры
– а – семантика атомарного элемента второй структуры
– ам – семантика группы первого уровня, состоящей из атомарных элементов второй структуры

Если после описания структуры объекта появится потребность описать структуру атомарного элемента, то в этом случае слева от атомарного элемента можно будет разместить символы, обозначающие его внутреннюю структуру, например, «асам», где «ас» – обозначение структуры атомарного элемента, входящего в состав группы «ам». При этом группа «ам» ничего «не знает» о структуре входящего в ее состав атомарного элемента, т.е. для группы «ам» и всех последующих групп более высокого уровня информация о структуре атомарного элемента, входящего в их состав, скрыта. Описание такой внутренней структуры объекта будет выглядеть так:

– а – семантика атомарного элемента первой структуры
– ас – семантика группы первого уровня, состоящей из атомарных элементов первой структуры
– аса – семантика атомарного элемента второй структуры
– асам – семантика группы первого уровня, состоящей из атомарных элементов второй структуры

Если уникальность атомарного элемента в структуре объекта определяется его положением в другой структуре, то в этом случае для обозначения атомарного элемента будет использован символ «э», слева от которого будут расположены символы, описывающие группу элементов, определяющую уникальность атомарного элемента. Описание такой структуры будет выглядеть так:

– а – семантика атомарного элемента первой структуры
– ас – семантика группы первого уровня, состоящей из атомарных элементов первой структуры
– асэ – семантика атомарного элемента второй структуры
– асэм – семантика группы первого уровня, состоящей из атомарных элементов второй структуры

3. Структура книги

Изданная в типографии книга имеет две структуры: одна структура определяется содержимым книги (структура автора), другая структура определяется разбиением текста книги на строки и страницы (структура типографии). Описание обоих структур в рамках предложенного метода будет выглядеть так:

– а – буква (атомарный элемент)
– ас – слово (список букв)
– асс – предложение (список слов)
– ассс – абзац (список предложений)
– асссс – глава (список абзацев)
– ассссс – книга (список глав)

– а – типографский символ (атомарный элемент)
– ас – строка книги (список типографских символов)
– асс – страница книги (список строк)
– ассс – книга (список страниц)

4. Модель «сущность-связь»

Модель «сущность-связь» [2] имеет несколько структур: структура связи, структура сущности, структура атрибута сущности. При этом при описании структуры связи можно использовать в качестве атомарного элемента сущность (без рассмотрения ее внутренней структуры), при описании структуры сущности можно использовать в качестве атомарного элемента атрибут (без рассмотрения его внутренней структуры). Описание всех трех структур в рамках предложенного метода будет выглядеть так:

– а – экземпляр сущности (атомарный элемент)
– ам – экземпляры сущностей с одинаковым значением атрибута (множество экземпляров сущностей)
– амм – все области значений атрибута, представленные теми экземплярами сущностей, у которых атрибут имеет одно и то же значение (множество множеств экземпляров сущностей)
– амма – атрибут (без рассмотрения его внутренней структуры)
– аммам – сущность (множество атрибутов)
– аммама – сущность (без рассмотрения ее внутренней структуры)
– аммамас2 – бинарное отношение (список из двух сущностей)
– аммамас2м – модель «сущность-связь» (множество бинарных отношений между сущностями)

5. Производственный календарь

Производственный календарь – это календарь на один год, в котором указаны рабочие, выходные и праздничные дни [3]. Описание структуры производственного календаря в рамках предложенного метода будет выглядеть так:

– a1 – день (атомарный элемент)
– a1c – месяц (список дней)
– a1cc – год (список месяцев)
– a1ccэ – день из календаря (день, уникальность которого рассматривается с учетом его расположения в календаре)
– a1ccэм – множество рабочих иди выходных или праздничных дней (множество дней, все элементы которого являются либо рабочими днями, либо выходными, либо праздничными)
– a1ccэмм3 – производственный календарь (множество, состоящее из множества всех рабочих дней, множества всех выходных дней и множества всех праздничных дней)

Заключение

Был предложен унифицированный метод описания объектов, имеющих внутреннюю структуру. Были приведены примеры использования метода для описания структуры книги, модели «сущность-связь» и производственного календаря.

Список литературы

1. Рубцов, Е. А. Об одном подходе к описанию информационных структур / Е. А. Рубцов // Сб. тр. участников XVIII Межд. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (IPMT-2018), 7 том (Воронеж, 8-9 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 64-69.

2. Chen, P. P. The Entity-Relationship Model – Toward A Unified View of Data / P. P. Chen // Papers from the international conference on very large databases, Volume 1 Issue 1 (Framingham, 22–24 September 1975). – Framingham, 1975. – P. 9-36.

3. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : правовые ресурсы. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennye/2018/

Используя современные технологии разработка адаптируемой медицинской информационной системы

А. Б. Саттаров, e-mail: masterw9129@gmail.com
О. О. Ишниязов, e-mail: oishniyazov@gmail.com
Ш. Ш. Шокиров, e-mail: shodmon.1991@mail.ru

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *В первую очередь система предназначена для автоматизации клинических направлений работы медучреждений, внедрения электронной медицинской карты (ЭМК), организации эффективного информационного взаимодействия между всеми участниками лечебно-диагностического процесса. Система позволяет сократить (а местами – и полностью исключить) рутинные операции по оформлению медицинской документации, повысить качество и информативность медицинских документов. Фактически, внедрение МИС позволят снять с врача и медицинской сестры непрофильную нагрузку или существенно ее ослабить, позволяя больше времени уделять своей непосредственной работе – общению с пациентом, оказанию медицинской помощи или полноценному управлению медицинских учреждений на основе объективной и своевременной информации.*

Ключевые слова: *Информационная система, система, информационные технологии, информация, разработка, медицинская информационная система, программная среда.*

Введение

Сегодня трудно представить себе любую отрасль без информационных технологий. Однако, обращаясь за медицинской помощью в частную или государственную клинику, мы часто сталкиваемся с бумагой, ручкой и толстыми амбарными книгами для ведения журналов. Приходится ждать минут по 10-15, наблюдая как регистратор заполняет все необходимые формы, согласия и договора. После консультации врач выдает клочок бумаги, где неразборчивым почерком перечислены рекомендации. Истории болезни существуют ради того, чтобы использовать для анализа горы бумажной документации практически невозможно. Картина может варьироваться от клиники к клинике, за счет автоматизации отдельных этапов

© Саттаров А. Б., Ишниязов О. О., Шокиров Ш. Ш., 2019

процесса, однако общая картина остается прежней – единой медицинской информационной системой (МИС) обладают единицы, поэтому большинство руководителей не обладает достаточной информацией для эффективного управления клиникой.

Анализируя состояние разработки МИС показывает, следует отметить, что они разработаны в различных программных средах и базы данных. В тоже время существенным является разработку систем на базе свободно распространяемых программных продуктов. Анализ состояния разработки МИС также показывает, что у лечебных учреждений есть потребности, связанные с автоматизацией их деятельности, а также интерес к анализу медицинских данных и их автоматизированной обработки с целью использования их для научных исследований.

Медицинские центры за годы работы накапливают огромное количество специализированных данных. Эта ценнейшая информация для научных исследований часто не используется или если используется, то не полностью. Обрабатывать ее вручную – это долгий кропотливый труд, который затрудняет анализ и не может обеспечить точного результата.

Современные технологии предлагают новые возможности для развития медицинской науки. Все записи, которые вводятся в систему врачами, лаборантами и другими сотрудниками медицинских учреждений, хранятся в формализованном виде в специальных таблицах. В таком виде информация наиболее доступна для врачей и научных исследований.

В рамках реализации задач создания типовой медицинской информационной системы как единая, разработанная система предназначена, для автоматизации деятельности следующих структурных подразделений медицинского учреждения:

- Администрирование, планирование и статистика;
- Расчеты по оплате диагностик лечения;
- Внутренние инструменты разработки функциональности в Системе;
- Управление потоком пациентов в стационаре
- Аптека;
- Хозяйственная деятельность
- Интерактивная служба

Подсистема «Администрирование, планирование и статистика» автоматизирует следующие функции

«Ведение расписаний приема»

- «Резервирование ресурсов».

– «Дополнительное лекарственное обеспечение».
– «Медицинская статистика, анализ деятельности и формирование отчетности».
– «Экспорт данных».
– «Оперативное оповещение».

Подсистема «Расчеты по оплате диагностики и лечения» автоматизирует процессы:

– Планирования и контроля.
– Учет услуг.
– Учет прочих расходов.
– Расчеты по услугам.
– Оплаты труда медработников.

Подсистема «Внутренние инструменты разработки функциональности в Системе» позволяет автоматизировать:

– визуальный конструктор экранных форм специалистов;
– механизм, позволяющий настраивать получение контекстно-зависимых данных на экранных формах специалистов;
– механизм, позволяющий настраивать заполнение полей на формах специалистов с помощью шаблонов;
– механизм декларативного описания правил контроля заполнения полей базы данных, динамического вычисления различных показателей;
– конструктор запросов для получения аналитических выборок в произвольных срезах данных с необходимыми фильтрами и различными представлениями внешнего вида результата;
– конструктор макетов документов;
– механизм создания пользовательских справочников и глоссариев;
– инструмент, позволяющий изменять структуру базы и непосредственно использовать без внесения изменений в программный код системы;
– автоматизация составление различных типов отчетности.

Подсистема «Управление потоком пациентов в стационаре» автоматизирует следующие функции:

«Регистрация пациентов»

– Учет сопутствующих документов при госпитализации.
– Создание электронных направлений пациентов на лечебно-диагностические мероприятия, консультации специалистов и лабораторные исследования в стационаре.
– Регистрация движения пациентов по стационару.
– Регистрация движения и размещения пациентов в стационаре.

– Подсистема «Аптека» состоит из следующих функций:
– Управление закупками.
– Приход и расход лекарственных средств.
– Наличие лекарственных средств.
– Рецептурно-производственная деятельность.
– Аналитика по аптеке.
– Интеграция с внешними справочниками.

Функция «Ведение электронной истории болезни стационарных пациентов

– поддерживается возможность ведения документации врачебных осмотров, включая первичный осмотр, эпикризы, дневниковые записи;
– поддерживается возможность регистрации диагнозов пациента;
– поддерживается возможность регистрации врачебных назначений пациенту (консультаций, лабораторных, инструментальных, рентгенологических исследований, процедур, медикаментозных назначений и прочего) и их результатов;
– поддерживается возможность планирования и учета результатов оперативных вмешательств, включая подготовку предоперационного эпикриза и протокола операции;
– поддерживается возможность формирования листов назначений и листов наблюдений в соответствии с врачебными назначениями, измерение и регистрация показателей состояния здоровья пациента;
– поддерживается возможность формирования направлений на врачебную комиссию для проведения различных видов экспертиз и регистрация их результатов;
– поддерживается возможность получения документов или записей электронных медицинских карт пациента по запросу из централизованной системы ведения интегрированной электронной медицинской карты, создаваемой в рамках федерального фрагмента системы;
– поддерживается возможность передачи документов или записей электронных амбулаторных карт пациентов, включая сведения о направлениях и рецептах, в централизованные системы ведения интегрированной электронной медицинской карты, обеспечения направления граждан во внешнюю медицинскую организацию, а также выдачи и обслуживания рецептов, создаваемые в рамках федерального и регионального фрагментов системы.
– поддерживается возможность идентификации врача и пациента на основании универсальной электронной карты;
– поддерживается возможность получения информации от устройств, фиксирующих параметры состояния здоровья пациентов,

мониторинг состояния здоровья пациентов, уведомление медицинского персонала при выходе контролируемых параметров за предельные значения;

– поддерживается возможность взаимодействия с централизованной системой удаленного мониторинга состояния здоровья отдельных категорий пациентов, создаваемой в рамках регионального фрагмента системы, по приему и передаче информации о состоянии здоровья пациентов.

Заключение

Программное обеспечение разработана на основе современной веб технологии Yii Framework и системы управления базами данных PostgreSQL. Любая медицинская информационная система хранит данные, которые должны быть надежно защищены от несанкционированного доступа.

Данная медицинская информационная система надежно защищает конфиденциальную информацию с помощью авторизации, шифрования данных и мониторинга несанкционированной активности. В будущем система без особой переделки может быть адаптирована во все медицинские учреждения.

Одним из преимуществ разработанной системы является её платформа независимость, что позволяет в частности работать под управлением хорошо защищенной операционной системы Linux.

Литература

1. Эльянов, М. М. Медицинские информационные технологии. Каталог. Вып. 13. / М. М. Эльянов. – М.: CapitalPress, 2013. – 300 с.

2. Фролова, М.С. Принципы интеграции медицинской техники в медицинскую информационную систему / М. С. Фролова // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №3. – С. 64-65.

3. Коробкина, Д. В. Исследование процессов теплового воздействия лесных пожаров на ткани человека: перспективы создания МИС / Д. В. Коробкина, Н. В. Барановский // Cloud of science. – 2014. – Т. 1. – №2. – С. 292-318.

4. К разработке медицинской информационной системы. / Ф. А. Акилов [и др.] // Труды международной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий – Аль-Хорезми 2014». – Самарканд, 2014. – С. 81-83.

5. Акилов, Ф.А. Локальная компьютерная сеть – центральная нервная система ЛПУ, или как эффективнее использовать компьютеры в медицинских учреждениях / Ф. А. Акилов, Ш. Т. Мухтаров. – 2011.

Модели и алгоритмы для корпоративной медицинской информационной системы на основе MVC технологий

А. Б. Саттаров, e-mail: masterw9129@gmail.com
Ш. Н. Турапов, e-mail: Sherzod1989@gmail.com

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *Рассматриваются вопросы создания современной медицинской информационной системы на базе технологий открытих программных обеспечений Yii Framework (MVC) с использованием в базе данных PostgreSQL. Предложена архитектура системы, способы администрирования. Разработаны способы конструирования различных форм. Система имеет модульную структуру, что позволяет внедрить её в родственных медицинских центрах и поликлиник Республики Узбекистан за счет относительно легко адаптируемой системы.*

Ключевые слова: *Система, информационная система, технология MVC, Yii Framework, PostgreSQL, база данных, медицинская информационная система, программное обеспечение, медицинские центры, поликлиника.*

Введение

Работа предназначена для проектирования корпоративных медицинских информационных систем на базе технологии Yii Framework (MVC) и в базе данных PostgreSQL.

Цель системы – повышение качества и доступности медицинской помощи за счет автоматизации работы сотрудников по всем направлениям деятельности медицинских центров и поликлиник.

В медицинских учреждениях развитых зарубежных государств широко используется медицинские информационные системы [1-4]. В нашей Республике была разработаны и эксплуатируется основные компоненты информационной системы АО РСЦУ [9-10] на базе Oracle, PostgeSQL. Различны подходы и методы создания МИС приведены в работах [5-8]. Но дорогостоящие требования к лицензии и зависимость от зарубежных специалистов при последующей поддержки системы создает трудности в использования иностранных разработок.

Предлагаемая система предназначена для автоматизации клинических направлений работы на примере АО РСЦУ и Медико-санитарное объединение Министерство Здравоохранения Республики

© Саттаров А.Б., Турапов Ш.Н., 2019

Узбекистан, (поликлиники №2), внедрения электронной медицинской карты (ЭМК), организации эффективного информационного взаимодействия между всеми участниками лечебно-диагностического процесса.

Система позволяет сократить (а местами – и полностью исключить) рутинные операции по оформлению медицинской документации, повысить качество и информативность медицинских документов. Фактически, внедрение МИС позволят снять с врача и медицинской сестры непрофильную нагрузку или существенно ее ослабить, позволяя больше времени уделять своей непосредственной работе – общению с пациентом, оказанию медицинской помощи или полноценному управлению АО РСЦУ и поликлиник на основе объективной и своевременной информации.

1. Описание архитектуры медицинской информационной системы

Основное технологическое решение, за счет которого МИС способна достичь поставленную цель – это внедрение электронного документооборота с возможностью групповой работы над различными медицинскими документами – электронной амбулаторной картой (в поликлинике), электронной историей болезни (в стационаре или санатории) и т.д.

Архитектурно МИС состоит из нескольких программных модулей (подсистем), объединенных в общую медицинскую информационную систему. В состав МИС включены как универсальные для любого ЛПУ подсистемы (ЭМК, статистика), так и специальные решения для поликлиники, стационара. Работа крупных многопрофильных медицинских учреждений организуется за счет совместного использования всех (или части) этих модулей. Создана программа, позволяющая автоматизировать процесс формирования различных типовых форм. Предложена методика оптимизации поиска в МИС.

База данных разработан на свободно распространяемого СУБД PostgreSQL, что является одним из преимуществ системы.

В будущем будет возможность экспортировать за рубеж разработанное программное обеспечение. На сегодняшней день на него получен патент. В первую очередь эта система будет внедрена на примере Республиканского специализированного центра Урологии. Программное обеспечение разрабатывается на основе современной веб технологии Yii Framework и системы управления базы данных PostgreSQL 9.1.

Система позволяют без крупных затрат использовать во всех специализированных центрах и поликлиниках Министерство Здравоохранения РУз. В рамках реализации задач создания системы,

автоматизации подлежит деятельность структурных подразделений мед учреждений и их унификация. Система состоит из различных программных модулей. В частности, модуль «Регистратура» даёт возможности генерации уникального номера для пациента с возможностью его расширения при повторных поступлениях, если будет открываться новая история болезни. Архивная информация должна сохраняться и выводится на дисплей врача, при сканировании бейджика пациента. Для удобства использование система максимально автоматизирован ввод данных о пациенте (выпадающие окна, выбор из списка и т.д.).

Модуль «Аптека» – Расширенная интеграция аптеки в сеть с возможностью отслеживания назначаемых и введенных лекарств как по отделениям, так и по каждому отдельному больному. Информация о лекарствах, получаемых пациентами в ходе лечения должна быть доступна в реальном режиме времени при соответствующем уровне доступа для врача, медсестры, фармацевта.

Подсистема администрирования системы состоит из:

- Модуля общего конфигурирования системы, обеспечивающего настройки её параметров и технических характеристик;
- Модуля авторизации и аутентификации;
- Модуля ведения справочников и классификаторов;

Система состоит из несколько частей, в которые входить управление доступов в котором управляется администратором системы. Администратор имеет право создавать необходимые роли и дает нужные привилегии к этим ролям. Пользователи получает доступы зависимости от их ролей.

Разработанный программный продукт является конкурентоспособным с зарубежными аналогами и может быть использован для экспорта.

Основываясь на опыте отечественных и зарубежных разработчиков, проектирование и разработка МИС осуществлен по модульному принципу. Отдельные компоненты системы разработаны как самостоятельные приложения, который объединены друг с другом при помощи специальных программных интерфейсов, называемым методом компонентного проектирования базы данных.

Модульный подход позволяет системе не просто автоматизировать различные участки работы, но и достичь заметно более важного результата – создания единого информационного пространства, которое представляет собой регламентированную систему взаимоотношений, где каждый пользователь может поставлять и получать необходимую информацию, собранную в установленные сроки и по установленным

схемам и правилам. За счет единого информационного пространства достигается повышение эффективности применения медицинских технологий и использования ресурсов здравоохранения. Поэтому система содержит спектр необходимого программного обеспечения для разнообразных задач и относится к классу комплексных медицинских информационных систем.

Клиент-серверная архитектура МИС базируется на клиент-серверной архитектуре, основанной на веб-технологии Yii Framework (MVC) и база данных PostgreSQL. Для эффективности система использует объектно-реляционной принцип: она основана на двух, работающих в единой связки, системах: платформе групповой работы Yii Framework и реляционной СУБД PostgreSQL. Платформа – Yii Framework – это основа системы. В ее среде функционирует примерно 80-90% всего программного кода МИС. PostgreSQL – это хранилище данных для вспомогательных модулей.

Технологии MVC идеально подходят для реализации медицинской информационной системы, нацеленной на медицинский электронный документооборот и совместную работу пользователей с электронной документацией. Вместе с этим ряд задач, таких как финансовый учет, статистика, складской учет и некоторые другие, более эффективно функционируют в среде традиционных реляционных систем управления базами данных. Поэтому система базируется на объектно-реляционном принципе, согласно которого принципиально разные системы –Yii Framework и PostgreSQL функционируют в единой связке, дополняя и усиливая достоинства другу друга и скрадывая недостатки.

Архитектура базируется на модульной архитектуре, которая использует следующие основные программные модули:

Ядро системы – это несколько центральных баз данных на сервере, в которых сосредоточена основа МИС – подсистема электронного медицинского документооборота. Это наиболее развитая часть системы. Все основные технологические решения сосредоточенны в этой части. Архитектурно ядро МИС содержит следующие компоненты:

База паспортных данных – предназначена для централизованного хранения всей социальной информации о пациентах (паспортные данные, место работы и проживания, полисы, льготы, инвалидности и т.д.). а также для автоматизации приемного покоя и регистратуры ЛПУ.

База данных текущих историй содержит все необходимые для работы стационара программные инструменты. Хранит в себе все текущие истории болезни пациентов, находящихся на лечении. За счет этого скорость работы с этой базой данных максимальная – поиск документов, формирование эпикризов, выписок, создание и изменение

документов исполняется системой моментально. Пользователю никогда не приходится ждать завершения работы и наблюдать «песочные часы» операционной системы.

База данных амбулаторных карт специально спроектирована для использования в поликлинике. Содержит в себе электронные амбулаторные карты прикрепленного к поликлинике контингента и встроенные вызовы специализированных подсистем – профессионального осмотра, диспансерного наблюдения, вакцинопрофилактики и т.д.

Заключение

Опыты показывают, что разработанное система на PostgreSQL скорость поиска информации на порядок чем MySQL. Особенно чувствуется при возрастании объемы данных.

Использование мощной подсистемы безопасности позволяет говорить о высочайшем уровне защищенности и сохранности данных среди информационных систем в медицине. При этом разработчики используют уже готовые, отлаженные и проверенные временем и мировым опытом механизмы.

Разграничение прав доступа возможно от сервера до конкретного поля в базе данных, причем как для определенного пользователя, так и для группы пользователей. Для возможности применения разработанной КМИС в любом учреждении здравоохранения в систему интегрирован ряд отдельных подсистем и баз данных, предназначенных для работы отдельных служб ЛПУ, имеющих свою специфику.

Литература

1. Безнос, О.С. Подходы при создание медицинских информационных систем / О. С. Безнос // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8-3. – С. 163-164.

2. Фролова, М.С. Принципы интеграции медицинской техники в медицинскую информационную систему / М. С. Фролова // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №3. – С. 64-65.

3. К разработке медицинской информационной системы. / Ф. А. Акилов [и др.] // Труды международной конференции “Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий – Аль-Хорезми 2014”. – Самарканд, 2014. – С. 81-83.

4. Акилов, Ф.А. Локальная компьютерная сеть – центральная нервная система ЛПУ, или как эффективнее использовать компьютеры в медицинских учреждениях / Ф. А. Акилов, Ш. Т. Мухтаров. – 2011.

Направления развития информационно-телекоммуникационных сетей специального назначения

С. А. Эсаулов, email: blinov.76@yandex.ru
С. П. Юрченко, email: blinov.76@yandex.ru
Е. В. Головченко, email: blinov.76@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются перспективные направления развития информационно-телекоммуникационных сетей специального назначения на основе технологии программно-определяемых сетей.*

Ключевые слова: *сеть, услуги связи, уровни сети, управление сетью, программно-определяемые сети.*

Введение

Основной задачей сетей связи специального назначения является передача информации между распределенными в пространстве органами и пунктами системы государственного и военного управления. Создание перспективной системы связи Вооруженных Сил Российской Федерации не возможно без применения информационно-телекоммуникационных систем (средств) и их интеграции со средствами огневого поражения, целеуказания, разведки, навигации и РЭБ. Объединение этих систем осуществляется в рамках объединенной автоматизированной цифровой системы связи Вооруженных Сил Российской Федерации (ОАЦСС ВС РФ), что позволяет получать нужную информацию в полном объеме и в режиме реального времени, осуществлять моделирование боевых действий и поддержку принятия решения различными органами военного управления. Это позволяет повысить оперативность управления войсками и оружием, обоснованность принимаемых решений и эффективность подготовки личного состава [1], что, в свою очередь, повышает боеспособность, мобильность и эффективность Вооруженных Сил в целом.

© Эсаулов С.А., Юрченко С. П., Головченко Е.В., 2019

1. Направления развития информационно-телекоммуникационных сетей специального назначения

Перспективным направлений развития информационно-телекоммуникационных сетей специального назначения является применение технологии программно-определяемых (программно-конфигурируемых) сетей (Software-defined Networking (SDN)). В современных компьютерных сетях функции управления и передачи данных совмещены, что делает их выполнение сложным. Технология SDN – это разделение уровня управления сетью и передачи данных за счет переноса функций управления сетевыми устройствами в приложения, работающие на отдельном сервере (контроллере). Данная технология предназначена для: снижения затрат, повышения безопасности, упрощения управления сетью, повышения эффективности использования пропускной способности имеющихся каналов. Выгода использования технологии SDN заключается в возможности снизить затраты на эксплуатацию сети и повысить эффективность используемого оборудования до 30%, а также дает возможность пользователям создавать новые сервисы и загружать их в сетевое оборудование.

Основные идеи реализуемые в программно-определяемых сетях: разделение процессов передачи и управления данными; единый, унифицированный интерфейс между уровнем управления и уровнем передачи данных; логически централизованное управление сетью, осуществляемое с помощью контроллера с установленной сетевой операционной системой и реализованными поверх сетевыми приложениями; виртуализация физических ресурсов сети.

На сегодняшний день есть три способа реализации программно-определяемых сетей [2].

Способ 1. На базе виртуальных коммутаторов по технологии Overlay, когда на серверах, на которых работают виртуальные машины, настраивается коммутация виртуальных портов между собой и отображение виртуальных портов на физические, после этого уже физические порты связываем между собой туннелями. Программирование самого виртуального коммутатора происходит с помощью специально выделенного ресурса, который называется «программно-конфигурируемый контроллер» (ПКК). Преимущества такого способа простота виртуализации адресов и топологии, независимость от организации физической сети (может использоваться любая IP-сеть).

Способ 2. На основе серверов агрегации трафика. Для реализации этого способа выделяется специальный сервер, на который с помощью

туннелирования заводятся соответствующие каналы передачи данных, далее через механизм туннелирования этот сервер под управлением ПКК осуществляет коммутацию и передачу данных.

Способ 3. В этом способе сеть передачи данных строится на основе специальных коммутаторов, для управления которыми используют протокол Openflow. Программно-определяемая сеть состоит из OpenFlow-коммутаторов и ПКК. Коммутатор реализует только функции передачи данных. Это простое программируемое устройство, способное выполнять несколько простых команд, но дешевле существующих маршрутизаторов и коммутаторов. Контроллер представляет собой сервер, работой которого управляет сетевая операционная система (СОС). Подобно традиционной операционной системе, СОС управляет всеми ресурсами сети. Над контроллером работают разнообразные приложения, реализующие сетевые сервисы, такие как маршрутизация, балансировка нагрузки, разнообразные протоколы, шлюзы, межсетевые экраны, шифрование, DPI, NAT. Это позволяет оптимизировать передачу пакетов данных, динамично управлять потоками данных, а не отдельными пакетами, балансировать нагрузку, контролировать выполнение требований информационной безопасности в сети. Однако этот способ требует специальных усилий для сопряжения программно-определяемой сети передачи данных с сетью с традиционной архитектурой. Преимущества этого способа: производительность, гибкое управление трафиком; автоматизация устранения неисправностей; виртуализация; достаточно простое сетевое оборудование. Но это потребует внедрения специального сетевого оборудования.

В рамках технологии SDN развивают идею виртуализации сетей с целью более эффективного использования сетевых ресурсов. Кроме этого виртуализация сети позволяет сбалансировать нагрузку на сетевые ресурсы, изолировать потоки разных приложений в одной физической сети, использовать различные правила управления потоками данных и маршрутизации, использовать сервисы, которые необходимы конкретным приложениям.

Виртуализация сети это изоляция сетевого трафика – мультиплексирование потоков данных с различными характеристиками в одной логической сети, которая может разделять единую физическую сеть с другими логическими сетями.

Одним из примеров виртуализации ресурсов является FlowVisor – программа-посредник действующая на уровне между OpenFlow-коммутаторами и различными ПКК. Посредством FlowVisor можно создавать логические сегменты сети, использующие разные алгоритмы управле-

ния потоками данных, обеспечивая изоляцию данных сетей друг от друга. Под этим подразумевается, что управление каждой логической сетью осуществляется только определенным контроллером, который, в свою очередь, не способен оказывать влияние на работу других логических сетей. Всю необходимую модификацию сообщений, требующуюся для поддержки различных изолированных сегментов сети, выполняет FlowVisor.

Заключение

Таким образом, в результате применении технологий программно-определяемых сетей специального назначения и их виртуализации возможно значительно повысить эффективность используемого оборудования и пропускную способности имеющихся каналов связи, снизить затраты на эксплуатацию и упростить управление ими.

Список литературы

1. Элькин, Г. И. Перспективы развития системы связи Вооруженных Сил Российской Федерации. Итоги деятельности Совета главных конструкторов системы связи ВС РФ / Г. И. Элькин, А. Г. Казанский // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. – 2018. – С. 28.

2. Смелянский, Р. Л. Технологии SDN и NFV: новые возможности для телекоммуникаций / Р. Л. Смелянский // Вестник связи. – 2014. – № 1. – С. 43-47.

Разработка приложения для индивидуального контроля рациона питания

В. М. Янина-Ходакова, e-mail: vasyokvasyok333@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Аннотация. *Рассматривается проблема контроля потребления белков, жиров и углеводов, а также разработка приложения, предназначенного для ежедневного индивидуального контроля рациона питания.*

Ключевые слова: *БЖУ, калораж, приложение для ведения дневника питания, формула Маффина- Джеора.*

Введение

В современном мире широко распространена проблема неправильного питания, которая из-за интенсивного ритма жизни затрагивает всё больше людей. Несоблюдение простых правил при выборе и употреблении пищи приводит к увеличению количества страдающих избыточным или недостаточным весом, а также различными заболеваниями.

Во избежание проблем со здоровьем необходимо вести активный образ жизни, а также следить за употребляемой пищей. Занятия спортом и контроль рациона питания является оптимальным вариантом поддержания хорошего самочувствия и состояния организма в целом.

Для фиксирования приемов пищи были изобретены дневники питания, представляющие собой обычную тетрадь или электронные таблицы, в которых отмечаются продукты и блюда, употребляемые пользователем в течение дня, а также производится расчет количества полученных и оставшихся БЖУ (белков, жиров и углеводов) и калорий.

1. Обзор приложений для индивидуального контроля рациона питания

Современный уровень развития информационных технологий и средств вычислительной техники вывели удобство контроля употребляемой пищи на новый уровень. Благодаря разработке приложений, выполняющих функции дневников питания, у пользователей появилась возможность фиксировать свой рацион в

© Янина-Ходакова В. М., 2019

любое время. Примерами таких программных продуктов являются: FatSecret [1] и MyFitnessPal [2]. В них предоставляются следующие основные возможности: отслеживание и сохранение употребляемых продуктов, создание новых блюд, автоматический расчет целевых калорий.

Однако для полноценного контроля приемов пищи в существующих приложениях нет таких функциональных возможностей, как ограничения и предупреждения при определении целей пользователя, предоставление выбора систем диет, а также автоматическое индивидуальное вычисление калоража и необходимых макроэлементов.

Таким образом, актуально создание нового приложения для решения описанных проблем и устранения неудобств ведения дневника питания, возникающих при использовании существующих приложений.

2. Возможности приложения

Приложение для ежедневного контроля рациона питания создано для пользователей, не обладающих глубокими познаниями в области диетологии. Поэтому, для того чтобы в процессе эксплуатации не допускались ошибки, связанные с определением целевого веса, количества сбрасываемых или набираемых килограмм, а также продолжительности диеты, в приложении установлен ряд ограничений и предупреждений, которые учитываются при вводе и сохранении данных пользователя: ограничение по минимально допустимому возрасту, ограничение по соотношению роста и веса, ограничение по соотношению веса текущего и веса желаемого, ограничение по соотношению количества лишних килограмм и продолжительности диеты, ограничения на избыточный или недостаточный вес и др. На рис. 1 изображено окно ввода и сохранения данных пользователя.

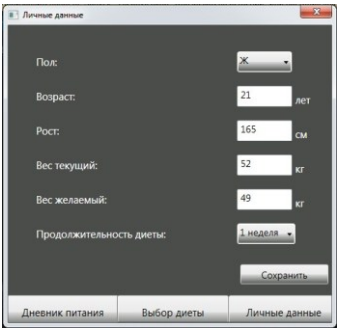


Рис. 1. Окно сохранения данных пользователя

Поскольку многие пользователи не знают точное количество макроэлементов и калорий, необходимое им для поддержания здорового веса, в приложении установлен автоматический расчет данных показателей. Для индивидуального вычисления количества БЖУ и калоража (общего количества калорий) пользователю необходимо перейти в окно выбора диеты (рис. 2), и установить наиболее подходящую систему питания, а затем выбрать коэффициент физической активности (рис. 3). В приложении предусмотрено 5 вариантов диет: БУЧ (белково-углеводное чередование) [3], низкокалорийная система питания [4], белковая система питания [5], диета для набора массы [6] и атомная система питания [3].

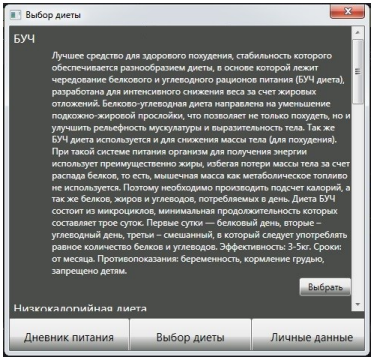


Рис. 2. Окна выбора диеты

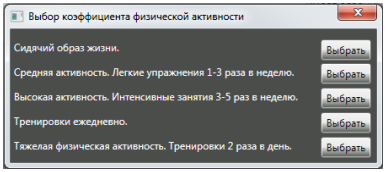


Рис. 3. Окно выбора коэффициента физической активности пользователя

Для каждой системы в приложении заданы формулы расчета необходимых показателей. Для определения количества калорий используется формула Маффина-Джеора [7], которая является на сегодняшний день самой точной, имеет две формы: для женщин (1) и для мужчин (2) и имеет следующий вид:

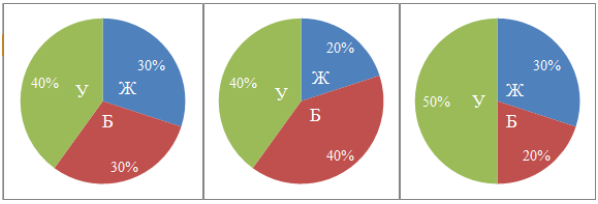
$$\mathrm{Cal_w} = \left(9.99 \cdot W + 6.25 \cdot G - 4.92 \cdot A - 161\right) \cdot K, \qquad (1)$$

$$\mathrm{Cal_m} = \left(9.99 \cdot W + 6.25 \cdot G - 4.92 \cdot A + 5\right) \cdot K, \quad (2)$$

– W – вес в килограммах;
– G – рост в сантиметрах;
– A – возраст;
– K – коэффициент физической активности.

При выборе системы питания БУЧ данная формула используется в исходной форме; при низкокалорийной диете из вычисленного результата вычитается 400 калорий, таким образом, создавая дефицит; при диете для набора массы к результату у женщин добавляется 300 калорий, а у мужчин – 500, что способствует обеспечению профицита калорий.

Для определения количества БЖУ используются пропорции, приведенные на рис. 4а-в: а – для низкокалорийной диеты, для диеты для набора массы, для БУЧ (смешанный день); б – для белковой диеты, для БУЧ и атомной диеты (белковый день); в – для БУЧ и атомной диеты (углеводный день).



а б в

Рис. 4. Пропорции БЖУ для разных систем питания

На их основе были выведены следующие формулы, при помощи которых рассчитывается количество жиров (3), белков (4) и углеводов (4):

$$\mathrm{N_1} = \left(\frac{C \cdot P}{100}\right) \Big/ 9, \quad (3)$$

$$\mathrm{N_2} = \left(\frac{C \cdot P}{100}\right) \Big/ 4, \quad (4)$$

– C – общее количество калорий;
– P –количество (в процентах) макроэлемента от общего числа БЖУ.

После указания пользователем необходимых данных приложение вычисляет нужные параметры и предоставляет возможность перехода к

непосредственной работе с дневником питания. На рис. 5 изображено окно дневника питания, в котором отображается необходимое, уже полученное и оставшееся количество макроэлементов и калорий, присутствует возможность перехода к предыдущему и следующему дню, а также возможность добавления продуктов и блюд в приемы пищи по кнопке «Добавить».

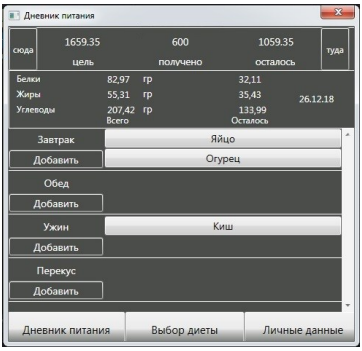


Рис. 5. Окно дневника питания

Для удобства пользователя в приложении присутствует возможность добавления не только нового продукта, с указанием содержащихся в нем полезных веществ и калорий, но и создание нового блюда, посредством выбора ингредиентов, причем БЖУ и калораж вычисляются автоматически. Окна добавления нового продукта и блюда предоставлены на рис. 6-7.

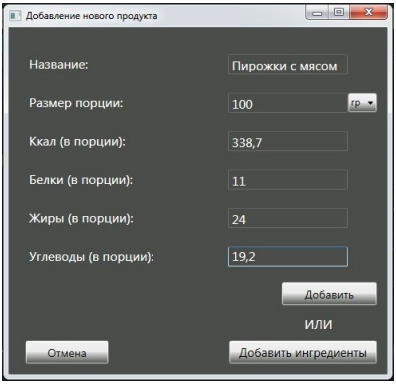


Рис. 6. Окно добавления продукта

Заключение

Использование разработанного приложения, предоставляющего возможность ведения дневника питания, определения необходимой диеты, а также учета потребления и создания новых составных продуктов, позволит избежать возникновения ошибок, связанных с

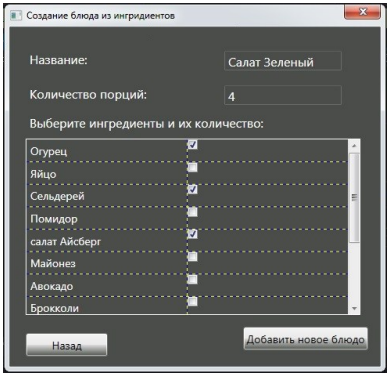


Рис. 7. Окно создания нового блюда из ингредиентов

расчетом необходимого количества БЖУ и калорий и с определением целей пользователя, и упростит индивидуальный контроль рациона питания широкого круга пользователей.

Литература

1. Fatsecret [Электронный ресурс] : fatsecret. – Режим доступа: https://www.fatsecret.ru
2. MyFitnessPal.com [Электронный ресурс] : myfitnesspal. – Режим доступа: https://www.myfitnesspal.com
3. McBurney, L.L. The Effect of Dietary Alteration of Protein, Carbohydrate and Fat on Physical Performance of the Albino Rat / L.L. McBurnay // Michigan State University: Department of Health, Physical Education, and Recreation. – 1969. – 44 с.
4. Рухинин, А.Ю. Современные подходы к лечению ожирения / А.Ю. Рухинин // Лечащий врач. – 2006. – С. 20-23.
5. Правильное похудение и здоровый образ жизни [Электронный ресурс]: Белковая диета. – Режим доступа: http://www.pravilnoe-pokhudenie.ru/belkovaya-dieta.shtml
6. Aragon, A.A. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window / A.A. Aragon // Journal of the International Society of Sports Nutrition. – 2013. – 11 с.
7. МедВеб [Электронный ресурс]: Филиппова Галина Формула калорийности: методики подсчета. – Режим доступа: https://www.medweb.ru/articles/formula-kalorijnosti-metodiki-rascheta

Секция № 5
Прикладное моделирование и E-business

Динамика поведений математической модели сердечной деятельности

М. Сайдалиева, email: regulatorika@yahoo.com
З. Дж. Юсупова, email: zaynabhon@inbox.ru

Научно-инновационный центр ИКТ при ТУИТ
имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *Рассматривается динамика поведения функционально-дифференциального уравнения с запаздыванием математической модели сердечной деятельности. Приведены результаты вычислительного эксперимента для количественного анализа состояния объекта. Проанализировано поведение системы в зоне динамического хаоса с помощью разработанных программных средств.*

Ключевые слова: *динамический хаос, "r-windows", математическая модель регуляторики сердца, функционально-дифференциальное уравнение с запаздыванием, показатель Ляпунова, устойчивое состояние.*

Введение

Математические модели являются мощными инструментам в исследовании регуляторики живых систем [1-5]. Поэтому первые работы в этой сфере были осуществлены ещё в начале прошлого века и задача исследования сердечной деятельности до сих пор считается актуальным вопросом среди учёных мира. Предложены различные математические модели сердечной деятельности и предлагаемая в этой статье математическая модель имеет свои преимущества, способна моделировать норму и аномалию сердечной деятельности. Учёт временных взаимоотношений в распространении волн возбуждений по отделам сердца приводит к функционально-дифференциальному уравнению с запаздыванием.

$$\frac{1}{h}\frac{dX(t)}{dt} = \frac{AX^6(t-1)(1+BX^6(t-1))^2}{((1+BX^6(t-1))^2 + CX^6(t-1))((1+BX^6(t-1))^2 + DX^6(t-1))} \quad (1)$$

$$-b_1 X(t),$$
$$X(t) = \varphi(t), \quad t \in [0,1],$$

© Сайдалиева М., Юсупова З. Дж., 2019

где $X(t)$ – функция распространения волн возбуждения в сердечных мышцах; b_1 – коэффициент выражающий скорость спада активности в пейсмекерной зоне; h – время запаздывания; *A, B, C, D* – неотрицательные параметры.

Качественное и количественное исследования уравнения (1) показывают наличие следующих режимов характерных решений: стационарный режим отражающий определенный тип аритмии (A); автоколебательное решение показывающие нормальное функционирование (B_1 и B_2); режим динамического хаоса (C); режим внезапного срыва решений соответствующий внезапной остановки сердца во время динамического хаоса – эффект "чёрная дыра" (D), то есть в нерегулярном поведении происходит резкое деструктивное изменение и наблюдается внезапное падение решений к нулю; режим затухание (E), то есть постепенное запрограммированное стремление решений к нулю.

1. Параметрический портрет

Разработано программное средство в среде Delphi 7 для количественного анализа приближённых решений уравнений (1) с помощью метода Рунге Кутте 4-го порядка и в результате вычислительных экспериментов получен следующий параметрический портрет режимов функционирования сердечной деятельности.

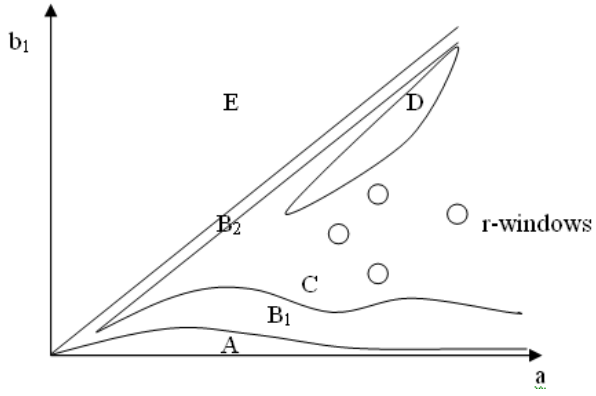


Рис. 1. Параметрический портрет уравнений (1): *A*– стационарное состояние, B_1– колебательное состояние, *C*– динамический хаос, *D* – эффект "чёрная дыра", *E*–затухание, *r-windows* – малые регионы с устойчивым состоянием, B_2– электромеханическая диссоциация (агония)

Система находящаяся в стационарной области (A) идентифицируется с аномальной регуляторикой сердечной деятельности, то есть не реагирует на попадание в различные физиологические положения организма, но при этом имеет нормальную величину параметров. Колебательная область (B_1) характеризует нормальное функционирование сердца и имеет регулярное колебание. Область динамического хаоса (C) характеризует аритмию сердца (в частности, можно сказать фибрилляцию желудочков сердца) и граничит с одной стороной с областью нормального колебания, а с другой стороны с затуханием (запрограммированной гибелью сердечных мыщц). Результат вычислительного эксперимента показывает существование небольшой области «чёрной дыры» (D) внутри области динамического хаоса, расположенной вблизи границы области затухания, который характеризует наступление внезапной остановки сердца находящуюся в состоянии динамического хаоса. Однако, область «чёрной дыры» имеет такую особенность, что в начале (левой стороны) этого региона период нахождения системы в состоянии нерегулярных колебаний до наступления резкого деструктивного изменения занимает более длительное время, чем в конце этого региона (правой стороны). Исходя из этого можно сказать, что есть возможность наглядно представить и предсказать степень угрозы наступления летальных исходов и расчёт времени до этого случая. Оценка этого времени является чрезвычайно важной задачей в кардиологии и индивидуальна для каждого организма. Разработан алгоритм и программное средство определения условия попадания в область «чёрной дыры».

Кроме того, существует узкая область (B_2) с регулярным колебанием между областями динамического хаоса и затуханием, что вполне соответствует положению электромеханической диссоциации, при которой кратковременно наблюдаются нормальные ЭКГ данные при полном отсутствии сердечных сокрашений.

Область затухания (E) характеризуется постепенным уменьшением ресурсов жизнедеятельности сердца и стремлением решений к тривиальному аттрактору, что соответствует окончанию деятельности сердца.

2. Вычисление показателя Ляпунова

Анализ поведения биосистемы методом показателя Ляпунова даёт преимущественный результат оценки устойчивости состояния в норме и при динамическом хаосе. Суть метода в том, что определяется знак показателя Ляпунова, что означает скорость сходимости или расходимости двух траекторий функции в определённой начальной точке с начальным малым возмущением. Показатель определяется в

одномерном фазовом пространстве. Если знак показателя отрицательный, то система является в устойчивом состоянии, в противном случае в неустойчивом.

В алгоритме вычисления показателя Ляпунова на компьютере требуется дискретный вид уравнения (1) и его производное. Получаем следующее дискретное уравнение (2) в положении равновесия рассматриваемого объекта из уравнения (1).

$$x_{i+1} = \frac{Ax_i^{\,6}(1+Bx_i^{\,6})^2}{b_1((1+Bx_i^{\,6})^2 + Cx_i^{\,6})((1+Bx_i^{\,6})^2 + Dx_i^{\,6})} \qquad (2)$$

Показатель Ляпунова вычисляется следующим образом:

$$\lambda(x) = \lim_{n\to\infty} \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n} \ln \left| \frac{df(\mathrm{x}_i)}{dt} \right| \qquad (3)$$

С помощью ниже приведенной блок-схемы вычисления показателя Ляпунова (3) разработано программное средство иллюстрации состояния и оценки поведения функционирования сердечной деятельности.

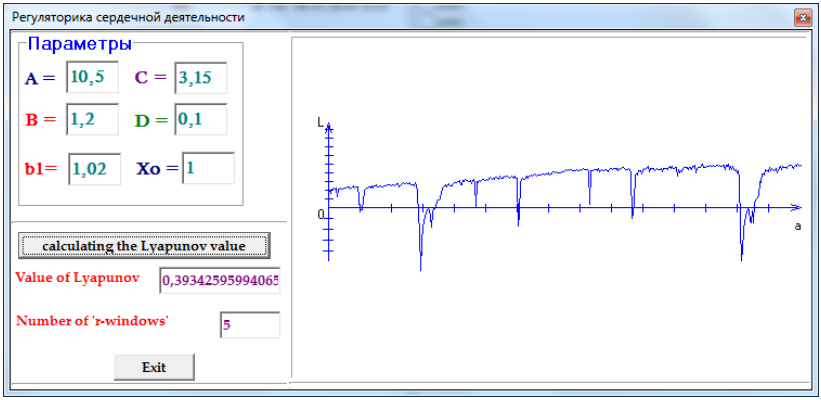


Рис. 2. Экранный вид программы вычисления показателя Ляпунова

На рис. 2 видно, что график не является монотонным, в малых изменениях параметров график может резко изменять свое направление и пересекать горизонтальную ось. Это означает существование так называемые “r-windows” - малых регионов с устойчивым поведением в области динамического хаоса.

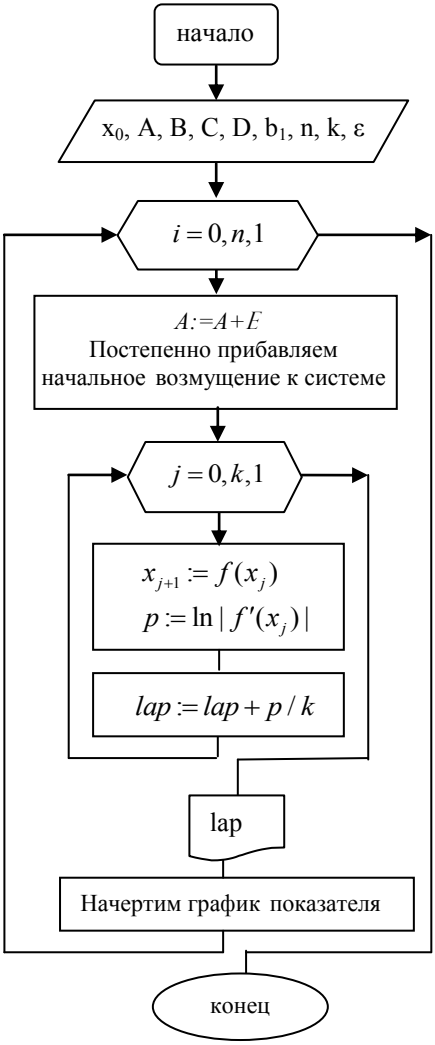


Рис. 3. Блок-схема алгоритма вычисления показателя Ляпунова

На рис. 2. приведен экранный вид программы вычисления показателя Ляпунова и число регионов “r-windows” в определённом узком диапазоне параметра. Находясь в этих регионах, хотя система

считается устойчивым, но при этом находится в широкой области динамического хаоса. Это означает, что при незначительных внешних воздействиях система окажется в неустойчивой, непредсказуемой состоянии. С помощью регуляции параметров можно увести системы из области динамического хаоса в область нормального поведения, образуя цепочку с использованием “r-windows”.

Заключение

Таким образом, результаты качественного и количественного анализа уравнения (1) показывают существование различных режимов функционирования, что вполне соответствует деятельности сердца в норме и при аномалиях, и утверждают возможности удачного применения в практической медицине методов математического моделирования для исследования регуляторики сердца и метода коррекции поведения для улучшения функционирования сердца. Разработанные математическая и компьютерная модели позволяют проводить вычислительные эксперименты для количественного анализа поведения рассматриваемого объекта, что обеспечивает специалисту улучшить качество ранней компьютерной диагностики и тактику лечения.

Список литературы

1. Хидирова, М. Б. Математические модели возбудимых сред. / М. Б. Хидирова. – Монография. – Т.: «Фан ва технология», 2015. – 180 с.

2. Хидиров, Б. Н. Регуляторика живых систем: качественные исследования / Б. Н. Хидиров // Доклады АН РУз. – 1998. – № 8. – С. 12-15.

3. Хидиров, Б. Н. Избранные работы по математическому моделированию регуляторики живых систем. / Б.Н.Хидиров. – М.: Ижевск, 2014. − 304 с.

4. Хидирова, М. Б. Биологик информацион технологиялар. – Учебное пособие / М. Б.Хидирова. – Т.: «Фан ва технологиялар», 2017. – 71 с.

5. Hidirova, M. B. Mathematical model of the regulatory mechanisms of human cardiovascular system / M. B. Hidirova, Z. Dj. Yusupova // Theoretical and Applied Science. – 2016. – №10. – V 42. – P.4-8.

К проблеме использования континуального критерия VaR

Г. А. Агасандян, email: agasand17@yandex.ru

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *Изучается оптимальное поведение инвестора на высокоразвитом рынке опционов. Вводится функция рисковых предпочтений инвестора, взаимооднозначно связанная с функцией распределения доходов, и на ее основе определяется континуальный критерий VaR как континуальное обобщение хорошо известного обычного критерия VaR. Инвестор имеет также собственный прогноз на вероятностные свойства будущей цены базового актива опционов. Задача состоит в максимизации среднего дохода (доходности) при выполнении введенного критерия. На одноперiодном рынке с заданными ценами опционов строится оптимальный портфель.*

Ключевые слова: *континуальный критерий VaR, базовый актив, функция рисковых предпочтений, процедура Неймана-Пирсона, оптимальный портфель.*

Введение

Инвестор, приобретая на рынке некий инструмент (портфель), получает случайный неотрицательный доход. Характер случайности оценивает (прогнозирует) сам инвестор. Оценивание результата этого действия обычно проводится по средней доходности (как правило, речь идет о ее максимизации) и риску, мерой которого чаще всего служат дисперсия или так называемый критерий VaR [1,2]. На рынках с небольшим выбором инструментов этих двух мер может оказаться достаточно; более того, они вполне могут дать схожие результаты.

Однако на высокоразвитых опционных рынках с обширным инструментарием можно строить портфели в форме комбинации привычных коллов и путов с получением практически произвольного случайного дохода как функции будущей цены базового актива. И здесь могут проявиться недостатки привычных мер риска.

Так, применение критерия VaR в задаче максимизации среднего дохода сводится к получению дохода, не превышающего заложенного в критерий уровня (обычно меньше размера инвестиции) с вероятностью, близкой к единице (при частой решетке страйков), что едва ли устроит рационального инвестора.

© Агасандян Г. А., 2019

А использование дисперсии, как в теории Марковица, приводит к значительному обеднению пространства поиска оптимума. Основанная на свойствах случайностей лишь второго порядка, она не позволяет сыграть на некоторых нюансах распределений, например, на часто наблюдаемых на рынках тяжелых хвостах распределений, для описания которых необходим учет свойств хотя бы четвертого порядка (эксцесс).

1. Применение континуального критерия VaR

Предлагаемый в работе континуальный критерий VaR (CC-VaR) должен обеспечить инвестору (во всяком случае, на теоретическом рынке) получение заданной им самим функции распределения доходов.

Этот критерий требует, чтобы строящийся из имеющихся на рынке инструментов оптимальный портфель инвестора порождал случайный доход q, удовлетворяющий *континууму* вероятностных ограничений

$$P\{q \geq \phi(\varepsilon)\} \geq 1-\varepsilon \text{ для всех } \varepsilon \in [0,1]. \quad (1)$$

Неотрицательная монотонно возрастающая и непрерывная функция в условии называется *функцией рисковых предпочтений*. Эта функция задается инвестором и обеспечивает функцию распределения его доходов нужными свойствами. Типичным примером может служить степенная функция, и большее значение показателя степени отвечает большей готовности инвестора рисковать для получения большей средней доходности [3-5]. (Учет маржевых платежей исключает использование в модели агрегированных позиций инвестора, допускающих отрицательные доходы.)

В качестве основы исследования проблемы оптимизации для простоты исследуется теоретический одноперiодный рынок с единственным базовым активом, но с континуальным множеством базисных инструментов (для опционов – множеством страйков).

В теоретическом плане удобно в качестве базисных рассматривать не привычные опционы, а так называемые δ-инструменты с обобщенными δ-функциями в качестве платежных. Нетрудно видеть, что на этом рынке подходящим интегрированием δ-инструментов (в виде континуального портфеля) можно получать и такие опционы, как колл, рут, баттерфляй, кондор и пр.

Известны прогнозируемая инвестором вероятностная плотность будущей цены базового актива и порождаемая рынком его стоимостная плотность. Делением первой на вторую строится важная для анализа функция относительных доходов.

Подобные функции часто встречаются в задачах математической статистики при проверке гипотез. Алгоритм оптимизации портфеля в

нашей задаче основан на анализе функции относительных доходов [4-7] с континуальным использованием процедуры Неймана-Пирсона [8].

Для задач инвестирования на теоретическом континуальном рынке возможны разные варианты. В привычной (и естественной) постановке задачи следует задавать инвестиционную сумму и функцию рисковых предпочтений инвестора и искать портфель, доставляющий максимум среднему доходу при выполнении требований CC-VaR. Однако этой задаче на теоретическом рынке свойственны вырожденные решения.

И потому предпочтительней решать задачу со свободной инвестиционной суммой и искать в ней регулярный (без сингулярности) портфель, доставляющий минимум инвестиционной сумме при выполнении требований CC-VaR. Задачу в такой постановке можно считать основной, так как из ее решения можно получать решения и для многих других вариантов.

2. Обобщения задачи

Подобная задача оптимизации без труда распространяется также на многомерные рынки, только вместо одномерных δ-функций и δ-инструментов следует использовать многомерные аналоги. В ее решении доход остается одномерным, и критерий (1) не меняется.

Однако при этом важно обратить внимание на финансовую размерность возникающих конструкций. Построение многомерных δ-инструментов предполагает перемножение одномерных доходов и их валют. Кажущаяся бессмысленность этого не должна смущать читателя. Само введение δ-инструментов (и прочих базисных инструментов) предполагает, что они нормированы и потому безразмерны. Поэтому центр тяжести в проблеме размерности смещается в сторону весовых коэффициентов портфелей. И их размерность должна совпадать с размерностью цен. (Мы нормируем, но для удобства и без ограничения общности, и суммарную цену базиса, что делает стоимостную плотность вероятностной.)

Еще одно важное обобщение связано с распространением задачи на случай, когда инвестор является участником сразу трех частично увязанных между собой рынков разных размерностей. Один из них является двумерным рынком, а два других – одномерными. При этом базовые активы одномерных рынков образуют пару базовых активов двумерного. (Задача без труда расширяется до совокупности рынков больших размерностей.) В общем случае решение ищется в форме трех портфелей на совокупности трех рынков. Оно основывается на анализе поточечных (или по сценариям) расхождений в относительных доходах на рынках, обусловленных расхождениями в ценах на разных рынках.

Предлагается следующее правило взаимозамещения рынков и построения оптимального комбинированного портфеля. За основу берется матрица относительных доходов исходного двумерного рынка, и производится поэлементная замена всех тех и только тех компонент в двумерном портфеле соответствующими компонентами того исходного одномерного рынка (с сопоставимыми по вероятностям весами), для которого относительный доход выше.

Остальными базисными инструментами остаются базисные инструменты исходного двумерного рынка с его ценами и вероятностями (средними доходами). Они будут представлять в оптимальном комбинированном портфеле исходный двумерный рынок.

Для нового объединенного базиса формируется единая функция относительных доходов и к ней применяется общий теоретический основанный на процедуре Неймана-Пирсона алгоритм оптимизации с построением новой общей весовой функцией базисных инструментов.

В иллюстративном вычислительном эксперименте использовались основанные на бета-распределениях плотности: три стоимостные (своя для каждого рынка) и одна общая (как выбор инвестора) двумерная прогнозная. Они подбирались так, что оптимальное решение инвестора означало так называемую продажу волатильности. Доходы его комбинированного портфеля приводятся на рисунке в полной и частичной (лишь с одним из одномерных рынков) версиях задачи.

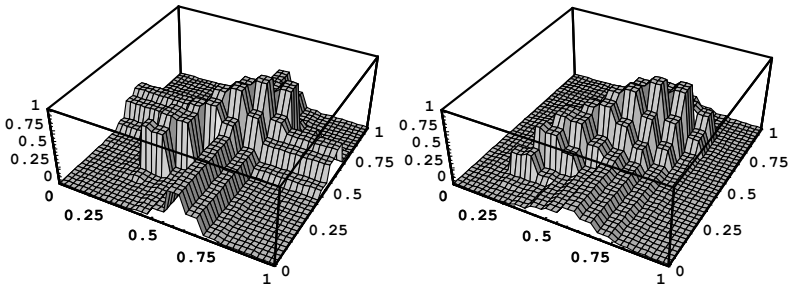


Рисунок. Комбинированные портфели.

Заключение

Предлагаемая теория оптимизации портфеля на рынке опционов при соблюдении требований CC-VaR носит универсальный характер, и она должна работать для любой совокупности распределений. Мы не затрагиваем вопросы формирования цен на рынке, как и вопросы прогнозирования цен базового актива. Первые инвестор принимает за

данность, а за решение вторых инвестор несет ответственность сам. В работе предлагается лишь инструментарий, позволяющий инвестору воспользоваться всей доступной информацией с выгодой для себя.

Если отвлечься от распределений иллюстративного примера, а также некоторых других, допускающих аналитическое исследование лишь частично, то обычно приходится применять численные методы, связанные с дискретизацией задачи. Тем более если речь идет о реальных рынках опционов, на которых складывается дискретная по страйкам (пусть и частая) решетка цен.

Также придется отказываться и от допущений, связанных с нашим использованием терминов «теоретический» и «идеальный», например, тестируя портфель на ценах покупателя и продавца реального рынка с учетом их спрэда. В любом случае для приложений результаты теории следует рассматривать как первое приближение к оптимуму. В этом качестве она полезна уже в том, что позволяет избегать грубых ошибок а отношении выбранного критерия, вероятностного прогноза инвестора и складывающейся на рынке картины цен.

Список литературы

1. Markowitz, H. Portfolio selection / H. Markowitz // J. Financ., – 1952. – Vol. 7. – Iss. 1. – P. 77-91.

2. Coherent measures of risk / Artzner P. [et al.] // Math. Financ. – 1999. – Vol. 9. – Iss. 3. – P. 203-228.

3. Agasandian, G. A. Optimal Behavior of an Investor in Option Market / G. A. Agasandian // International Joint Conference on Neural Networks. The 2002 IEEE World Congress on Computational Intelligence (Honolulu, Hawaii, Mai 12-17, 2002). – P. 1859-1864.

4. Агасандян, Г. А. Применение континуального критерия VaR на финансовых рынках / Г. А. Агасандян. – М. : ВЦ РАН. – 2011. – 299 с.

5. Агасандян, Г. А. Континуальный критерий VaR на многомерных рынках опционов / Г. А. Агасандян. – М. : ВЦ РАН. – 2015. – 297 с.

6. Агасандян, Г. А. Континуальный критерий VaR и оптимальный портфель инвестора / Г. А. Агасандян // Управление большими системами. – 2018. – № 73. – С. 6-26.

7. Агасандян, Г. А. Континуальный критерий VaR на сценарных рынках / Г. А. Агасандян // Информатика и ее применения. – М.: ИПИ ФИЦ ИУ РАН. –2018. – Т. 12. – Вып. 1. – С. 32-40.

8. Крамер, Г. Математические методы статистики / Г. Крамер, Пер. с англ. (Cramer H. Mathematical methods of statistics. – Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1946). – М. : Мир, 1975. – 750 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 17-01-00816).

Моделирование процесса теплопереноса в пористых средах с учетом теплообмена с окружающей средой

Н. Равшанов, email: ravshanzade-09@mail.ru[1]
Д. М. Алиев[1]

Ташкентский университет информационных технологий

Аннотация. *Доклад посвящен вопросу разработки математического обеспечения (математическая модель и алгоритм) для решения задач теплопереноса в пористых средах с учетом теплообмена с окружающей средой. В качестве объекта прикладного применения предложенной модели рассматривается процесс хранения бунтов хлопчатника. Применение модели позволяет с достаточной точностью спрогнозировать термическое состояние бунтов по времени.*

Ключевые слова: *математическая модель, вычислительный алгоритм, теплоперенос, радиация, температура.*

Введение

В процессе хранения растительных продуктов сельского хозяйства наблюдается самонагревание, обусловленное биологическими и химическими процессами в живых клетках. Интенсивность нагревания зависит от степени предварительной сушки, вентиляции ёмкости, занятой продуктами, от температуры и химического состава среды хранения и других факторов. Несмотря на принятые меры предосторожности, в хранилищах образуется высокая температура, приводящая к порче продукта: прению, роспуску ростков и т.д.

Знание же закономерностей теплообмена, связанных с годовым и суточным изменениями солнечной радиации и температуры окружающей среды, позволяет целесообразно использовать их с пользой и предотвратить нежелательные последствия. В этой связи, в ряде стран мира, в том числе в США, Китае, Индии, Австралии и Узбекистане ведутся научные исследования по решению таких проблем, как чрезмерное повышение температуры продуктов с высокой влажностью, самовозгорание хлопка-сырца, ломкость волокон при малых влажностях.

Задачи математического и численного моделирования процессов сушки и хранения различных материалов рассмотрены в работах многих авторов. На сегодняшний день разработан ряд математических моделей,

© Равшанов Н., Алиев Д. М., 2019

численных алгоритмов и программных продуктов, позволяющих изучать теплообменные процессы при хранении продуктов в различных условиях. Несмотря на это, проблемы разработки математических и компьютерных моделей, позволяющих исследовать, оценивать и анализировать такие естественные факторы, как собственное тепловыделение, изменение температуры окружающей среды и солнечной радиации, влияющие на теплообменнные процессы в натуральных продуктах, изучены недостаточно.

1. Постановка задачи

Рассмотрим задачу о термическом состоянии сельскохозяйственных продуктов (хлопка-сырца, его семян, люцерны и др.) в одномерной постановке.

Изменение температуры T массы по времени t и в пространстве z подчиняется закону теплопередачи [1, 2]:

$$\frac{\partial T(z,t)}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 T(z,t)}{\partial z^2} + be^{-\alpha t} \tag{1}$$

где a^2 – коэффициент температуропроводности среды; $be^{-\alpha t}$ – приведенная интенсивность собственного тепловыделения массы, убывающая с истечением времени, $b=q_0/c$ – коэффициент тепловыделения, который непосредственно зависит от влажности продукта; α – эмпирическая постоянная.

Уравнение (1) решается при начальном ($t = 0$)

$$T(z,0) = T_0 \text{ при } 0 \le z \le L \tag{2}$$

и граничных условиях ($t > 0$):

$$\frac{\partial T(0,t)}{\partial z} = 0, \tag{3}$$

$$-\frac{\partial T(L,t)}{\partial z} + k\left[T_c(t) - T(L,t)\right] = 0. \tag{4}$$

Здесь k – отношение коэффициента теплоотдачи α от среды в открытое воздушное пространство к коэффициенту теплопроводности λ среды; $T_c(t)$ – температура окружающей среды; L – полутолщина слоя.

При составлении математической модели полагаем, что процесс не зависит от координат x и y, а по оси Oz имеет место симметрия. Температуру окружающей среды принимаем как $T_c(t) = T_{cc}$.

2. Метод решения

Для решения задачи обращаемся к методу разделения переменных [3].

Для приведения условий к однородному виду вводим $u(z,t)$: $T(z,t)=u(z,t)+T_{cc}$.

Тогда уравнение (1) и краевые условия (2) - (4) приобретают вид

$$\frac{\partial u(z,t)}{\partial t}=a^2\frac{\partial^2 u(z,t)}{\partial z^2}+be^{-\alpha t}, \tag{5}$$

$$u(z,0)=T_0-T_{cc} \text{ при } 0\le z\le L, \tag{6}$$

$$\frac{\partial u(0,t)}{\partial z}=0, \tag{7}$$

$$\frac{\partial u(L,t)}{\partial z}+ku(L,t)=0. \tag{8}$$

Решение задачи (5)-(8) ищем в виде суммы общего решения $w(z,t)$ и частного решения $v(z,t)$: $u(z,t)=w(z,t)+v(z,t)$.

Общее решение уравнения

$$\frac{\partial w(z,t)}{\partial t}=a^2\frac{\partial^2 w(z,t)}{\partial z^2}$$

удовлетворяет граничным условиям

$$\frac{\partial w(0,t)}{\partial z}=0,\quad \frac{\partial w(L,t)}{\partial z}+kw(L,t)=0.$$

Применение метода разделения переменных приводит к автономным уравнениям относительно собственных функций $R(t), Z(z)$:

$$\frac{R'(t)}{a^2R(t)}=\frac{Z''(z)}{Z(z)}=-\lambda^2 \quad (<0).$$

В работе [3] доказана ортонормированность собственных функций по z и общее решение по $w(z,t)$ и частное по $\upsilon(z,t)$, конечном итоге получено решение вида:

$$T(z,t)=T_{cc}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\sin\lambda_n L}{\lambda_n\|Z_n\|^2}\left[(T_o-T_{cc})e^{-a^2\lambda_n^2 t}+bU_n(t)\right]\cos\lambda_n z.$$

3. Обсуждение результатов и выводы

При проведении расчётов были приняты следующие данные для семян хлопка-сырца.

Коэффициент теплопроводности составляет 0,04 $Вт\ м^{-1}К^{-1}$, плотность – 320 $кг\ м^{-3}$, а удельная теплоёмкость – 1000 $Дж\ кг^{-1}К^{-1}$. Соответствующее им значение температуропроводности составляет a^2=1,25·10^{-7} $м^2\ с^{-1}$. В основных расчётах коэффициент тепловыделения равняется b=1,0·10^{-5} $Кс^{-1}$, а коэффициент в экспоненте тепловыделения – α=4,0·10^{-5} $с^{-1}$, полутолщина слоя – $L = 5$ *м.* Отношение коэффициента теплоотдачи к коэффициенту теплопроводности принято равным $k = 1\ с^{-1}$. Исходная температура массы составляет T_0 = 283,15 *К*. Температура окружающей среды составляет $T_{сс}$ = 263,15 *К*, 283,15 *К* и 303,15 *К*.

Анализ полученных результатов расчетов позволил сделать следующие выводы.

Сельхозпродукты, особенно хлопок-сырец и его компоненты, обладают достаточно малым значением коэффициента температуропроводности $a^2 < 10^{-6}\ м^2 с^{-1}$. Соответственно, основным фактором, определяющим ход изменения температуры в массе сельхозпродуктов (хлопка-сырца, его продуктов и др.) является внутреннее тепловыделение. Можно полагать, что коэффициент b в уравнении (1) возрастает при увеличении влажности материала. Тогда ожидается повсеместное увеличение температуры массы, что особенно опасно для хлопка-сырца и его составляющих. Достижение температуры предела самовоспламенения провоцирует возгорание материала. Чтобы уменьшить вероятность самовозгорания, необходима сушка до кондиции, например, для хлопка-сырца – до 12% влажности.

Численные результаты подтверждают эти суждения. С увеличением интенсивности тепловыделения средняя температура увеличивается. При малых коэффициентах теплоотдачи наблюдается повсеместное возрастание температуры. Образуемый на границе массы скачок температуры гасится быстро и диффундируется медленно. Но они заметны только при малых значениях интенсивности тепловыделения.

Нежелательно увеличивать размеры ёмкости, где хранятся сельхозпродукты: с увеличением толщины хранимой массы максимальная температура, достигаемая в середине массы, увеличивается значительно и может создать пожароопасную или другую нежелательную ситуацию.

Экспоненциальное убывание тепловыделения по времени совместно с теплообменом с окружающей средой, если не доведет до

самовозгорания массы, приводит в дальнейшем к уменьшению температуры массы, о чем свидетельствуют результаты проведенных численных расчетов.

Список литературы

1. Равшанов, Н. Исследование влияния опушенности семян на продолжительность их хранения / Н. Равшанов. – М., 1989. – 7 с. – Деп. в ВИНИТИ 1989, № 2037.

2. Равшанов, Н. Математическая модель процесса хранения семян хлопчатника / Н. Равшанов, А. Х. Атауллаев. – М., 1988. – 67 с. – Деп. в ВИНИТИ 1988, № 1833.

3. Хужаев, Ж.И. Математические модели процессов теплопереноса при хранении хлопка-сырца и сушки пористых тел : дисс. док. фил. по техн. наукам (PhD) / Ж.И. Хужаев. – Ташкент, 2018. – 132 с.

Программное обеспечение для реализации имитационной модели средств принудительного аварийного покидания летательных аппаратов

М. В. Алфёров, email: alferov.maks2012@yandex.ru
С. М. Молчанов, email: molsermih@mail.ru
М. В. Сосунов, email: sosunovmv@mail.ru
П.С. Лысункин, email: lysunkin@mail.ru

Войсковая часть 15650

Аннотация. *В статье рассмотрено программное обеспечение, реализующее методы математического моделирования, применяемые при испытаниях средств принудительного аварийного покидания летательных аппаратов.*

Ключевые слова: *средства принудительного аварийного покидания, испытания, эффективность, математическое моделирование, программное обеспечение.*

Введение

В Воздушно-космических силах важнейшую роль играют вопросы спасения лётчика (экипажа летательного аппарата (ЛА)) в аварийных ситуациях. Для решения этих задач применяются средства принудительного аварийного покидания (СПАП).

Современные СПАП боевых самолетов и вертолётов включают в себя:

– катапультную установку (КУ) или ракетно-парашютную систему (РПС);
– систему образования аварийных выходов (СОАВ);
– систему управления СПАП.

Все составные части (системы и агрегаты), входящие в состав СПАП, перед принятием их на снабжение подвергаются наземным и лётным испытаниям.

При испытаниях СПАП оцениваются параметры, характеризующие эффективность СПАП: минимальные высоты безопасного аварийного покидания ЛА; относительные траектории КУ (РПС) и ЛА в процессе катапультирования; для многоместных летательных аппаратов траектории между катапультируемыми членами экипажа; относительные траектории между сбрасываемыми откидными частями фонаря и отстреливаемыми в процессе катапультирования агрегатами

© Алфёров М. В., Молчанов С. М., Сосунов М. В., Лысункин П. С., 2019

КУ и лётчиком; значения перегрузок и угловых скоростей вращения лётчика при аварийном покидании во всем диапазоне высот и скоростей полета ЛА.

Для реализации методов моделирования и верификации их результатов, испытатели должны обладать рядом данных (характеристик) объекта, которые могут быть получены только в натурных экспериментах. Не имея возможности реализовать определённые параметры аварийного полёта ЛА и провести натурные эксперименты с катапультированием, проводятся работы по получению данных об объекте СПАП на режимах, воспроизводимых в наземных условиях и с применением летающей лаборатории.

Испытательная группа подготавливает исходные данные параметров полета ЛА (высота скорость и т.д.), реализуемых в натурных экспериментах. Группа проведения эксперимента проводит натурные работы и определяет характеристики составных частей СПАП (рис. 1), например, КУ или РПС (тяга, импульс, тяги перегрузки и т.д.).

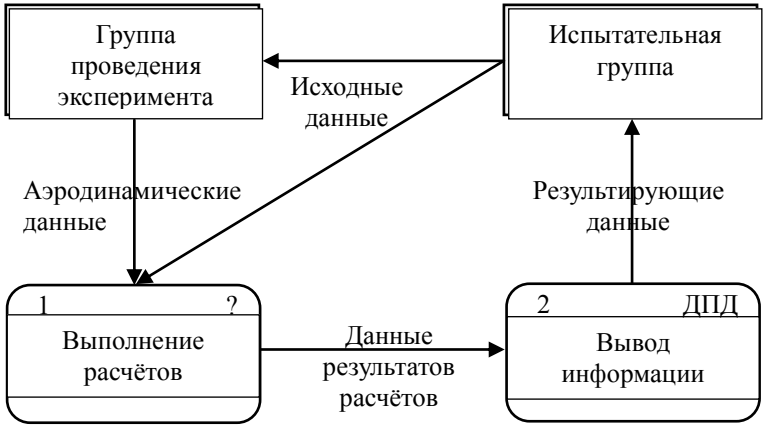


Рис. 1. Контекстная диаграмма получения результирующих данных методом математического моделирования

На основании данных, подготовленных группой проведения экспериментов и испытательной группой производится математическое моделирование процесса функционирования объекта СПАП на задаваемом режиме полёта ЛА, не воспроизводимом в натурных работах.

После получения экспериментальных данных с помощью программной системы выполняется оценка динамических и

траекторных параметров оцениваемого объекта СПАП и результаты выдаются испытательной группе в виде графического отображения траекторий полета составных частей СПАП, а также в виде файла результирующих данных.

2. Программное обеспечение, разработанное и применяемое отделом исследований и испытаний СПАП

Впервые программный пакет был разработан и модернизирован в 1992 – 1995 годах группой разработчиков отдела в рамках проведения ряда военно-научных и научно-исследовательских работ.

Пакет был создан для работы с операционной системой (ОС) MS DOS.

При работе с пакетом имелся ряд неудобств [1], а именно:

– отсутствие оконного интерфейса;
– невозможность работы с манипулятором типа «мышь»;
– затруднения при распечатке графической информации;
– низкое качество и низкая наглядность представления графической информации и др.

Основным недостатком, сильно осложняющим работу с пакетом, является наличие весьма слабых возможностей редактора grm.exe. Его основная задача – отображать абсолютные траектории движения отделяемых частей при катапультировании (манекенов, каркасов кресел куполов парашютов) в используемой земной системе координат.

С развитием и широким применением операционных систем семейства Microsoft Windows, возникла необходимость оптимизации пакета для работы в ОС данного семейства, в связи с чем к пакету были разработаны новые требования.

В начале 2000-х годов для разработки модели функционирования создаваемой программной системы была использована система автоматизированного проектирования «CASE-Аналитик», поддерживающая технологию структурного системного анализа. Выбор этой системы автоматизированного проектирования обусловлен простотой и наглядностью представления, а также богатыми возможностями, обеспечивающими однозначность понимания и полноту описания модели [2].

Для создаваемой программной системы применяется алгоритм, реализованный в среде программирования «Borland C++ Builder 5.0.». Программа имеет оконный интерфейс приложения Microsoft Windows. После запуска на экране появляется пользовательский интерфейс, откуда можно осуществить просмотр и редактирование файла исходных данных, просмотр файла результирующих данных, выполнение оценки и вывод графической информации.

Для удобства работы с данными после выполнения оценки программа создает в текущей директории каталог Data и перемещает в него файлы с данными для представления графической информации (krt1, krt2, mnt1, mnt2, prt1 и prt2), создаваемые программой k363.exe в текущей директории.

Программа viewer.exe считывает данные из файлов, хранящихся в каталоге Data, и на их основании осуществляет построение и вывод на экран графиков (рис. 5).

Графики выводятся в четырех окнах (три окна – для вывода плоскостных и одно – для вывода трехмерных графиков), все эти окна можно масштабировать с помощью манипулятора типа «Мышь» (в дальнейшем мыши), а содержимое окна, отображающего трехмерные графики, можно поворачивать относительно осей координат посредством нажатия (удерживания) управляющих клавиш. Траектории отображаются различными цветами, но во всех окнах графики траектории одного и того же объекта отображаются одним цветом. На плоскостные графики наносится координатная сетка, а с правой стороны отображается легенда, показывающая соответствие между цветами линий и именами отделяемых объектов, траектории которых они отображают. Кроме того, на экране отображается служебное окно, позволяющее осуществлять распечатку содержимого любого окна отображения графиков с учетом стандартов, принятых в ОС Microsoft Windows.

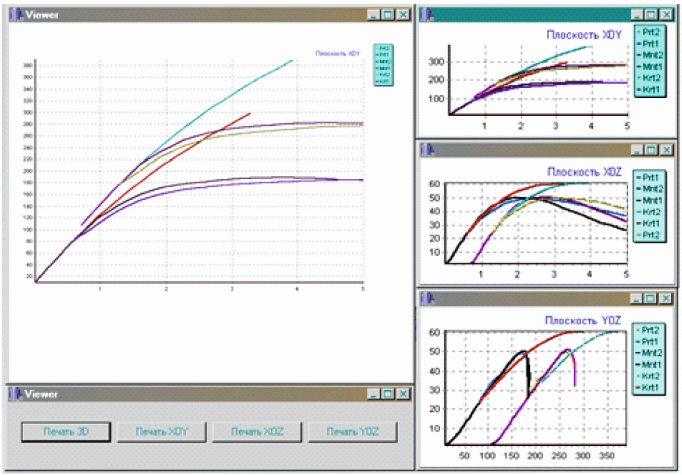


Рис. 2. Окна графического редактора viewer.exe

Заключение

Таким образом, применение программные средства, разработанные отделом исследований и испытаний СПАП ЛА, позволяют производить предварительную оценку характеристик СПАП методом математического моделирования при их разработке и испытаниях и расследовании авиационных происшествий.

Список литературы

2. Деев, К.В. Разработка программного обеспечения моделирования динамических характеристик КСАП 2-х местных ЛА при выполнении эксперимента на РД-2500 : научно-технический отчет № 704129 / К.В. Деев. – в/ч 15650, 2004 г. – 27 с.

3. Юрченко, П.А. Программная система визуализации параметров движения авиационных средств катапультирования : дипломная работа / П. А. Юрченко. – ВВА им. Н.Е.Жуковского, 2003 г. – 22 с.

Формирование реляционных матриц при построении алгоритма нечеткого логического вывода

Д. Н. Анисимов, e-mail: anisimovdn@yandex.ru
С. М. Грязнов, e-mail: sergey.gryaznov.95@mail.ru
Е. В. Фёдорова, public_fe@mail.ru

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Аннотация. *Рассматриваются особенности нечетких систем управления, основанных на реляционных моделях. Приведены характеристики нечетких регуляторов для различных моделей принятия решений.*

Ключевые слова: *нечеткий логический вывод, реляционная матрица, нечеткий регулятор, система управления.*

Введение

Одним из направлений развития современных систем управления являются разработка и исследование систем, построенных на основе нечеткой логики. Концепция нечеткой логики была предложена профессором Калифорнийского университета Л. А. Заде в середине 1960-х годов [1]. Нечеткие системы целесообразно использовать для управления слабоструктурированными объектами, которые функционируют в условиях различных факторов неопределенности и для которых точное математическое описание либо отсутствует, либо является неприемлемо сложным. Несмотря на успешность применения нечетких логических регуляторов (НЛР) во многих практических приложениях, вопросы, связанные с динамическими свойствами самих НЛР и систем управления, построенных на их основе, представляются еще недостаточно изученными.

1. Объект исследования

Рассмотрим нечеткую систему управления, на вход которой подается сигнал $u(t)$, состоящую из нечеткого пропорционально-дифференцирующего регулятора (НПД) и объекта управления с передаточной функцией $W_{\text{o}}(\mathbf{s})$. Сигнал рассогласования системы $e(t)$ подается на вход НПД. Этот сигнал дифференцируется, после чего оба сигнала – $e(t)$ и $d(t) = \dot{e}(t)$ – поступают на вход блока нечеткого

© Анисимов Д.Н., Грязнов С.М., Фёдоова Е.В., 2019

вывода (БНВ). Выходной сигнал нечеткого регулятора $x(t)$ представляет собой сигнал управления, подаваемый на объект (рис. 1).

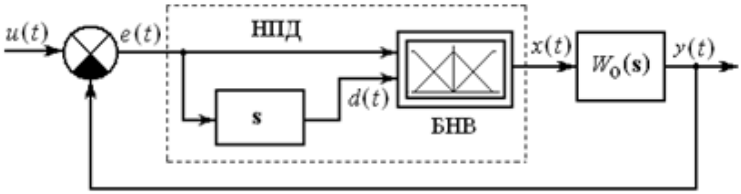


Рис. 1. Структурная схема нечеткой системы управления

Для описания НПД введем следующие лингвистические переменные [2]: <«Рассогласование», $T_{g1}, E>$, <«Производная», $T_{g2}, D>$, <«Управление», $T_h, X>$, где $E=[-e_m; e_m]$, $D=[-d_m; d_m]$, $X=[-x_m; x_m]$ – их области определения, $T_{g1}=\{T_{g1}^1, T_{g1}^2, T_{g1}^3\}=\{"N", "Z", "P"\}$, $T_{g2}=\{T_{g2}^1, T_{g2}^2, T_{g2}^3\}=\{"N", "Z", "P"\}$, $T_h=\{T_h^1, T_h^2, T_h^3\}=\{"N", "Z", "P"\}$ – их терм-множества. Здесь и далее нечеткие переменные $"N", "Z", "P"$ интерпретируются как «Отрицательное», «Около нуля», «Положительное» соответственно.

2. Алгоритм нечеткого вывода на основе реляционных моделей

При построении систем, основанных на нечетких логических выводах, наибольшее распространение получили алгоритмы Мамдани, Ларсена, Цукамото, Сугено-Такаги.

В данной работе для исследования выбран алгоритм на основе нечетких реляционных моделей, предложенный в 1989 г. В. Педричем [3] Этот алгоритм не является альтернативой перечисленным выше, он может использоваться совместно с ними, и представляет собой модификацию механизма нечеткого логического вывода на этапе активизации правил [4].

Фундаментальная особенность реляционных моделей состоит в том, что вместо лингвистических правил, считающихся абсолютно истинными, в них рассматриваются частично истинные лингвистические правила. С каждым правилом сопоставляется соответствующий коэффициент доверия. Подобное сопоставление представляет собой, по сути, формирование нечеткого соответствия между пространством предпосылок и пространством заключений. При

этом отпадает необходимость привязки к какой-либо из операций нечеткой импликации появляется возможность влиять на результат нечеткого вывода, изменяя не только функции принадлежности термов входных и выходных лингвистических переменных, но и элементы нечеткого соответствия. В реляционных моделях одной и той же входной ситуации может быть поставлено в соответствие несколько управляющих решений. Степень уверенности в том или ином решении задается при помощи графика нечеткого соответствия, которое удобно представить в виде реляционной матрицы. Так, Для выбранного количества лингвистических переменных и мощности терм-множеств реляционная матрица имеет размерность 9×3:

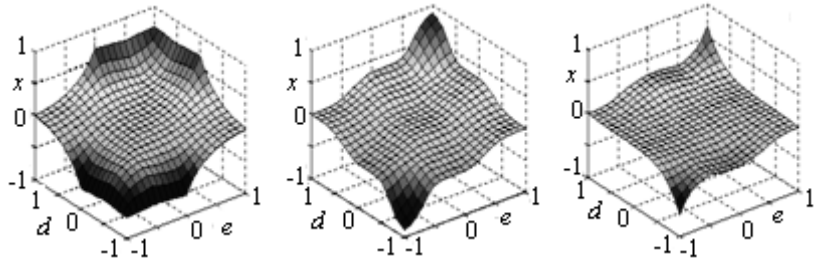
$$\begin{matrix} & N & Z & P \\ \mathbf{R} = & \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{91} & r_{92} & r_{93} \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

3. Модели принятия решений при построении нечеткого регулятора

Реляционная матрица задается на основе экспертных оценок. Очевидно, что количество различных комбинаций численных значений ее элементов очень велико. Так, например, если задавать степени доверия в интервале от 0 до 1 с шагом 0,1, то количество различных комбинаций составит $11^{27} \approx 1{,}311\cdot 10^{28}$. Поэтому при формировании базы правил мы предлагаем ограничиться тремя, на наш взгляд, достаточно характерными нечеткими соответствиями, описываемыми матрицами R_1, R_2, R_3:

$$\mathbf{R}_1 = \begin{matrix} & N & Z & P \\ NN & 1 & 0 & 0 \\ NZ & 1 & 0 & 0 \\ NP & 0 & 1 & 0 \\ ZN & 1 & 0 & 0 \\ ZZ & 0 & 1 & 0 \\ ZP & 0 & 0 & 1 \\ PN & 0 & 1 & 0 \\ PZ & 0 & 0 & 1 \\ PP & 0 & 0 & 1 \end{matrix},\quad \mathbf{R}_2 = \begin{matrix} & N & Z & P \\ NN & 1 & 0 & 0 \\ NZ & 0{,}7 & 0{,}3 & 0 \\ NP & 0{,}2 & 0{,}8 & 0{,}2 \\ ZN & 0{,}7 & 0{,}3 & 0 \\ ZZ & 0 & 1 & 0 \\ ZP & 0 & 0{,}3 & 0{,}7 \\ PN & 0{,}2 & 0{,}8 & 0{,}2 \\ PZ & 0 & 0{,}3 & 0{,}7 \\ PP & 0 & 0 & 1 \end{matrix},\quad \mathbf{R}_3 = \begin{matrix} & N & Z & P \\ NN & 0{,}8 & 0{,}2 & 0 \\ NZ & 0{,}5 & 0{,}5 & 0 \\ NP & 0{,}4 & 0{,}6 & 0{,}4 \\ ZN & 0{,}5 & 0{,}5 & 0 \\ ZZ & 0{,}3 & 0{,}7 & 0{,}3 \\ ZP & 0 & 0{,}5 & 0{,}5 \\ PN & 0{,}4 & 0{,}6 & 0{,}4 \\ PZ & 0 & 0{,}5 & 0{,}5 \\ PP & 0 & 0{,}2 & 0{,}8 \end{matrix}$$

Первое соответствие можно содержательно интерпретировать, как «решительную» модель действий, когда лицо, принимающее решение, абсолютно уверенно выбирает одно из возможных управляющих воздействий даже при самых незначительных предпочтениях. Второе соответствие будем называть «взвешенной» моделью, когда при очевидных предпочтениях уверенно выбираются управляющие воздействия, при неочевидных – выбор осуществляется более осторожно. Третье соответствие будем условно называть «неуверенной» моделью действий. Для этого случая характерна очень большая осторожность в принимаемых решениях, однако, не выходящая за пределы здравого смысла. Поверхности управления НПД для этих трех моделей принятия решений приведены на рис. 2.



а б в

Рис. 2. Поверхности управления для различных моделей принятия решений: а – «решительная» модель, б – «взвешенная» модель, в – «неуверенная» модель

Как видно из рис. 2, средний наклон статических характеристик максимален для «решительной» модели и минимален для «неуверенной». Для всех характеристик наблюдается уменьшение наклона вблизи начала координат. При этом для «неуверенной» модели это уменьшение приводит к появлению зоны нечувствительности. Это, в свою очередь, может привести к возникновению статической ошибки системы.

Заключение

Рассмотренные три модели в значительной степени характеризуют индивидуальные черты эксперта: чем более уверенно он принимает решения, тем выше оказывается коэффициент усиления нечеткого регулятора. Поэтому при построении нечеткой системы управления

следует учитывать эту особенность, но, по возможности, не изменять параметры базы правил в процессе функционирования системы.

Список литературы

1. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zadeh // Information and Control.− 1965.− № 8.− P. 338-353.

2. Анисимов, Д.Н. Методика построения нечетких реляционных систем автоматического управления / Д.Н. Анисимов, К.Ю. Ситников. − Вестник МЭИ.− 2012.– № 3.− С. 77-82.

3. Pedrycz, W. Fuzzy Control and Fuzzy Systems / W. Pedrycz.− New York: John Wiley and Sons, 1993. – 350 p.

4. Анисимов, Д.Н. Динамические свойства нечетких систем управления, построенных на основе реляционных моделей / Д.Н. Анисимов, Май Тхе Ань. // Мехатроника, автоматизация, управление.− 2017.− Т. 18.− № 5.− С. 298-307.

Доклад подготовлен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-01-00143-а).

Определение наиболее информативного участка переходного процесса при идентификации динамического объекта интегрально-модуляционными методами

Д. Н. Анисимов, e-mail: anisimovdn@yandex.ru
О.С. Медникова, e-mail: lashlou@rambler.ru

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Аннотация. *Определены наиболее информативные участки переходного процесса с позиций параметрической идентификации динамического объекта.*

Ключевые слова: *динамический объект, переходный процесс, идентификация, интегрально-модуляционные методы.*

Введение

При активной идентификации динамических объектов, как правило, возникает вопрос о выборе условий проведения эксперимента, таких как метод идентификации, вид входного сигнала, время наблюдения, интервал дискретизации и т.п. Этот выбор в свою очередь обусловлен характером идентифицируемого объекта, условиями его функционирования, требованиями к модели объекта и другими факторами. В частности, при построении непрерывной модели динамического объекта в условиях помех достаточно высокую эффективность демонстрируют методы интегрально-модуляционного класса, в первую очередь, метод модулирующих функций (ММФ) [1] и метод экспоненциальной модуляции (МЭМ) [2]. Эти методы основаны на формировании специальных модулирующих функций, перемножении их на входной и выходной сигналы объекта и вычислении площадей под образованными кривыми.

По сравнению с МЭМ ММФ обладает одним существенным преимуществом – он инвариантен по отношению к ненулевым начальным условиям. Вместе с тем, как показали исследования [3], при нулевых начальных условиях, в частности, при ступенчатом входном воздействии, МЭМ обеспечивает более высокую точность оценивания параметров. Этот факт, а также сравнительный анализ результатов идентификации ММФ при использовании различных МФ позволили сделать предположение о том, что точность оценивания связана с расположением максимума МФ относительно начала координат. В данном докладе приводятся результаты исследований, позволяющие

© Анисимов Д.Н., Медникова О.С., 2019

судить о влиянии выбранного участка переходного процесса на точность оценок параметров идентифицируемого динамического объекта.

1. Интегрально-модуляционные методы идентификации

При использовании интегрально-модуляционных методов (ИММ) модель идентифицируемого объекта представляется в виде

$$W(\mathbf{s}) = \frac{Y(\mathbf{s})}{X(\mathbf{s})} = \frac{b_m \mathbf{s}^m + \cdots + b_1 \mathbf{s} + b_0}{a_n \mathbf{s}^n + \cdots a_1 \mathbf{s} + 1}$$

или

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \cdots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + \cdots + b_0 x(t), m \le n,$$

где $\mathbf{s}$ – оператор Лапласа, $x(t)$ и $y(t)$ – входной и выходной сигналы объекта соответственно.

Рассмотрим достаточно распространенный случай, когда в момент времени $t_0 = 0$ на вход объекта подается единичный ступенчатый сигнал: $x(t) = 1_0(t)$. Тогда сигнал $y(t)$ представляет собой переходную функцию объекта.

При идентификации на основе МЭМ в качестве модулирующих используются функции только экспоненциального вида:

$$\psi(t) = \exp(-t/\theta).$$

Постоянные времени модулирующих функций (ПВМФ) θ должны выбираться из условия затухания МФ к моменту окончания наблюдения $T_н$ $\left(\psi(T_н) << 1\right)$.

При идентификации на основе ММФ к модулирующим функциям предъявляется следующее требование:

$$\psi^{(i)}(0) = \psi^{(i)}(T_н) = 0, \quad i = \overline{0, n-1},$$

где $\psi^{(i)}(t)$ – i-я производная по времени функции $\psi(t)$.

Наиболее широкое применение получили следующие МФ:

1. гармонические функции

$$\psi(t) = k \cdot \left(\sin \frac{2\pi}{T_н} t \right)^n ;$$

2. функции Пуассона

$$\psi(t) = k \cdot \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot \exp(-\lambda t) ;$$

3. полиномиальные функции

$$\psi(t) = k \cdot t^n (t - T_н)^n;$$

4. функции Гаусса

$$\psi(t) = k \cdot \exp\left[-\frac{(t - T_н / 2)^2}{\sigma^2} \right].$$

Эти модулирующие функции приведены на рис. 1.

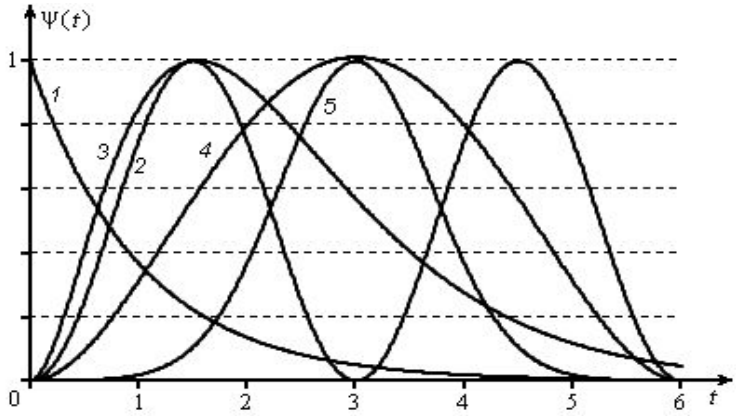


Рис. 1. Модулирующие функции различного вида:
1 − экспоненциальная МФ, 2 – гармоническая МФ, 3 – МФ Пуассона, 4 – полиномиальная МФ, 5 – МФ Гаусса

Для проведения сравнительного анализа точности оценивания в работе [3] использовался безразмерный нормированный показатель качества (БНПК) Q, учитывающий смещения и стандартные отклонения оценок всех идентифицируемых параметров объектов [4]. Чем больше величина Q, тем точнее получаемые оценки. Было показано, что из рассмотренных МФ при прочих равных условиях максимальную точность обеспечивают экспоненциальные функции, затем в порядке убывания: гармонические, пуассоновские, полиномиальные и гауссовы. Сопоставление точности оценок и вида модулирующих функций показывает, что точность оценивания тем выше, чем ближе к началу координат расположен максимум МФ.

2. Проведение исследований и их результаты

Рассмотрим процедуру идентификации динамического объекта второго порядка с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{a_2 \mathbf{s}^2 + a_1 \mathbf{s} + 1},$$

где $a_1 = 1\,\text{с}, a_2 = 1\,\text{с}^2$. На вход объекта подается единичный ступенчатый сигнал $x(t)$. К выходу объекта аддитивно приложен равномерно распределенный дискретный белый шум. В течение времени от 0 до $T_н$ на выходе объекта регистрируется выходной сигнал $y(t)$.

Проведем идентификацию объекта методом модулирующих функций при использовании полиномиальных МФ $\psi(t)$, заданных на временном интервале от t_1 до t_2, $t_2 - t_1 = 1\,\text{с}$ (рис. 2).

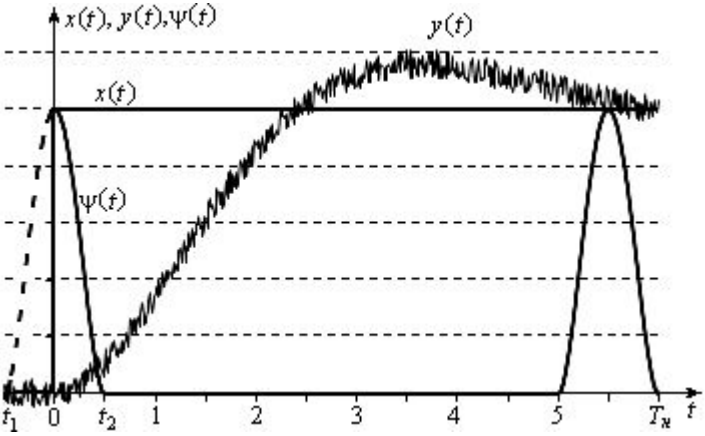


Рис. 2. Сигналы на входе и выходе объекта и модулирующие функции

Будем постепенно сдвигать начало и конец этого интервала и вычислять БНПК по результатам 1000 экспериментов. Зависимость БНПК Q от начала интервала идентификации t_1 приведена в таблице.

Как можно видеть из таблицы, при активной параметрической идентификации со ступенчатым входным сигналом значения БНПК, действительно, оказываются тем выше, чем ближе абсцисса максимума модулирующей функции к началу координат.

Таблица

Зависимость БНПК от расположения интервала идентификации на оси времени

t_1 (с)	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0
Q	1,435	1,514	1,477	1,238	0,995	0,728
t_1 (с)	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Q	0,541	0,315	0,119	-0,026	-0,08	-0,112

Заключение

Результаты исследования показывают, что с позиций точности оценивания параметров в условиях помех наиболее информативным является начальный участок переходного процесса. Следует, однако, заметить, что на величину БНПК оказывает влияние не только смещение интервала по оси времени, но и его ширина. Таким образом, дальнейшим направлением исследований является поиск новых классов модулирующих функций, которые, во-первых, удовлетворяют условиям (4); во-вторых, охватывают достаточную ширину переходного процесса; в-третьих, при вычислении площадей обеспечивают больший вес начальных точек переходного процесса.

Список литературы

1. Shinbrot, M. On the analysis of linear and nonlinear systems / M. Shinbrot // Trans. ASME.− 1957.− Vol. 79.− No. 3.− P. 547-542.

2. Анисимов, Д.Н. Идентификация линейных динамических объектов методом экспоненциальной модуляции / Д.Н. Анисимов // Вестник МЭИ.− 1994.− № 2.− С. 68-72.

3. Анисимов, Д.Н. Сравнительный анализ интегрально-модуляционных методов идентификации линейных динамических объектов / Д.Н. Анисимов // Вестник МЭИ.− 2015.− № 2.− С. 109-113.

4. Анисимов, Д.Н., Разработка критерия качества оценивания параметров динамических объектов при идентификации различными методами / Д.Н. Анисимов, А.В. Хрипков // Тр. Междунар. конф. «Информационные средства и технологии» МФИ-2009. Москва, 20-22 октября 2009.− М.: Издательский дом МЭИ, 2009.− С. 163-168.

Доклад подготовлен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-01-00143-а).

Эволюционное моделирование в принятии оптимальных технологических решений в условиях неопределенности

М. А. Анфёров, e-mail: anfyorov@inbox.ru[1]

[1]ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»

Аннотация. *Предлагается новый подход к поиску оптимального варианта размерной структуры технологического процесса, основанный на использовании генетического алгоритма, реализующего эволюционный поиск множества реализаций математической модели, отображающей данные размерные связи.*

Ключевые слова: *моделирование, технологический процесс, размерный анализ, оптимизация, генетический алгоритм.*

Введение

Повышение конкурентоспособности наукоемких изделий в настоящее время реализуется в рамках CALS-стратегии предполагающей автоматизацию процессов жизненного цикла этих изделий посредством использования современных компьютерных информационных технологий в рамках единого информационного пространства [1].

Наибольшую проблему в реализации этой стратегии на этапе технической подготовки производства вызывают затруднения в принятии оптимальных конструкторско-технологических решений в условиях повышенной неопределенности, вызванной большой их многовариантностью и многокритериальностью. Это в первую очередь относится к построению структуры технологического процесса [2], включая выбор состава исходных технологических баз, влияющий на надежность и качество процесса [3], и представляющий собой многовариантную оптимизационную задачу, решению которой посвящено данное исследование.

1. Постановка задачи

Предлагаемый поиск оптимального варианта размерной структуры технологического процесса основывается на использовании генетического алгоритма, реализующего эволюционный поиск множества реализаций математической модели, отображающей данные связи. В качестве такой модели, описывающей размерные связи технологического процесса, используется граф $\mathbf{G} = (\mathbf{X}, \mathbf{L}, \mathbf{A}, \mathbf{Z})$, в

© Анфёров М. А., 2019

котором вершины $x_i \in \mathbf{X}$ отображают множество поверхностей, сформированных в процессе реализации технологического процесса, с включением промежуточных (см. подробно в [3]). Кроме этого, в данном графе имеется три вида ребер (см. рис.1):

1. ребра, соответствующие технологическим размерным параметрам $l = \{x_i, x_j\} \in \mathbf{L}$;

2. ребра, соответствующие размерным параметрам, заданным конструктором в рабочем чертеже детали $a = \{x_i, x_j\} \in \mathbf{A}$;

3. ребра, соответствующие снимаемым в процессе обработки припускам $z = \{x_i, x_j\} \in \mathbf{Z}$.

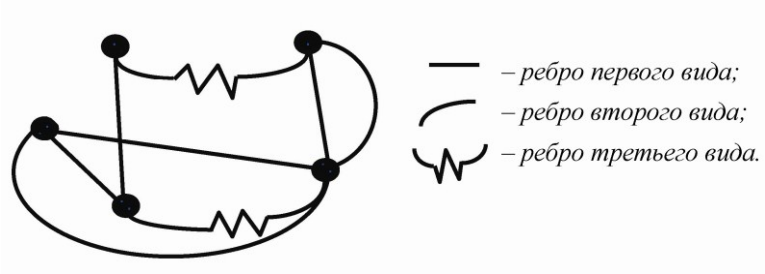


Рис. 1. Пример графа размерных связей

Задача оптимизации может быть сведена к двум случаям:

– максимизации допусков на технологические размеры с тем, чтобы сократить затраты на наладку технологического оборудования;

– минимизации снимаемых промежуточных припусков с целью снижения материалоемкости заготовки и её станкоемкости при изготовлении.

Многовариантность размерных технологических связей, создающая условия для оптимизации, определяется свободой выбора исходных технологических баз. В этом случае обычный размерный технологический граф (рис.1) дополняется ребрами, соответствующими альтернативным технологическим размерам, связанным с различными вариантами выбора исходной базы при обработке конкретной поверхности (см. рис.2).

Таким образом, получается граф с избыточными связями. Это приводит к тому, что количество уравнений размерных цепей превышает количество неизвестных, что определяет задачу выделения из избыточного множества уравнений базового подмножества для дальнейшего решения из предположения, что оно оптимально. Однако

на пути решения этой задачи стоит существенная проблема в виде неопределенности в принятии решения: для одного замыкающего звена наилучшая размерная цепь по критерию оптимизации может пройти через один из альтернативных технологических размеров конкретной вершины графа, а для другого замыкающего звена – через другой альтернативный размер той же вершины, что является недопустимым (обрабатываемую поверхность должен координировать только один технологический операционный размер). Другими словами, не существует решения, наилучшего одновременно по всем размерным цепям.

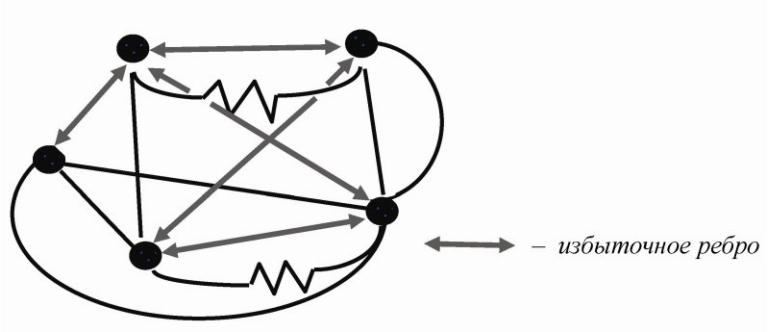


Рис. 2. Пример избыточного графа размерных связей

Кроме этого, определяя критерий оптимизации, необходимо учитывать, что как припуски, так и технологические размеры находятся не в совсем равных условиях. Припуск, снимаемый при шлифовании – это совсем не тот припуск, который снимается при черновой обработке, поскольку трудоемкость финишных операций значительно выше. То же самое можно сказать и о квалитетах точности на технологические размеры, которые с экономической точки зрения будут разными для различного класса технологических операций.

В этой связи необходим метод оптимизации, который бы осуществлял дифференцированный подход к оптимизируемым размерным связям в условиях многокритериальной оптимизации.

2. Метод оптимизации

Для решения задачи избыточный граф отображается в ориентированный граф $\mathbf{G}^* = (\mathbf{X}, \mathbf{L}^*, \mathbf{A}, \mathbf{Z})$ следующим образом: каждое ребро $l = \{x_i, x_j\} \in \mathbf{L}$ графа $\mathbf{G} = (\mathbf{X}, \mathbf{L}, \mathbf{A}, \mathbf{Z})$ заменяется дугой

$l^* = \{x_i, x_j\}$ при условии, что поверхность, соответствующая вершине x_j, является обрабатываемой, а вершине x_i – исходной базой. Фрагмент математической модели, поясняющий выполненные преобразования, показан на рис.3.

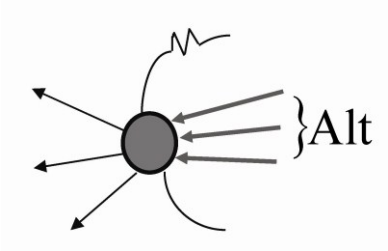


Рис. 3. Фрагмент математической модели

Для проведения оптимизационных расчетов дугам графа $\mathbf{G}^* = (\mathbf{X}, \mathbf{L}^*, \mathbf{A}, \mathbf{Z})$, отображающим технологические размеры сопоставляются значения допусков на эти размеры, т.е $\forall l_t^* \in \mathbf{L}^* \to \delta l_t^*$ (δl_t^* – допуск на технологический размер l_t^*).

Используемые при эволюционном моделировании двоичные хромосомы кодируют, в нашем случае, вектор $\mathbf{U} = \{\mathbf{U}_t\}, t \in [0, n]$, где n – количество вершин графа $\mathbf{G}^* = (\mathbf{X}, \mathbf{L}^*, \mathbf{A}, \mathbf{Z})$; $\mathbf{U}_t$ – множество альтернативных дуг, принадлежащих вершине x_t. В результате любая хромосома из эволюционной популяции кодирует конкретный вариант выбора из альтернатив определенного состава дуг, отображающих технологические размеры. Это приводит к выделению подмножества $\mathbf{L} \subset \mathbf{L}^*$, определяющего совместную систему уравнений размерных цепей и соответственно искомое ее решение в виде множества технологических размеров.

При реализации генетического алгоритма используются основные генетические операторы: селекция, кроссовер и мутация хромосом.

Точка кроссовера выбирается традиционно случайным образом на всем участке хромосомы. В результате выполнения традиционного оператора мутации случайная замена бита в хромосоме приводит к смене альтернативной дуги (см. рис.3) применительно к одной вершине графа.

Функция приспособленности (фитнес-функция) μ рассчитывается исходя из критерия оптимизации, предполагающего минимизацию снимаемых припусков – $\mu = M - \sum_i \xi_i \cdot \omega z_i$, где ωz_i – статистическое рассеивание припуска, M – верхняя граница суммарного значения величин ωz_i по всем предусмотренным в модели припускам, ξ_i – коэффициент, назначаемый экспертно исходя из значимости i-го припуска в формировании суммарной станкоемкости детали, что снимает неопределенность в процедуре оптимизации. При этом $\sum_i \xi_i = 1$. Коэффициенту ξ_i для припуска, увеличение которого является менее желательным (например, на операции шлифования), присваивается большее значение.

При селекции нового поколения хромосом выбираются родительские хромосомы исходя из вероятности выбора, пропорциональной значению фитнес-функции.

Метод стохастической оптимизации программно реализован и исследован на предмет сходимости. Работоспособность подтверждена по результатам выполненных расчетов для деталей различной степени сложности.

Заключение

Таким образом, полученные результаты позволяют на этапе автоматизированной разработки технологических процессов средствами САПР ТП повысить эффективность производственных процессов наукоемких изделий за счет снижения доли переменных затрат.

Литература

1. Кутин, А. А. Современный уровень и опыт применения CALS-технологий в сложных машиностроительных производствах / А. А. Кутин, М. В. Туркин // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2012. – № 6 (12). – С. 35-40.

2. Анфёров, М. А. Принятие решений при синтезе структуры технологических процессов в рамках САПР / М. А. Анфёров, О. Б. Рашитова // Матер. междунар. научн. конф. «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта», г. Евпатория, 16-20 мая 2011г. – Херсон: Изд. ХНТУ, 2011. – Т. 1. – С. 162-165.

3. Мухин, В. С. Основы технологии машиностроения (авиадвигателестроение) : Учебное пособие / В. С. Мухин. – Уфа : Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2006. – 459 с.

Моделирование и автоматизация процессов налогового администрирования

М.А. Анфёров, e-mail: anfyorov@inbox.ru
В.С. Горшков

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

Аннотация. *По результатам IDEF0 моделирования системы налогов и сборов определены объекты автоматизации процесса управления в налоговом администрировании, предполагающей использование динамического подхода к кластеризации налогоплательщиков в рамках информационных систем поддержки принятия решений.*

Ключевые слова: *моделирование, IDEF0, налоговое администрирование, поддержка принятия решений, кластеризация.*

Введение

При рассмотрении системы налогов и сборов (СНС) Российской Федерации [1] следует отметить, что в ее структуре [2] особая роль отводится налоговому администрированию [3]. Это связано с тем, что именно в рамках соответствующих ему процессов реализуются мониторинг налоговых поступлений и законности действий всех участников налоговых отношений, включая предоставление налоговых льгот, применение налоговых санкций, информационная поддержка всех объектов системы налогообложения (правоохранительных органов, финансовых структур и т.д. [2]), то есть все то, что определяет эффективность всей системы.

Для повышения эффективности реализуемых процессов и выполняемой аналитики по выявлению потенциальных налогоплательщиков, уклоняющихся от своих налоговых обязательств, а также полноты налоговых поступлений требуется автоматизация информационных процессов на базе компьютерных технологий в условиях чрезмерно большого объема обрабатываемой информации. Кроме этого требуется использование специальных информационных технологий, обеспечивающих принятие оптимальных решений в рамках налогового администрирования, как основной источник качественной аналитики.

© Анфёров М. А., Горшков В. С., 2019

1. Функциональное моделирование

С целью решения выше озвученной задачи было реализовано системное исследование СНС, т.к. при всей хорошей изученности теоретических аспектов и научных закономерностей [1] в рассматриваемой предметной области не реализован в полной мере системный подход к анализу резервов повышения эффективности налогообложения, охватывающий взаимосвязанные процессы управления финансовыми, кадровыми и информационными ресурсами. Для анализа информационных потоков в СНС с целью выявления процессов, требующих использования методов аналитической поддержки принятия решений была получена модель в нотации IDEF0 (см. рисунок)[1]. Структурные элементы СНС, рассматриваемые в качестве механизма реализации функций, подробно описаны в [2].

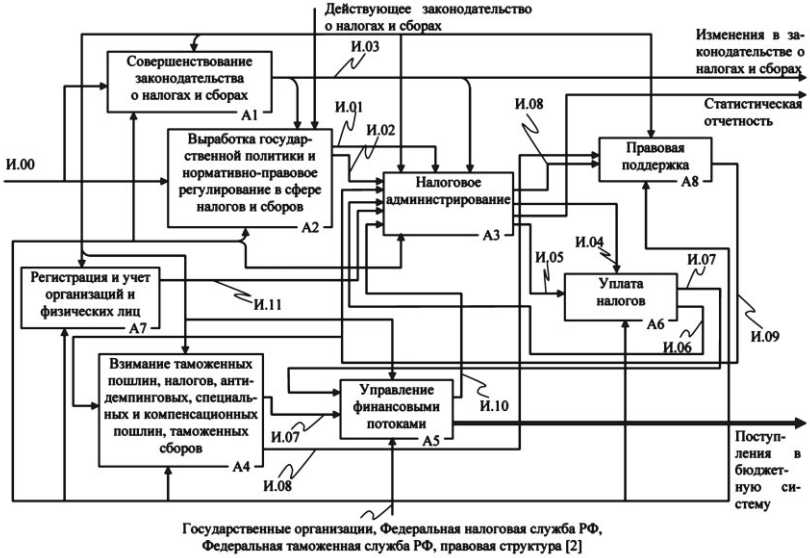


Рисунок. Декомпозиция модели IDEF0 контекстного уровня

Информационные потоки, отображенные в модели, обозначены следующим образом.

[1] Начальный контекстный уровень модели не приведен ввиду ограниченного объема статьи.

И.00 – налоговое обременение, аналитические материалы и результаты исследований эффективности и закономерностей функционирования налоговой системы.

И.01 – нормативные правовые акты по вопросам, связанным с налогообложением и со сборами.

И.02 – сведения о земельных участках, признаваемых объектом налогообложения в соответствии с законом.

И.03 – изменения в законодательстве о налогах и сборах.

И.04 – информация о действующих налогах и сборах, о соответствующем законодательстве, о порядке исчисления и уплаты налогов и сборов, о правах и обязанностях объектов налогообложения, о формах налоговых деклараций, информация, необходимая для заполнения поручений на перечисление налогов, сборов, пеней и штрафов в бюджетную систему Российской Федерации.

И.05 – копии актов налоговой проверки и решений налогового органа, налоговые уведомления об уплате налога и сбора, информация о состоянии расчетов.

И.06 – пояснения по исчислению и уплате налогов, а также по актам проведенных налоговых проверок, расчеты, выполненные налоговым агентом по конкретному налогу, налоговая декларация, документы, необходимые для исчисления и уплаты налогов, информация обо всех случаях участия в российских и иностранных организациях, обо всех обособленных подразделениях российской организации, созданных на территории Российской Федерации, в том числе через которые прекращается деятельность этой организации, информация о реорганизации или ликвидации организации.

И.07 – информация по управлению счетом в банке, платежные поручения.

И.08 – информация о налоговых преступлениях, судебные иски.

И.09 – информация о нарушениях законодательства о налогах и сборах, судебные решения.

И.10 – информация об открытии, закрытии или об изменении реквизитов счетов объектов налогообложения, о возникновении или прекращении права использовать корпоративные электронные средства платежа для переводов электронных денежных средств, об изменении реквизитов корпоративного электронного средства платежа в электронной форме, справки о наличии счетов в банке и об остатках денежных средств на счетах, об остатках электронных денежных средств и переводах электронных денежных средств, выписки по операциям на счетах объектов налогообложения.

И.11 – информация о выдаче лицензий на право нотариальной деятельности, о внесении (исключении) адвокатов в реестр субъекта Российской Федерации, о регистрации (учете) по месту жительства (месту пребывания) физического лица, постановке на учет (снятия с учета) по месту пребывания иностранного работника, регистрации актов гражданского состояния физических лиц, о регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним, отраженных в государственном кадастре, а также регистрации транспортных средств, об установлении опеки и попечительства, о выдаче свидетельств о праве на наследство и о нотариальном удостоверении договоров дарения, о предоставлении прав на пользование природными ресурсами, являющихся объектом налогообложения, о фактах первичной выдачи, замены, утраты документа, удостоверяющего личность гражданина Российской Федерации на территории Российской Федерации, или об изменениях персональных данных, об аккредитации (о лишении аккредитации) филиалов и представительств иностранных юридических лиц, об изменениях, вносимых в реестр, об инвентаризационной стоимости недвижимого имущества и иные сведения, необходимые для исчисления налогов.

2. Анализ

Выполненное моделирование позволило выявить основные управляющие контуры в информационном пространстве СНС. В результате выполненного анализа появилась возможность повышения эффективности контура управления «А3–И.05–А6–И.06–А3» за счет автоматизации процесса управления посредством использования информационных систем поддержки принятия решений (ППР) и применяемых ими интеллектуальных информационных технологий [4].

По результатам моделирования определилось, что непосредственное управляющее воздействие со стороны налогового администрирования (блок А3) на функцию «Уплата налогов» (блок А6) реализуется через связь И.05. Обратная связь реализуется непосредственно через И.06 и косвенно – через функцию «Управление финансовыми потоками» (связи И.07 и И.10). Это делает налоговое администрирование [4] центральным звеном в СНС в задаче повышения эффективности всей системы.

При выявлении потенциальных объектов выездных налоговых проверок на этапе их планирования предлагается использовать кластеризацию налогоплательщиков в пространстве признаков, в качестве которых выступают показатели, характеризующие рентабельность и платежеспособность предприятия, его деловую активность и финансовую устойчивость. Выявление потенциальных

объектов выездных налоговых проверок предполагает использование динамической их кластеризации [4]. Переход от традиционной (стационарной) кластеризации к динамической, учитывающей динамику используемых признаков, позволяет значительно расширить аналитические возможности данного инструментария. Отслеживание изменений в принадлежности анализируемых предприятий к тем или иным кластерам, характеризующим уровень их финансового состояния, позволяет фиксировать критичные изменения принадлежности анализируемых предприятий к тем или иным категориям финансовой устойчивости. Данные изменения служат основанием для принятия решения о включении выявленных таким образом предприятий в состав кандидатур плановой выездной проверки.

Заключение

Таким образом, полученные результаты

– позволили определить объекты автоматизации процесса управления в налоговом администрировании за счет использования информационных систем поддержки принятия решений;

– обеспечивают расширение аналитических возможностей в принятии решений при государственном налоговом администрировании за счет использования предложенной интеллектуальной информационной технологии, основанной на динамической кластеризации.

Литература

1. Ильин, А. Ю. Формирование организационно-правового механизма налогового контроля в современных условиях / А. Ю. Ильин // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук. – 2007. – 28 с.

2. Анфёров, М. А. SADT моделирование системы налогообложения в Российской Федерации / М. А. Анфёров, О. Б. Рашитова // Экономика и управление: научно-практический журнал. – 2015. – №2. – С. 94-101.

3. Белянская, О. В. О некоторых тенденциях в налоговом администрировании в России / О. В. Белянская, Д. Р. Тутаева // Российское предпринимательство. – 2013. – № 3 (225). – С. 12-18.

4. Анфёров, М. А. Эволюционная кластеризация в задачах принятия решений / М. А. Анфёров, О. Б. Рашитова // Proc. of the 2-nd Int. Conf. ITIDS&RRS, May 18-21, Ufa, Russia, 2014. – Vol. 1. – С. 256-261.

Описательная модель системы управления авиационного формирования

А. Д. Афанасьев, email: usy_2001@mail1.ru
С. С. Белоусов, email: belousovtel@yandex.ru
Е. В. Головченко, email: evvigo@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе предложено структурно-функциональное описание системы управления авиационного формирования и предложен подход к построению ее пространственно-временной модели с использованием системного и сетевого методов.*

Ключевые слова: *Система управления, система связи, модель, множество.*

Введение

Реализация боевых возможностей авиационным формированием во многом зависит от эффективности управления им. При этом под эффективностью управления понимается наиболее общее, определяющее свойство управления авиационным формированием, раскрывающееся через категорию цели и объективно выражающееся степенью достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени [1]. Целью управления можно определить выработку субъектом управления управляющего воздействия и его доведение до объекта управления. Для достижения требуемой эффективности управления техническая основа системы управления авиационного формирования – система связи авиационного формирования должна обеспечить предоставление современных услуг связи в условиях активного радиоэлектронного и огневого воздействия противника, то есть отвечать требованию устойчивости [2].

Таким образом, актуально решение задачи, заключающейся в разработке способов обеспечения устойчивости системы связи в интересах эффективности управления авиационным формированием. При этом под способом обеспечения устойчивости системы связи в работе понимается установленный порядок и приемы использования сил и средств связи при развертывании и эксплуатации системы связи

© Афанасьев А. Д., Белоусов С. С., Головченко Е. В., 2019

авиационного формирования, отвечающего требованию по устойчивости [2].

Для решения данной задачи необходимо структурно-функциональное описание системы управления и процесса управления авиационным формированием.

1. Теоретико-множественная модель системы управления

Предлагается использовать теоретико-множественное описание, рассматривающее два аспекта системы управления: ее строение и поведение [3].

Под строением системы управления понимается состав элементов и организация их в единое целое. Элементами системы управления являются [4]:

$\mathbf{Сб} = \{сб_1, сб_2 .. сб_i ...\}$ – множество субъектов управления;

$\mathbf{Об} = \{об_1, об_2 .. об_k ...\}$ – множество объектов управления;

$\mathbf{Эл} = \{эл_1, эл_2 .. эл_s ...\}$ – множество элементов системы связи.

Под организацией системы управления понимаются взаимосвязи и взаимодействия между ее элементами, обеспечивающие объединение элементов в конкретную систему управления:

$\mathbf{Упр}_{ik} = \{упр_{ik}^1, упр_{ik}^2 .. упр_{ik}^n ...\}$ – множество управляющих воздействий на *k*-й объект управления со стороны *i*-го субъекта управления;

$\mathbf{Усл}_{ik} = \{усл_{ik}^1, усл_{ik}^2 .. усл_{ik}^p ...\}$ – множество услуг связи, используемых при управлении *k*-м объектом управлении *i*-м субъектом управления.

Множество всевозможных подсистем управления, образующих систему управления авиационного формирования формируется путем перемножения множеств элементов системы с учетом наличия связей и взаимодействия между элементами:

$$\mathbf{СУ} = \{су_u \in \mathbf{Сб} \times \mathbf{Об} \times \mathbf{Эл} \,|\, \mathbf{P}(су_u)\} = \{.. (сб_i, об_k, эл_s) ..\} \qquad (1)$$

где $\mathbf{P}(су_u): \forall св_{су_u} = 1$ – множество предикатов, истинность которых свидетельствует о наличии в подсистеме управления $су_u$ связей и управляющих воздействий между соответствующими объектом и субъектом управления понимается, то есть множество **СУ** представляет собой всевозможные информационные направления, функционирующие в системе управления авиационного формирования.

Модель строения подсистемы управления $су_u$ можно представить в виде многоуровневой структуры (рис. 1).

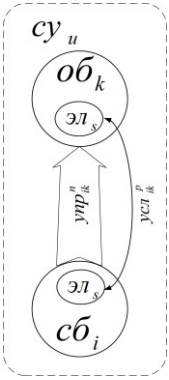


Рис. 1. Модель строения подсистемы управления

Под поведением системы управления понимается изменение ее состояния в процессе функционирования. Поведение принято описывать в терминах входов и выходов [3]. При этом под входами системы управления понимаются:

$$\mathbf{СОб} = \langle \mathbf{ФОб}, \mathbf{УО}, \mathbf{Рес}, \mathbf{Рез}_{об}, \mathbf{Упр} \rangle = \{соб_1, соб_2 .. соб_l ...\}$$ –

множество состояний объектов управления;

$$\mathbf{ССб} = \langle \mathbf{ФСб}, \mathbf{УО}, \mathbf{Рес}, \mathbf{СОб}, \mathbf{Упр}, \mathbf{Усл} \rangle = \{ссб_1, ссб_2 .. ссб_m ...\}$$ –

множество состояний субъектов управления;

$$\mathbf{СЭл} = \langle \mathbf{ФЭл}, \mathbf{УО}, \mathbf{Рес}, \mathbf{ССб}, \mathbf{Усл}, \mathbf{Сп} \rangle = \{сэл_1, сэл_2 .. сэл_x ...\}$$ –

множество состояний элементов системы связи,

где **ФОб**, **ФСб**, **ФЭл** – множества функций, выполняемых объектами управления, субъектами управления и элементами системы связи соответственно;

Рес – множество ресурсов различной природы (материальных, временных, информационных и др.), выделяемых при выполнения боевой задачи;

УО – множество значений элементов условий обстановки, в которых функционирует система управления и которые оказывают на нее воздействие;

Рез$_{об}$ – множество задач, выполняемых объектами управления;

Сп – множество способов обеспечения устойчивости системы связи авиационного формирования.

Под выходом системы управления понимается результат ее функционирования, то есть состояние, в которое переходит объект управления, и, следовательно, вся система управления в целом (рис. 2).

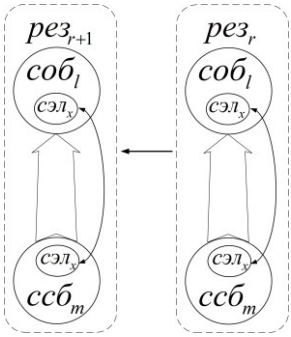


Рис. 2. Модель поведения подсистемы управления

В связи с тем, что условия обстановки носят стохастический характер, то их влияние на элементы системы управления предопределяют случайный характер результата функционирования системы:

$$\mathbf{Рез} \subset \mathbf{СОб} \times \mathbf{ССб} \times \mathbf{СЭл} = \{рез_1, рез_2, ...рез_r ...\} \qquad (2)$$

Целью функционирования системы управления и, соответственно, управления авиационным формированием является достижение требуемого результата. Данным результатом может быть:

формирование управляющего воздействие (определяется состоянием субъекта управления);

доведение управляющего воздействия до объекта управления для перевода его в требуемое состояние (определяется состояниями элемента системы связи и объекта управления).

Для оценки качества функционирования предлагается критерий пригодности результата: включение элементов множества **Рез** во множество требуемых состояний:

$$\mathbf{Рез} \subset \mathbf{Рез}_{тр} = \left\{ рез_t^{тр} \in \mathbf{СОб} \times \mathbf{ССб} \times \mathbf{СЭл} \;\middle|\; \mathbf{Р}\left(рез_t^{тр}\right) \right\} \qquad (3)$$

где $\mathbf{Р}\left(рез_t^{тр}\right)$: $\bigcap_{y=1}^{Y} \left(пок^{y}_{рез_t^{тр}} \in \mathbf{Пок}_{тр} \right)$ – множество предикатов, истинность которых свидетельствует о принадлежности множества Y показателей t-го результата управления к множеству требуемых значений показателей Поктр.

Показателем эффективности управления авиационным формированием понимается вероятность достижения ею цели:

$$Эф = P\left(\mathbf{Рез} \subset \mathbf{Рез}_{тр}\right) \quad (4)$$

Задачей повышения эффективности управления авиационным формированием является разработка способов обеспечения устойчивости системы связи авиационного формирования, удовлетворяющего одному из критерием: оптимальности (5) или пригодности (6).

$$\mathbf{Сп} : \max P\left(\mathbf{Рез} \subset \mathbf{Рез}_{тр}\right) \quad (5)$$

$$\mathbf{Сп} : P\left(\mathbf{Рез} \subset \mathbf{Рез}_{тр}\right) \geq P_{тр} \quad (6)$$

2. Пространственно-временная модель системы управления

Динамика функционирования системы управления авиационного формирования может быть описана с использованием системного подхода, позволяющего осуществить декомпозицию функционирования системы управления по этапам выполнения задачи авиационным формированием с выделением элементов системы управления, необходимых на каждом этапе, и по времени выполнения этапа. При этом функционирование системы управления может быть представлено с использованием метода сетевого планирования и управления [5].

Сетевое планирование и управление представляют собой комплекс расчетных методов, организационных мероприятий и контрольных приемов и является эффективным инструментом управления. Использование данного метода позволяет должностным лицам органов управления, контролировать планируемый процесс в целом со всеми существенными связями. В сетевой модели все мероприятия и действия представлены в их логической и технологической последовательности. Именно в этом заключается сущность метода, которая не позволит упустить детали или нарушить порядок планирования и управления, а система связи обеспечит управления авиационным формированием с требуемым качеством [5].

В соответствии с вышеизложенным подходом, разработана пространственно-временная модель системы управления условного авиационного формирования (рис. 3).

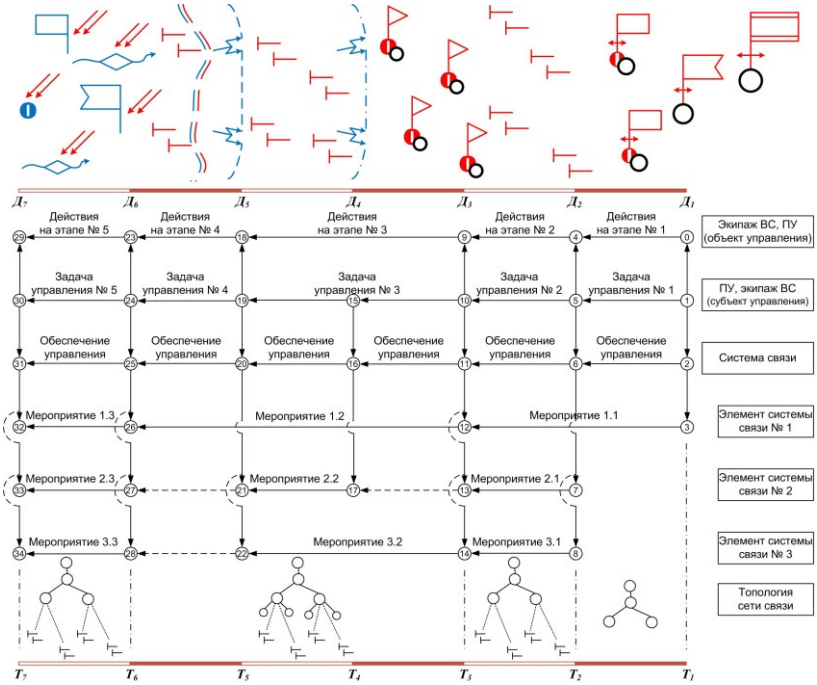


Рис. 3. Пространственно-временная модель системы управления авиационного формирования

На модели представлен графический план выполнения боевой задачи авиационным формированием по этапам с указанием:

– боевой задачи авиационного формирования;

– базирования авиации при подготовке и в ходе выполнения боевой задачи;

– элементов системы управления;

– элементов системы связи;

– элементов воздействия противника на систему связи.

К графическому плану «привязаны» подсистемы управления, функционирующие на определенном этапе выполнения боевой задачи. Действия, задачи и мероприятия, выполняемые элементами подсистем управления (обозначены стрелками), а так же их состояния (обозначены кружками), в которые переходят элементы подсистем управления в результате функционирования системы управления на данном этапе.

Каждому из этапов соответствует определенная топологии инфокоммуникационной сети авиационного формирования.

Для учета масштаба и динамики действий в модели осуществлена их привязка к пространственной и временной шкалам.

Привязка сетевой модели к графическому плану позволяет рассматривать проводимые мероприятия как во времени, так и в пространстве, что дает возможность представлять их в целом, находить узкие места и уже на стадии планирования устранять их.

Заключение

Предложенный подход позволяет дифференцированно оценить качество связи на каждом информационном направлении и влияние качества связи на эффективность управления на каждом из этапов выполнения боевой задачи.

Помимо этого при решении задач оценки влияния устойчивости системы связи на эффективность управления авиационным формированием значения подсистемы наземной связи и подсистемы воздушной связи на различных этапах выполнения боевой задачи существенно отличаются. Предложенный подход позволяет учесть и данную особенность построения системы связи авиационного формирования.

Оформление работы должны строго выполняться с использованием только стилей, которые представлены в данном шаблоне.

Список литературы

1. Колесников, Г. М. Прикладные аспекты теории деятельности человека : монография / Г. М. Колесников. – Монино : Военно-воздушная академия, 2010. – 505 с.

2. Словарь войск связи Вооруженных Сил Российской Федерации. – М. : Воениздат, 2008. – 216 с.

3. Морозов, Л. М., Методологические основы теории эффективности : учебное пособие / Л. М. Морозов, Г. Б. Петухов, В. Н. Сидоров. – Ленинград: Военный инженерный краснознаменный институт, 1982. – 236 с.

4. Теория управления в системах военного назначения : учебник / А. В. Боговик [и др.] ; отв. ред. А. В. Боговик. – М. : МО, 2001. – 320 с.

5. Тараканов, К. В. Математика и вооруженная борьба / К. В. Тараканов. – М. : Воениздат, 1974. – 240 с.

Алгоритм оценки разведзащищенности узлов связи

Р.А. Баранов, email: rombank20@mail.ru
П.А. Федюнин, email: fpa1@yandex.ru
С.Н. Лёвин, email: lyovin.sergej@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *В данной работе рассматривается алгоритм оценки разведзвщищенности узлов связи при использовании в системе связи ложных узлов связи.*

Ключевые слова: *Разведзащищенность, демаскирующий признак, радиоэлектронное средство, время вскрытия.*

О роли имитации в повышении устойчивости системы связи можно судить по опыту локальных войн. Следует отметить, что при подавлении систем управления обороняющейся стороны во Вьетнаме (1964 - 1973 гг.), Египте (1970 г.), в зоне Персидского залива (1991 г.) и Югославии (1999 г.) от 15 до 50 % ударов авиации приходилось на ложные позиции. Исходя из данного опыта, оборудование ложных позиций узлов связи в условиях боевых действий вынудит противника выделить часть средств на их разведку и огневое подавление, что приведет к распылению его сил и средств при подавлении системы управления, может ввести его в заблуждение и в результате этого принудит к нерациональному планированию боевых действий. А это и есть цель и задачи маскировки [1].

Вскрытие системы связи (состоящей из линий связи и узлов связи) будет вестись наземными, воздушными и космическими средствами радио- радиотехнической разведки (РРТР) противника независимо друг от друга и на выход блока будут поступать данные от системы, имеющей лучшие показатели.

Параллельно со вскрытием линий связи РРТР осуществляет вскрытие узлов связи пунктов управления.

Если рассматривать узел связи пункта управления (УС ПУ) как систему, то ее элементами можно считать все станции, группы и центры, образующие сам узел связи как систему.

© Баранов Р.А., Федюнин П.А., Лёвин С.Н., 2019

Узел связи считается вскрытым, если вскрыто 80% и более РЭС, входящих в его состав и определена оперативно-тактическая принадлежность (ОТП) узла связи по неполной совокупности разведывательных признаков, выявленных за время функционирования УС с требуемой вероятностью распознавания ОТП.

Среднее время вскрытия узла связи определяется: вероятностью перехвата, определяемая отношением числа постов перехвата к числу источников радиоизлучений; коэффициентом сходства УС ПУ с его эталонным признаковым изображением по совокупности признаков, выявленных системой разведки за время t; требуемой вероятностью вскрытия узла связи; числом источников радиоизлучений узла связи; среднем временем вскрытия всех РЭС узла связи.

За время вскрытия узла связи системе РРТР противника необходимо определить его оперативно-тактическую принадлежность с вероятностью не хуже 0,8, которая определяется: порогом распознавания, который лежит в пределах 0,95— 1,0 для многоальтернативного распознавания объекта; среднеквадратическим отклонением коэффициентов сходства объекта разведки с эталонами признаковых изображений других элементов-систем связи, которое может изменяться в пределах 0,2-0,8

Для определения коэффициента сходства системой РРТР противника производятся расчеты, связанные с этапом обработки разведывательных данных, получаемых подсистемой добывания РРТР противника, и заключаются в построении "системы распознавания" на основе метода таксономического анализа. Его суть заключается в попарном сравнении каждого из распознаваемых объектов с образами эталонов. При этом под объектом понимается узел связи пункта управления (УС ПУ), на котором на данный момент времени проявилась совокупность каких-то демаскирующих признаков, зафиксированных РРТР противника общего количества m признаков, которые рассматриваются у всех УС ПУ данной системы связи. Эталон же - это полная совокупность всех признаков из числа рассматриваемых, характерных для конкретного УС при условии, что все демаскирующие признаки узла проявились[2].

Создание у противника неопределенности относительно состояния и деятельности войск возможно только ведением маневренных и мобильных действий, поэтому систему связи необходимо обеспечивать имитаторами узлов связи промышленного производства, время развертывания (свертывания) которых соизмеримо или же меньше времени развертывания (свертывания) имитируемых ими аналогов УС ПУ. Это позволит обеспечить требуемые временные интервалы смены

ложных позиций. При этом также необходимо, чтобы имитаторы УС обладали всеми демаскирующими признаками, которые присутствуют у реальных УС ПУ.

С учетом определенных допущений будем полагать, что при выявлении средствами разведки противника истиной позиции узлов связи на фоне нескольких ложных УС ПУ выход средств поражения на истинную позицию обеспечивается с вероятностью *Рвип*, а при выявлении средствами разведки противника ложной позиции - выход средств поражения на эту ложную позицию обеспечивается с вероятностью *Рвлп*.

При количестве ложных позиций *Nл* полную группу событий можно записать следующим образом

$$P_{ВИП} + N_{Л} P_{ВЛП} = 1 \qquad (1)$$

Если все ложные позиции идентичны реальной позиции по своим внешним размерам, конфигурации, составу РЭС (имитаторов РЭС), их излучательным (отражательным) свойствам, значения вероятностей *Рвип* и *Рвлп* можно полагать равными. В этом случае вероятность *Рвип* выхода средств поражения на истинную позицию при наличии в данном районе *Nл* ложных позиций определяется по формуле

$$P_{ВИП} = \frac{1}{1+N_{л}} \qquad (2)$$

При вероятности поражения высокоточными боеприпасами объектов истиной позиции УС ПУ *Рвтоип* вероятность уничтожения этого подразделения при одном ударе с применением высокоточного оружия (ВТО) *Рунип* с учетом выражения (2) будет определяться по формуле

$$P_{втоип} = P_{унип} \frac{1}{1+N_{л}} \qquad (3)$$

Результаты расчетов [3], проведенные с использованием изложенного подхода, для различных значений *Nл* свидетельствуют, что в условиях применения ВТО для обеспечения живучести каждого подразделения (в качестве верхнего предельного значения вероятности уничтожения УС ПУ при одном ударе с применением ВТО выбрано *Рунип* = 0,3), необходимо использование не менее двух-трех ложных узлов. При этом данные узлы по своим внешним размерам, конфигурации, составу имитаторов узлов связи, их излучательным (отражательным) свойствам должны быть идентичны истинным УС ПУ. При одной ложном узле связи требуемая живучесть системы связи не обеспечивается, а количество ложных узлов связи больше трех при значительных затратах материальных и людских ресурсов не приводит к существенному повышению живучести подразделения.

Список литературы

1. Защита систем военной связи от радиоразведки и радиоподавления противника / В. Ф. Комарович [и др.]. – Л. : ВАС, 2009. – 248 с.

2. Баранов, Р. А. Выбор и обоснование показателей оценки скрытости управления авиационными формированиями при моделировании системы связи. / Р. А. Баранов, П. А. Федюнин, Р. Г. Шелухин // Статья. Сборник материалов 42 военно-научной конференции «Формы и способы применения войск (сил) ВКО» (Тверь, 23 мая – 24 мая 2013 г.). – Тверь: ВА ВКО, 2013 г. – С. 73-78.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2014660881. Российская Федерация. Программа распознавания узлов связи по демаскирующим признакам / Р. А. Баранов, П. А. Федюнин, М. А. Стафеев, С. П. Юрченко, С. Н. Бурянин – №2014618994; заявл. 03.09.2014; зарегистрир. 17.10.2014 опубл. 20.11.2014, М: ФИПС, 2014. – 1с.

Подход к анализу надежности телекоммуникационной сети на основе переборных методов

К. А. Батенков, e-mail: pustur@yandex.ru

Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации

Аннотация. *Представлен подход к анализу в общем случае k-полюсных телекоммуникационных сетей на основе простейшего переборного способа – метода полного перебора состояний.*

Ключевые слова: *сеть связи, граф, структура, вероятность связности, коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, метод полного перебора состояний.*

Введение

Типовая задача анализа надежности сети заключается в вычислении вероятности того, что определенный набор узлов может взаимодействовать друг с другом в течение заданного периода времени. Исходя из количества сообщающихся узлов, выделяют три основные формулировки задачи надежности сети: двухполюсную, k-полюсную и многополюсную (всеполюсную).

1. Типы сетей с точки зрения надежности

Двухполюсные сети характерны для структур, являющихся средой для взаимодействия двух оконечных узлов, например терминалов в мобильных сетях с произвольной конфигурацией (ad hoc) или мультиплексоров транспортных оптоволоконных сетей, для которых значимо понятие направление связи. Эти два узла обычно обозначаются как узлы источник и сток. Остальные узлы функционируют как ретрансляторы, обеспечивая канал связи между источником и стоком. Естественно, что как в беспроводной среде, так и в проводной линии связи, соединяющие узлы, могут случайно выйти из строя. В результате, работа сети обеспечивается избыточностью промежуточных узлов, чьи соединения гарантируют наличие дополнительных путей между источником и стоком.

Наиболее общая задача анализа надежности, характерная для компьютерных сетей, – это случай *k*-полюсных сетей. В данном варианте надежность определяется как вероятность того, что существует путь, соединяющий k терминалов (узлов, полюсов) в сети. Надежность

© Батенков К. А., 2019

здесь рассчитывается на основе вероятностей всех возможных маршрутов, соединяющих как минимум все заданные k полюсов.

Например, в оптоволоконных сетях стандартной топологией является кольцо, вершины которого представляют собой узлы, а ребра – оптоволоконную линию связи, соединяющую передатчик (сетевой порт подключения) и приемник (также сетевой порт подключения).

Когда первичное кольцо работает, то вершины и ребра, составляющие подграф этих элементов, пересекаются ровно один раз, образуя цепь Эйлера. Если линия связи или узел выходят из строя на основном маршруте передачи данных, то они исключаются из рассмотрения в качестве связующих элементов, и срабатывает алгоритм восстановления работоспособности сети. В результате формируется новый подграф, содержащий узлы как на первичном, так и на вторичном направлении, и образует также требуемую цепь Эйлера. Новый подграф обеспечивает связь между рабочими станциями и звеньями кольцевой сети.

Следует отметить, что проблема анализа надежности сети оказывается особенно сложной при рассмотрении надежности многополюсной (всеполюсной) сети (также называемой надежностью равномерной или общей сети). В данном случае надежность определяется на основе вероятности того, что все узлы могут взаимодействовать со всеми другими узлами. Многополюсная сеть характерна для ситуации, когда рассматривается взаимодействие между исходной вершиной (источником) и множеством терминалов, например, при предоставлении услуги широковещательного видео или трансляции телепрограмм.

В данной работе рассмотрены случаи двухполюсной и многополюсной сетей, как наиболее существенных с точки зрения используемых приложений. Кроме того, эти два варианта сетей являются, по сути, граничными для общей *k*-полюсной сети.

2. Вероятность связности как показатель надежности сети

Наиболее простым способом вычисления вероятности связности в заданной двухполюсной или многополюсной сети является полный перебор состояний ее элементов [1, 2]. В классической теории надежности он является частным случаем метода перебора гипотез [3]. Для двухполюсной сети суть метода заключается в том, что, задавая тем или иным способом все возможные состояния элементов сети, необходимо всякий раз определять, существует ли между источником и стоком хотя бы одна простая цепь, а для многополюсной – в переборе всех возможных состояний элементов сети и определении связности или

несвязности результирующего графа G [4, 5]. Если простая цепь существует либо граф сохраняет связность, то вычисляется вероятность данного состояния элементов как произведение вероятностей состояния каждого элемента [6]. При этом принимается за сомножитель либо вероятность работоспособного состояния, если элемент находится в работоспособном состоянии, либо вероятность неработоспособного состояния, если элемент оказывается неработоспособен. Набор всех состояний – это конституента, описывающая совокупное состояние элементов графа. Если же ни одной простой цепи при данном состоянии элементов не существует либо граф является несвязным, то переходят к формированию следующего состояния [7, 8]. После окончания формирования всех возможных состояний вычисленные значения вероятностей суммируют, в результате чего получают точное значение вероятности связности. Следует отметить, что данные состояния составляют полную группу событий, а значит сумма их вероятностей не может превышать единицу.

Каждый элемент может быть в одном из двух активных состояний [9] (работоспособен либо неработоспособен; безразличное состояние является пассивным в том смысле, что такой элемент просто временно исключается из числа элементов, участвующих в переборе).

Вероятность пребывания системы связи в состоянии, когда отказали i из n элементов, определяется по формуле Бернулли [10]:

$$p_{n,i} = C_n^i p^i q^{n-i},$$

где C_n^i – число сочетаний из n по i; p – вероятность работоспособности элемента; $q = 1 - p$ – вероятность неработоспособности элемента.

Отказ какого-либо подмножества из совокупности i элементов, $i = 0,1,\ldots,n$, системы связи приводит к разным последствиям: в одних случаях сеть (многополюсная или двухполюсная) остается связной, в других – ее связность нарушается.

Литература

1. Филин, Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи / Б. П. Филин. – Москва : Радио и связь, 1988. – 208 с.

2. Батенков, К. А. Общие подходы к анализу и синтезу структур сетей связи / К. А. Батенков // Современные проблемы телекоммуникаций: Материалы Российской научно-технической конференции. – Новосибирск, 2017. – С. 19-23.

3. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

4. Nozaki, T. Analysis of Breakdown Probability of Wireless Sensor Networks with Unreliable Relay Nodes / T. Nozaki, T. Nakano, T. Wadayama // 2017 IEEE Int. Symp. Inf. Theory. – Aachen, Germany, 2017. – P. 481-485.

5. Takabe, S. Fault Tolerance of Random Graphs with respect to Connectivity: Phase Transition in Logarithmic Average Degree [Electronic resource] / S. Takabe, T. Nakano, T. Wadayama. – Access mode : arXiv:1712.07807.

6. Батенков, К. А. Числовые характеристики структур сетей связи / К. А. Батенков // Труды СПИИРАН. – 2017. – № 4 (53). – С. 5-28.

7. Zhao, J. On the Strengths of Connectivity and Robustness in General Random Intersection Graphs / J. Zhao, O. Yagan, V. Gligor // 53rd IEEE Conf. Decision and Control. – Dec. 2014. – P. 3661-3668.

8. Yagan, O. Zero-one Laws for Connectivity in Random Key Graphs / O. Yagan, A. M. Makowski // IEEE Trans. Inf. Theory. – May 2012. – Vol. 58. – No. 5. – P. 2983-2999.

9. Батенков, К. А. К вопросу оценки надежности двухполюсных и многополюсных сетей связи / К. А. Батенков // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2017. – С. 604-608.

10. Дудник, Б. Я. Надежность и живучесть систем связи / Б. Я. Дудник, В. Ф. Овчаренко // Под ред. Б. Я. Дудинка. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.

Разработка модели бизнес процессов виртуального предприятия для магистерской программы по электротехническому инжинирингу в России

А. М. Бобрешов, email: bobreshov@phys.vsu.ru
И. С. Коровченко, email: korovchenko@phys.vsu.ru
М. П. Ряполов, email: riapolov@vsu.ru
Г. К. Усков, email: uskov@phys.vsu.ru
А. С. Жабин, email: zhabin@phys.vsu.ru
В. А. Степкин, email: stepkin@phys.vsu.ru

ФГБОУ ВО «ВГУ»

Аннотация. *В работе приводятся результаты разработки модели бизнес процессов виртуального предприятия, занимающегося проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Рассматриваются варианты платформ для реализации полученных моделей и использования их в учебном процессе по обучению магистров направления «Радиофизика»..*

Ключевые слова: *виртуальное предприятие, моделирование бизнес процессов, ERP*

На современных промышленных предприятиях широко применяются автоматизированные системы управления ресурсами и бизнес процессами. Такие системы позволяют руководителю наблюдать за всеми этапами производственных процессов, начиная с контакта с заказчиком заканчивая содержимым склада готовых изделий и графиком поставок. Обычным исполнителям эта система предоставляет оперативную информацию по необходимым для их деятельности ресурсам, единую среду взаимодействия с коллегами и представителями заказчика. Таким образом они могут сосредоточится на выполнении своих задач вместо оформления и согласования бумажных документов. В организациях, занимающихся научно-производственной деятельностью подобные системы распространены не так широко, но так же позволяют улучшить принятие управленческие решений и упростить работу рядовых сотрудников.

Поэтому для современных инженеров и научных работников кроме чисто профессиональных навыков, таких как умение конструировать новые устройства и проведение исследований, необходимо умение

© Бобрешов А. М., Коровченко И. С., Ряплов М. П., Усков Г. К., Жабин А. С., Степкин В. А., 2019

взаимодействовать с коллегами с помощью систем автоматизации предприятия.

При разработка компетентностной модели магистерской программы в области Электроинжиниринга и контроля качества при реализации проекта INSPIRE в рамках программы развития сотрудничества и культурного обмена в сфере высшей школы под эгидой Erasmus+ [1-3] был проведён опрос работодателей, который показал необходимость включения в программу курс по работе в виртуальном предприятии [1] для получения выпускниками необходимых компетенцией. Способность организовывать свои действия согласно бизнес процессам предприятия и умение взаимодействовать в едином информационном пространстве на базе виртуального предприятия дополняют навыки использования систем автоматизированного проектирования, компьютерной графики и моделирования. В ряде вузов-партнёров программы уже ведётся преподавание по данному направлению для специальностей, направленных непосредственно на конструкторскую и производственную деятельность. Однако Воронежский государственный университет ориентирован в большей степени на подготовку научных кадров, что требует серьёзной переработке опыта партнёров для построения модели виртуального предприятия, ориентированного на научные исследования, и моделирования его бизнес процессов. Исследования имеют свои особенности и бизнес процессы при их организации отличаются от чисто производственных, хотя и имеют многие общие черты.

В данной работе приводятся результаты моделирования бизнес-процессов виртуально предприятия, в которые будут вовлечены студенты при обучении. В качестве основы для модельного предприятия выбран отдел ОАО «Концерн «Созвездие», занимающийся научно исследовательскими и конструкторскими работами.

Для построения виртуального предприятия необходима формализация бизнес процессов, специфичных для проведения научно-исследовательских и конструкторских работ. При реализации проекта INSPIRE уже были описаны стандартные схемы организации процессов [3], проведена классификация рабочих процессов, анализ организационной структуры, структуры документации и электрического оборудования [6]. Однако, проведённая работа была направлена только на приборостроительные предприятия, главной целью которых является производство приборов, а не их разработка. В нашем случае необходимо создание виртуального предприятия для научных проведения научных исследований и конструкторских работ, что накладывает свои

требования к реализуемым процессам. Схема организации процессов приведена на рисунке.

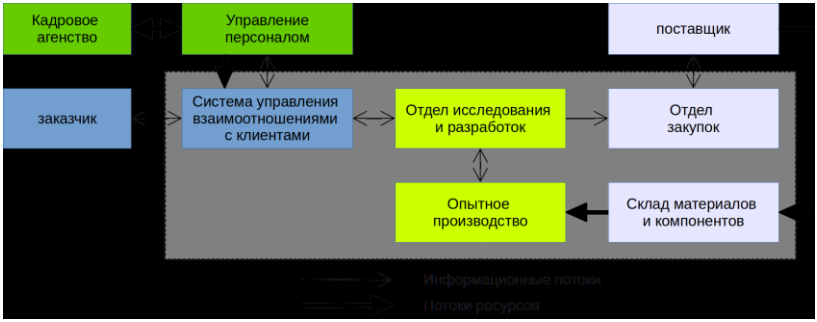


Рис. 1. Стандартная схема организации процессов при проведении научно-исследовательской и конструкторской деятельности

Поскольку размер всего предприятия велик, а аудиторные часы при обучении в магистратуре ограничены, то мы будем рассматривать только два компонента схемы, приведённой на рисунке: отдел исследования и разработок и опытное производство, с акцентом на отдел исследования как наиболее вероятное место работы наших выпускников.

Внутри отдела выделяются основные функциональные роли: начальник отдела, исследователь, конструктор, тестировщик, технический писатель. Количество ролей в реальных условиях может быть больше, но с учебной точки зрения мы сознательно делаем некоторое упрощение. Приведённых 5 ролей достаточно для понимания работы систем управления предприятием и в случае малых учебных групп в магистратуре у каждого студента будет возможность попробовать себя в каждой из этих ролей. Количество сотрудников для рассматриваемых ролей может варьироваться, за исключением начальника отдела, который всегда будет единственным.

Бизнес процессы, протекающие в отделе будут строиться по следующему сценарию: после получения технического задания проводится исследование о возможности реализации запрошенного проекта, после чего разрабатывается проект, производится опытный экземпляр, который тестируется и после успешного завершения тестов создаётся финальная версия проекта, пишется документация и отчёт по НИОКР. Для этого сценария потребуются следующие бизнес процессы:

Исследование мировых разработок в данной отрасли. На входе имеется техническое задание заказчика, по которому исследователи

составляют обзор имеющихся решений и научных исследований в интересующей заказчика области. Ими составляется отчёт и принимается решение о принципиальной реализуемости, которое согласуется с начальником отдела и конструкторами.

Проект устройства разрабатывается конструкторами и утверждается начальником отдела. В процессе готовится эскизная документация.

По эскизной документации производится опытный экземпляр. Для этого эскизная документация передаётся в опытное производство. В процессе возможно взаимодействие производства с конструкторами для уточнения вопросов, возникших при изготовлении реального устройства.

Опытный экземпляр передаётся тестировщикам для проверки его соответствия техническому заданию. Отчёт о тестировании утверждается начальником отдела и передаётся конструкторам для устранения недостатков.

После этого вносятся изменения в эскизный проект и повторяется производство опытного экземпляра и тестирование. Это может повторяться неоднократно до получения требуемых характеристик прибора.

После успешного тестирования последняя итерация эскизной документации становится проектной, на базе которой техническими писателями готовится производственная и программная документации, согласуемые с начальником отдела, конструкторами и опытным производством.

Последним процессом будет написание отчёта по научно исследовательской и конструкторской работе. В этом будут участвовать все сотрудники отдела, так как финальный отчёт содержит информацию о всей проделанной работе и является одним из результатов, предоставляемых заказчику наравне с производственной и программной документацией.

Для реализации описанных бизнес процессов будет использовано программное обеспечение Bonita BPM [4]. Выбор объясняется отсутствием платы за установку и использование системы и возможность самостоятельно создавать модели необходимых бизнес-процессов без привлечения программистов или компаний-интеграторов. Модели процессов строятся с помощью широко известной и хорошо документированной спецификации BPMN версии 2 [5] с использованием редактора с графическим интерфейсом. Реализация рассмотренных бизнес процессов в системе Bonita BPM будет

апробирована на занятиях с магистрами, обучающимися по направлению «Радиофизика» весной 2018 года.

Список литературы

1. Разработка компетентностной модели магистерской программы по электротехническому инжинирингу в россии и китае по методологии tuning / А. М. Бобрешов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – 2018, – № 3. – С. 135-140.

2. Kolomiets, A. Modernization of higher education in russia and china within Erasmus+ project INSPIRE / A. Kolomiets, G. Boyko, Dou Lijun // Современные тенденции развития профессионального образования. – 2017. – № 3. – С. 31-33.

3. Шайхутдинов, Д. В. Виртуальное предприятие – новый подход к организации учебного процесса в вузе / Д.В. Шайхутдинов, Н. И. Горбатенко, А. В. Коломиец // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – № 10. – С. 43-48.

4. Bonita BPM [Электронный ресурс] : Официальный сайт. – Режим доступа: https://www.bonitasoft.com/bonita-platform

5. BPMN Specifiction – Business Process Model and Notation [Электронный ресурс] : Официальный сайт. – Режим доступа: http://www.bpmn.org/

6. Petrochenkov, A.B. Technological docflow for vendors of energy and automated products: Information system and study case. / A. B., Petrochenkov, M. A. Khudorozhkova, A. V. Lyakhomskii // 2017 IEEE VI Forum Strategic Partnership of Universities and Enterprises of Hi-Tech Branches (Science. Education. Innovations) (SPUE) – 15-17 November 2017. – p. 44-47.

Проект финансируется при поддержке европейской комиссии.

Методика оценки состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования в автоматизированных системах управления связью и радиотехническим обеспечением

А. А. Василевский, email: usirto@tut.by
М. А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной работе предложена методика оценки состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования в автоматизированных системах управления связью и радиотехническим обеспечением.*

Ключевые слова: *системы радиотехнического обеспечения, автоматизированные системы управления связью и радиотехническим обеспечением.*

Введение

Эффективность применения государственной авиации зависит от целого ряда различных видов обеспечения. В свою очередь, при применении государственной авиации значительную роль играет состояние системы радиотехнического обеспечения как вида обеспечения.

Радиотехническое обеспечение полетов – это вид обеспечения полетов государственной авиации, который включает комплекс мероприятий, направленных на обеспечение взлета воздушного судна, радионавигации на всех этапах полета, управления полетами в районе аэродрома, вертодрома, посадочной площадки, посадки и движения воздушного судна по летному полю аэродрома, вертодрома [1].

Совокупность средств радиотехнического обеспечения, развернутых на аэродромах, вертодромах, посадочных площадках, авиационных полигонах, составляет систему радиотехнического обеспечения [1].

Проблема оценки состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования в автоматизированных системах управления связью и радиотехническим обеспечением в настоящее время формируется как задача комплексного исследования

© Василевский А. А., Стафеев М. А., 2019

состава, структур построения, функциональных, тактических и технических возможностей системы радиотехнического обеспечения.

Оценку состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования предлагается произвести через определение ее эффективности как сложной системы.

1. Разработка подхода

Для количественной оценки эффективности системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования предлагается представление системы радиотехнического обеспечения в виде иерархической декомпозиции в терминах ее структурных элементов и выполняемых этими элементами функций. При этом высшему уровню иерархии, представляющему систему в целом, соответствует мера ее эффективности – обобщенный показатель эффективности E системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования, занимающий высший уровень иерархии показателей эффективности [2].

Структура обобщенного показателя эффективности E формируется как функциональная зависимость определенного вида от характеристик эффективностей ее подсистем, то есть от обобщенных показателей эффективности подсистем системы радиотехнического обеспечения.

В свою очередь, обобщенный показатель эффективности любой из подсистем системы радиотехнического обеспечения также представляется определенной функциональной зависимостью от обобщенных показателей эффективности элементов (средств радиотехнического обеспечения), входящих в ее состав и выполняющих её функции. Такое представление продолжается до достижения последнего, низшего уровня иерархии показателей эффективности – уровня частных показателей эффективности системы радиотехнического обеспечения, характеризующих эффективности «простейших» ее элементов, то есть таких, для которых дальнейшая декомпозиция не возможна или признана нецелесообразной.

В итоге исходная задача оценки эффективности системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования препарируется на ряд самостоятельных задач оценки эффективности, способ постановки и решения которых является типовым, то есть инвариантен к содержанию задачи (Рис. 1) [2].

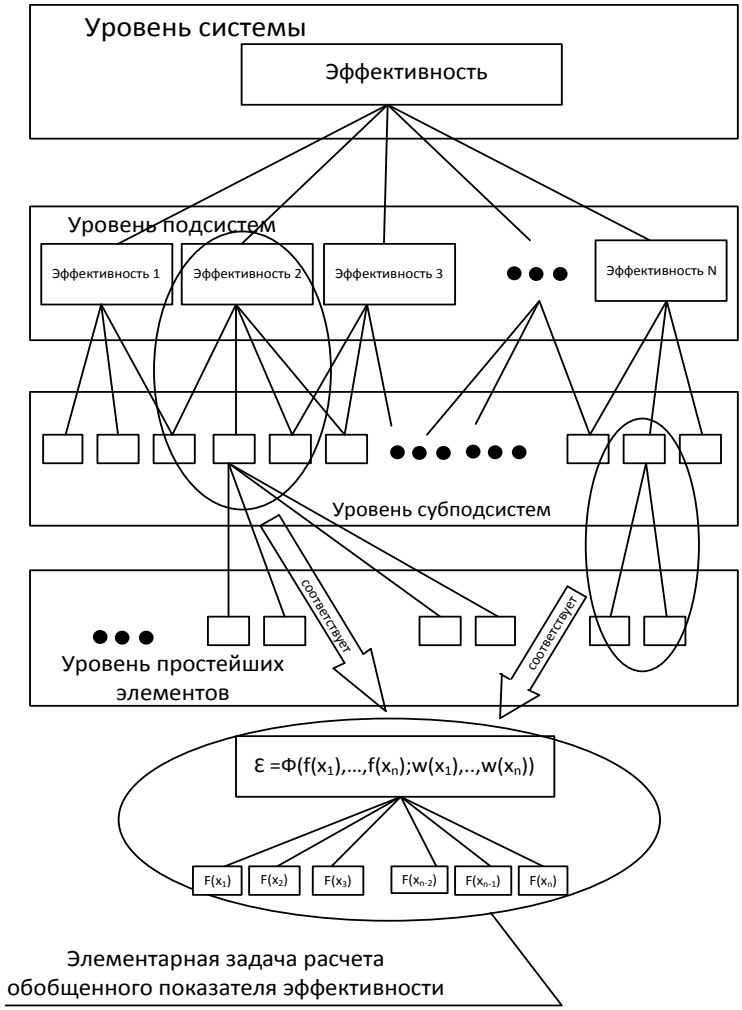


Рис. 1. Схема решения задачи оценки эффективности системы радиотехнического обеспечения

Решение задачи количественной оценки эффективности системы радиотехнического обеспечения может быть найдено посредством синтеза решений элементарных задач оценки эффективности, начиная с оценки эффективности простейших ее элементов. При этом результаты более «частных» решений являются исходными данными для получения

более «общих» оценок эффективности. На основе решений элементарных задач оценки эффективности и поэтапного обобщения результатов этих решений «снизу вверх» в конечном итоге формируется решение общей задачи оценки эффективности.

Структура показателя обобщенного показателя эффективности E такая, что $E = \{ E^*, \underline{E}, E_* \}$, где E^*, $\underline{E}$, E_*, соответственно верхняя средняя и нижняя оценки обобщенного показателя E.

Для отражения различной важности частных показателей эффективности $x \epsilon X$ по отношению к обобщенному показателю E используется понятие весов или весовых коэффициентов $w(x)$. Чем «важнее» частный показатель x, тем большую долю качества (эффективности) E он определяет и наоборот. Поэтому чем «важнее» показатель x, тем ближе его вес $w(x)$ к единице и наоборот [2].

Учитывая выше изложенное, обобщенный показатель E определяется как функция Φ от частных показателей эффективности $x \epsilon X$ и соответствующих весовых коэффициентов $W(x)$

$$E = \Phi(f(x), w(x)) \qquad (1)$$

где $f(x)$ – множество такое, что $f(x) = \{f(x_1), f(x_2), ..., f(x_n)\}$, а $w(x)$ – множество такое, что $w(x) = \{w(x_1), w(x_2), ..., w(x_n)\}$.

Как показано выше, обобщенный показатель эффективности средств радиотехнического обеспечения – это совокупность трех оценок: верхней (E^*), средней ($\underline{E}$) и нижней (E_*) оценки эффективности.

При этом E_* – нижняя («пессимистичная») оценка, а E^* – верхняя («оптимистичная») оценка, $\underline{E}$ – средняя оценка (математическое ожидание). Последняя оценка занимает промежуточное положение между верхней и нижней оценкой эффективности.

Первый метод «средней» оценки эффективности используется в случае попарной независимости частных показателей эффективности x в самостоятельной задаче оценки эффективности и позволяет получить количественную оценку эффективности ε, в которой «недостатки» (значения показателей эффективности x «хуже» нормы) компенсируются «достоинствами» (значения показателей эффективности x «лучше» нормы) рассматриваемого подмножества иерархии системы РТО, для которого решается самостоятельная задача оценки эффективности в той мере, в которой «недостатки» и «достоинства» сравнимы между собой.

Метод «верхней» оценки эффективности позволяет получить количественную оценку эффективности ε^*, которая базируется в основном на учете «достоинств» рассматриваемого подмножества иерархии системы радиотехнического обеспечения, для которого решается самостоятельная задача оценки эффективности.

Метод «нижней» оценки эффективности позволяет получить количественную оценку эффективности Ɛ*, которая базируется в основном на учете «недостатков» рассматриваемого подмножества иерархии системы радиотехнического обеспечения, для которого решается самостоятельная задача оценки эффективности.

Учитывая, что показатели эффективности системы радиотехнического обеспечения могут иметь как количественный, так и качественный характер, в методике предусмотрена процедура представления качественных оценок их количественными эквивалентами. В частности, эта процедура используется при определении весовых коэффициентов частных показателей эффективности *x* в элементарной задаче оценки эффективности.

На основе решений элементарных задач оценки эффективности и поэтапного обобщения результатов этих решений «снизу вверх» в конечном итоге формируется решение общей задачи оценки эффективности функционирования системы радиотехнического обеспечения. В зависимости от принятой стратегии расчета обобщенного показателя эффективности системы радиотехнического обеспечения будут получены различные значения эффективности.

Основные достоинства метода следующие:

инвариантность к назначению, целям, решаемым задачам и сложности (прежде всего, характеризуемой количеством уровней иерархии и количеством элементов на каждом уровне) системы радиотехнического обеспечения;

возможность применения на любом этапе жизненного цикла системы радиотехнического обеспечения как в режиме получения оперативной оценки эффективности, так и усредненной за период времени;

простота использования;

возможность программной реализации рассмотренного метода, адаптируемого к оценке состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования в автоматизированных системах управления связью и радиотехническим обеспечением.

Заключение

Таким образом, рассмотренный метод может быть применен при оценке состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования в автоматизированных системах управления связью и радиотехническим обеспечением.

Список литературы

1. Федеральные авиационные правила «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь». – М. : 2007. – 124 с.

2. Реутов, А. П. Автоматизированные информационные системы: Методы построения и исследования / А. П. Реутов, М. В. Черняков, С. Н. Замуруев. – М.: Радиотехника, 2010. – С. 238-242.

Использование уравнения Шрёдингера в пространстве Дука для анализа рынка ценных бумаг

В. В. Васильев
О. В. Исаева, email: phys@nnn.tstu.ru

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Использован квантовый анализ в прогнозировании временного ряда. Применено уравнение Шрёденгера в пространстве Дука для предсказания значений временного ряда и последующего тестирования рынка ценных бумаг. Разработаны алгоритм и компьютерная программа мониторинга движения денежных средств.*

Ключевые слова: *уравнение Шрёдингера, пространство Дука, канал временного ряда, случайная величина.*

Введение

В настоящее время так называемый «Квантовый анализ» набирает поклонников и может стать хорошим инструментом наряду с обычным техническим анализом в области прогнозирования движения цен на финансовом рынке. [1 - 4]. Использование квантового анализа позволяет применять идеи квантовой физики для более точного физически обоснованного построения квантового графика тестирования торговых систем [5]. Один из инструментов квантового анализа – каналы.

1. Квантовый анализ в прогнозировании временного ряда

Пусть фазовым пространством квантовомеханической системы является проективное пространство $\Phi = P(H)$, соответствующее некоторому комплексному гильбертову пространству. Точки пространства Φ называются состояниями системы. Пространство H реализуется как пространство функций, вектор Ψ называется волновой функцией. Наблюдаемой называется самосопряженный оператор A в пространстве H. Вероятность того, что значение наблюдаемой A в состоянии φ принадлежит подмножеству $E \subset R$ равна $\lambda_\Psi(E) = (\lambda(E)\Psi, \Psi)$, где λ - спектральная мера оператора A, а Ψ - единичный вектор из H, задающий состояние φ.

Уравнение, описывающее развитие системы во времени имеет вид

$$ih\frac{\partial}{\partial t}\Psi(q,t) = -\frac{h^2}{2m}\frac{\partial^2\Psi(q,t)}{\partial q^2} + V(q)\Psi(q,t)$$

© Васильев В. В., Исаева О. В., 2019

Пусть $r>0$, $\lambda=2r$, $\tau=\frac{r}{c}$, где c - максимально возможная скорость распространения энергии в пространстве. Определим импульс на выбранной длине волны равенством $P=\frac{h}{2r}$, где h - аналог постоянной Планка. Согласно Планку энергия может принимать только квантованные значения $E=nh\nu$, где $n=1,2,3....$ Масса выражается через V следующим образом $m=\frac{h}{2rV}$. В свою очередь частота связана с длиной волны соотношением $\lambda\nu=c$, где λ - длина волны, ν - частота.

Из предыдущих соотношений следует что

$$\frac{h}{2r}=\frac{nh\nu V_n}{c^2}=\text{const}$$

где V_n - скорость, соответствующая квантовому числу n. Отсюда следует правило квантования скорости

$$V_n=\frac{c}{n},$$

где $n=1,2,3...$

Уравнение Шрёдингера решается в сферических координатах.

$$-\frac{h^2}{2m}\left(\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{d\Psi}{dr}\right)+\frac{1}{r^2\sin\Theta}\frac{d}{d\Theta}\left(\sin\Theta\frac{d\Psi}{d\Theta}\right)+\frac{1}{r^2\sin^2\Theta}\frac{\partial^2\Psi}{\partial\varphi^2}\right)+U(r)\psi=E\psi$$

Пользуясь этим уравнением, возможно предсказать нахождение значения случайной величины в области пространства Дука. На его основе разработаны алгоритм и компьютерная программа мониторинга движения денежных средств торговой сети.

2. Компьютерная программа мониторинга движения денежных средств

Приводится фрагмент программы на Delphi, позволяющей прогнозировать поведение исследуемой случайной величины.

Сначала вычисляется r - размер кванта. Затем вычисляется параметр c - аналог скорости света в пространстве Дука. Затем производится квантование временного ряда и построение каналов, в которых может двигаться цена финансового инструмента.

Листинг 1

```
procedure TDuka.FilDuka;   // заполнение массива Duka
 const delta = 10;  //Величина приращения длины динамического
массива
 var j, l, p, k: word;
 Begin
  k:=Length(Y); j:=0; p:=0;      // //ShowMessage('k =
'+IntToStr(k));
  DukaY[0].Close:=0;          {Y[0].Close;} {DukaCl[0]:=0;}
j:=0; p:=0; r:=1*Amp/2; //ShowMessage('r = '+FloatToStr(r));
  while j < k do
   begin                          // if l=1 then l:=0;
    while (abs(Y[j].Close - Y[l].Close)<r) and (l<k) do
          begin  Inc(l) end; // //ShowMessage('l =
'+IntToStr(l));      // //ShowMessage(FloatToStr(Y[j].Close)+'
'+IntToStr(j)+'=j '+' '+FloatToStr(Y[l].Close)+'
'+IntToStr(l)+'=l');
    if p = Length(DukaY) then SetLength(DukaY, p + delta); //
Если требуется, увеличиваем длину массива
    if (Y[j].Close-Y[l].Close)>0
     then begin Inc(p); DukaY[p].Close:=DukaY[p-1].Close-r
end
      else begin Inc(p); DukaY[p].Close:=DukaY[p-1].Close+r  end;
// //ShowMessage(FloatToStr(DukaCl[p])+' '+IntTostr(p));
    j:=l
   end;
  if p < Length(DukaY) then SetLength(DukaY, p);   //
Корректируем длину массива, в соответствии с количеством
записанных в него элементов  p-1. //
//ShowMessage(FloatToStr(DukaY[0].Close)+' '+IntTostr(p));
 End;
procedure TDuka.FindC;  // Поиск с - аналога скорости света в
пространстве Дука
 var
  mx, mn: double;
  i, imn, imx: word;
 Begin
  mx:=DukaY[0].Close; mn:=DukaY[0].Close; imn:=0; imx:=0;
  for i := 1 to High(DukaY) do //
   begin
    if DukaY[i].Close<mn then begin mn:=DukaY[i].Close; imn:=i
end;
    if DukaY[i].Close>mx then begin mx:=DukaY[i].Close; imx:=i
end
   end;
 //  //ShowMessage('mx = '+FloatToStr(mx)+' mn =
'+FloatToStr(mn)+' imx = '+IntToStr(imx)+' imx =
'+IntToStr(imx));
  c:=abs(DukaY[1].Close-DukaY[2].Close);// //  r:     abs((mx-
mn)/(imx-imn));
 End;
```

```
procedure TDuka.ChBoard(const m, s: word);  //- нахождение опорных
точек границ каналов и n - энергетического уровня
 var i, k: word;
 Begin
  k:=High(DukaY);
 // R1 := DukaY[k-s].Close; R2 := DukaY[k-s].Close; i1:=k-s;
i2:=k-s;
  {for i := k-s downto k-m do              // R1 - min;  R2 -
max
   begin
    if (DukaY[i] < R1) and (DukaY[i]<DukaY[i+1]) and
(DukaY[i]<DukaY[i-1]) then begin R1 := DukaY[i]; i1 := i end;
    if (DukaY[i] > R2) and (DukaY[i]>DukaY[i+1]) and
(DukaY[i]>DukaY[i-1]) then begin R2 := DukaY[i]; i2 := i end
   end; }
  R1:=DukaY[k-m].Close; R2:=DukaY[k-s].Close; i1:=k-m; i2:=k-
s;
  Rn := abs(R2 - R1);
  if R2-R1>0 then begin signum:=-1 end
             else begin signum:=1 end
 End;
procedure TDuka.FindQ;
var i, j, k: integer;
 Begin
 // q:= 1.41; // 3.25; 1.5;   Rn/(4*r);
// Sh owMessage(FloatToStr(High(DukaY)));
  for i:=1 to High(DukaY) do
    begin
      for j:=i+1 to High(DukaY)-1 do
        begin
          if (abs(DukaY[i].Close-DukaY[j].Close)/(4*r)>q) and
(abs(DukaY[i].Close-DukaY[j].Close)/(4*r)<20)
              then q:=IntPower(abs(DukaY[i].Close-
DukaY[j].Close),2)/(4*r*abs(i-j)*c)
        end
    end;
 //  //ShowMessage(FloatToStr(q))
 End;
procedure TDuka.QCh;  //----- нахождение квантовых чисел
трендов
 var qq, enlevel: double;
 Begin
  enlevel:= c*abs(i2-i1)/Rn; // n - номер энергетического
уровня
  qq:=Rn/(q*r);
  if sqr(qq/2) + enlevel*qq >= 0
   then nABC[1]:= qq/2 + sqrt( sqr(qq/2)+qq*enlevel );
  if sqr(qq/2) - enlevel*qq >= 0
   then
    begin
     nABC[2]:=qq/2 + sqrt( sqr(qq/2)-qq*enlevel );
     nABC[3]:=qq/2 - sqrt( sqr(qq/2)-qq*enlevel )
```

```
    end;
 End;
procedure TDuka.Grad;   //----- нахождение скоростей трендов
 var i: byte;
 Begin
  if R2<R1 then begin  mABC[1]:=1; mABC[2]:=-1; mABC[3]:=-1
end
           else begin  mABC[1]:=-1; mABC[2]:=1; mABC[3]:=1
end;
  for i:=1 to 3 do if nABC[i]<>0 then
vABC[i]:=mABC[i]*c/nABC[i];
 End;
procedure TDuka.Draw(const XY: matr; var fl: control; const
MyF: TForm1);
 var
  lft, rgt, i: cardinal;
  CH, CW: word;
 Begin
  lft:=trunc(fl[1]); rgt:=trunc(fl[2]);
  if rgt>High(XY) then rgt:=High(XY);
  if lft<0 then lft:=0;
  for i:=lft to rgt do
   begin
    if XY[i].Close<fl[3] then fl[3]:=XY[i].Close;
    if XY[i].Close>fl[4] then fl[4]:=XY[i].Close
   end;
  with MyF do
   begin
    CH:=2*ClientHeight; CW:=ClientWidth;
    fl[6]:=CH/(fl[4]-fl[3]);  // коэффициенты растяжения
    fl[5]:=CW /(rgt-lft);    //
    with Image1.Canvas do
     begin
                  {рисовать оси}
      Pen.Color := clSilver;
      Brush.Color:=clSilver;
      Pen.Width:=1;          //толщина линии графика
      //Pen.Style:=psDash;
      for i:=1 to 10 do                {вертикальные}
       begin
        MoveTo(trunc(i*CW/10), 0);
        LineTo(trunc(i*CW/10), CH);
       end;
      for i:=1 to 10 do                {горизонтальные}
       begin
        if i=5 then Pen.Color:=clBlue else
Pen.Color:=clSilver; {выделить середину}
        MoveTo(0, trunc(i*CH/10));
        LineTo(CW, trunc(i*CH/10));
       end;                                          {строить
график }
```

```
     Pen.Color := trunc(fl[8]);  // установить цвет кисти -
цвет линии графика
     Pen.Style := psSolid;  //стиль линии графика
     Pen.Width:=2;          //толщина линии графика
     MoveTo( 0, trunc(0.5*fl[7]*CH) -trunc(0.5*fl[6]*
(XY[lft].Close-fl[3])));
     for i:=lft+1 to rgt  do
      LineTo(trunc(fl[5]*(i-lft)), trunc(0.5*fl[7]*CH) -
trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3])));
     if fl[9]=1
      then
       begin
        for i:=lft+1 to rgt  do
         Ellipse(trunc(fl[5]*(i-lft)-3), trunc(0.5*fl[7]*CH)-
trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3]))+3,  trunc(fl[5]*(i-
lft)+3), trunc(0.5*CH*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-
fl[3]))-3);
       end;
     if fl[10]=1
      then
       begin
       Font.Name := 'Tahoma';
       Font.Size := 8;
       Font.Color := clLime;
       Brush.Style := bsClear; // область вывода текста не
закрашивается
        for i:=lft+1 to rgt  do
         begin
          TextOut(trunc(fl[5]*(i-lft)),
trunc(10+0.5*CH*fl[7])-trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3])),
IntToStr(rgt-i) );
          MoveTo (trunc(fl[5]*(i-lft)), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3])));
         end;
       end;
    end;
   end;
 End;
procedure TDuka.DrawTr(var fl: control; const MyF: TForm1);
 var i, lft, rgt,CH,CW, tn: word;
 Begin
  lft:=trunc(fl[1]); rgt:=trunc(fl[2]);
  CH:=2*MyF.ClientHeight; CW:=MyF.ClientWidth;
  with MyF.Image1.Canvas do
   begin
    Pen.Style := psSolid;  //стиль линии графика
    Pen.Width:=2;          //толщина линии графика
    for i:=1 to 3 do
     begin
      Pen.Color := cABC[i];  // установить цвет кисти - цвет
линии графика
```

```
      MoveTo(trunc((i1 -lft)*fl[5]), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(DukaY[i1].Close-fl[3])));
      LineTo(trunc((rgt-lft)*fl[5]), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(lin(vABC[i], DukaY[i1].Close, abs(i1-rgt))-
fl[3] )));
      MoveTo(trunc((i2 -lft)*fl[5]), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(DukaY[i2].Close-fl[3])));
      LineTo(trunc((rgt-lft)*fl[5]), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(lin(vABC[i], DukaY[i2].Close, abs(rgt-i2))-
fl[3])));
     end;
     Pen.Color:=clWhite;
     Pen.Width:=1;
     for i:=1 to 7 do
       begin
        MoveTo(trunc((i2 -lft)*fl[5]), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(DukaY[i2].Close-fl[3])));
        LineTo(trunc((rgt-lft)*fl[5]), trunc(CH*0.5*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(lin(signum*c/i, DukaY[i2].Close, abs(rgt-i2))-
fl[3] )));
    fl[3])));
  fl[3]))+3,  trunc(fl[5]*(i-lft)+3),trunc(0.5*CH*fl[7])-
trunc(0.5*fl[6]*(XY[i].Close-fl[3]))-3);
       end;
   end;
 End;
```

Заключение

В работе установлена связь между квантовой физикой и экономикой, позволяющей использовать математические методы и квантовый анализ в прогнозировании временного ряда и мониторинга движения денежных средств.

Список литературы

1. Кириллов, А. А. Теоремы и задачи функционального анализа / А. А. Кириллов, А. Д. Гвишиани. – М.: Наука, 1988. – 380 с.
2. Дука, А. Общая теория эволюции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dukascopy.narod.ru/files/sp5_r.html
3. Васильев, В. В. Канал для значений временного ряда / В. В. Васильев, О. В. Исаева // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18. – № 5-2. – С. 2470-2472.
4. Васильев, В. В. Канал временного ряда / В. В. Васильев, О. В. Исаева // В сборнике: Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн Материалы III Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 142-145.
5. Барсуков, В. И. Физика. Волновая и квантовая оптика : учебное пособие / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев. – Тамбов: Изд. ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 132 с.

Интеграционные и дезинтеграционные процессы в цифровой экономике

К.А. Гайдаш, e-mail: gaydash_49@mail.ru
Ф.И. Ерешко, e-mail: fereshko@yandex.ru
В.И. Меденников, e-mail: dommed@mail.ru

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *В работе рассмотрены интеграционные и дезинтеграционные процессы в информатизации страны. Показана необходимость перехода к промышленной технологии разработки и внедрения информационных систем.*

Ключевые слова: *информатизация, интеграция информационных систем, цифровая экономика.*

Введение

Становление информатизации страны на основе персональных компьютеров пришлось на годы перестройки. В эти годы процесс информатизации шел по инерции, одновременно с развалом экономики разваливались как организационные структуры по разработке, внедрению и сопровождению информационных систем, так и сами системы. Например, в настоящее время при объединении в Федеральный научный центр (ФНЦ) ВНИИЭСХ Всероссийского института аграрных проблем и информатики окончательно ликвидирована в тематике ФНЦ информатизация. В результате – ни в одном сельскохозяйственном НИИ не осталось структурного подразделения, комплексно занимающегося данной проблемой. И это является общей тенденцией в стране. Например, при обсуждении Программы цифровой экономики (ЦЭ) в Аналитическом центре правительства РФ не было официальных представителей РАН.

С прекращением всякой поддержки процесса информатизации со стороны государства и органов управления с началом перестройки процесс информатизации в стране перешел в неуправляемую фазу. Поэтому включение стихийных механизмов регуляции процесса информатизации позволило несколько сгладить остроту восприятия изменений, связанных с информатизацией, но сделало сам процесс более длительным и привело к значительному перерасходу ресурсов, а они становятся весьма значительными.

© Гайдаш К. А., Ерешко Ф. И., Меденников В. И., 2019

Однако, например, до сих пор ни в Минсельхозе РФ, ни в отделении сельскохозяйственных наук РАН этого не воспринимают. В сельском хозяйстве, как и в стране, доминирует «позадачный» метод разработки и внедрения информационных систем (ИС), хотя в развитых странах давно уже поняли, что только комплексная информатизация предприятий способна дать эффект. В результате этого появилось большое количество из сотен и тысяч изолированных и несовместимых по функциям локальных ИС на предприятиях страны, органах управления, в НИИ, учебных заведениях. По нашим расчетам в ближайшее время потенциально будет создано 4800000 ИС только в растениеводстве с такими же проблемами. Недостаточный уровень интеграции ИС явится одной из причин, способных помешать достижению целей Программы цифровой экономики.

В настоящее время разработан проект программы "Цифровое сельское хозяйство" без участия РАН, однако в ней не упоминается ни об интеграции, ни о типизации ИС и информационных ресурсов, ни о цели программы. А ведь основная цель ЦЭ - повышение эффективности управления страной, отраслями, регионами, предприятиями и т.д.

1. Обоснование перехода на комплексный подход к информатизации

Рассмотрим экономическую составляющую перехода экономики страны на комплексную информатизацию предприятий. Из мирового опыта давно известно [1], что затраты на разработку программного продукта распределяются примерно следующим образом. Примем за единицу стоимость разработки некоторой программы. Она является завершенным продуктом, пригодным для запуска лишь своим автором на системе, на которой была разработана. В НИУ, на предприятиях обычно производится и покупается такой продукт. Есть два способа, которыми программу можно превратить в более полезный, но и более дорогой объект. Первый - программа превращается в программный продукт. Это программа, которую уже любой человек может запускать, тестировать, исправлять и развивать. Она может использоваться в различных операционных средах и со многими наборами данных. Стоимость программного продукта, по меньшей мере, втрое больше, чем просто отлаженная программа с такой же функциональностью. Второй - программа становится компонентом программного комплекса. Последний представляет собой набор взаимодействующих программ, согласованных по функциям, форматам и интерфейсам. Компонент программного комплекса стоит также втрое дороже, чем автономная программа с теми же функциями. Тогда системный программный

продукт, который отличается от обычной программы во всех перечисленных отношениях, стоит, соответственно, в девять раз дороже.

Следовательно, вложив средства в разработку комплексных информационных систем, при внедрении их, начиная со второго десятка предприятий будет достигнут уровень самоокупаемости разработки. Подобный эффект (эффект масштаба) наблюдается также при внедрении, обучении и сопровождении информационных систем (ИС). При этом проектирование и разработка ИС могут осуществляться тремя способами: индивидуальным, типовым и автоматизированным. В информатизации большинства отраслей пока наблюдаются лишь дезинтеграционные процессы на основе индивидуального проектирования и разработки ИС. Интеграционные процессы, ориентированные на типовое и автоматизированное проектирование, могут начаться лишь при активном вмешательстве государства.

Очевидно, что десятки тысяч однородных предприятий страны обуславливают необходимость в комплексном, системном подходе к проблеме создания и внедрения ИС, т.е. в индустриальном подходе к проектированию, разработке и внедрению ИС. Это позволит сократить затраты на информатизацию в десятки, сотни раз.

Для формализации обоснования перехода на методы интеграции и типизации при разработке ИС введем обозначения: $S = \{S_m\}$ - рассматриваемое множество систем и $S_m = \{S_{rmp}\}$; $r = \overline{1,R}$; $m = \overline{1,M}$; $p \in P$; S_{rmp} - r-я подсистема m-й системы для предприятия p. $P = \{P_{oj}\}$, где o - индекс, характеризующий отраслевые различия, j – организационно-экономические, агроклиматические, технологические, экологические и пр. особенности агропромышленного производства.

Пусть $I_{sm}(i, \underset{l \in L_i}{U} K_l)$ - модель (проект) m-й системы на i-м этапе проектирования в терминах используемых языков (языки схем, таблиц, программ и т.д.) K_l, $K_l \subset K$; $l = \overline{1,L}$; $i = \overline{1,I}$.

Таким образом, процесс проектирования представим в виде $I_{sm}(i, \underset{l \in L_i}{U} K_l) \xrightarrow{\Pi(i,i+1)} I_{sm}(i+1, \underset{l \in L_{i+1}}{U} K_l)$, где $\Pi(i, i+1)$ оператор проектирования, отражающий создание проекта ИС в терминах соответствующих языков. При этом критерий эффективности Ф(П,Р,К,S,Т) процедуры проектирования должен принимать оптимальное значение.

Если проекты $I_{sm}(i, \underset{l \in L_i}{U} K_l)$, $I_{sm}(i+1, \underset{l \in L_{i+1}}{U} K_l)$ могут быть сформулированы в виде информационных массивов и при этом множество операторов проектирования $П$ применимо для одного предприятия $p = p_0$, то проектирование называется индивидуальным, если операторы проектирования применимы для группы предприятий $P_1 \subset P$, то проектирование называется типовым, если же П не зависит от конкретных р и П(i,i+1) представлен в виде инструментальных программных средств - автоматизированным, настоятельная необходимость перехода к которому диктуется ЦЭ.

В общем случае $П(i, i+1)$ зависит, помимо K_l от ресурсов, выделенных на проектирование $R_П$; средств проектирования $C_П$; структуры системы G_{sm}, в частности, структуры управления; ресурсов системы R_{sm}, например, выделенных средств на приобретение вычислительной техники; параметров системы B_{sm}, например, временных, стоимостных характеристик и других ограничений, накладываемых на систему. K_l включает, помимо прочего, на определенных этапах информацию о структурах данных (канонических, логических, физических); внешней информационной базе; базе знаний; банке данных и методов и пр. Для отраслей с большим количеством однородных предприятий, имеет большое значение решение следующей задачи: путем выбора подходящих инструментальных средств проектирования $C_П$ и технологии автоматизированного проектирования при проведении операции проектирования добиться заданных значений характеристик системы $D_{sm} \subset D_o$. Данное требование на практике чаще представимо в виде: $W^3_{sm}(П_o) \le \sum_{p}^{P} \min_{C_n П} W^1_{sm}$, $W^3_{sm}(П_o) \le \sum_{q}^{Q} \min_{C_n П} W^2_{sm}$, где W^n_{sm} - затраты на ИС: при индивидуальном проектировании (n=1), затраты на ИС при типовом проектировании (n=2) и при автоматизированном (n=3); Q - множество классов типовых подсистем.

В этой ситуации при наличии большого количества однотипных предприятий Минсельхоз основные усилия должен был бы направить на разработку типовых комплексных компьютерных систем управления, однако Минсельхоз отмахивается от этой проблемы, якобы они не могут

заниматься информатизацией сельскохозяйственного производства, поскольку предприятия экономически самостоятельны.

Не слишком ли затянулся у нас младенческий период становления отрасли информатизации? За это время развитые страны вели исследования по разработке больших информационно-управляющих систем (ИУС), пересмотру функций управления и выработке стандартов на них.

2. Единое информационное Интернет-пространство цифрового взаимодействия страны

Как показал опыт, во всех технически развитых странах проблема комплексной автоматизации предприятий является проблемой государственного значения. В первую очередь государство должно определить техническую политику в этой области, привлекая ученых и практиков для разработки концепции комплексной автоматизации.

Уровень ИКТ, достигнутый к настоящему времени, позволяет перейти к технологиям как разработки ИС, так и к технологиям управления развитием общества на идеях академика Глушкова В.М. и Китова А.И. об ОГАС [2, 3]. Эти идеи предполагают формирование единой системы сбора и анализа учетной и статистической отчетности, внедрение типовых производственных, научно-образовательных информационно-управляющих систем (ИУС). В настоящее время ОГАС, исходя из новых возможностей ИКТ, представляет из себя Единое информационное Интернет-пространство цифрового взаимодействия (ЕИИП), интегрирующее единую цифровую платформу страны и единое информационного Интернет-пространства научно-образовательных ресурсов (ЕИИПНОР).

Цифровая платформа страны, в свою очередь, представляет из себя интеграцию в единой облачной БД информации первичного учета и технологических БД на основе унифицированной системы сбора, хранения и анализа первичной учетной, технологической, статистической информации, сопряженной как между собой, так и с единой системой классификаторов, справочников, нормативов, представляющих реестры практически всех материальных, интеллектуальных и человеческих ресурсов страны на основе онтологического моделирования данных видов информационных ресурсов [4, 5].

Такая цифровая платформа позволит разработать типовые информационно-управляющие системы (ИУС), а также типовые сайты с уменьшением затрат на ЦЭ отраслей в десятки-сотни раз.

Первичная учетная информация может быть сформирована в виде универсальной структуры (кортежа): вид операции, объект операции,

место проведения, кто проводил, дата, интервал времени, задействованные средства труда, объем операции, вид потребленного ресурса, объем потребленного ресурса.

ЕИИПНОР [6] представляет интеграцию в единой базе данных в некотором облаке информации о разработках, публикациях, консультационной деятельности, нормативно-правовой информации, дистанционном обучении, пакетах прикладных программ, базах данных, разработанных НИУ РАН, ВУЗами, предприятиями и другими организациями, имеющими эти семь видов представлений научных знаний. Анализ сайтов ВУЗов и НИУ показал, что данная информация в том или ином виде представлена на этих сайтах. Указанные виды представления научных знаний наиболее востребованы в экономике.

Заключение

Переход к ЕИИП страны на указанных принципах интеграции отраслевых цифровых платформ позволит сократить затраты на выполнение Программы ЦЭ в десятки-сотни раз. Предлагаемая платформа явится мощным инструментом доведения эффективных инновационных решений в экономику страны.

Список литературы

1. Брукс, Ф. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы / Ф. Брукс. – СПб.: Символ-Плюс, 2001. – 304 с.

2. Глушков, В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. / В. М. Глушков. – М.: Статистика, 1975. – 160 с.

3. Меденников, В. И. Единое информационное Интернет-пространство АПК на основе идей А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС / В. И. Меденников // Цифровая экономика. – 2018. – №1. – С. 38-49.

4. Ерешко, Ф. И. Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей /Ф. А. Ерешко, В. В. Кульба., В. И. Меденников // АПК: экономика, управление. – 2018. – №10. – С. 34-46.

5. Гайдаш, К. А. Интеграция референтных моделей знаний различных отраслей / К. А. Гайдаш., В. И. Меденников // Материалы межд. научной конф. “Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях”. (Воронеж, 3–6 сентября 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 27-36.

6. Меденников, В. И. Анализ влияния научно-образовательных ресурсов на социально-экономическое положение регионов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников, М. И. Горбачев // Информатизация образования и науки. – 2018. – № 1(37) . – С. 154-171.

Иерархические модели управления в цифровой экономике

М.А. Горелов, e-mail: griefer62@gmail.com
Ф.И. Ерешко, e-mail: fereshko@yandex.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН

Аннотация. *Обсуждается вопрос о целесообразности децентрализации управления организационной системой в зависимости от объема информации о внешней неопределенности, доступной лицу, принимающему решения. Исследуется две системы моделей. В одной из них используется принцип максимального гарантированного результата. В другой оперирующая сторона предполагается риск-нейтральной.*

Ключевые слова: *принятие решений в условиях неопределенности и/или риска, децентрализация управления, информационная теория иерархических систем.*

Введение

Опыт показывает, что на практике управление достаточно сложными организационными системами осуществляется по иерархическому принципу. Отсюда можно сделать вывод о том, что децентрализованное управление является более эффективным. Однако объяснить причину эффективности децентрализации управления не так просто. Такое объяснение было предложено в начале 70-х годов прошлого века Ю. Б. Гермейером и Н. Н. Моисеевым [1]. Состоит оно в следующем.

Практически всегда результат управления зависит не только от управлений, выбранных оперирующей стороной, но и от внешних факторов, не подконтрольных лицу, принимающему решения. Управление будет эффективным, если лицо, принимающее решения, правильно учтет всю информацию о внешней среде. Но именно это часто бывает невозможно из-за большого объема такой информации. Если лицо, принимающее решения, передаст часть своих полномочий по выбору решений каким-то агентам, то совместными усилиями можно будет своевременно обработать большие объемы информации и за счет этого сделать управление более эффективным. Правда, здесь появляется другая проблема. Получив права по выбору управлений, агенты обретут право преследовать свои собственные цели.

© Горелов М.А., Ерешко Ф.И. 2019

Это может понизить эффективность управления системой в целом.

Однако если интересы всех агентов достаточно хорошо согласованы, от децентрализации все-таки можно получить выгоду.

В настоящее время возможности по обработке больших объемов информации стремительно растут. Однако тенденции к централизации управления сложными системами явно не наблюдается. Вероятно, это связано с тем, что параллельно идет процесс усложнения связей как между отдельными элементами внутри управляемой системы, так связей системы с внешним миром. Поэтому и объемы необходимой для эффективного управления информации тоже растут. А, кроме того, нужно еще как-то отделить существенную информацию от неважной, причем способ деления тоже зависит от объема информации, которую можно своевременно обработать.

На вербальном уровне этот изложенная идея Ю.Б. Гермейера и Н.Н. Моисеева обсуждалась достаточно широко. Однако построить формальные математические модели, позволяющие описать этот эффект, долгое время не удавалось. Тому есть объективные причины.

По необходимости такая модель должна включать в себя

– описание нескольких агентов (включая оперирующую сторону);
– описание возможностей и целей каждого агента;
– наличие внешней неопределенности;
– описание отношения каждого из агентов к неопределенности, возникающей как из недостаточной информации о внешней среде, так и из-за неизвестных действий партнеров по управлению;
– достаточно детальное описание информированности агентов, позволяющее, в частности, оценить объемы обрабатываемой информации.

Таким образом, искомая модель должна быть весьма сложной.

Отдельно стоит остановиться на последнем пункте из приведенного списка. Само понятие «информация» является очень сложным и многогранным. В каких-то моделях децентрализации управления можно ограничиться лишь описанием количества информации, но и это сделать не так просто. Существует несколько подходов к определению количества информации [2]. Уже это говорит о том, что каждый из них в каких-то случаях оказывается непригодным для моделирования реальности, а потому выбор нужного способа является нетривиальной задачей. Кроме того, каждая из существующих моделей количества информации является достаточно сложной, а потому при включении ее в общую модель децентрализации получается совсем уж непростой объект для исследования.

Вероятно, впервые модель, сочетающая теоретико-игровые конструкции с количественным описанием информационных обменов, была предложена в [3]. В ней используется подход к определению количества информации, который А.Н. Колмогоров назвал комбинаторным. Тот же подход используется и ниже.

В данной работе принимаются следующие структурные предположения, обеспечивающие наличие «веерной структуры» у рассматриваемой системы управления:

– считается, что множество управлений представимо в виде декартова произведения нескольких более простых множеств;

– предполагается, что в децентрализованном варианте управление осуществляется без обратной связи, т.е. элемент верхнего уровня не имеет информации об управлениях, выбранных остальными элементами;

– при децентрализации управления считается, что элементы нижнего уровня имеют полную, и, следовательно, одинаковую информацию о внешних неопределенных факторах.

Отказ от любого из этих предположений приводит к тому, что у элементов нижнего уровня появляется возможность и необходимость взаимодействовать между собой. Как следствие появляется целый ряд интересных и важных постановок задач. Но это – предмет для отдельного исследования.

1. Система управления

Рассмотрим следующую модель управляемой системы. Лицо, принимающее решение, может по своему усмотрению выбирать любое управление w из множества W. Помимо этого выбора на результат управления влияет еще некий неопределенный фактор α из множества A, значение которого оперирующая сторона не контролирует. Эффективность управления оценивается значением $g(w,\alpha)$ функции $g: W \times A \to \mathbb{R}$.

Примем еще одно предположение, отражающее представление «технологической структурированности» рассматриваемой управляемой системы. Будем считать, что множество W представимо в виде декартова произведения $W = U \times V^1 \times V^2 \times ... \times V^n$. Тогда всякий элемент $w \in W$ может быть записан в виде $w = (u, v^1, v^2, ..., v^n)$, где $u \in U$, $v^i \in V^i$, $i = 1,2,...,n$. Такую форму записи там, где она удобна, будем использовать без особых оговорок. Кроме того, будем считать, что

на множестве A задана вероятностная мера $\wp$, известная оперирующей стороне.

Сделаем следующие стандартные предположения. Будем предполагать, что на множествах $u \in U,\ v^i \in V^i,\ i = 1,2,...,n$ и A заданы топологии, в которых эти множества компактны. Функцию g будем считать непрерывной в топологии декартова произведения $U \times V^1 \times V^2 \times ... \times V^n \times A$. Меру $\wp$ будем считать борелевской.

Пусть оперирующая сторона имеет возможность получать информацию о реализовавшемся значении неопределенного фактора, но объем информации, которую она способна получить и своевременно обработать ограничен. А именно, будем считать, что оперирующая сторона может использовать l бит информации, и других ограничений на использование информации нет.

Формализуется сказанное следующим образом. Введем обозначение. Здесь и далее $\Phi(X,Y)$ будет обозначать семейство всех функций, отображающих множество X в множество Y.

Сделанное предположение означает, что вся информация о неопределенном факторе, доступная оперирующей стороне, может быть закодирована словами $s = (s_1, s_2, ..., s_l)$ из нулей и единиц длины l. Множество $\{0,1\}^l$ (декартову степень множества $\{0,1\}$) обозначим буквой S. Поскольку ограничений на доступ к информации о неопределенном факторе у оперирующей стороны нет, выбор «способа кодировки» $P: A \to S$ – это ее прерогатива. Кроме того, в зависимости от полученной информации $s \in S$ оперирующая сторона вправе выбрать любое управление $w \in W$. Т.е., по сути, она может выбирать функцию $w_* : S \to W$. Если оперирующая сторона зафиксирует способ кодировки $P \in \Phi(A,S)$ и правило выбора управления $w_* \in \Phi(S,W)$, и реализуется значение неопределенного фактора $\alpha \in A$, то оперирующая сторона получит сообщение $P(\alpha)$, выберет управление $w_*(P(\alpha))$ и ее выигрыш составит $g(w_*(P(\alpha)), \alpha)$.

Будем рассматривать две схемы управления описанной системой. В первой из них управление w выбирается централизованно. Во второй лицо, принимающее решение, передает право выбора управлений v^i n агентам: агент с номером i получает право выбора управления $v^i \in V^i$ $(i = 1,2,...,n)$. Выбор управления $u \in U$ оперирующая сторона

(Центр) оставляет за собой. Считаем, что в момент принятия решений агенты точно знают реализовавшееся значение неопределенного фактора α.

Появление у агента i права влиять на ситуацию неизбежно влечет необходимость учёта его собственных целей. Процесс формирования этих целей сложен и мало изучен. В данной модели эти цели считаются заданными экзогенно. Будем предполагать, что цель агента i описывается стремлением к максимизации значения функции $h^i\left(u, v^i, \alpha\right)$. Существенным является то, что эта функция зависит от его собственного управления, управления Центра и неопределенного фактора, но не зависит от выборов остальных агентов. Будем предполагать, что функции h^i известны центру. Функции h^i считаем непрерывными.

Рассмотрим две системы моделей, отличающихся отношением оперирующей стороны к неопределенности.

2. Интервальная неопределенность

Сначала рассмотрим случай, когда оперирующая сторона осторожна по отношению к неопределенности.

В случае централизованного управления ее максимальный гарантированный результат составит

$$R_0\left(l\right) = \sup_{(w_*, P) \in \Phi(S,W) \times \Phi(A,S)} \inf_{\alpha \in A} g(w_*(P(\alpha)), \alpha)$$

.

Для сравнения при отсутствии ограничений на объем получаемой информации максимальный гарантированный результат равен

$$R_0\left(\infty\right) = \sup_{(w_\#, P) \in \Phi(A,W)} \inf_{\alpha \in A} g(w_\#(\alpha), \alpha).$$

Теорема 1. Справедливы равенства

$$R_0\left(l\right) = \max_{(w_0, w_1 \ldots, w_{m-1}) \in W^m} \min_{\alpha \in A} \max_{s=0,1,\ldots,m-1} g(w_s, \alpha),$$

$$R_0\left(\infty\right) = \min_{\alpha \in A} \max_{w \in W} g(w, \alpha).$$

В случае децентрализованного управления при сделанных предположениях Центр может считать, что агент i выберет свое управление из множества

$$BR^i\left(u_*, P, \alpha\right) = \left\{ v^i \in V^i : h^i\left(u_*\left(P\left(\alpha\right)\right), v^i, \alpha\right) = \max_{v^i \in V^i} h^i\left(u_*\left(P\left(\alpha\right)\right), v^i, \alpha\right) \right\}$$

поэтому максимальный гарантированный результат Центра составит

$$R_1(l) = \sup_{(u_*,P)\in\Phi(S,U)\times\Phi(A,S)} \min_{\alpha\in A} \min_{v^1\in BR^1(u_*,P,\alpha)} \ldots \min_{v^n\in BR^n(u_*,P,\alpha)} g(u_*(P(\alpha)), v^1, \ldots, v^n, \alpha).$$

В модели без ограничений на объем получаемой информацией аналогичный результат равен

$$R_1(\infty) = \sup_{u_\#\in\Phi(A,U)} \min_{\alpha\in A} \min_{v^1\in BR^1(u_\#,\alpha)} \ldots \min_{v^n\in BR^n(u_\#,\alpha)} g(u_\#(\alpha), v^1, \ldots, v^n, \alpha), \text{ где}$$

$$BR^i(u_\#,\alpha) = \left\{ v^i \in V^i : h^i(u_\#(\alpha), v^i, \alpha) = \max_{v^i\in V^i} h^i(u_\#(\alpha), v^i, \alpha) \right\}.$$

Теорема 2. Имеют место равенства

$$R_1 = \sup_{(u_0,u_1,\ldots,u_{m-1})\in U^m} \min_{\alpha\in A} \max_{s=0,1,\ldots,m-1} \min_{v^1\in E^1(u_s,\alpha)} \min_{v^2\in E^2(u_s,\alpha)} \ldots \min_{v^n\in E^n(u_s,\alpha)} g(u_s, v^1, v^2, \ldots, v^n, \alpha)$$

$$R_1(\infty) = \min_{\alpha\in A} \max_{u\in U} \min_{v^1\in E^1(u,\alpha)} \min_{v^2\in E^2(u,\alpha)} \ldots \min_{v^n\in E^n(u,\alpha)} g(u, v^1, v^2, \ldots, v^n),$$

где $E^i(u_s,\alpha) = \left\{ v^i \in V^i : h^i(u_s, v^i, \alpha) = \max_{\omega^i\in V^i} h^i(u_s, \omega^i, \alpha) \right\}$.

Для сравнения двух способов управления заметим, что величины $R_0(l)$ и $R_1(l)$ с ростом l не убывают. Разумеется, при любом l справедливы неравенства $R_0(l) \le R_0(\infty)$ и $R_1(l) \le R_1(\infty)$. Кроме того, $R_0(\infty) \ge R_1(\infty)$, и в общем случае неравенство строгое. Справедлива

Лемма 1. Имеет место равенство $\lim_{l\to\infty} R_0(l) = R_0(\infty)$.

Этот простой, и, казалось бы, чисто технический результат является ключом к доказательству следующего содержательного утверждения.

Теорема 3. Все управляемые системы можно разбить на два класса. Для игр одного класса не зависимо от l справедливо неравенство $R_0(l) \ge R_1(l)$. Для игр второго класса существует такое натуральное L, что для всех $l \ge L$ имеет место неравенство $R_1(l) > R_0(l)$. Оба класса не пусты.

3. Стохастическая неопределенность

Теперь будем считать, что оперирующая сторона риск-нейтральна.

При централизованном способе управления максимальный ожидаемый результат оперирующей стороны по определению равен

$$R_2(l) = \sup_{(w_*,P)\in\Phi(S,W)\times\Phi(A,S)} \int_A g(w_*(P(\alpha)), \alpha) \wp(d\alpha).$$

Аналогичный результат в модели без ограничений на объем получаемой информации задается условием

$$R_2(\infty) = \max_{w_{\#} \in \Phi(A,W)} \int_A g(w_{\#}(\alpha), \alpha) \wp(d\alpha).$$

Теорема 4. Справедливы равенства

$$R_2(l) = \max_{(w_0, w_1, \ldots, w_{m-1}) \in W^m} \int_A \max_{s=0,1,\ldots,m-1} g(w_s, \alpha) \wp(d\alpha),$$

$$R_2(\infty) = \int_A \max_{w \in W} g(w, \alpha) \wp(d\alpha).$$

При децентрализованном способе управления максимальный ожидаемый результат Центра определяется условием

$$R_3(l) = \sup_{(u_*, P) \in \Phi(S,U) \times \Phi(A,S)} \int_A \min_{v^1 \in BR^1(u_*, P, \alpha)} \ldots \min_{v^n \in BR^n(u_*, P, \alpha)} g\left(u_*\left(P(\alpha)\right), v^1, \ldots, v^n, \alpha\right) \wp(d\alpha)$$

.

В модели без ограничений на объем получаемой центром информации этот результат равен

$$R_3(\infty) = \sup_{u_{\#} \in \Phi(A,U)} \int_A \min_{v^1 \in Br^1(u_{\#}, \alpha)} \ldots \min_{v^n \in Br^n(u_{\#}, \alpha)} g\left(u_{\#}(\alpha), v^1, \ldots, v^n, \alpha\right) \wp(d\alpha).$$

Теорема 5. Имеют место равенства

$$R_3(l) = \max_{(u_0, u_1, \ldots, u_{m-1}) \in U^m} \int_A \max_{s=01,\ldots,m-1} \min_{v^1 \in E^1(u_s, \alpha)} \ldots \min_{v^n \in E^n(u_s, \alpha)} g(u_s, v^1, \ldots, v^n, \alpha) \wp(d\alpha),$$

$$R_3(\infty) = \int_A \max_{u \in U} \min_{v^1 \in E^1(u, \alpha)} \ldots \min_{v^n \in E^n(u, \alpha)} g\left(u, v^1, \ldots, v^n, \alpha\right) \wp(d\alpha).$$

Несложно устанавливается, что для любого l выполняются неравенства $R_2(l) \le R_2(\infty)$, $R_2(l) \le R_2(l+1)$, $R_3(l) \le R_3(\infty)$, $R_3(l) \le R_3(l+1)$ и $R_2(\infty) \ge R_3(\infty)$.

Пусть $g(u, v^1, v^2, \ldots, v^n, \alpha) = \sum_{i=1}^{n} h^i(u, v^i, \alpha)$. Тогда можно показать, что, $R_1 \ge R_0$, причем в нетривиальных случаях неравенство строгое. Аналогично, если $g(u, v^1, v^2, \ldots, v^n, \alpha) = -\sum_{i=1}^{n} h^i(u, v^i, \alpha)$, то $R_1 \le R_0$ и в типичном случае неравенство строгое.

Аналог леммы 1 выглядит следующим образом.

Лемма 2. Имеет место равенство $\lim_{l \to \infty} R_2(l) = R_2(\infty)$.

Справедлива

Теорема 3. При фиксированном объеме доступной информации l могут выполняться как неравенство $R_2(l) > R_3(l)$, так и

противоположное неравенство $R_3(l) > R_2(l)$. Однако при любом $\varepsilon > 0$ при достаточно больших l имеет место неравенство $R_2(l) > R_3(l) - \varepsilon$, а в типичном случае при достаточно больших l справедливо и неравенство $R_2(l) > R_3(l)$.

Заключение

Качественные выводы, которые можно сделать на основе исследования обеих систем моделей, могут быть сформулированы следующим образом.

В нетривиальных случаях картина такова. Если интересы агентов «плохо согласованы» с интересами Центра, то всегда выгоднее централизованное управление. Если же интересы Центра и агентов «хорошо согласованы», то при больших значениях l выгоднее централизация управления, а при малых значениях l предпочтительнее децентрализованное управление.

В целом эти выводы соответствуют содержательным представлениям. На наш взгляд это свидетельствует о том, что построенные модели верно отражают сущность моделируемых объектов

Следует особо подчеркнуть, что результат справедлив и при интервальной и при стохастической неопределённости.

Список литературы

1. Гермейер, Ю. Б., Моисеев Н. Н. О некоторых задачах теории иерархических систем / Ю. Б. Гермейер, Н. Н. Моисеев // Проблемы прикладной математики и механики. – М.: Наука, 1971. – С. 30-43.

2. Kolmogorov, A.N. Three approaches to the definition of the concept ‘quantity of information’/ A. N. Kolmogorov// Problemy Peredachi Informatsii. – 1965. – V. 1. – No. 1. – pp 3–11.

3. Gorelov M. A. Maximal guaranteed result for limited volume of transmitted information / M. A. Gorelov // Automation and Remote Control. – 2011. – V. 72. – No. 3. – pp 580-599.

4. Горелов, М. А. Модели с неопределённостью в проблеме децентрализации / М. А. Горелов, Ф. И. Ерешко // Труды IX Московской международной конференции по исследованию операций (ORM2018). Москва, 22-27 октября 2018 г. – М,:«МАКСпресс»,2018. – Том II. – С. 17-22. DOI: 10.29003/m212.ORM2018_v2.

Анализ программных средств моделирования сложных систем

И. Н. Донских[1]
Е. А. Кискин[1]
М. Ю. Кротов[1]
А. А. Стрельцов[2]
В. В. Алексеев[3], email: vvalex1961@mail.ru

[1]Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ;
[2]ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»;
[3]Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *Проведен анализ особенностей применения средств компьютерного моделирования 2D и 3D технологий, рассмотрены пути решения задач построения моделей сложных систем.*

Ключевые слова: *технология, искусственный интеллект, модель, алгоритм, система, автоматизированное проектирование.*

Введение

Применение компьютеров в научных исследованиях является необходимым условием изучения сложных систем. Традиционная методология взаимосвязи теории и эксперимента должна быть дополнена принципами компьютерного моделирования. Эта эффективная процедура дает возможность целостного изучения поведения наиболее сложных систем как естественных, так и создаваемых для проверки теоретических гипотез [1].

Основные сферы применения технологий компьютерного моделирования:

1. Графический интерфейс пользователя;
2. Спецэффекты, визуальные эффекты (VFX), цифровая кинематография;
3. Цифровое телевидение, видеоконференции;
4. Цифровая фотография;
5. Визуализация научных и деловых данных;
6. Компьютерные игры, системы виртуальной реальности;
7. Системы автоматизированного проектирования;
8. Компьютерная томография [2].

© Донских И.Н., Кискин Е.А., Кротов М.Ю., Стрельцов А.А., Алексеев В.В., 2019

2. Особенности программных средств реализации 2D и 3D технологий

Системы автоматизированного проектирования (САПР) постепенно, но все же становятся обычным и привычным инструментом конструктора, технолога, расчетчика. Конкурировать иначе в условиях, когда сроки являются основным требованием заказчика, не представляется возможным. И хотя психологически руководителю отечественного промышленного предприятия трудно свыкнуться с мыслью, что дискеты с программами могут стоить дороже оборудования, это нисколько не удивительно, ибо интеллектуальный продукт является плодом многолетних научных, исследовательских и практических работ целого коллектива и колоссальных финансовых вложений. Надо осознать, что не только аппаратные, но и программные средства компьютеризации являются такими же важнейшими частями и ресурсами научно-производственного процесса, как персонал, сырье или электроэнергия.

Основу проектирования составляет формирование геометрической модели объекта, как правило, в виде наглядного графического изображения–чертежа. Создание и исследование геометрической модели, то есть процесс геометрического моделирования, может происходить в разных формах. Различают двумерную и трехмерную технологии геометрического моделирования, которые называют соответственно 2D и 3D технологиями.

Классическая 2D – технология (двумерная) построения чертежа – это технология, по которой проектирование ведётся посредством создания проекций – плоских отображений объекта. 2D технология является в настоящее время основным методом проектирования. Ее создание занимает меньше трудовых и временных ресурсов, которые в свою очередь идут на тестирование или на проработку интерактивных механик (детальность проработки выполнения необходимых действий пользователя).

Однако если моделируемый объект обладает сложной формой и для осуществления взаимодействия с ним необходимо ее понимать (возможность вращения объекта в пространстве), то в 2D представлении это реализовать гораздо труднее, чем в 3D [3].

3D представление повышает легкость восприятия модели, так как оригинал также объемен. Рассмотрим технологию 3D моделирования на примере учебно-тренировочных средств (УТС), это является наиболее эффективным средством освоения техники.

Интерактивный режим взаимодействия заключается в том, что каждое действие пользователя в УТС вызывает ответное действие

программы, которое требует следующего действия пользователя. Данный режим работы повышает эффективность освоения моделируемой техники и закрепляет уже полученные навыки.

Осознать то, что модель выполнена в 3D можно, только если программа, через которую мы просматриваем объект, позволяет нам менять угол и точку зрения. На рис. 1 представлено сравнение отображения объекта в 3D и 2D [4].

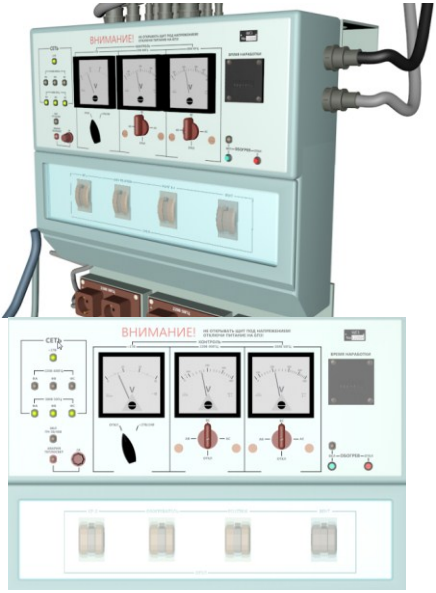


Рис. 2. Сравнение отображения объекта в 3D и 2D.

Благодаря использованию 3D представления, например в учебно-тренировочных средствах (УТС) оператор, например, может провести внешний осмотр технического средства и выбрать необходимый для работы модуль путем перемещения внутри трехмерной модели техники, имитируя деятельность на реальном объекте. Также это позволяет узнать точное расположение элементов взаимодействия с техникой и аппаратурой, возможность рассмотреть их на близком расстоянии (при использовании высокополигональных моделей с высокой точностью исполнения, либо с применением текстур высокого разрешения). На рис. 2 представлено отображение взаимного расположения элементов в объеме [4].

Использование 3D представления в интерактивном режиме подразумевает под собой рендеринг всех объектов сцены (единое пространство, к котором размещены объекты моделей элементов УТС) в реальном времени, который напрямую зависит от вычислительной производительности компьютера.

Если производительность компьютера низкая, то при действиях обучаемого это может привести к тому, что УТС работает медленно и запаздывает, т.е. происходит задержка в работе УТС, и оно не реагирует на пользовательский ввод вовремя.

Рис. 3. Отображение взаимного расположения элементов в объеме.

«Слабость» компьютера либо чрезмерность вычислений компенсируются использованием 2D представления моделей, что в свою очередь снижает отрисовку моделей объектов. В результате УТС работает более эффективно [5].

Заключение

Таким образом, применение компьютерного моделирования позволяет будущему оператору получить умения и навыки, необходимые для его дальнейшей рабочей деятельности, формирование индивидуальных траекторий подготовки с помощью информационной системы делает процесс подготовки более эффективным, способствует качественному достижению поставленных целей, и не растрачивает ресурс техники, сводя стоимость обучения к минимуму.

Список литературы

2. Двумерное и трехмерное моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://otherreferats.allbest.ru/programming/00345994_0.html

3. Сафонов, В. И. Компьютерное моделирование: учебное пособие / В. И. Сафонов // Мордов. гос. пед. ин-т. – Саранск, 2009. – 92с.
4. Феоктистова, А.А. Основы 2D – и 3D – моделирования в AutoCAD: методические указания для лабораторных и самостоятельных работ для студентов всех направлений всех форм обучения / А.А. Феоктистова, О.Л. Стаселько. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2013. – 52 с.
5. Преимущества 3d-графики перед 2d-объектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://cpu3d.com/preimushestva-3d-grafiki-pered-2d-obektami/
6. Чем отличается 3D от 2D (мнение профессионалов)[Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.hwp.ru/articles/CHem_otlichaetsya_3D_ot_2D/

Анализ компьютерных технологий, применяемых для построения моделей сложных систем

И. Н. Донских[1]
Е. А. Кискин[1]
М. Ю. Кротов[1]
С. О. Цветков[1]
К. А. Меркушова [2]
В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru[2]

[1]Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ;
[2]Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *Проведен анализ особенностей современных технологий, реализующих возможности методов имитационного моделирования сложных, в том числе и обучающих систем.*

Ключевые слова: *технология, модель, программы моделирования, способы моделирования.*

Введение

Современные подходы при организации работы в различных наукоемких сферах человеческой деятельности: промышленное производство, медицина, военная сфера, образование, требуют обработки больших объемов данных, принятие быстрых и важных решений на основе ее обработке. Быстро и достаточно точно принимать решения помогает имитационное моделирование, избегая больших затрат и рисков.

Имитационное моделирование – инструмент научного исследования, при котором изучаемая система (производство, изучаемая техника, логистика) заменяется моделью, с достаточной точностью, описывающей реальную картину происходящего, с которой проводятся эксперименты и опыты, с целью получения достоверной информации [1].

1. Особенности применения компьютерных технологий на различных этапах построения моделей систем

На современном этапе развития средств компьютерного имитационного моделирования принято выделять следующие этапы разработки модели [2]:

- постановка целей и выходных данных исследования;
- поиск необходимых материалов и входных данных;

© Донских И. Н., Кискин Е. А., Кротов М. Ю., Цветков С. О., Меркушова К. А., Алексеев В. В., 2019

– построение абстрактной модели с помощью программного продукта;

– проверка абстрактной модели на корректность и достоверность работы, путем ввода и сравнения тестовых данных, подверженных в реальности.

– проведение экспериментов с работающей моделью;

– документирование и оценка результатов.

На сегодняшний день взгляды разработчиков современных систем компьютерного моделирования направлены на решение главного недостатка разработанных ранее систем, когда разработке подлежал только этап программирования имитационной модели, в то время как технология имитационного моделирования должна охватывать весь цикл системного моделирования – от постановки проблемы и формирования концептуальной модели до анализа результатов вычислительного эксперимента и принятия решения.

За последние несколько лет ситуация изменилась коренным образом. Предпосылки совершенствования технологии системного моделирования были связаны, с одной стороны, с общим развитием информационных технологий (графических оболочек, мультимедийных средств, объектно-ориентированного программирования и т. д.), а с другой – с комплексным, многоаспектным исследованием сложных систем, таких как социально-экономические и производственно-технологические системы, с созданием человеко-машинных систем принятия решений в различных областях научно-исследовательской деятельности [3].

В качестве примера программного обеспечения имитационного моделирования полностью отвечающих современным требованиям, является система **Arena** компании Rockwell Automation. Это средство с долей более 40 % является лидером на рынке программ данного сегмента. В Arena используется мощный процессор и язык имитационного моделирования SIMAN [4].

Этот продукт используют крупнейшие компании, включая GeneralMotors, IBM, Nike, Xerox, FordMotorCompany и другие широко известные бренды. Существенные области использования данного пакета: производство (моделирование конвейерного производства, определение узких мест), логистика и складское перемещение (оптимизация использования складских площадей и транспортных работ), безопасность, вооружение и медицина (моделирование потока пациентов, распределение персонала).

Примером отечественного программного обеспечения для имитационного моделирования сложных систем и процессов является

AnyLogic, разработанное компанией XJ Technologies [5]. Данный продукт получил свое название «AnyLogic» не просто так, что в переводе означает «любая логика», а потому что поддерживает все три известных метода моделирования:

- системная динамика;
- дискретно-событийное моделирование;
- агентное моделирование.

Множество компаний, такие как Билайн, Газпром, GeneralMotors, MitsubishiMotors, McDonalds остановились на выборе программного обеспечения AnyLogic.

Графическая среда AnyLogic построена по тому же принципу, что и в RockwellArena. Моделирующие конструкции располагаются в палитрах (аналог шаблонов в Arena). Для создания модели, как и в Arena, моделирующие конструкции переносят в область модели и объединяются в одно целое.

AnyLogic основан на языке Java и базируется на платформе Eclipse, благодаря которой AnyLogic работает на всех распространённых операционных системах (Windows, Mac, Linux).

DELMIA – комплекс инструментов для инженерных решений и подготовки производства в виртуальной среде от французской компании DassaultSystemes. DELMIA (рис.2) сокращение от аббревиатуры Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application (Интерактивные производственные приложения для электронно-цифрового предприятия).

В числе пользователей данного продукта фирмы мирового масштаба, такие как Teslamotors, Boeing и АвтоВАЗ.

Как и другие продукты компании DassaultSystemes, она основывается на ППР-модели данных об изделии (продукт, процесс, ресурс).

Заключение

Анализ современных программ компьютерного имитационного моделирования, позволяет сделать вывод о том, что успешное развитие и конкурентное производство в наукоемких областях человеческой деятельности возможно при учете многих влияющих факторов, которые сложно проанализировать без применения систематизирующих подходов обработки и представления информации.

Благодаря применению современных компьютерных продуктов имитационного моделирования можно составить не только математическую модель или производственную карту производства, а также получить визуализированную модель будущего продукта или смоделировать весь процесс производства, на компьютерной модели

которого можно проводить эксперименты и опыты, с целью получения достоверной информации.

В развитых западных странах наличие имитационной модели и обоснование с ее помощью производственных систем является обязательными, при проектировании нового производства либо технологического процесса. Эта концепция называется e-manufacturing [6]. Однако в условиях чрезвычайной сложности и дороговизны этих разработок из европейских компаний только Technomatics и DELMIA претендуют на полное покрытие e-Manufacturing своими программными продуктами.

Список литературы

1. Юдин, П. В. Системы имитационного моделирования / П. В. Юдин // учебное пособие для студентов вузов. – Издательство ВГУЭС, 2014. – 18 с.

2. Тычинский, А.В. Управление инновационной деятельностью компаний: современные подходы, алгоритмы, опыт / А. В. Тычинский. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 189 с.

3. Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic / Ю. Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.

4. Arena, Rockwell Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.arenasimulation.com/

5. Обзор продукта «Tecnomatix Plant Simulation» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/ tecnomatix/plant_design/plant_simulation.shtml

6. Акопов, А.С. Имитационное моделирование. Инструментальные средства имитационного моделирования / А. С. Акапов. – Москва: Юрайт, 2014. – 115 с.

Результаты вычислительного эксперимента по расчету показателей устойчивости и эффективности систем бесперебойного электроснабжения объектов органов внутренних дел

В. А. Дурденко, email: dva_viis@mail.ru dva_viis@mail.ru[1]
А. А. Рогожин, email: raa_tsbs@list.ru raa_tsbs@list.ru[2]
Д. Л. Куропятник, email: dmitrij.kuropyatnik.77@mail.ru[2]
М. А. Ледовская, email: led_ma@mail.ru[2]

[1] Воронежский государственный университет
[2] Краснодарский университет МВД России

Аннотация. *Произведен вычислительный эксперимент, получены комплексные показатели устойчивости и эффективности системы бесперебойного электроснабжения объектов органов внутренних дел с учетом положений ГОСТ 27.301-95.*

Ключевые слова: *бесперебойное электроснабжение, электроприемник, общий логико-вероятностный метод, схема функциональной целостности, устойчивость, эффективность.*

Введение

Обеспечение надежной и бесперебойной работы технических средств объектов органов внутренних дел Российской Федерации (далее – ОВД РФ) неразрывно связано с организацией их бесперебойного электроснабжения (далее – СБЭ) [1-5]. В работе [6] предложена схема системы бесперебойного электроснабжения технических средств объектов ОВД, которая обеспечивает трехуровневое, а для особой группы электроприемников – четырехуровневое резервирование электроснабжения за счет использования автономного источника питания (бензо-, дизельный агрегата) (АИП) и аккумуляторных батарей (АКБ). Целью исследования будем считать проведение вычислительного эксперимента по расчету показателей устойчивости и эффективности СБЭ технических средств объектов ОВД РФ с учетом требований ГОСТ 27.301-95 [9]. В работе использованы: общий логико-вероятностный метод (ОЛВМ) [7] и методика построения немонотонных моделей устойчивости и эффективности систем [8].

© Дурденко В. А., Рогожин А. А., Куропятник Д. Л., Ледовская М. А., 2019

1. Результаты моделирования и расчета комплексного показателя устойчивости системы бесперебойного электроснабжения технических средств объектов ОВД.

Согласно [8]: «под структурной устойчивостью будем понимать комплексную характеристику способности системы сохранять (или не сохранять) работоспособность, определяемую различными совместными комбинациями свойств ее структурной надежности, стойкости и живучести».

На первом этапе построена модель (схема функциональной целостности – СФЦ) структурной устойчивости рассматриваемой СБЭ (см. рис. 1). В СФЦ структурной устойчивости СБЭ введены функциональные вершины аппарата СФЦ ОЛВМ: X1 (Ввод 1), X2 (Ввод 2), X3 (АВР-сеть), X4 (АИП), X5 (АВР-АИП), X6 (АКБ), X7 (ИБП), характеризующие случайные бинарные события готовности/неготовности подсистем СБЭ, а равно и реализации/нереализации их основных выходных функций, а также введена функциональная вершина X22, которая характеризует событие возникновения/не возникновения поражающего фактора (в том числе нарушителя), и обеспечивает вершины X8-X14, характеризующие случайные события независимого поражения элементов X1-X7 соответственно.

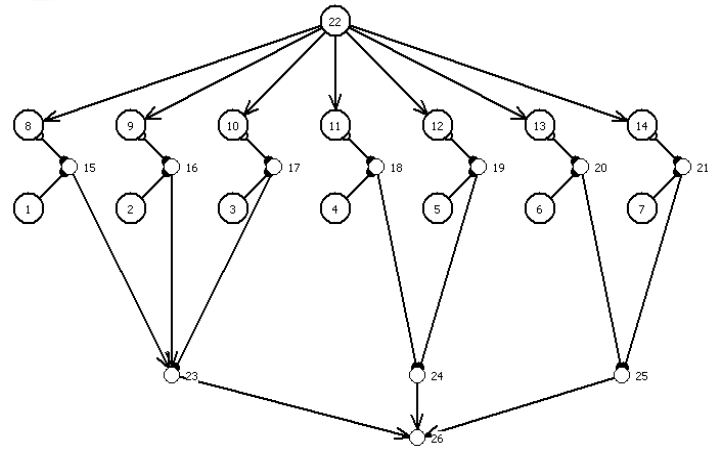


Рис. 1. СФЦ структурной устойчивости СБЭ

На рис. 2 на выходе фиктивной вершины 15 представлено условие сохранения работоспособности (и не отказа, и не поражения) элемента 1:

$$y15 = y1 \cdot \overline{y8}, \quad (1)$$

где на выходах фиктивных вершин 16-21 представлены аналогичные условия сохранения работоспособности элементов 2-7 соответственно.

На выходе фиктивной вершины 26 представлено условие сохранения работоспособности хотя бы одного ввода электропитания для функционирования технических средств объектов ОВД, которое является логическим критерием Yc = y26 комплексной устойчивости рассматриваемой СБЭ в целом:

$$y26 = y23 \vee y24 \vee y25. \quad (2)$$

Полученная СФЦ структурной устойчивости ИСБ введена в программный комплекс «АРБИТР» [10], в режиме «Статический расчет» произведено моделирование.

В результате моделирования получены:

1. логическая функция устойчивости СБЭ, которая содержит 7 конъюнкций:
2. вероятностная функция устойчивости СБЭ, которая содержит 26 одночленов.

После подстановки исходных данных в полученную громоздкую вероятностную функцию, а именно: *P1 = P2 = 0,9*, *P3 = P5 = P7 = 0,98*, *P4 = P6 = 0,95* (в качестве примера); *P8 = P9 = P10 = P11 = P12 = P13 = P14 = 0,2* (в качестве примера); *P15 = 0,7* (в качестве примера), получим вероятность реализации критерия y26, а равно и вероятностный показатель устойчивости СБЭ: Руст = 0,9682.

Действительно, разработанная СФЦ устойчивости СБЭ (см. рис. 1), а также ее логическая и вероятностная функции являются немонотонными, что не противоречит положениям ОЛВМ [7, 8].

2. Моделирование и расчет комплексного показателя эффективности системы бесперебойного электроснабжения технических средств объектов ОВД.

Согласно [9] для объектов вида «вида II», т.е. для объектов, которые могут находиться в некотором числе j = 1,2,..,M частично неработоспособных состояний (состояний частичного отказа и/или поражения) Y_j, определяют комплексный показатель – «коэффициент сохранения эффективности» (Кэф), при расчете которого сохраняются общие принципы расчета надежности объектов «вида I», но каждому состоянию объекта, определяемому совокупностью состояний его элементов или каждой возможной его траектории в пространстве состояний элементов, должно быть поставлено в соответствие определенное значение доли сохраняемой номинальной эффективности

от 0 до 1 (для объектов «вида I» эффективность в любом состоянии может принимать только два возможных значения: 0 или 1).

В настоящей работе используем подход, предложенный в [8]: «брать в расчет три качественно различных несовместных области состояний, соответствующих эффективностям системы E1 = 100%, E2 = 70%, E3 = 30%»

С учетом ранее разработанной модели устойчивости СБЭ положим, что общее условие ее работоспособности (2) характеризуется тремя качественно различными несовместными областями состояний:

1. состояния полной работоспособности Y1, при котором эффективность СБЭ E1 = 100%:
$$Y_1 = y100 = y23 \cdot y24 \cdot y25 . \quad (3)$$
2. состояния частичной работоспособности Y2, при котором эффективность СБЭ E2 = 70%:
$$Y_2 = y70 = (y23 \cdot y24) \vee \overline{y25} . \quad (4)$$
3. состояния частичной работоспособности Y3, при котором эффективность СБЭ E3 = 30%:
$$Y_1 = y30 = (\overline{y23} \vee \overline{y24}) \cdot y25 . \quad (5)$$

На основании предложенных трех качественно различных несовместных областей состояний получена СФЦ эффективности СБЭ (см. рис. 2).

Для визуализации трех качественно различных несовместных областей состояний в разрабатываемую СФЦ эффективности введено три фиктивные вершины с номерами 100, 70 и 30 соответственно, на выходах которых представляются критерии функционирования СБЭ с различными уровнями эффективности в 100%, 70% и 30% соответственно.

Введем полученную СФЦ эффективности СБЭ (с теми же исходными данными – вероятностными показателями элементов) в ПК «АРБИТР». В результате проведения вычислительного эксперимента получим: *p(y100) = 0,4318, p(y70) = 0,1405, p(y30) = 0,2626*.

Определение показателя эффективности в ОЛВМ осуществляется на основе составного критерия [8]:
$$K_{эф} = W = E_1 p(Y_1) + E_2 p(Y_2) + E_3 p(Y_3) . \quad (6)$$

Произведем расчет комплексного показателя эффективности СБЭ:
$$K_{эф.ИСБ} = 100\% \cdot 0,4318 + 70\% \cdot 0,1405 + 30\% \cdot 0,2626 = 60,893\% \quad (7)$$

Действительно, разработанная СФЦ эффективности ИСБ, а также ее логическая и вероятностная функции являются немонотонными, что

не противоречит положениям ОЛВМ [7] и результатам опубликованным ранее в тестовых примерах [8, 11].

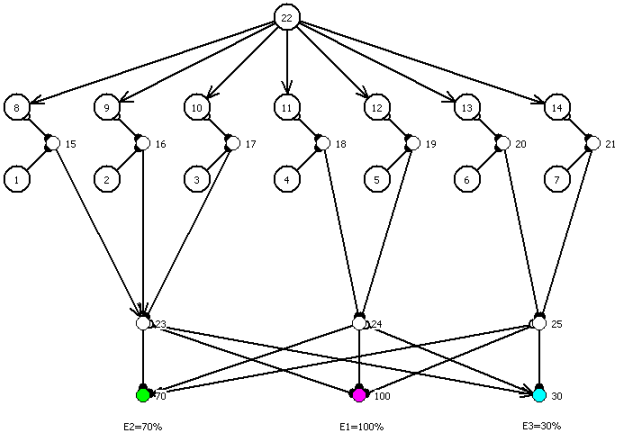


Рис. 2. СФЦ эффективности СБЭ

Определение показателя эффективности в ОЛВМ осуществляется на основе составного критерия [8]:

$$K_{эф} = W = E_1 p(Y_1) + E_2 p(Y_2) + E_3 p(Y_3)\,. \qquad (8)$$

Произведем расчет комплексного показателя эффективности СБЭ:

$$K_{эф.ИСБ} = 100\% \cdot 0,4318 + 70\% \cdot 0,1405 + 30\% \cdot 0,2626 = 60,893\% \qquad (9)$$

Действительно, разработанная СФЦ эффективности ИСБ, а также ее логическая и вероятностная функции являются немонотонными, что не противоречит положениям ОЛВМ [7] и результатам опубликованным ранее в тестовых примерах [8, 11].

Заключение

В работе произведен вычислительный эксперимент, построены схема функциональной целостности, логическая и вероятностная модели СБЭ объектов ОВД РФ, получены комплексные показатели ее устойчивости и эффективности с учетом положений ГОСТ 27.301-95. В результате проведенного исследования, можно сделать вывод о применимости изложенной методики для определения количественных показателей устойчивости и эффективности СБЭ технических средств объектов ОВД.

Список литературы

1. Об обеспечении безопасности объектов органов внутренних дел российской федерации от преступных посягательств: приказ МВД России от 31 декабря 2014 г. № 1152.

2. Об утверждении Инструкции по организации работы пунктов централизованной охраны подразделений вневедомственной охраны: приказ МВД России от 16 июня 2011 г. № 676.

3. Р 060-2017. Типовые проектные решения по оборудованию ПЦО системой бесперебойного электропитания»: методические рекомендации – М: ФКУ «НИЦ Охрана» Росгвардии, 2017. – 54 с.

4. СП 6.13130.2013. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности.

5. Правила устройства электроустановок. – 7 изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 504 с.

6. Куропятник, Д.Л. К вопросу об обеспечении бесперебойного элекгоснабжения объектов органов внутренних дел / Д.Л. Куропятник, М.А. Ледовская, А.А. Рогожин // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии : материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2018. – № 4-2 (4). – С. 206-211.

7. Можаев, А.С. Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем / А.С. Можаев, В.Н. Громов. – Санкт-Петербург : ВИТУ, 2000. – 145 с.

8. Устойчивость, технический риск и эффективность двухэлементной дублированной системы. Пример 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://szma.com/primer1.pdf.

9. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. – Введ. 1997-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 1996. – III, 15 с.

10. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2017660507. Российская Федерация. Программный комплекс «АРБИТР» (ПК АСМ СЗМА) / А. С. Можаев, И. А. Можаева; Правообладатель: Акционерное общество «Специализированная инжиниринговая компания Севзапмонтажавтоматика» (RU). – № 2017615839; заявл. 19.06.2017; зарегистр. 22.09.2017; опубл. 22.09.2017,М.:ФИПС,2017.–1с.

11. Дурденко, В.А. Моделирование и оценка эффективности интегрированных систем безопасности объектов, подлежащих обязательной государственной охране / В.А. Дурденко, А.А. Рогожин, Б.О. Баторов. – Вестник Воронежского государственного университета. Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 3. – С. 82-92.

Анализ результатов имитационного моделирования процесса учета обращений граждан

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru
Д. Н. Драгина, email: dragina-darja@rambler.ru

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. *Разработана функциональная модель процесса учета обращений граждан в нотации ARIS eEPC. В работе рассматриваются результаты имитационного моделирования данного процесса средствами системы Business Studio.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, учет обращения граждан, нотация ARIS, диаграмма eEPC, Business Studio.*

Введение

В настоящее время широко используются электронные способы подачи обращений и жалоб граждан в государственные органы и органы местного самоуправления. При этом экономится время граждан, затрачиваемое на поездку и проведения в очереди для подачи заявления. А как при этом меняется объем работы сотрудников, занимающихся рассмотрением обращений граждан?

Проведем исследование процесса поступления заявок на примере работы администрации Алексеевского района. Процесс учета обращений граждан будем рассматривать как модель системы массового обслуживания (СМО).

1. Модель процесса учета обращений граждан

В общем случае, процесс рассмотрения обращений граждан предполагает выполнение следующих процедур: регистрация обращений, обобщение и анализ их содержания, определение области компетенций и пересылка обращения исполнителю для работы над ней, контроль хода исполнения по обращению.

В настоящее время в администрации Алексеевского района для регистрации и учета прохождения обращений граждан используется система электронного документооборота «Мотив», которая автоматизирует работу со всеми типами документов, повышает безопасность и удобство хранения документов, интегрирована с электронной почтой и т.д.

© Евдокимова С. А., Драгина Д. Н., 2019

Основными каналами поступления обращений граждан в администрацию Алексеевского района являются [1]:

– почта России;
– лично (заявитель приносит сам);
– электронная почта;
– СЭД «Мотив», в том числе из вышестоящих организаций.

В администрации Алексеевского района заявления граждан регистрирует специалист-делопроизводитель и передает документ в службу или комитет, компетенцией которого является рассмотрение данного вопроса. К таким службам, например, относятся: комитет по ЖКХ, архитектуре и строительству; комитет по аграрным вопросам, земельным и имущественным отношениям и т.д.

Таким образом, в терминах теории СМО [2] в процессе рассмотрения жалоб от граждан можно выделить два типа каналов обслуживания. Первый канал – это работа с заявкой специалиста-делопроизводителя, второй канал – работа исполнителя заявки. Первый тип канала обслуживания заявок используют одиночный режим обработки заявки, т.е. один специалист в данный момент времени может обслуживать только одну заявку. Обращения граждан после регистрации распределяются по различным службам и комитетам, поэтому в СМО присутствует несколько каналов второго типа, при этом допускается, что одна служба или комитет работают сразу над несколькими заявками.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что процесс рассмотрения обращений граждан представляется собой сеть массового обслуживания (СеМО), состоящую из двух взаимосвязанных СМО, в среде которых перемещаются заявки. Структура сети массового обслуживания обращений граждан представлена на рис. 1.

В системе существует единственная очередь, куда помещаются заявки всех типов. Заявки на обслуживание – это заявки на выполнение различных операций в процессе обработки обращений граждан.

Срок рассмотрения отдельного обращения гражданина имеет законодательно установленное время выполнения, поэтому различные операции в процессе работы над заявкой гражданина будут характеризоваться относительным приоритетом.

Для детального описания процессов и отражения последовательности функциональных шагов одного бизнес-процесса выбрана диаграмма Extended event driven process chain (eEPC) (Расширенная событийная цепочка процесса) [3]. Разработаны модели процессов регистрации и учета прохождения заявок в нотации ARIS eEPC без использования информационных технологий и с

использованием средств информационных технологий (ИТ), параметры и графические диаграммы которых представлены в [4].

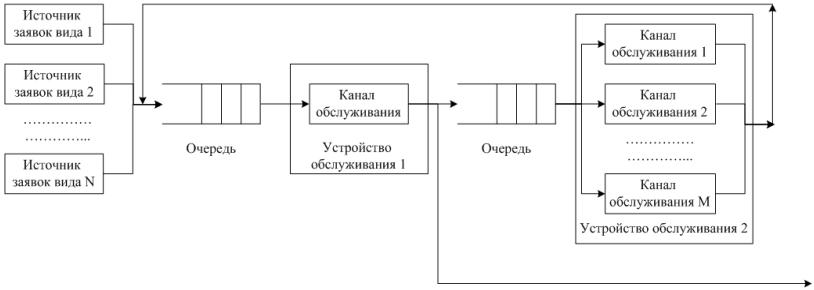


Рис. 1. Сеть массового обслуживания заявок граждан

Стартовым событием процесса рассмотрения обращений граждан является поступление заявки от граждан (лично или с использованием удаленных средств), которую регистрирует специалист-делопроизводитель. Зарегистрированный документ передается на рассмотрение исполнителю, к компетенциям которого относится проблема обращения. Нормативный срок рассмотрения обращения граждан включает 30 дней, по окончание которого необходимо предоставить ответ на жалобу или заявку. Если в течение отведенного срока исполнительный документ не подготовлен, то необходимо срок рассмотрения жалобы продлить.

2. Анализ результатов имитационного моделирования процесса учета обращений граждан

При проведении имитационного моделирования средствами системы Business Studio рассчитываются статистические характеристики процесса и показатели использования временных ресурсов: загруженность канала, средняя длина очереди, средняя продолжительность пребывания заявок в системе и очереди и т.д.

В качестве шага моделирования выбрано минимальное время одной из функций исследуемого процесса – 5 мин, иначе при имитации время выполнения этой функции увеличивается до шага моделирования. Поскольку время возникновения стартовых событий и выполнения операций исследуемого процесса – случайные величины, то повторно проведено несколько имитаций.

Для определения длительности проведения имитации построен график изменения процента полезного времени использования временного ресурса – специалиста-делопроизводителя от времени

моделирования (рис. 2). Начиная с интервала моделирования в 180 дней (6 месяцев) процент загруженности специалиста начинает принимать значения около 94 % и не превышает отметку в 95%.

Результаты имитационного моделирования процесса рассмотрения представлены в таблице.

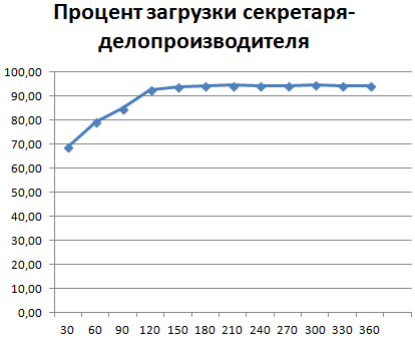


Рис. 2. График изменения процента загрузки специалиста-делопроизводителя

Таблица

Результаты имитационного моделирования процесса рассмотрение обращений граждан

Характеристика	**Процесс без использования ИТ**	**Процесс с использованием ИТ**
Количество обращений	1158	1846
Среднее количество запусков процесса в день	6,42	10,23
Время выполнения процесса, рабочее время сотрудника	7 дней 07:57:00	5 дней 05:04:00
Время в очереди	33 дня 23:14:00	26 дней 20:53:00
Средняя длительность процесса	41 день 7:11:00	32 дня 01:57:00
Время доступности	130 раб дней	130 раб дней
Время использования	117 раб дней 12:10	122 раб дней 06:55:00
Процент загрузки	90,39	94,06
Средняя длина очереди	11:55:00	07:55:00

Окончание таблицы

Характеристика	Процесс без использования ИТ	Процесс с использованием ИТ
Количество отправленных документов-ответов	812	1625
Количество подготовленных ответов	939	1626
Максимальное количество операций в очереди	256	190
Максимальная длина очереди	43:50:00	58:10:00

Заключение

Средствами системы Business Studio проведено имитационное моделирование процесса учета обращений граждан и получены его статистические характеристики для оценки производительности сотрудников, участвующих в процессе. Анализ проведенных имитаций процесса показал, что использование средств информационных технологий для подачи и учета обращений граждан позволяют увеличить производительность процессов их обработки. При этом загруженность сотрудников, занятых приемом, регистрацией, отправкой ответа, остается прежней.

Список литературы

1. Евдокимова, С. А. Функциональная модель управления входными документами организации в нотации ARIS / С. А. Евдокимова, Д. Н. Драгина // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10. – № 1. – С. 14-20.

2. Алиев, Т. И. Задачи и методы проектирования дискретных систем : учебное пособие / Т. И. Алиев. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 127 с.

3. Евдокимова, С. А. Выбор методологии моделирования предметной области при проектировании информационной системы / С. А. Евдокимова // Моделирование систем и процессов. – 2015. – Т. 8. – № 3. – С. 18-22.

4. Евдокимова, С. А. Имитационное моделирование процесса рассмотрения обращений граждан / С. А. Евдокимова, Д. Н. Драгина // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 15-24.

Применение методов интеллектуального анализа данных для оценки внешнеэкономической деятельности организации

С. А. Евдокимова, email: evdsv@mail.ru
В. С. Копылова, email: vikusik.95@mail.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

Аннотация. *В статье рассматриваются направления оценки внешнеэкономической деятельности организации, занимающейся продажей сельскохозяйственной техники. Для этого предлагается использовать методы интеллектуального анализа данных и реализовать их в среде RapidMiner.*

Ключевые слова: *интеллектуальный анализ данных, внешнеэкономическая деятельность, Data Mining, RapidMiner.*

Введение

Учет внешнеэкономической деятельности организации имеет свои особенности, так как предусматривает расчеты в нескольких валютах, себестоимость ввозимых товаров дополнительно включает таможенные платежи, расходы на хранение на складах в пограничных станциях, страхование груза и т.д. [1]. Выявление зависимости объема продаваемых товаров от цены и курса валюты является актуальной задачей для интеллектуального анализа данных.

На примере организации, занимающейся продажей импортной сельскохозяйственной техники, проведем исследование методов Data Mining с использованием инструментального средства RapidMiner.

1. Методы интеллектуального анализа данных

Для автоматизированной обработки данных большого объема существуют методы интеллектуального анализа данных, которые объединяются единым понятием Data Mining.

Data Mining – это исследование и обнаружение «машиной» (алгоритмами, средствами искусственного интеллекта) в сырых данных скрытых знаний, которые ранее не были известны, нетривиальны, практически полезны, доступны для интерпретации человеком [2]. Основными задачами, которые решают методы интеллектуального анализа данных, являются:

© Евдокимова С. А., Копылова В. С., 2019

– задача классификации сводится к определению класса объекта по его характеристикам. Это делается посредством анализа уже классифицированных объектов и формулирования некоторого набора правил;

– задача регрессии (в том числе прогнозирование) позволяет определить по известным характеристикам объекта значение его параметра. В отличие от задачи классификации значением параметра является не конечное множество классов, а множество действительных чисел;

– поиск ассоциативных правил имеет цель нахождение частных зависимостей (или ассоциаций) между объектами или событиями. Найденные зависимости представляются в виде правил и могут быть использованы как для лучшего понимания природы анализируемых данных, так и для предсказания появления событий. Впервые эта задача была предложена для нахождения типичных шаблонов покупок, совершаемых в супермаркетах, поэтому она называется анализом рыночной корзины (market basket analysis);

– кластеризация – это группировка объектов на основе данных (свойств), описывающих сущность объектов. Объекты внутри кластера должны быть похожими друг на друга и отличаться от объектов, вошедших в другие кластеры. Чем больше отличий между кластерами, тем точнее кластеризация.

Все задачи делятся на описательные и предсказательные. Описательные задачи направлены на улучшение понимания анализируемых данных. К таким задачам относятся кластеризация и поиск ассоциативных правил [3].

Решение предсказательных задач разбивается на два этапа. На первом этапе на основании набора данных с известными результатами строится модель, а на втором этапе она используется для предсказания результатов на основании наборов данных. К данному виду задач относят задачи классификации и регрессии, а также можно отнести задачу поиска ассоциативных правил, если результаты ее решения используются для предсказания появления определенных событий.

Для построения эффективного прогноза необходимо учитывать динамику не по номенклатурным единицам продукции, а именно по группам товаров с однородными свойствами [4]. Поэтому для анализа деятельности организации, занимающейся продажей сельскохозяйственной техники, ставятся следующие задачи:

– сегментация товаров в группы;
– анализ рыночной корзины;
– оценка сезонных колебаний.

2. Построение модели кластеризации данных в RapidMiner

Система RapidMiner предназначена для научных исследований и представляет собой интегрированную среду для подготовки данных, машинного обучения, интеллектуального анализа текста и данных и прогнозирования. Работая с системой RapidMiner, пользователь рисует желаемый процесс анализа данных в виде цепочки (графа) операторов и запустить его на выполнение.

Основными понятиями RapidMiner являются:

– процесс – совокупность операторов, соединенных между собой в заданном порядке для выполнения требуемой задачи анализа/обработки данных;

– оператор – логическая единица процесса, которая производит определенные действия над данными. У него есть порты входа и выхода: на вход приходят данные, на выход идут обработанные оператором данные. Существует более 400 операторов: операторы обучения по прецедентам, в которых реализованы алгоритмы классификации, регрессии, кластеризации, поиска ассоциаций и т.д.; операторы предобработки (дискретизация, фильтрация, заполнение пропусков, уменьшение размерности и т.д.); операторы работы с признаками, оценки качества, визуализации и т.д.;

– репозиторий – место для хранения процессов, которое может быть локальным или удаленным.

Для анализа деятельности компании была собрана информация: история продаж, курс доллара, состав заказов различных компаний и т.д.

Для выполнения кластеризации данных была построена модель процесса, содержащей следующие операторы RapidMiner:

– Retrieve Data – загрузка данных;

– Preprocessing – предварительная подготовка данных, которая включает определение типов данных, выбор главного критерия (столбца) в загруженных данных и т.д.;

– Replace missing values – замена пропущенных значений;

– Select attributes – выбор атрибутов путем проверки наличия аномальных атрибутов в данных;

– Branch – построение первой ветви;

– Sample (Stratified) – расслоение данных;

– Remove Useless Attributes – удаление лишних атрибутов, которые содержат пустые значения;

– Normalize – нормализация;

– Reorder Attributes – изменение порядка атрибутов, выстраивание их по алфавиту;

– Clustering – кластеризация;

– Multiply – размножение или создание копии данных для обучения;

– Cluster Model Visualizer – визуализация кластеров;

– Sort – сортировка данных;

– Generate Attributes – генерация новых меток атрибутам для выстраивания значений кластеров, присвоение цвета кластеру;

– Set role – добавление новой колонки для описания класса кластера;

– Decision tree – построение дерева решений.

Таким образом, были получены три класса объектов. Таблица центроидов классов представлена на рисунке, так же результат можно просмотреть в различных формах визуализации, в виде дерева решений, общей таблицы кластерных данных.

Cluster	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...	sum(Цен...
Cluster 0	4.767	4.449	3.014	4.471	4.696	4.412	4.383	4.898	4.880	4.548	4.187
Cluster 1	0.504	0.716	1.529	0.583	0.474	0.782	0.654	0.448	0.573	0.424	0.483
Cluster 2	-0.200	-0.211	-0.243	-0.198	-0.195	-0.216	-0.202	-0.199	-0.211	-0.186	-0.180

Рисунок. Таблица центроидов полученных классов

Заключение

Оценка внешнеэкономической деятельности требует анализа большого количества данных различного вида. Для этого необходимо использовать методы интеллектуального анализа данных и программные системы, имеющие инструменты для этого.

Список литературы

1. Евдокимова, С.А. Анализ направлений автоматизации внешнеэкономической деятельности организации / С.А. Евдокимова, В.С. Копылова // Моделирование систем и процессов. – 2017. – Т. 10. – № 1. – С. 20-23.

2. Анализ данных и процессов : учебное пособие / А.А.Барсегян [и др]. – СПб. : «БВХ-Санкт-Петербург», 2009. – 512 с.

3. Пальмов, С.В. Обзор алгоритмов поиска ассоциативных правил / С.В. Пальмов // Наука и бизнес: пути развития. – 2016. – № 10(64). – С. 77-80.

4. Прогнозирование продаж на рынках отдельных групп товаров и услуг с применением методов интеллектуального анализа данных / О.А. Лукинова [и др.] // Экономика, организация и управление организациями, отраслями, комплексами. – 2015. – № 9 (131). – С. 73-77.

Стратегии управления безопасностью информации в информационно-телекоммуникационных системах

Е. А. Жидко, email: lenag66@mail.ru
С. Н. Разиньков, email: razinkovsergey@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»

Аннотация. *Разработаны стратегии адаптивного, ситуационного и рефлексивного управления информационным ресурсом информационно-телекоммуникационной системы при конфликтном взаимодействии ее компонентов со средствами информационно-технических воздействий в интересах обеспечения безопасности передачи и обработки информации.*

Ключевые слова: *информационно-телекоммуникационная система, информационно-техническое воздействие, информационный ресурс, стратегия управления безопасностью информации.*

Введение

Для создания информационно-технических воздействий (ИТВ) на компоненты информационно-телекоммуникационных систем (ИТС) применяются постановщики маскирующих помех, выполняющих энергетическое подавление сигналов, и имитирующих помех, нарушающих устойчивость информационного обмена за счет внесения дезинформации в каналы связи, уничтожения или подмены информации при несанкционированном доступе в информационные области [1].

Защита ИТС состоит в исключении несанкционированного доступа к охраняемой информации и сохранении нормальных (штатных) режимов информационного обмена. Информационная безопасность системы определяется как состояние ее защищенности, удовлетворяющее предъявляемым требованиям, в процессе реализации целевой функции [2].

Стратегия защиты ИТС вырабатывается из условия достижения безопасности информации при всех возможных видах и стратегиях реализации угроз в условиях ограничения ресурса для выявления и нейтрализации деструктивных факторов [2, 3].

В предлагаемой работе на основе представления информационного конфликта ИТС со средствами ИТВ в виде процедуры с дискретным

© Жидко Е. А., Разиньков С. Н., 2019

множеством состояний компонентов [3] разработаны стратегии адаптивного, ситуационного и рефлексивного управления информационным ресурсом для обеспечения безопасности информации. Суть стратегии управления безопасностью информации заключается в нахождении способов идентификации угроз и реагирования на них путем организации согласованных действий элементов ИТС с учетом функциональных взаимосвязей и рисков нарушения регламентированных состояний [3, 4].

Цель работы – обоснование стратегий управления безопасностью ИТС и условий их применения при защите от ИТВ.

Разработка стратегии управления безопасностью информации в ИТС включала в себя следующие этапы [3]:

– определение пространства состояний системы, образованной взаимодействующими компонентами ИТС и средств ИТВ, существенных с позиций достижения целевых функций передачи-приема, обработки и обеспечения безопасности информации;

– установление закономерностей смены состояний ИТС с вероятностно-временными характеристиками процессов взаимодействия ее компонентов со средствами ИТВ;

– описание дискретных состояний ИТС и средств ИТВ для воспроизведения целевых функций и конфликтного компонента в информационной области.

1. Стратегия адаптивного управления безопасностью информации

Стратегия адаптивного управления безопасностью информации в ИТС применяется при воспрещении проникновения ИТВ в информационную область. Адаптация заключается в поддержании состояний системы, в наиболее полной степени соответствующих целям функционирования [1, 3]. За счет распределения информационного ресурса формируются области устойчивой адаптации ИТС, в которых время выявления деструктивных воздействий существенно меньше постоянной времени, характеризующей изменения обстановки.

Состояния ИТС при адаптивном управлении безопасностью информации для i-го элемента при обработке k-го входного потока на j-м шаге функционирования устанавливаются в соответствии с редуцивным выражением

$$S_{D,j}(w_{i,j}^{k}) = S_{D,j}\left(\sum_{n=0}^{j-1} w_{i,j-n}^{k} + \sum_{m=1}^{M-1} \Delta w_{i,j-m}^{k}(S_{D,j-m})\right), \qquad (1)$$

где

$$\Delta w_{i,j}^{k} = -\mu_m (R_{i,j}^{k})^{-1} \nabla w_{i,j}^{k}, \quad (2)$$

– аддитивная добавка в виде рекуррентного выражения, связывающего состояние системы со временем изменения k-го свойства i-го элемента, $R_{i,j}^{k}$ – элементы матрица связей компонентов системы, μ_m – скорость сходимости алгоритма управления.

Компоненты ИТС и ИТВ могут рассматриваться как трансверсальные фильтры с варьируемыми параметрами связей. Широкий диапазон вариабельности корректируемых параметров при обеспечении безопасности информации, различие интенсивностей связей компонентов ИТС и средств ИТВ, а также возможностей их реализации требуют формирования адаптирующих воздействий по принципу взвешенной обработки потоков сигналов без прогноза состояния системы после выполнения команды управления.

2. Стратегия ситуационного управления безопасностью информации

Основу ситуационного управления составляет классификация текущей ситуации (состояния ИТС) с целью сведения его к некоторой обобщенной ситуации. Идентификация ситуации в процессе информационного обмена выполняется путем разделения унитарных кодов на потенциально опасные последовательности, содержащие обращения к запрещенным областям процессов обработки информации, и безопасные последовательности, располагающиеся в разрешенной информационной области ИТС в соответствии с критерием конфликтности.

В связи с тем, что ситуация, складывающаяся для ИТС при ИТВ, идентифицируется путем сопоставления характерных признаков с банком эталонных описаний, множество возможных состояний значительно превышает множество решений, принимаемых при управлении. Поэтому ситуационное управление позволяет распознавать конфликтное или кооперативное взаимодействие ИТС и средств ИТВ на начальном этапе путем оценки потенциала случайного блуждания обрабатываемого унитарного кода. Наличие конфликтного компонента в последовательности унитарных кодов устанавливается по отличию слов универсальной грамматики на каждом шаге функционирования ИТС. Прогноз изменения режима взаимодействия компонентов ИТС и средств ИТВ осуществляются только при пролонгации изменения вероятности реализации целевых функций на интервале взаимодействия на основе конечного набора вероятностных характеристик ситуации.

Ранняя идентификация режима взаимодействия может быть проведена на основе прогноза изменения вероятности реализации целевых функций ИТС и последующей оценки изменения этой вероятности на основе пролонгации. При этом должно выполняться требование своевременного отказа от идентификации конфликтного взаимодействия, что приводит к необходимости пролонгации условий бесконфликтного режима функционирования ИТС на основе ограниченного объема информации, доступной за интервал времени взаимодействия со средствами ИТВ.

К целевой функции управления ИТС предъявляется требование снятия конфликта с компонентами ИТВ за достаточно большое число шагов взаимодействия. Критерием выполнения данного требования является уменьшение различия ядер потенциалов эталонного и текущего режима функционирования на интервале времени взаимодействия [3, 4]. При этом гарантированно достигается информационная устойчивость системы, при которой изменения орбит вычислительных процессов с течением времени остаются ограниченными некоторой малой окрестностью невозмущенных орбит и вероятность реализации целевой функции значительно не изменяется.

Стратегия ситуационного управления определяется выражением

$$S_{D,j}(w_{i,j}^{k}) = S_{D,j}(\sum_{n=0}^{j-1} w_{i,j-n}^{k} + \sum_{m=1}^{M-1} \Delta w_{i,j-m}^{k}(S_{D,j-m}) P_{D,j}(S_{D,j-m})) \quad (3)$$

,

где $P_{D,j}(S_{D,j-m}))$ – вероятность правильной идентификации ситуации взаимодействия компонентов ИТС и ИТВ, вычисляемая при фиксированной вероятности ложной тревоги.

3. Стратегия рефлексивного управления безопасностью информации

Стратегия рефлексивного управления базируется на прогнозе и оценке изменения параметров ИТС и ИТВ в процессе взаимодействия и выполняется в интересах достижения паритета между ними. По результатам рефлексивного управления устанавливается информационное равновесие между всеми равноправными элементами системы более высокого уровня, образованной компонентами ИТС и средств ИТВ. При принятии решений на управляющие воздействия каждый элемент выбирает наилучшее с его точки зрения действие, опираясь на имеющийся в его распоряжении объем информации. Недостаточная информированность приводит к тому, что фактический вектор действий компонентов может отличаться от векторов,

определяющих наилучшую (оптимальную) стратегию для каждого из них в отдельности.

В результате для каждого компонента становится возможным установление собственного информационного равновесия, которое не зависит от состояния других компонентов. Это расширяет возможности принятия решений по распределению информационных ресурсов, поскольку вместо рефлексивной игры для обобщенной многоуровневой иерархической системы, образованной компонентами ИТС и средств ИТВ, рассматриваются рефлексивные модели принятия решений на различных уровнях иерархии с установленными рангами рефлексии.

Математическая формулировка стратегии рефлексивного управления имеет вид

$$S_{D,j}(w_{i,j}^{k}) = S_{D,j}\left(\sum_{n=0}^{j-1} w_{i,j-n}^{k} + \sum_{m=1}^{M-1} \Delta w_{i,j-m}^{k}(S_{D,j-m}) \times (\hat{D}_{i,j}, \widetilde{D}_{i,j})\right) \quad (4)$$

,

где символом «^» обозначен вектор состояний компонентов системы для управления ее информационными ресурсами, а символом «~» – для рефлексивной модели, отображающей предположения об осведомленности противоположной стороны.

Наибольшая эффективность рефлексивного управления достигается за счет выбора стратегии поведения, направленной на максимизацию целевых функций ИТС при одновременной минимизации целевых функций ИТВ, при матричном взаимодействии компонентов и комплексном использовании ресурсов, привлекаемых для защиты.

Заключение

Таким образом, на основе представления конфликта ИТС со средствами ИТВ в виде процедуры с дискретным множеством состояний компонентов разработаны стратегии адаптивного, ситуационного и рефлексивного управления информационным ресурсом и обоснованы условия рационального применения этих стратегий в интересах обеспечения безопасности информации.

Список литературы

1. Макаренко, С. И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетецентрических войнах начала XXI века : монография / С. И. Макаренко . – СПб. : Наукоемкие технологии, 2017. – 546 с.

2. Давыдов, А. Е. Защита и безопасность ведомственных интегрированных инфокоммуникационных систем : монография /

А. Е. Давыдов, Р. В. Максимов Р.В., О. К. Савицкий . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Воентелеком, 2017. – 536 с.

3. Жидко, Е. А. Логико-вероятностно-информационный подход к моделированию информационной безопасности объектов защиты : монография / Е. А. Жидко . – Воронеж : Воронежский гос. архит.-строит. ун-т, 2016. – 123 с.

4. Жидко, Е. А. Модель подсистемы безопасности и защиты информации системы связи и управления критически важного объекта / Е. А. Жидко, С. Н. Разиньков // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – № 1. – С. 122-135.

Алгоритм многопроцессного моделирования целевых и противодействующих процессов жизненного цикла высокотехнологичных систем управления

А. А. Зацаринный, email: azatsarinny@ipiran.ru
С. В. Козлов, email: sv_kozlov@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук

Аннотация. *Рассматривается комплексный процесс в жизненном цикле системы управления, объединяющий целевые и противодействующие процессы на его протяжении. Высокотехнологичная система управления на процессном уровне представляется в виде взаимоувязанного комплекса организационных, организационно-технических, организационно-когнитивных и технико-технологических процессов. Предлагается анализ проблемных вопросов создания и применения высокотехнологичных систем управления проводить на единой процессной основе взаимодействия целевых и противодействующих процессов с учетом их декомпозиции с выделением указанных видов процессов. Приводится алгоритм многопроцессного моделирования, учитывающий сложную структуру целевых и противодействующих процессов в жизненном цикле.*

Ключевые слова: *высокотехнологичная система управления, целевой и противодействующий процессы, декомпозиция процессов, жизненный цикл системы управления.*

Введение

В условиях становления нового технологического уклада развития мировой экономики на основе применения нано-, информационных, когнитивных и других перспективных технологий важное значение приобретает поиск инновационных решений применительно к качественному совершенствованию систем государственного, ведомственного и корпоративного управления. Яркая тенденция к сокращению длительности жизненного цикла автоматизированных систем управления из-за быстрого обновления основных технологий, применяемых для их создания, определяет необходимость поддержания их в актуальном состоянии, адекватном изменению со временем выполняемых задач. В этих условиях широко применяемый ранее принцип функционального подхода как к организации деятельности

© Зацаринный А. А., Козлов С. В., 2019

органов управления, обеспечению их информатизации и автоматизации деятельности должностных лиц, так и к организации жизненного цикла автоматизированных систем управления (АСУ) не соответствует высокой динамике изменения условий их применения. К тому же реализация современных требований системного подхода к организации жизненного цикла АСУ во многом определяется ограничениями в отношении его применения [1], связанными с неполной определенностью условий их функционирования и изменения перечня выполняемых задач. Кроме того, интеграция разрабатываемых АСУ на функциональной основе, предполагаемая на протяжении их жизненного цикла, еще более расширяет неопределенность в части объектов возможного сопряжения, что, в конечном счете, обостряет проблему интероперабельности в рамках интегрированных систем.

Предметом исследования в статье является обоснование постановки задачи моделирования взаимодействия целевого и противодействующих ему в жизненном цикле системы управления процессов. Рассмотрение процессной основы моделирования взаимодействия таких процессов направлено на выявление наиболее существенных связей между ними. С этой целью проводится декомпозиция сквозного процесса в жизненном цикле системы управления с выделением в его рамках организационных процессов, отражающих взаимодействие органов управления между собой без учета применения средств управления, организационно-технических процессов, отражающих взаимодействие органов управления с применением средств управления, и технико-технологических процессов, отражающих взаимодействие средств управления. В рамках такой классификации предлагается выделить также основные, обеспечивающие и вспомогательные процессы. Такой подход к представлению структуры процессов может применяться и к изучению противодействующих процессов. Взаимодействие целевых и противодействующих процессов представляется на основе формализованного представления взаимосвязи «фактор, воздействующий на систему управления, запускает в рамках ее элементов различные процессы, которые приводят к изменению их свойств, которые, в свою очередь, становятся причиной изменения целевого процесса в жизненном цикле системы управления, приводящей к ее деградации. Взаимодействие на процессном уровне рассматривается применительно к основным атрибутам процессов: входы и выходы процессов, управление процессом и ресурсы, привлекаемые для его реализации. Представленная многопроцессная структура сквозного процесса в жизненном цикле системы управления

обладает высокой степенью неопределенности, что в значительной мере усложняет ее анализ и выявление ключевых направлений обеспечения защиты целевого процесса от негативного воздействия противодействующих процессов. Предлагается алгоритм многопроцессного моделирования сквозного процесса на основе объектно-ориентированных модулей, отражающих функционирование системы управления в виде многонаправленного взаимодействия элементов сквозного процесса с учетом основных атрибутов целевого и противодействующего процессов. Предложенные методические подходы обеспечивает возможность выявления существенных направлений негативного влияния на целевые процессы в жизненном цикле системы управления и обоснования приоритетности необходимых мер по его защите.

1. Структура процессов в жизненном цикле системы управления

В ряде работ [2-5] представлен качественно новый подход к развитию методологии создания и развития интегрированных систем управления как совокупности органов, пунктов и средств управления на основе применения процессного подхода. При этом применение методов процессного подхода в отличие от широко известных приемов, реализуемых в направлении совершенствования бизнес-процессов в жизненном цикле систем управления, ограниченных, в основном, производственной сферой в части системы менеджмента качеством продукции, представляется на новой методической основе.

Сквозной процесс в жизненном цикле АСУ декомпозируется с выделением таких групп процессов, как [4, 5] целевые процессы, способствующие достижению предназначения АСУ, и противодействующие этому процессы, при этом обе группы процессов в свой состав включают основные, обеспечивающие и вспомогательные процессы. Таким образом многообразие структуры процессов в жизненном цикле АСУ определяет необходимость всестороннего анализа направлений взаимного влияния на уровне ее элементов.

Указанные группы процессов с точки зрения отношения к элементам системы управления могут быть классифицированы по следующим их видам [4-6]:

- организационные процессы, характеризующие взаимодействие органов управления, должностных лиц между собой без учета средств управления;
- организационно-технические процессы, характеризующие взаимодействие органов управления с применением средств управления;

– технико-технологические процессы, характеризующие взаимодействие на уровне средств управления.

При таком подходе обеспечиваются необходимые условия для анализа возможных направлений взаимодействия компонентов процессов по их группам и видам с выявлением направлений их существенной и малосущественной взаимосвязи, что позволяет обосновать приоритетность разрабатываемых системотехнических и других решений по оптимизации элементов процессов.

В конечном счете, в дальнейшем может быть произведена агрегация элементов процессов в жизненном цикле с реализацией необходимых мер по их улучшению в жизненном цикле АСУ. Такой подход направлен на всестороннее обеспечение функциональных возможностей АСУ, поскольку они:

– закладываются на ранней стадии их жизненного цикла при обосновании в ходе проведения фундаментальных исследований основной идеи формирования их роли в решении актуальных задач и удовлетворения основных потребностей будущих пользователей;
– разрабатываются на уровне системотехнических решений в рамках прикладных НИР;
– реализуются в виде типовых аппаратно-программных средств и конструкторских решений в ходе ОКР;
– тестируются и оцениваются в процессе проведения испытаний;
– проявляются и поддерживаются на стадии эксплуатации.

2. Алгоритм взаимодействия процессов в жизненном цикле системы управления

Важная роль ранних стадий жизненного цикла АСУ как высокотехнологичных систем подтверждается тем, что расширение перечня и возможностей новых технологий во многом определяет также и масштабы угроз и опасностей, которые сопровождают технологический прогресс в области практического применения и развития информационных, когнитивных и телекоммуникационных технологий. В этой связи представляется целесообразным рассмотреть обобщенный механизм влияния внешних факторов на состояние системы управления и ее компонентов. Так, например, используя разработанный в [7, 8] подход к описанию взаимосвязи внешних факторов, действующих на объект, запускаемых ими процессов в рамках объекта, приводящих к изменению технологических свойств объекта, применительно к системе управления схема их взаимосвязи может быть представлена в следующем виде, как показано на рис. 1.

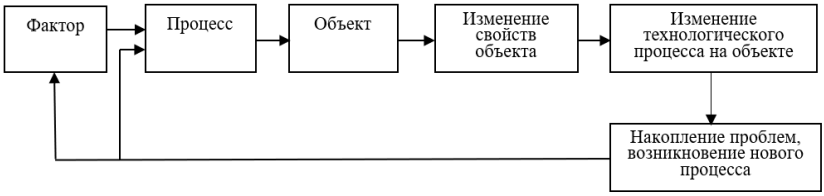


Рис. 1. Обобщенная схема взаимосвязи факторов, процессов и свойств объектов

Конкретный фактор внешних условий функционирования системы управления объектами запускает организационный процесс в виде формирования дополнительных требований к ее объектам, либо изменения условий ее функционирования, в результате чего под воздействием фактора изменяются функциональные свойства системы управления на организационно-техническом уровне, либо на технико-технологическом уровне. Анализ и реализация этих требований должны оцениваться и проводиться с учетом характера их влияния на организационный процесс. Например, телекоммуникационная основа системы управления, являясь ключевым элементом системы управления, определяющим в значительной мере ее структуру и топологию, имеет главной целью обеспечение технико-технологической поддержки организации и практической реализации организационно-технических и организационных процессов в системе управления. Телекоммуникационная основа системы управления должна рассматриваться как объект, находящийся под комплексным воздействием указанных выше факторов. На примере трех видов факторов различной природы (организационного, организационно-технического, технико-технологического характера) иллюстрируется взаимосвязь факторов, запускаемых ими процессов, которые, в свою очередь, проявляются во взаимодействии между собой, и приводят к изменению свойств телекоммуникационной основы системы управления, которые, в конечном счете, приводят к изменению и свойств системы управления. При этом необходимо отметить их многонаправленное взаимное влияние.

На рис. 2 показано, как на процессной основе представляется обобщенная схема взаимодействия целевого (основного) и противодействующих ему процессов [4, 5].

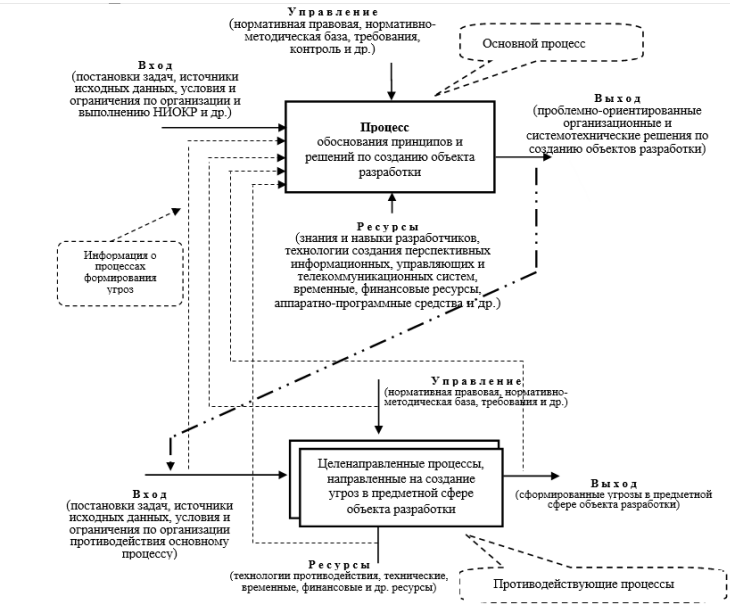


Рис. 2. Обобщенная схема взаимодействия целевого (основного) и противодействующих процессов в жизненном цикле системы управления

Здесь показаны направления взаимодействия по основным атрибутам указанных процессов:

– по одноименным атрибутам процессов (входам и выхода процессов, управляющим воздействиям на процессы и ресурсам для реализации процессов при этом взаимодействие процессов может рассматриваться в первую очередь, в масштабе времени, близком к реальному, что представляет собой наихудший случай с точки зрения минимизации негативного воздействия на основной процесс;

– по различным атрибутам процессов, при этом потребуется проводить анализ времени реакции противодействующего процесса на интенсивность реализации основного процесса;

– комбинированное взаимодействие.

С учетом возможных направлений взаимодействия проводится выявление существенных взаимосвязей, приводящих к наиболее значимому негативному влиянию на реализацию основного процесса, их ранжирование по интенсивности влияния противодействующих

процессов и затем проводится обоснование необходимых мер по их нейтрализации.

Моделирование особенностей их взаимодействия целесообразно осуществлять на основе построения структурной схемы объектно-ориентированных модулей с указанием возможных направлений их взаимного влияния и имитации процедур взаимодействия по параметрам атрибутов основного и противодействующих процессов.

3. Структура многопроцессной модели системы управления

На основе обобщенной схемы взаимодействия целевого (основного) и противодействующего процессов (см. рис. 2) и формирования объектно-ориентированных модулей, имитирующих взаимодействие указанных групп процессов на уровне их основных атрибутов разработана структура многопроцессной модели сквозного процесса в жизненном цикле системы управления, которая представлена на рис. 3.

Каждый модуль отображает элементы многопроцессной структуры основного и противодействующего процессов. Соответствующие атрибуты процессов (входы и выходы, управление и ресурсы) представляются:

– генераторами транзактов Γ_{o}, Γ_{o1}, …, Γ_{ok} и $\Gamma_{по}$, $\Gamma_{по1}$, …, Гпok, имитирующими входы целевого и противодействующего процессов, соответственно;

– генераторами транзактов Γ_{y1}, …, Γ_{yn} и $\Gamma_{уп}$, имитирующими управляющие воздействия на целевой и противодействующий процессы, соответственно;

– генераторами Γ_{p1}, …, Γ_{pm} и $\Gamma_{рп1}$, …, $\Gamma_{рпq}$, имитирующими использование ресурсов для реализации целевого и противодействующего процессов, соответственно.

Реализация целевого и противодействующего процессов осуществляется с учетом времени задержки $t_{оп}$ и $t_{пп}$, соответственно. Каналы взаимодействия целевого и противодействующего процессов характеризуются временными задержками по входу и выходу целевого процесса $t_{зад1}$ и $t_{зад\ 2}$.

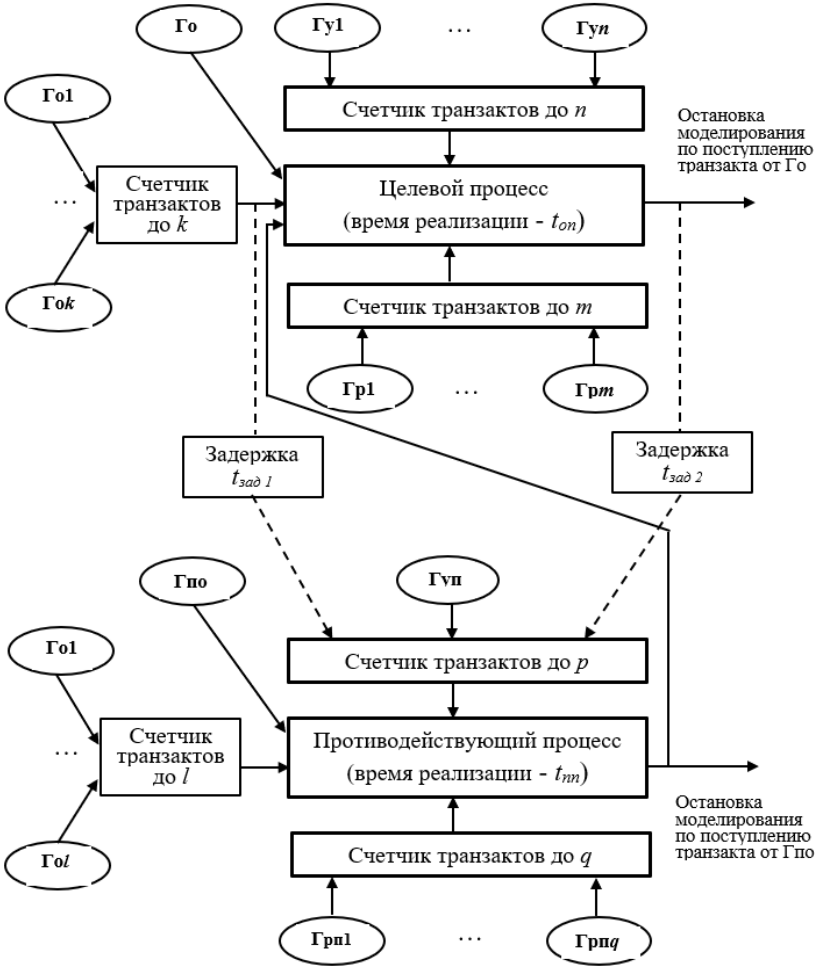


Рис. 3. Структурная схема многопроцессной модели

Симуляция процессов прохождения транзактов через соответствующие блоки временной задержки, приоритетного обслуживания, ассемблирования и сборки создаваемых копий исходных транзактов представляет собой суть многопроцессного моделирования сложного процесса взаимодействия основных и противодействующих процессов. Основные результаты их моделирования оцениваются на основе функций распределения вероятности времени обслуживания

транзактов в составе их потока, имитирующего основной процесс. Другие результаты, характеризующие степень компенсации негативного влияния противодействующих процессов, выводятся в виде вероятностно-временных характеристик процесса обслуживания транзактов, имитирующих функционирование противодействующих процессов.

На основе многопроцессного моделирования целевых (основных) и противодействующих процессов обеспечивается возможность определения границ регулирования основных процессов и обоснования предложений по расширению возможностей осуществления контроля и управления параметрами противодействующих процессов.

Заключение

Предложенный подход к многопроцессному моделированию сквозного процесса в жизненном цикле системы управления обеспечивает возможность на качественно новой основе проводить анализ условий реализации целевых процессов, обосновывать предложения по качественному развитию элементов системы управления с учетом:

– обеспечения их защиты от негативных факторов в жизненном цикле;

– комплексного развития компонентов сквозного процесса и использованию возможностей совершенствования каждого из них;

– обоснования процессной основы для интеграции в составе систем управления новых функциональных компонентов.

Список литературы

1. Пригожин, А. И. Методы развития организаций / А. И. Пригожин. – М.: МЦФЭР, 2003. – 864с. (Приложение к журналу «Консультант», 9-2003).

2. Функциональный, процессный и системный подход к управлению организацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studopedia.ru/11_44292_funktsionalniy-podhod.html

3. Репин, В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елисов – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.

4. Козлов, С.В. О направлениях интеграции информационных, управляющих и телекоммуникационных систем на процессной основе / С. В. Козлов, А. Н. Кубанков // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2018. – Т. 12. – No9. – С. 34-40.

5. Козлов, С. В. Об основных направлениях развития телекоммуникационной основы системы управления с учетом

комплексного совершенствования организационных, организационно-технических и технико-технологических процессов в ее жизненном цикле / С. В. Козлов // Сборник трудов XXIII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж, 2017. – Т. 1. – С. 147-153.

6. Система управления силами и средствами ОВД при чрезвычайных обстоятельствах [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.su/10_137801_sistema-upravleniya-silami-i-sredstvami-ovd-pri-chrezvichaynih-obstoyatelstvah.html

7. Акусова А.А., Топоров А.А. Процессный подход к исследованию изменения технического состоян6я оборудования химических производств [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://masters.donntu.org/2013/fimm/vypiraiko/library/article7.htm

8. Афанасьева, Т. А. Надежность химико–технологических производств / Т. А. Афанасьева, В. Н. Блиничев; Иван. гос. хим.–технол. ун-т.: монография – Иваново, 2007. – 199с.

Об одном подходе к оценке живучести эргатических систем

Г. И. Зверев, email: georgiyzverev@gmail.com
В. В. Меньших, email: menshikh@list.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *Рассматривается эргатическая система в виде взвешенного гиперграфа, вершины которого соответствуют элементам системы, дуги характеризуют взаимосвязь между подмножествами элементов, веса вершин отражают степень возможности выполнения возложенных на них функций, а веса дуг – степень возможности осуществления взаимосвязи; исследуется возможность сохранения функциональности системы при деформации графовой модели.*

Ключевые слова: *эргатические системы, живучесть системы, графовая модель, деформация графовой модели, гиперграф.*

Введение

В настоящее время эргатические (организационно-технические) системы широко распространены. Примерами указанных систем могут являться система управления блоком станции, система управления самолетом, диспетчерская служба аэропорта, вокзала и т.п. Эргатические системы нашли своё применение на объектах, где вмешательство оператора в работу объекта является необходимым условием обеспечения надежной работы данных объектов [1].

Однако в определенных условиях может возникнуть ситуация нештатной работы. Для эффективного функционирования и возможности оперативного решения возникающих проблем при работе в сложившихся условиях необходимо производить оценку живучести таких систем, т.е. способность сохранять состояние работоспособности при деструктивных воздействиях [2].

Каждая система содержит элементы (операторы и технические средства), которые в результате взаимодействия обеспечивают с некоторой вероятностью выполнение возложенных на систему функций. При этом следует учитывать, что выполнение некоторых функций подразумевает взаимосвязь более двух элементов. В процессе функционирования системы функциональные возможности отдельных элементов и/или взаимодействия между ними могут изменяться вследствие внешних или внутренних деструктивных воздействий.

© Зверев Г. И., Меньших В. В., 2019

1. Описание математической модели эргатической системы

В качестве структурно-параметрической модели можно использовать взвешенный гиперграф [3]:

$$\Gamma = (S, E, P, K) \tag{1}$$

– вершины $S = \{s_1, s_2, \ldots, s_n\}$ которого соответствуют элементам системы,

– дуги $E = \{e_1, e_2, \ldots, e_m\}$ характеризуют взаимосвязь между подмножествами элементов,

– веса вершин $P = \{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$ отражают степень возможности выполнения возложенных на них функций,

– веса дуг $K = \{k_1, k_2, \ldots, k_m\}$ отражают степень возможности осуществления взаимосвязи.

Будем считать, что:

$$p_i \in [0.1], i = 1, \ldots, n \tag{2}$$

$$k_j \in [0.1], j = 1, \ldots, m \tag{3}$$

при этом значения:

– $p_i = 0$ – соответствует выходу элемента системы из строя,

– $p_i = 1$ – соответствует функционированию элемента в штатном режиме,

– $k_j = 0$ – соответствует отсутствию взаимосвязи между элементами,

– $k_j = 1$ – соответствует возможности осуществления всех форм взаимосвязи в полном объеме.

Функциональные возможности системы в целом можно описать как функцию $F(\Gamma)$. В простейшем случае данная функция будет иметь вид:

$$F(\Gamma) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i p_i + \sum_{j=1}^{m} \beta_j k_j \tag{4}$$

где α_i – важность (вклад в общую эффективность системы) элемента системы s_i, β_j – важность (вклад в общую эффективность системы) взаимосвязи e_j.

Будем считать, что

$$\sum_{i=1}^{n}\alpha_i + \sum_{j=1}^{m}\beta_j = 1 \quad (5)$$

Исходя из этого, можно сказать, что если система функционирует в штатном режиме, то $F(\Gamma) = 1$.

2. Оценка эффективности функционирования системы

Под деформацией графовой модели понимается такое деструктивное воздействие на систему, при которой нарушаются ее функциональные возможности при работе в нормальных условиях.

Выделяется несколько типов таких деструктивных воздействий:

1. Выведение из строя или снижение функциональных возможностей одного или нескольких элементов системы;
2. Полное или частичное нарушение взаимосвязей между некоторыми элементами.

Любая из данных деформаций приводит к изменению графовой модели системы:

$$\Gamma \to \Gamma' = (S, E, P', K') \quad (6)$$

Следствием указанных изменений графовой модели системы является снижение функциональных возможностей эргатической системы:

$$F(\Gamma') < F(\Gamma) \quad (7)$$

При этом для каждой системы существует $F_{крит.}$. При достижении данного значения система перестает выполнять свои функциональные возможности.

Заключение

Указанный подход позволяет произвести оценку живучести конкретных эргатических систем, основываясь на значении $F_{крит.}$, характере построения графовой модели системы и полученных деформаций графовой модели вследствие деструктивных воздействий на систему.

Список литературы

1. Мухин, В. И. Исследование систем управления: Учебник для вузов / В. И. Мухин. – М. : Издательство «Экзамен», 2003. – 384 с.

2. Стекольников, Ю. И. Живучесть систем / Ю. И. Стекольников. – СПб : Политехника, 2002. – 155 с.

3. Зыков, А. А. Гиперграфы / А. А. Зыков // Успехи математических наук. – Москва, 1974. – Т. 29, вып. 6 (180). – С. 89-154.

Модель и алгоритм оценки пропускных способностей направлений передачи информации в инфокоммуникационной сети

Д. Д. Зверева, email: zubzv@yandex.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *Предложены имитационная модель и алгоритм разрешения конфликтов при распределении пакетов по линиям связи, относящимся к нескольким направлениям передачи информации с учетом важности этих направлений.*

Ключевые слова: *инфокоммуникационная сеть, пропускная способность сети, приоритетные направления передачи информации, имитационное моделирование.*

Введение

В качестве показателей эффективности функционирования инфокоммуникационных сетей обычно используются пропускные способности отдельных направлений передачи информации [1]. Однако для использующих их организаций важность отдельных направлений может быть различной, что приводит к необходимости использования в качестве показателя взвешенную пропускную способность [2].

Одна и та же линия связи может использоваться на различных направлениях для одновременной передачи информации по ней, что приводит к возникновению конфликтов, которые, как правило, разрешаются с учётом важности направлений.

Настоящая работа посвящена разработке модели и алгоритма оценки пропускных способностей направлений передачи информации в инфокоммуникационной сети с учетом возникающих конфликтных ситуаций.

1. Оценка показателей эффективности

Взвешенная пропускная способность определяется по формуле [3-5]:

$$P = \sum_{i=1}^{|N|} \alpha_i p_i \,, \qquad (1)$$

где α_i – важность использования направления для организации;

© Зверева Д. Д., 2019

p_i – пропускная способность сети по передаче информации по данному направлению.

Передача информации по приоритетному направлению n_i от узла отправителя υ_i^b к узлу получателю υ_i^e представляет собой поток сообщений, передаваемый по линиям связи сети, который может перераспределяться на узлах. В этом случае оценкой используемой в формуле (1) пропускной способности p_i инфокоммуникационной сети для данного приоритетного направления передачи информации является величина максимального потока во взвешенном графе υ_i^b от к υ_i^e, что может быть определено с помощью алгоритма Форда-Фалкерсона [4].

Важность направления α_i либо задаётся организацией, использующей инфокоммуникационную сеть, либо определяется экспертным путём, например, с помощью метода анализа иерархий [6].

Заметим, что в формуле (1) не учтены конфликтные ситуации, которые могут возникнуть в случае использования некоторой линии связи на нескольких направлениях и необходимости одновременной передачи информации по ней.

Поэтому в реальных ситуациях взвешенная пропускная способность будет несколько ниже. Для её оценки предлагается имитационная модель и алгоритм, основанные на принципах передачи информации в инфокоммуникационных сетях при дейтаграммном способе передачи данных [7].

Предполагается, что в узлах-отправителях υ_i^b количество пакетов не ограничено.

Каждый раз, находясь в ситуации выбора, пакет посылается по наименее загруженной в данный момент линии; загрузка определяется выражением:

$$r_k - \sum_{i=1}^{|N|} m_{ki} \qquad (2)$$

Каждый раз, когда на вход линии поступают пакеты разных направлений, они помещаются в очередь для отправки пропорционально важности направлений α_i.

В качестве пропускной способности следует принять прирост числа пакетов данного направления на выходных узлах υ_i^e после стабилизации процесса прохождения их через сеть.

2. Численный пример оценки пропускных способностей направлений

Пусть задан сегмент сети с заданными пропускными способностями линий в условных единицах (рис. 1).

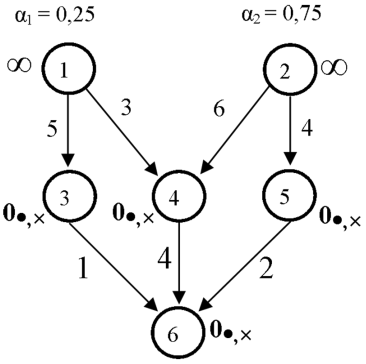


Рис. 1. Условный пример сегмента сети

На данном сегменте выделены два направления: n_1 (1-6), имеющее важность 0,25 и n_2 (2-6), имеющее важность 0,75 (передаваемые по ним пакеты помечены соответственно • и ×). При использовании алгоритма Форда-Фалкерсона для оценки пропускных способностей направлений, пропускная способность первого направления $p_1 = 4$, а второго направления $p_2 = 6$.

На первом шаге заполняются линии наибольшей пропускной способности (рис. 2), так как они еще не загружены.

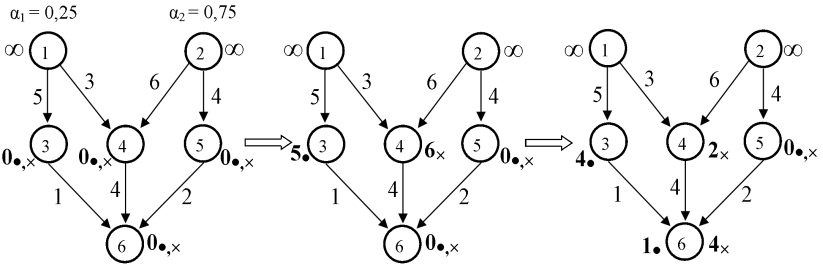


Рис. 2. Первый шаг имитационного алгоритма

На втором шаге и последующих шагах при определении линии для передачи пакетов учитываются возникающие очереди и важности направлений (в рассматриваемом примере только для узла 4).

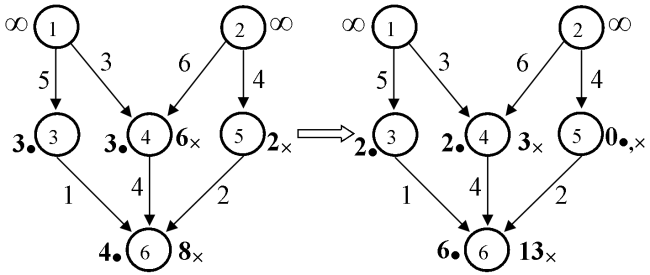


Рис. 3. Второй шаг имитационного алгоритма

Устоявшаяся ситуация возникает уже на третьем шаге (рис. 4), когда количество поступающих пакетов в узел-получатель 6 становится стабильно равным 2-м для направления n_1 и 5-ти для направления n_2.

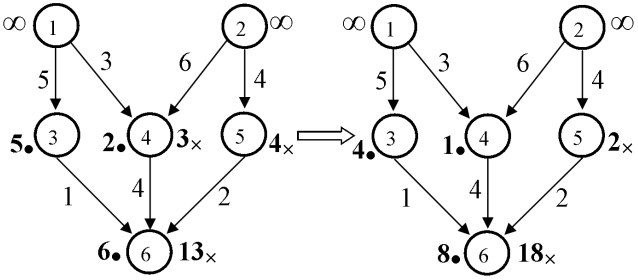


Рис. 4. Третий шаг имитационного алгоритма

Указанные величины и являются оценкой пропускной способности выделенных направлений, уточнённой в результате учёта конфликтов, возникающих при передаче сообщений в сети.

Заключение

Отдельные направления передачи информации, выделяемые при использовании инфокоммуникационных сетей организациями, могут включать одни и те же линии связи, что приводит к возникновению конфликтов при передаче информации. В связи с этим в работе предложены имитационная модель и алгоритм оценки пропускных способностей направлений передачи информации, основанные на

дейтаграммном способе передачи данных. Данные модель и алгоритм разрешают возникающие конфликты с учётом важности направлений.

Список литературы

1. Зверева, Д. Д. Об одном подходе к оценке пропускной способности инфокоммуникационной сети / Д. Д. Зверева // Управление большими системами : сборник трудов XV Всероссийской школы-конференции молодых ученых (Воронеж, 10-13 сентября 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 216-219.
2. Меньших, В. В. Модель оптимизации выбора вариантов изменения инфокоммуникационной сети (сегмента сети) / В. В. Меньших, Д. Д. Зверева // Вестник Воронежского института МВД России. – 2018. – №1. – С. 21-26.
3. Zvereva, D. D. Optimization of processes of modernization and operating conditions of infocommunication networks / D. D. Zvereva, V. V. Menshikh, A. V. Seifer // 2018 Global Smart Industry Conference (Chelyabinsk, 13-15 Nov. 2018). – Chelyabinsk, 2018. – P. 1-6.
4. Меньших, В. В. Модели и алгоритмы синтеза оптимальной структуры инфокоммуникационной сети с заданными параметрами / В. В. Меньших, Д. Д. Зверева // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции (Воронеж, 17-19 декабря 2018 г.). – Воронеж, 2019. – С. 860-867.
5. Меньших, В. В. Численный метод оптимизации выбора варианта модернизации инфокоммуникационной сети органов внутренних дел / В. В. Меньших, Д. Д. Зверева // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. – 2018. – № 4-2 (4). – С. 71-77.
6. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Перевод с английского Р. Г. Вачнадзе / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
7. Gupta, P. C. Data communications and computer networks / P. C. Gupta – 2nd edition. – New Delhi : PHI Learning Pvt. Ltd., 2014. – 832 p.

Модель двухцелевого выбора производственного оборудования для корпоративных параметрических закупок

А.В. Иванов[1]
В.В. Макеева, email: Toryka_M@mail.ru[1]
М.Г. Матвеев, e-mail: mgmatveev@yandex.ru[2]

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
[2] Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматривается задача выбора оборудования для закупочного лота компании, обеспечивающего максимум соответствия коммерческим требованиям закупочного подразделения и техническим условиям заявок технологических подразделений. Предложена модифицированная модель транспортной задачи, с формализацией степени соответствия в виде многомерных функций принадлежности нечетких продукционных правил, описывающих параметрическое соответствие закупаемого оборудования коммерческим и техническим требованиям.*

Ключевые слова: *параметрические закупки, модифицированная транспортная задача, нечеткие продукционные правила, функции принадлежности.*

Введение

Закупки оборудования у поставщиков в больших производственных компаниях осуществляются закупочным подразделением (закупщиком) централизовано по заявкам территориально распределенных производственных подразделений (заказчиков) с формированием закупочных лотов однородного оборудования. Каждый закупочный лот должен удовлетворять набору коммерческих требований (цена, условия поставки, надежность поставщика и т.п.) и набору производственных требований (характеристики оборудования соответствующие заявкам подразделений). Производственные требования при параметрических закупках задаются набором интервальных значений характеристических параметров, при этом количество параметров может достигать нескольких десятков. Задача заключается в выборе такого оборудования из предложений поставщиков, при котором одновременно достигается

© Иванов А. В., Макеева В. В., Матвеев М. Г., 2019

максимальное соответствие коммерческим требованиям закупщика и производственным требованиям заказчиков.

1. Построение модели двухцелевого выбора

Однородным будем называть оборудование одинакового назначения (например, насосов), различающихся значениями технических характеристик и допускающими, в той или иной степени, взаимную замену при назначении на производственный объект. Обозначим множество однородного оборудования $J = \{j\}$. Будем рассматривать K заказчиков с уникальными именами $k = 1,...,d$, работающих с одним закупщиком. Каждый заказчик $k \in K$, заказывает ресурс из J; при этом каждому сочетанию имен $jk \in J \times K$ присваивается значение $\eta_{jk} \in [0,1]$ – т.е. значение соответствия j-го типа ресурса объекту k-го заказчика, определяемое техническими характеристиками, как это показано в [1]. Будем считать, что каждый заказчик заполняет свой столбец матрицы (η_{jk}), анализируя соответствие технических требований и характеристик типов ресурсов $j = 1,2,...,m$.

Количество j-го типа ресурса назначенного k-му заказчику обозначим y_{jk}, имея ввиду, что потребность заказчика может быть обеспечена различными типами однородного ресурса. Потребное количество ресурса k-му заказчику обозначим $v_k = \sum_{j=1}^{m} y_{jk}$.

Формализация коммерческих требований осуществляется так же как и для технических требований. Закупщик анализирует соответствие предложения i-го поставщика и коммерческие требования к j-му типу ресурса и оценивает степень соответствия – $\mu_{ij} \in [0,1]$. В результате формируется матрица (μ_{ij}), задающая соответствие предложений поставщиков коммерческим требованиям закупщика. Будем считать, что каждый поставщик i предлагает один тип ресурса $j \in J$ в количестве a_i с уникальными значениями коммерческих и технических характеристик. Обозначим количество j-го ресурса закупаемого у i-го поставщика – x_{ij}.

Коммерческие и технические требования могут противоречить друг другу. Поэтому функцию цели выбора будем строить в виде выпуклой

линейной комбинации критерия максимизации коммерческих требований и критерия максимизации технических требований:

$$\lambda \sum_i \sum_j \mu_{ij} x_{ij} + (1-\lambda) \sum_j \sum_k \eta_{jk} y_{jk} \to \max_{x,y}, \lambda \in [0;1] \quad (1)$$

Система ограничений выглядит следующим образом

$$\begin{cases} \sum_j y_{jk} = v_k; \forall k; \\ \sum_j x_{ij} = a_i; \forall i; \\ \sum_i x_{ij} = \sum_k y_{jk}; \forall j; \\ x_{ij}; y_{jk} \in Z; x_{ij} \geq 0; y_{jk} \geq 0; \forall i, j, k \end{cases} \quad (2)$$

2. Численная апробация модели

Численная апробация решения задачи (1-2) осуществлялась на следующем примере.

Пусть три заказчика подготовили в свою закупочную организацию заявки на некоторое оборудование, например, насосы, которые выпускаются трех типов на двух заводах. Элементы матриц (μ_{ij}) и (η_{jk}), приведенные в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Техническое соответствие η_{jk} типов насосов объектам заказчиков

	Заказчик 1	Заказчик 2	Заказчик 3
Тип насоса, $j=1$	1	1	0,8
Тип насоса, $j=2$	0,9	0,8	1
Тип насос, $j=3$	0,7	0,9	1
Количество в заказе	5	7	3

Таблица 2

Коммерческое соответствие μ_{ij} *предложений заводов и требований закупщика*

Предложение заводов		Коммерческие требования закупщика		
Кол-во поставки	Завод /тип насоса	Тип насоса 1	Тип насоса 2	Тип насоса 3
3	1 /1	1	0	0
10	1/2	0	1	0
8	1/3	0	0	0,9
5	2/1	0,9	0	0
4	2/2	0	0,8	0
5	2/3	0	0	1

Решение задачи выбора насосов и их поставщиков по предложенной модели удобно представить в виде трехдольного графа «поставщики» – «типы насосов» – «заказчики» (рисунок), на котором показано: у каких поставщиков произведена закупка, в каком количестве (вес дуги) распределены насосы и с каким соответствием (в скобках) коммерческим и техническим требованиям.

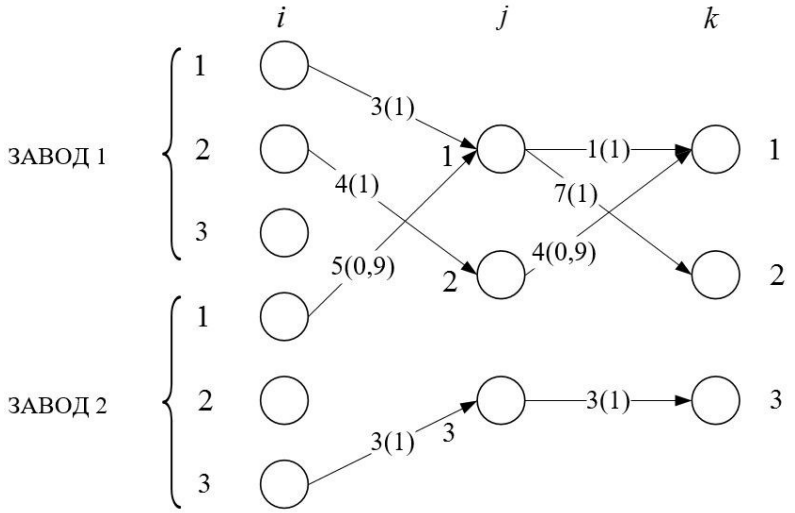


Рисунок. Результаты закупки и распределения насосов по заказчикам

Результаты решения при $\lambda = 0,5$ показывают, что на заводе 1 были закуплены на выгодных условиях 1 и 2 типы насосов. Поскольку наиболее востребованный 1 тип насосов оказался в дефиците (потребность в качестве основного ресурса 13, при выгодном коммерческом предложении 3), пришлось закупить коммерчески менее выгодную партию насосов типа 1 на заводе 2. Насосы типа 3 полностью и выгодно закуплены на заводе 2.

Распределение полученных ресурсов осуществлено также вполне логично. Заказчики 2 и 3 качеством закупки удовлетворены полностью. Вследствие дефицита насосов типа 1, заказчику 1 дополнительно поставлены менее желаемые насосы типа 2. Все заказчики получили требуемое количество насосов.

Заключение

Численный пример апробации модели показал ее работоспособность, логичный выбор поставщиков и распределение закупленных ресурсов по заказчикам. Модель может быть использована закупщиком для поддержки принятия решений при организации закупок.

Список литературы

1. Гетманова, К.Г. Модель организации и распределения закупок / К.Г. Гетманова, М.Г. Матвеев // Математическое моделирование и информационные технологии в инженерных и бизнес-приложениях : сб. матер. междунар. науч. конф. (Воронеж, 3-6 сентября 2018 г.). – Воронеж, 2018. – С. 50-63.

Моделирование прохождения гамма-квантов через вещество в условиях вычислительного эксперимента

В. А. Каладзе, e-mail: wakaladze@yandex.ru[1]
В. А. Работкин[1]

[1]Международный институт компьютерных технологий

Аннотация. *Разработан программный продукт, моделирующий прохождение гамма-квантов через вещество. Программа имитирует работу реальной физической установки и используется при проведении исследований в ходе вычислительного эксперимента.*

Ключевые слова: *метод статистических испытаний, программный генератор случайных чисел с заданным законом распределения.*

Введение

Информационные технологии прочно вошли во все сферы деятельности человека. В научных исследованиях они используются не только для обработки результатов измерений, расчета параметров, но и для моделирования сложных физических процессов.

В настоящее время имеется много разработанных пакетов моделирования ядерно-физических процессов. Большинство из них рассчитаны на профессиональных пользователей, обладающих знаниями, как в ядерной физике, так и в программировании. Поэтому востребована программная модель, ориентированная на пользователя с минимальной подготовкой в области программирования.

При обучении студентов физического профиля актуальной является задача замены сложных и дорогостоящих лабораторных установок, использующих потенциально опасные источники ионизирующих излучений, на их имитационные модели. В связи с этим, возникает потребность в программе, моделирующей прохождение гамма-квантов через различные слои поглотителей. Такая программа позволит адекватно заменить реальную физическую установку, используемую при проведении лабораторных работ.

1. Разработка программных генераторов случайных чисел с заданным законом распределения

Для моделирования процесса в вычислительном эксперименте использовался метод статистических испытаний. В ходе эксперимента

© Каладзе В. А., Работкин В. А., 2019

сложный статистический процесс прохождения кванта через вещество рассматривался как последовательность конечного числа элементарных случайных процессов (свободное движение кванта на некотором пути, комптоновское рассеяние кванта в определенном направлении, исчезновение кванта в результате фотоэффекта или процесса образования пары и т. п.). Зная вероятность каждого из этих процессов, и имея источник случайных чисел с различным распределением, можно шаг за шагом воспроизводить «историю» движения определенного кванта в исследуемом веществе [1].

Для работы программы требуется получать случайные числа с нужными законами распределения: показательное распределение, распределение Пуассона. Показательное распределение требуется при моделировании случайного пробега кванта в веществе. Распределение Пуассона используется для моделирования интенсивности потока фоновых гамма-квантов и квантов от источника.

В работе реализованы подпрограммы, генерирующие случайные числа с заданным законом распределения с использованием интегральной плотности вероятности и равномерно распределенных случайных чисел с помощью стандартной функции Random.

Случайные числа с заданным распределением, как правило, формируются в результате преобразования случайных чисел с равномерным распределением из диапазона от 0 до 1. В настоящее время известно много процедур, позволяющих имитировать непрерывные и дискретные вероятностные распределения – метод обратных функций, метод исключения, метод композиции и т.д. В работе на практике реализован метод обратных функций.

Пусть имитации подлежит случайная величина X, которая описывается плотность распределения $f(x)$, Плотность распределения $f(x)$ связана с функцией распределения $F(x)$ соотношением

$$F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x) \quad dx . \tag{1}$$

Известно, что если случайная величина ξ имеет функцию распределения $F(x)$, то распределение случайной величины $y = F_{\xi}(\xi)$ равномерно в интервале от 0 до 1. На этом положении базируется метод обратных функций, который гласит, что если взять случайное число R с равномерным распределением на отрезке [0,1[и найти соответствующее ему число X, которое определяется уравнением

$$F(x) = R , \tag{2}$$

то полученное число X будет иметь функцию распределения $F(x)$. Для практической реализации метода обратных функций необходимо выполнить следующие шаги: на основе соотношения (1) осуществить переход от плотности распределения $f(x)$ к функции распределения $F(x)$; составить исходное уравнение (2); решить данное уравнение относительно X. В результате решения исходного уравнения получаем искомый машинный алгоритм

$$X = F^{-1}(R), \tag{3}$$

где F^{-1} - функция, обратная по отношению к функции F. Для имитации экспоненциального распределения легко найти аналитическое выражение для обратной функции:

$$X = -\frac{1}{\lambda}\ln(1-R), \tag{4}$$

где λ - параметр экспоненциального распределения.

Для распределения Пуассона найти аналитическое выражение для обратной функции невозможно. Поэтому для генерации случайных чисел с таким законом распределения в программе необходимо провести расчет плотности распределения с сохранением данных в массиве, а затем на основе этого массива найти функцию распределения. Размер массива можно ограничить значением, отстоящим от математического ожидания на $5-6\ \sigma$, а для больших значений считать $F(x)=1$. Далее получаем число R и по нему находим значение в массиве большее или равное R. Номер такого значения в массиве и есть число X. При изменении параметра распределения Пуассона необходимо проводить пересчет функции распределения. Для уменьшения вычислений функции распределения можно воспользоваться свойством распределения Пуассона – сумма нескольких распределений Пуассона равна распределению Пуассона с параметром равным сумме параметров. В этом случае, можно заранее рассчитать и хранить в соответствующих массивах функции распределения Пуассона для параметров равных 10, 100 и 1000, а пересчитывать относительно короткий массив для параметра меньшего 10. Случайное число с распределением Пуассона для любого параметра можно получить как сумму случайных чисел. При реализации программного генератора случайных чисел в виде класса пересчет массива можно проводить лишь при изменении значения свойства, отвечающего за параметр распределения.

В работе осуществлена проверка программных генераторов случайных чисел. Обработка больших наборов полученных случайных чисел показала близость к теоретическим значениям таких статистических параметров как: математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение. Получены «эмпирические» распределения с разными параметрами для разного числа испытаний, проведена проверка на соответствие полученных распределений теоретическим зависимостям по критерию хи-квадрат. Тестирование показало хорошее согласие между полученными программой распределениями и теоретическими зависимостями. На рис. 1 и 2 представлено сравнение модельных распределений Пуассона с теоретическим для среднего значений 10 и числом испытаний 100 и 1000.

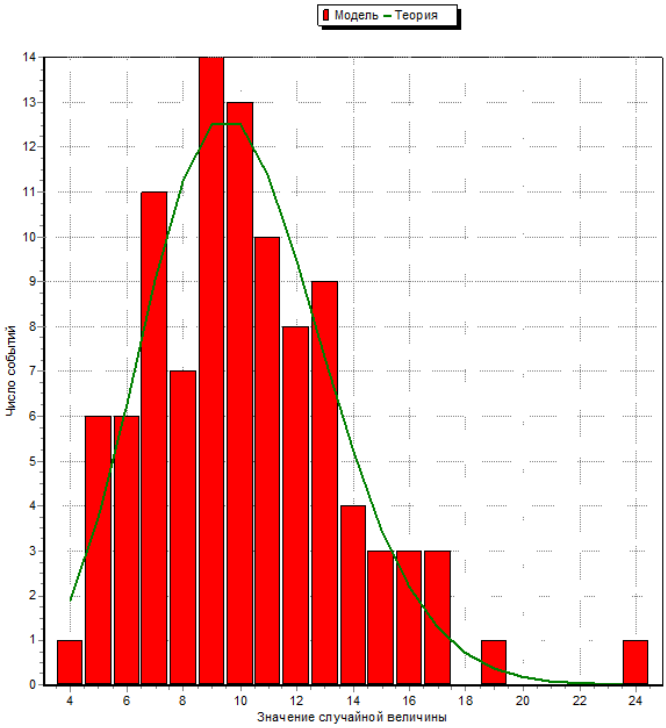


Рис. 1. Сравнение модельного распределения с теоретическим для 100 испытаний

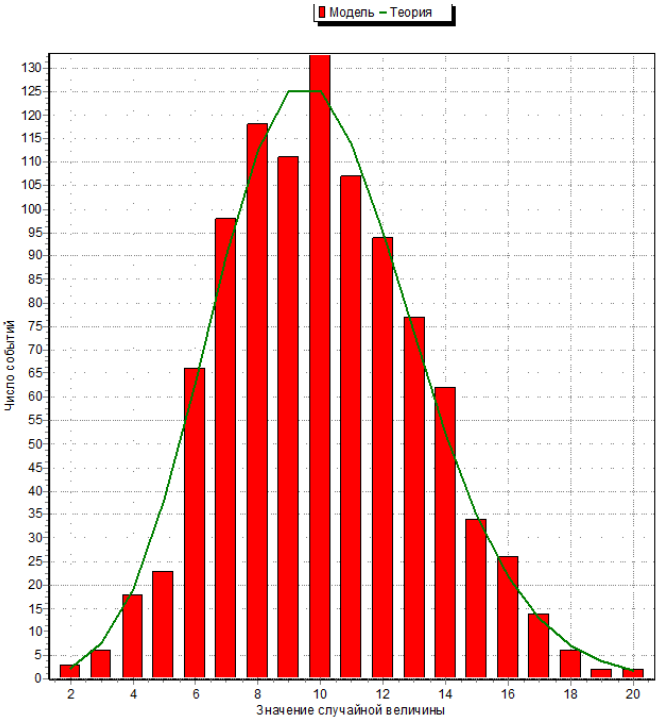


Рис. 2. Сравнение модельного распределения с теоретическим для 1000 испытаний

Заключение

По результатам работы можно сделать вывод о возможности использования разработанных программных генераторов при моделировании сложных физических процессов, имеющих статистическую природу. Бета-тестирование подтвердило правильность и работоспособность программы. В процессе опытной эксплуатации программы была подтверждена адекватность разработанной модели физической установке.

Список литературы

1. Лейпунский, О. И. Распространение гамма-квантов в веществе / О.И. Лейпунский, Б.В. Новожилов, В.Н. Сахаров. – М. : Гос. изд-во физико-математической литературы, 1960 . – 207 с.

Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением времени излучения передатчиков

А.М. Карпель, E-mail: desperado9583@mail.ru[1]
А. В. Рябов, E-mail: ryalvy@mail.ru[1]

[1]ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Рассмотрена модель сети радиосвязи, в которой минимизация времени излучения передатчиков предлагается на основе попеременной ретрансляции сигналов элементами системы пространственно распределенных ретрансляторов.*

Ключевые слова: *ретрансляция, попеременное излучение передатчиков, минимизация мощности излучения передатчиков, разведзащищенность*

Введение

В современных сетях радиосвязи широко применяются методы повышения качества связи на основе управления параметрами радиолиний (частотой, скоростью передачи, видом сигналов и др.) [1]. Однако, обеспечивая повышение помехоустойчивости сетей радиосвязи, данные методы не позволяют в полной мере решить проблемы разведзащищенности.

Для комплексного решения задач повышения помехоустойчивости и разведзащищенности требуется решение частных задач [2, 3]:

– обеспечение требуемой достоверности связи в условиях воздействия преднамеренных помех;

– минимизация отношения сигнал/помеха на входе приемника системы радио и радиотехнической разведки (РРТР) противника;

– минимизация времени работы радиосредств на одной частоте t_u ;

– снижение информативности демаскирующих признаков.

В работах [2, 3] рассмотрен метод пространственного сложения мощности передатчиков, использующихся для параллельной ретрансляции сигналов и объединяемых в виртуальную фазированную антенную решетку (ФАР) с пространственно распределенными элементами.

Такая ФАР обеспечивает фокусирование сигналов в точке приема, что позволяет уменьшать мощность объединяемых для ретрансляции передатчиков пропорционально их количеству. Это, в свою очередь

© Карпель А.М., Рябов А. В., 2019

позволяет повысить разведзащищенность сети связи при обеспечении требуемой помехоустойчивости.

Дальнейшее повышение разведзащищенности предлагается на основе минимизации времени излучения передатчиков $t_{и}$, структурно объединяемых для ретрансляции сигналов.

1. Разработка модели

Рассмотрим возможность минимизации времени излучения радиосредств в рамках структурной адаптации на основе пространственного сложения мощности передатчиков [2, 3].

Рассмотрим сеть радиосвязи (рис.1), состоящую из узла отправителя сообщения, узла получателя сообщения и четырех узлов-ретрансляторов (радиостанций).

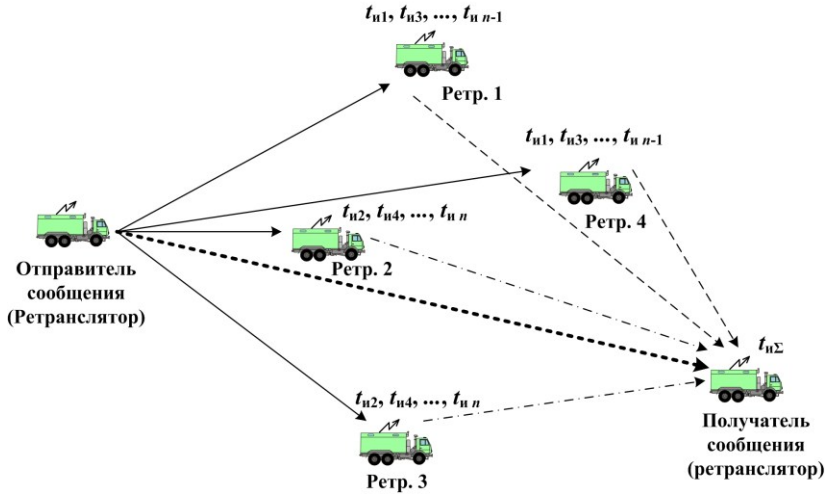


Рис. 1. Вариант сети радиосвязи с возможностью попеременного излучения отдельных ИРИ

В общем случае каждый из элементов рассматриваемой радиосети может быть источником (отправителем) сообщений, получателем сообщений или ретранслятором. При этом возможны следующие варианты применения элементов данной радиосети:

– непосредственная передача информации от источника получателю информации;

– последовательная ретрансляция информации от источника получателю;

– параллельная ретрансляция информации от источника получателю с пространственным сложением мощности излучения передатчиков в точке приема [2, 3].

Минимизация времени излучения t_u предлагается на основе попеременной ретрансляции сигналов информации от источника получателю системой пространственно распределенных ретрансляторов (радиостанций).

Вариант распределения времени излучения между ретрансляторами для рассматриваемой модели приведен на рис. 2, а.

Общее время передачи информации $t_{u\Sigma}$ разбивается на интервалы t_{ui}, (где $i = 1, 2, \ldots, N$) которые распределяются между четырьмя ретрансляторами, осуществляющими попарную попеременную параллельную ретрансляцию (рис.2) с синфазным сложением мощности в точке приема по методу рассмотренному в [2].

Величина интервала t_{ui} может определяться характеристиками системы радио и радиотехнической разведки (РРТР) противника и, например, удовлетворять требованию:

$$t_{ui} < t_a, \qquad 1$$

где t_a – время анализа системой РРТР характеристик элемента сети радиосвязи после его обнаружения.

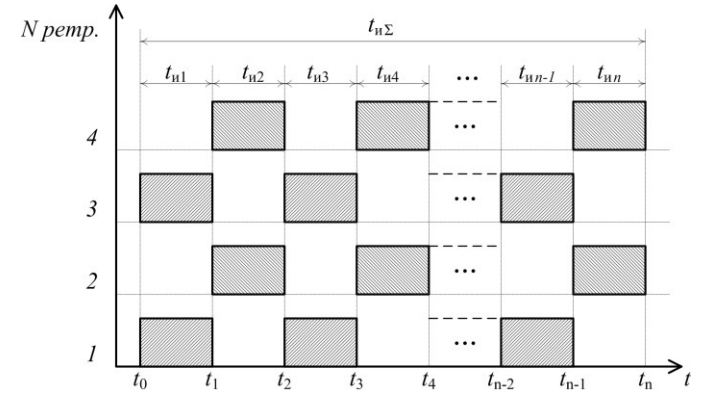
При уменьшении доступных ретрансляторов, рассматриваемая сеть радиосвязи должна иметь возможность адаптивно, в автоматизированном режиме перестраивать свою структуру. При этом возможны следующие комбинации попеременно излучающих ретрансляторов:

– при наличии трех ретрансляторов: излучение Ретр.1 и Ретр.2, переход на излучение Ретр.2 и Ретр.3, переход на излучение Ретр.3 и Ретр.1 и т.д. (рис. 2, б);

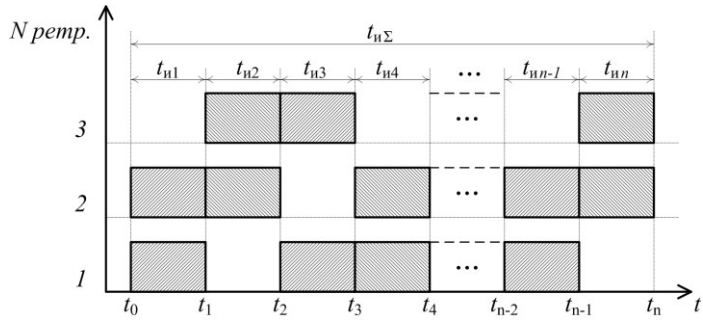
– при наличии двух ретрансляторов: излучение Ретр.1, переход на излучение Ретр.2, переход на излучение Ретр.1 и т.д. (рис. 2, в).

Таким образом, число возможных комбинаций поочередно работающих групп ретрансляторов определяется количеством доступных ретрансляторов в сети радиосвязи.

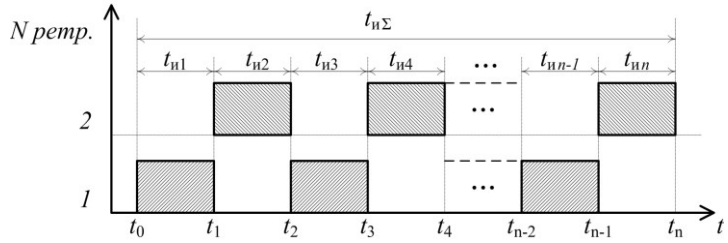
Смена групп ретрансляторов может осуществляться, в простейшем случае на основе программного управления по псевдослучайному закону, задаваемому программой, которая может вводиться в виде ключевых документов в аппаратуру адаптации перспективных средств радиосвязи 6-го поколения на SDR платформе [4].



а)



б)



в)

а) система из 4-х ретрансляторов, б) система из 3-х ретрансляторов, в) система из 2-х ретрансляторов

Рис. 2. Вариант распределения времени излучения между ретрансляторами

Практическая реализация предложенной модели позволит затруднить противнику обнаружение, оценку и идентификацию, как структуры передаваемого сигнала, так и структуры сети связи в целом, что в конечном итоге позволит повысить разведзащищенность сети радиосвязи.

Заключение

Разработанная модель сети радиосвязи, обеспечивает минимизацию времени работы отдельных радиосредств на одной частоте t_u в сетях со случайной (программно изменяемой структурой). Практическая реализация метода минимизации времени излучения передатчиков, рассмотренного в модели, в совокупности с применением методов оптимизации энергетических параметров, позволяет повысить разведзащищенность сетей радиосвязи. Реализация указанных методов в перспективных сетях радиосвязи обеспечивается переходом на единую SDR-платформу программно определяемого радио с открытой модульной архитектурой аппаратной платформы и программного обеспечения радиосредств.

Литература

1. Антонюк, Л.Я. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки / Л.Я. Антонюк, В.В. Игнатов. – С.Пб.: ВАС, 1994. – 124 с.

2. Рябов, А.В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков декаметрового диапазона / А. В. Рябов // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический, и учебно-методический журнал. – М.: Наука и технологии, 2012. – № 9. – С. 22-28.

3. Журавков, В.М. Адаптивное управление ресурсом сети радиосвязи с пространственным сложением мощности передатчиков / В.М. Журавков, А.В. Рябов // Материалы XXII Международной научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии – ИСТ-2016» (22 апреля 2016 г). – Н.Новгород: НГТУ, 2016. – С. 74-82.

4. Галкин, В.А. Основы программно-конфигурируемого радио / В.А. Галкин – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 375 с.

Исследование заболеваний, сопутствующих атеросклерозу магистральных артерий, с использованием метода ассоциативных правил

И. Л. Каширина, email: kash.irina@mail.ru
М. В. Демченко, email: masha-vrn@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Целью данного исследования является анализ заболеваний, сопутствующих атеросклерозу магистральных артерий, с использованием методов машинного обучения. В ходе данной работы были рассмотрены основные показатели нарушения баланса артериального давления и проведен анализ взаимосвязи данных показателей с другими сердечнососудистыми заболеваниями с помощью метода ассоциативных правил. С помощью метода Apriori был построен набор правил для выявления зависимостей между различными заболеваниями и маркёрами атеросклероза артерий конечностей.*

Введение

Данная работа посвящена поиску взаимосвязи между основными заболеваниями сердечнососудистой системы и маркёрами атеросклероза конечностей с использованием методов машинного обучения, позволяющих определить правила для выявления атеросклероза артерий конечностей и сопутствующих заболеваний в организме человека.

1. Исходный набор данных

Наиболее доступным и эффективным методом обнаружения атеросклеротического поражения сосудов, согласно новым исследованиям [1], является нарушение баланса систолического артериального давления (АД) на верхних и нижних конечностях. В данном исследовании для выявления данного нарушения нами используется комбинация нескольких признаков (маркёров), основанных на значениях систолического АД на конечностях (*САДр* и *САДн*) и представленных формулами (1)-(3).

$$ArmsIndex = \begin{cases} 1, & если \quad |\Delta САДр| \geq 15 \\ 0, & иначе \end{cases} \qquad (1)$$

© Каширина И. Л., Демченко М. В., 2019

$$LegsIndex = \begin{cases} 1, & если \quad |\Delta САДн| \geq 15 \\ 0, & иначе \end{cases} \qquad (2)$$

©
©

$$ABI = \begin{cases} 1, & если \quad \dfrac{САДн}{САДр} \leq 0,9 \\ 0, & иначе \end{cases} \qquad (3)$$

Данная работа является продолжением задачи исследования маркеров атеросклероза [2], поставленной в 2015 г. областным кардиологическим диспансером, который предоставил неперсонифицированную базу данных обследования пациентов Богучарского района, проведенного в 2014 г. в рамках программы всеобщей диспансеризации [3,4].

В ходе программы было обследовано 522 жителя, у которых, помимо обязательных процедур, выполнялось синхронное измерение систолического и диастолического артериального давления на верхних и нижних конечностях, вычислялась их разница, а также автоматически рассчитывалось значение лодыжечно-плечевых индексов и показателей асимметрии на конечностях. Кроме того, фиксировались клинические показатели, характеризующие заболевания, присутствующие в анамнезе пациента. Фрагмент исходной выборки представлен на рис. 1.

	АнгиоскринингДляАнализа																		
	Рост	Вес	ИМТ	Ожирение	ОТ	АО	Глюкоза	ОХ	САДпр	ДАДпр	САДлр	ДАДлр	ArmsIndex15	ЧСС	САДпн	САДлн	LegsIndex15	baPWV м/с	cfPWV_calc м/с	ЛПИ<0,9
1	174	84	27,7448	0	95	0	5,1400	6,8	173	103	166	107	0	68	200	199	0	12,7	8,3	0
2	152	53	22,9398	0	80	0	4,2600	7,68	158	98	154	102	0	85	166	170	0	15,7	10,7	0
3	165	80	29,3848	0	99,5	0	8,5000	7	177	78	177	94	0	78	154	132	1	18,9	8,8	1
4	158	62	24,8358	0	87	0	4,2000	4,5	156	105	160	110	0	85	158	150	0	14	9,3	0
5	160	90	35,1563	1	108	1	5,0100	4,61	166	96	168	94	0	65	178	176	0	12,2	7,9	0

Рис. 1. Фрагмент исходного набора данных

В ходе данной работы требовалось оценить частоту одновременного выявления сердечнососудистых и др. нарушений у пациентов с асимметрией артериального давления, выявленной на основании значений основных маркеров атеросклероза: *ArmsIndex*, *LegsIndex* и *ABI*.

2. Метод ассоциативных правил

Одной из наиболее распространенных задач анализа данных является определение часто встречающихся наборов объектов в множестве наборов. В сфере медицины, например, такими объектами

являются заболевания, зафиксированные в медицинских картах. Ассоциативные правила позволяют отследить закономерности между связанными событиями, а в случае задачи медицинской диагностики – между сопутствующими друг другу заболеваниями.

Пусть D - это множество наблюдений за пациентами. Ассоциативным правилом называется импликация $X \Rightarrow Y, X \subset I, Y \subset I, X \cap Y = \varnothing$. Правило $X \Rightarrow Y$ имеет поддержку (Support) S, если S наблюдений из D содержат заболевания $X \cup Y$. Поддержка (support) правила $X \Rightarrow Y$ — показывает, какой процент наблюдений поддерживает данное правило. Достоверность (confidence) — показывает вероятность того, что из наличия в наблюдении набора X следует наличие в ней набора Y . Улучшение (lift) правила $X \Rightarrow Y$ показывает, полезнее ли правило случайного угадывания. Улучшение больше 1 свидетельствует о том, что заболевания X и Y чаще встречаются вместе, чем по отдельности. Определение показателей Support, Confidence и Lift отражено в формулах (5)-(7).

$$Support_{X \Rightarrow Y} = \frac{|D_{X \cup Y}|}{|D|}, \tag{4}$$

$$Conf_{X \Rightarrow Y} = \frac{|Supp_{X \cup Y}|}{|Supp_X|}, \tag{5}$$

$$Lift_{X \Rightarrow Y} = \frac{|Supp_{X \cup Y}|}{|Supp_X \cdot Supp_Y|}, \tag{6}$$

Для поиска ассоциативных правил разработана группа алгоритмов, одним из самых известных является Apriori [5].

На первом шаге алгоритма производится поиск наиболее часто встречающихся наборов элементов: отыскиваются все одноэлементные наборы с уровнем поддержки, превышающим минимально заданное значение. На последующих итерациях генерируются наиболее часто встречающиеся наборы данных, включающие на 1 элемент больше, чем на прошлом шаге, подсчитывается их уровень поддержки и т.д. Для сокращения перебора при поиске наиболее часто встречающихся правил используется свойство антимонотонности поддержки.

На втором этапе алгоритма из наборов извлекаются ассоциативные правила (для любого набора из двух или более элементов).

Реализация данного алгоритма встречается различных программных модулях для работы с методами машинного обучения, в частности – библиотеки Apyori языка Python.

3. Полученные результаты

Первым этапом работы с алгоритмом Apriori являлось преобразование исходного набора данных к необходимому формату для корректной работы метода apriori. Фрагмент исходного набора данных отражен с использованием инструмента Jupiter Notebook на рис. 2 и представляет собой набор наблюдений с указанием признаков, встречающихся в анамнезе пациентов.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	АГ					СД			ArmsIndex		ABI
1								ФП/ТП	ArmsIndex		ABI
2	АГ	Стенокардия	ИМ			СД	ХСН		ArmsIndex		
3	АГ	Стенокардия	ИМ					ФП/ТП	ArmsIndex		
4	АГ	Стенокардия		ОНМК	АКШ/ЧКВ	СД	ХСН			LegsIndex	ABI

Рис. 2. Фрагмент исходной выборки для метода apriori

Среди множества показателей исходной выборки для проведения текущего исследования было выбрано 7 значимых признаков сердечно-сосудистых и др. нарушений, выявленных у пациентов: артериальная гипертония (АГ), стенокардия, инфаркт миокарда (ИМ), инсульт (ОНМК), сахарный диабет (СД), хроническая сердечная недостаточность (ХСН) и фибрилляция предсердий (ФП/ТП). Исходная выборка также содержала основные маркёры атеросклероза: *ArmsIndex* , *LegsIndex* и *ABI* , при этом требовалось оценить, как часто данным маркёрам сопутствуют другие заболевания из приведенного множества.

Примеры построенных правил с различными показателями Support, Confidence и Lift приведены в таблице.

Таблица

Набор ассоциативных правил

Rule	Support	Confidence	Lift
LegsIndex, АГ => СД	0,102	0,625	1,458
LegsIndex, АГ => Стенокардия	0,102	0,625	1,178
ABI, АГ => СД	0,091	0,667	1,544
ABI, АГ => LegsIndex	0,078	0,714	**3,048**
ХСН, ArmsIndex => СД	0,063	0,800	1,896
СД, АГ, ArmsIndex => ХСН	0,063	0,667	1,855
ФП/ТП, СД => АГ	0,103	**1,000**	1,219
Стенокардия, АГ, СД => ХСН	0,118	0,667	1,700
СД => ХСН	**0,256**	0,588	1,349
ФП/ТП, СД, АГ => ХСН	0,063	0,667	1,855

Приведенный список ассоциативных правил позволяет выявить следующие значимые закономерности в исходном наборе данных:

1. СД с большой долей вероятности сопутствует маркёрам атеросклероза. LegsIndex и ABI в сочетании с АГ с достоверностью 0,625, а ArmsIndex в сочетании с ХСН – с достоверностью 0,8 свидетельствуют о развитии СД.

2. LegsIndex в сочетании с АГ свидетельствуют о развитии стенокардии с достоверностью 0,625.

3. Правило с максимальным показателем Lift (3,048) характеризует, что ABI, АГ и LegsIndex встречаются более, чем в 3 раза чаще совместно, чем ABI и АГ или LegsIndex по-отдельности .

4. ХСН с достоверностью 0,667 сопутствует СД и АГ, в сочетании со ArmsIndex, стенокардией или ФП/ТП.

5. СД совместно с ХСН содержатся в наибольшем количестве наблюдений (Support=0,256), а СД в сочетании с ФП/ТП в 100% случаев свидетельствуют о развитии АГ (Confidence = 1).

Заключение

В результате данного анализа был разработан набор правил для выявления зависимостей между основными маркёрами атеросклероза и различными сопутствующими заболеваниями.

Список литературы

1. Mitchell, E. Noninvasive diagnosis of arterial disease / E. Mitchell // UpToDate [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.uptodate.com/contents/noninvasive-diagnosis-of-arterial-disease

2. Демченко, М. В. Сравнительный анализ и оценка эффективности маркеров атеросклероза магистральных артерий./ М. В. Демченко, И. Л. Каширина // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики» (Воронеж, 18-20 декабря 2017 г.). – Воронеж, 2017. – С. 636-644.

3. Предикторы атеросклеротического поражения артерий конечностей по данным кардиоангиологического скрининга взрослого населения / Р. А. Хохлов [и др.] // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2015. – №11(5). – С. 470-476.

4. Хохлов, Р. А. Использование многоканальной объемной сфигмографии для кардиоангиологического скрининга взрослого населения / Р. А. Хохлов, А. Э. Гайдашев, Н. М. Ахмеджанов // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2015. – №11(4). – С. 470-476.

5. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

Моделирование и информационное обеспечение в системе страхования производства агрокультур

В. Г. Киселев, e-mail: vgkiselev@yandex.ru [1]

[1]Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *В работе рассмотрены особенности агрострахования, отличающие этот вид страхования от классических видов. Приводятся модели двух основных программ страхования. Проводится анализ имеющейся сельскохозяйственной информации и приводится один метод обработки этой информации. Обосновывается необходимость применения имитационного моделирования для системного обоснования различных программ агрострахования.*

Ключевые слова: *Надежность производства, программы агрострахования, тренды статистических рядов, многокритериальность, имитационное моделирование*

Введение

Практически для всех видов страхования разработаны приемлемые методики, основанные на имеющихся в достаточной мере статистических данных и использующие современные достижения актуарной математики (последние достижения в актуарной математике приведены в переводной монографии [1]). Исключение составляет страхование в сельском хозяйстве и особенно в его растениеводческой отрасли. В работах [2-4] отмечались основные особенности страхования сельскохозяйственного производства. Основная особенность заключается в том, что для обоснования различных программ агрострахования не хватает основного – достаточной информационной базы. Вообще говоря, для урожайностей различных культур для различных регионов страны имеются достаточно длинные временные ряды, однако в них можно выделить участки с различными трендами и поэтому возникают вопросы по прогнозированию дальнейших значений урожайностей (именно эти прогнозные значения и интересны для оценки различных параметров страховых программ).

Второй важной особенностью является коррелированность страховых случаев, объясняющаяся тем, что многие застрахованные агрофирмы находятся в одной агроклиматической зоне и если в некоторый год сложились неблагоприятные погодные условия в этой зоне, то недобор урожая будет у всех застрахованных хозяйств этой

© Киселев В. Г., 2019

зоны и им всем придется выплачивать причиненный погодой ущерб. Это существенное отличие агрострахования от других классических видов страхования, когда страховые случаи независимы и одновременно происходят лишь у малой части страхователей и страховые выплаты можно производить за счет большого количества других участников страховой компании, не потерпевших ущерба.

Третьей особенностью, отличающей агрострахование от классических видов страхования, является сложность оценки доли участия застрахованных природных факторов в недоборе урожая. Достоверная оценка потерь урожая является очень сложной задачей. Величина потерь зависит не только от природных (объективных) факторов, но и от человеческого фактора, каким является производственная деятельность агрофирмы.

Наконец, четвертой, очень важной, особенностью является участие государства в страховании сельскохозяйственного производства. Как показывает международный опыт, без участия государства агрострахование невозможно.

Для выработки приемлемых программ страхования урожая необходимы подходы, учитывающие многокритериальные интересы как страховых фирм, так и страхователей—агрофирм, а также многие факторы, в частности государственную поддержку, механизмы перестрахования и так далее. В данной работе будут приведены примеры моделирования экономических процессов участников процедуры страхования и будут рассмотрены методы обработки временных рядов с различными трендами.

Имеется достаточно много видов программ страхования в сельском хозяйстве. Здесь мы рассмотрим две основные программы агрострахования – мультирисковую программу страхования урожая и программу страхования дохода.

1. Мультирисковая программа страхования урожая

Рассмотрим простой случай страхования урожая одной культуры одной фирмой на площади S. Пусть y_- и y_+ – минимальная и максимальная урожайности соответственно, а Ey – ее среднее значение. Пусть цена единицы полученной продукции равна c. Страховая урожайность y_α – то значение урожайности, ниже которой страховая компания выплачивает страховое возмещение, равное стоимости недополученного урожая. Обычно значение страховой урожайности задают в виде $y_\alpha = \alpha Ey$, где $0 < \alpha < 1$ – некоторый

коэффициент. При сделанных предположениях страховая сумма, исходя из которой определяется величина страхового взноса, равна cSy_α.

Страховой взнос (страховая премия) – это плата за страхование – сумма, которую страхователь должен заплатить страховой компании, равен $\pi = \delta cS\, y_\alpha$, где $0 < \delta < 1$ – страховой тариф – ставка страховой компании, задаваемая ею с учетом собственного финансового благополучия. С другой стороны, как это принято в страховом деле [1], страховая премия вычисляется из условия $\pi = cS(1+\theta)\, Er$, где θ>0 – величина страховой надбавки, а страховое возмещение $r = cS(y - y_\alpha)_+$, (нижний знак (+) означает функцию Хевисайда). Будем считать, что часть $0 < \gamma < 1$ страховой премии выплачивается из федерального и местного бюджетов. Следовательно, страхователь должен заплатить страховой фирме только величину $(1-\gamma)\pi$. Такова мультирисковая программа страхования.

Сначала рассмотрим влияние страхования на экономические показатели агрофирмы. Будем предполагать, что известна функция распределения урожайности выращиваемой культуры. Первый показатель, ради чего и производится страхование, – это надежность получения урожая. Здесь все просто. Если страховая урожайность равна y_α, $P(y < y_\alpha) = p_\alpha$, то это значит, что с вероятностью единица производитель будет получать запланированный урожай, а с вероятностью p_α будет недобор, который в какой-то мере будет компенсироваться страховой компанией.

Пусть страхователь выбрал для себя значение y_α и решил застраховать урожай с площади S. Тогда страховые выплаты страхователя – плата за получаемую надежность, равны $\pi_f = cS\delta_\alpha y_\alpha(1-\gamma)$, где γ –доля участия государства.

В работах [2,3] получены формулы для среднего дохода агрофирмы и страховой компании и проведены соответствующие исследования. Там же исследован вопрос о неразорении страховой компании и перестраховании.

2. Программа страхования дохода

В растениеводческой отрасли существует два вида программ страхования – программы страхования урожая, в которых страхуются риски, связанные с погодными явлениями, и программы страхования

дохода, которые гарантируют компенсацию потерь производителя сельскохозяйственной продукции не только от недобора урожая, но и от падения цен на производимую продукцию.

Если при страховании урожая цена на производимую продукцию считается известной, то при страховании дохода эта цена является еще одним неконтролируемым фактором. Это, пожалуй, основное отличие от страхования урожая.

Специалисты по страхованию отмечают, что колебание цен на глобальных рынках сельскохозяйственной продукции достигло такого уровня, что производители часто рассматривают колебания цен настолько же серьезным источником риска, как и колебания урожайности.

Введем необходимые дополнительные обозначения. Пусть c_n – прогнозируемая весной на период уборки (так называемая базовая) цена, c – реальная цена продукции в момент уборки урожая, $c_г$ – так называемая «гарантированная» цена

$$c_г = \max[c_n, c].$$

С помощью гарантированной цены вводится понятие полной гарантии дохода

$$в_г = c_г y_\alpha,$$

В общем случае страховое возмещение равно $r = (в_г - cy)_+$

Как и в программе страхования урожая, можно вычислить необходимые характеристики, но для этого необходимо знать функции распределения

$$F(y), F(c), F(y,c).$$

Исследование этой проблемы начнем с рассмотрения функций распределения урожайности.

3. Построение эмпирической функции распределения

Анализ временных рядов урожайностей культур показывает наличие различных трендов, которые можно объяснить влиянием как климатических, так и социальных факторов. Для прогноза урожайности на практике используют небольшое число последних измерений, что явно недостаточно для получения расчетов с приемлемой точностью. Для построения эмпирической функции распределения, с использованием всей информации был предложен метод обработки информации, основанный на представлении общего тренда в виде линейного сплайна ([6]).

Еще сложнее обстоят дела с построением функций распределения цены. Как указывают иностранные авторы, не существует корреляционной связи урожайности и цены на произведенную продукцию, характерной для классического рынка. Иногда сложившиеся зависимости между урожайностью и ценой даже трудно объяснить. Поэтому в условиях неопределенности информации целесообразно пользоваться методами имитационного моделирования, которые в данном случае будут заключаться в рассмотрении различных вариантов использования имеющейся информации, в частности, ее корректировке на основании каких-либо правдоподобных гипотез.

Список литературы

1. Актуарная математика / Бауэрс Н. [и др.]. – М.:Янус-К, 2001. – 655с.
2. Киселев, В. Г. Актуарная математика в агростраховании / В. Г. Киселев. – М. : ВЦ РАН, 2011. – 29 с.
3. Киселев, В. Г. Математические модели в программе страхования дохода агрофирм / В. Г. Киселев. – М.: ВЦ РАН, 2015. – 28с.
4. Киселев, В. Г. Обоснование региональной мультирисковой программы страхования, сельскохозяйственных культур. / В. Г. Киселев // Управление большими системами; Сборник трудов. Выпуск 61. – М.: ИПУ РАН, 2016. – С.168-190.
5. Киселев, В.Г. Информационное обеспечение в системе страхования урожая. / В. Г. Киселев // Труды Международной конференции «Управление большими системами». – М.: ИПУ РАН, 2016.
6. Kiselev, V. G. Information support in agri-insurance / V. G. Kiselev // IEEE Xplore Digital Library. Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD). – Moscow, Russia, 2017. – P. 1-3.

Возможность применения аппаратно-программных диагностических медицинских средств для дифференциальной диагностики психоэмоциональных и соматических изменений в состоянии организма

Р. Р. Кленков, email: aspirin83@mail.ru
В. В. Вязьмин, email: tryv888@mail.ru
М. В. Сосунов, email: sosunovmv@mail.ru

Войсковая часть 15650

Аннотация. *В статье рассмотрены возможности применения аппаратно-программных средств для получения критериев и их показателей, которые дают возможность для дифференциальной диагностики психоэмоциональных и соматических изменений в состоянии организма человека.*

Ключевые слова: *аппаратно-программное средство, функциональные изменения, нервно-эмоциональное напряжение, скрининг-диагностика, психоэмоциональные изменения, соматические изменения.*

Введение

Соматическое и психическое здоровье человека – вещь единая, и их разграничение и дифференциальная диагностика является сложной задачей [1]. Трудно определить природу заболеваний, так как у врача нет объективных данных о психологическом состоянии пациента, а многие и вовсе не обращают внимание на душевное состояние [2]. Как минимум, 50-70 % болезней имеет в своей основе психоэмоциональную подоплеку, и с каждым годом растёт процент этих заболеваний [2]. В целом, любая болезнь может явиться ответом на психологическую проблему [3]. Представления, воображение, подсознание или давно забытые проблемы и страхи также могут оказывать влияние на соматическое состояние человека.

В настоящее время зарегистрированы множество случаев «функциональных» пациентов, соматические жалобы которых не подтверждаются объективными исследованиями, а лечение медикаментозными средствами неэффективно [4]. Поэтому необходим комплексный подход в диагностике и лечение заболеваний [5]. И прежде всего в объективизации психологического состояния пациентов, его внутреннего мира, что является весьма затруднительным. Также течение

© Кленков Р.Р., Вязьмин В.В., Сосунов М. В., 2019

и прогноз заболевания зависит от исходного состояния человека, его функциональных резервов и психоэмоциональной устойчивости [2].

На базе госпиталя 444 ЦБП и ПЛС в лаборатории ГНИИИ ВМ МО РФ была проведена работа по дифференциальной диагностике психоэмоциональных и соматических изменений в состоянии организма человека аппаратно-программным комплексом «ДИАМЕД-МБС», состоящего из измерительных средств, ПЭВМ и программного обеспечения. Были обследованы люди, которые предъявляли жалобы на своё самочувствие и отмечали наличие различных болезненных ощущений, но стандартные клинико-инструментальные и биохимические анализы не показывали какие-либо соматические отклонения от нормы или диагностировались заболевания, несвязанные с предъявляемыми жалобами.

Целью и основной задачей работы были определение информативности аппаратно-программного диагностического медицинского комплекса «ДИАМЕД-МБС» для дифференциальной диагностики психоэмоциональных и соматических изменений в состоянии организма.

Были обследованы 10 человек, предъявлявшие жалобы на своё самочувствие и отмечавшие наличие различных болезненных ощущений. Однако стандартные клинико-инструментальные и биохимические анализы не показывали у них, какие-либо отклонения от нормы или диагностировались заболевания, не связанные с предъявляемыми жалобами. Средний возраст испытуемых составил 35,2 ± 4,5 года (от 25 до 45 лет). Контрольная группа 10 человек состояла из здоровых людей, не имеющих диагнозов и не предъявлявших ни каких жалоб, в возрасте от 24 до 44 лет.

Проводилась комплексная диагностика функционального состояния организма человека по данным аппаратно-программного комплекса «ДИАМЕД-МБС», включающего автоматизированный анкетный опрос и анализ объективного статуса пациента (жалобы, болевые синдромы, оценка в баллах состояния здоровья, физическое и эмоциональное состояние, кардиоинтервалография (КИГ), электросоматографию (ЭСГ) и параметры биоэлектрограммы (БЭО) (Коротков К.Г., 2001, Григорьев А.И. и др., 2001, Котенко Н.В. и др. 2009).

Обследование пациентов проводилось в стандартных условиях (время и место обследования), однократно.

Полученные результаты сравнивались с данными медицинской документации, историей болезни, данными клинико-инструментальных и биохимических анализов.

Статистическая обработка результатов исследования проводилась методами статистического анализа с применением t-критерия Стьюдента, критерия Манна-Уитни, Спирмена, критерия «хи-квадрат» (X2), точного критерия Фишера. Достоверность различий оценивали при $p < 0,05$.

1. Результаты исследований

При регистрации показателей биоэлектрографии, наиболее информативными оказались показатели БЭО снятых без фильтра. БЭО без фильтра несут информацию о текущем состоянии энергетики органов и систем в данный момент времени. Они отражают особенности вегетативного статуса, т.е. влияние как физиологических, так и психических процессов. Можно сказать, что БЭО без фильтра отражают текущее психофизиологическое состояние человека, его нервно-психический статус.

Оценку психоэмоционального состояния проводят на основании данных съемки БЭО-грамм без фильтра. Психоэмоциональное состояние успешной, гармоничной и здоровой личности с высоким уровнем стресс-устойчивости характеризуется ровным свечением БЭО без фильтра, отсутствием дефектов контура БЭО, степень симметрии изображения 95 % и более, площадь такой БЭО относительно площади БЭО с фильтром составляет около 95 % и более. На практике чаще всего встречаются различной формы и степени отклонения от такого состояния. БЭО без фильтра отражает интегральное психоэмоциональное состояние личности, а именно: болевой синдром, психоэмоциональные конфликты, степень подверженности стрессу, поэтому изменения БЭО без фильтра имеют наибольшую выраженность. Для практического применения важно разделять изменения состояния здоровья, ведущим механизмом проявления которых являются изменения на соматическом уровне и состояния здоровья, которые проявляются преимущественно на психоэмоциональном уровне. Принципиальным достоинством биоэлектрографии является то, что БЭО без фильтра и с фильтром позволяют дифференцировать эти две области здоровья, зачастую позволяет выявить местонахождение патологии. Выраженные изменения психоэмоционального состояния на БЭО без фильтра выглядят в форме сниженного по площади до 75 % и менее. Состояние стресса характеризуется незаконченностью контуров БЭО, протяженность таких «пустых» секторов составляет 1800 и более, отношение площади БЭО «без фильтра» к площади БЭО с фильтром составляет 40 % и менее. Картина БЭО «без фильтра» у таких пациентов

при повторной съемке может изменить форму, но принципиально не меняются площадные характеристики и структура БЭО в целом.

Интегральным критерием риска КИГ является значение показателя активности регуляторных систем (ПАРС), он позволяет дифференцировать различные степени напряжения регуляторных систем и оценивать адаптационные возможности организма. Значение стресс-индекса (СИ) характеризует активность симпатической регуляции. В норме СИ колеблется в пределах от 80 до 150 усл. ед. и у здоровых лиц в условиях незначительной физической или эмоциональной нагрузки (нормальное рабочее состояние) составляет от 80до 300 усл. ед. При значительных нагрузках он растет от 5 до 10 раз. У больных с постоянным напряжением регуляторных систем индекс напряжения (ИН) в покое в пределах от 400 до 600 усл. ед.

Все испытуемые по результатам стандартных клинико-инструментальных и биохимических анализов были здоровы. Однако, большинство обследуемых предъявляли ряд жалоб на своё здоровье. При обследовании вариабельности сердечного ритма использовались три показателя: ПАРС, стресс-индекс, индекс централизации. Соответственно средние их значения по испытуемым равнялись 6,02, 434,2 и 5,13. Эти значения указывают на снижение функциональных резервов испытуемых, высокую активность регуляторных систем, что связано с частыми и длительными перенапряжениями и стрессами.

При анализе функциональных рисков на ЭСГ учитывались показатели неврологических функций и совокупность свойств организма. Большинство испытуемых (70 %) находятся в состояние стресса, у 60 % наблюдаются повышение нейронной возбудимости, бессонница и нарушение сна. Некоторые слушатели (30 %) находятся в состоянии хронической астении. Уровень электропроводности электросоматограммы составляет 53±12 в левой и 62±14 правой лобных долях, это говорит о повышенной активности головного мозга из-за состояния стресса.

БЭО-граммы без фильтра имеют малую площадь свечения (14579±973), множество дефектов (выбросы, отсутствия свечения) – коэффициент формы 43,13±5,8, ассиметричны (77,12±3,2). Это свидетельствует об истощении психофизиологических резервов, о наличие длительных эмоциональных проблем, о чём подтверждают сами обследуемые в ходе устного опроса. БЭО с фильтром имеют большую площадь свечения (24453±971) и ровные края, без дефектов и выбросов (коэффициент формы 18,59±2,53), симметричны (92,2±1,33), это указывает на наличие высоких исходных психофункциональных резервов и отсутствие соматических изменений в организме. В условиях

длительной психотравмирующей ситуации ответная реакция на стресс приобретает специфичность в виде поражения отдельных органов и систем организма и изменений в картине БЭО с фильтром в дальнейшем.

Состояние испытуемых связанно с общим упадком сил, дисфункциями отдельных органов и систем, переутомлением, нервно-психическим стрессом. Пребывание в этом состоянии ведёт к развитию негативных процессов на соматическом уровне, истощению и болезни. В дальнейшем болезнь принимает стойкий или даже необратимый характер, что затрудняет ее лечение. Без решения психологических проблем и устранения внутреннего конфликта выздоровление у таких больных не происходит, а только усугубляется.

Заключение

Таким образом, применение ПЭВМ и программных средств может позволить оперативно получать критерии и их показатели, которые дают возможность для дифференциальной диагностики психоэмоциональных и соматических изменений в состоянии организма. Данный поход позволяет сократить сроки обследование и диагностики функциональных состояний в практике авиационного врача части. В итоге, можно говорить о том, что высокие показатели информативности метода позволяют использовать диагностический комплекс в практике врача авиационной и восстановительной медицины.

Список литературы

1. Елисеев, Ю. Ю. Психосоматические заболевания. Полный справочник / Ю. Ю. Елисеев. – М. : Изд. АСТ, 2008. – 311 с.

2. Александер, Ф. Психосоматическая медицина. Принципы и практическое применение / Ф. Александер; Пер. с англ. С. Могилевского. – М.: Издательство ЭКСМО-Пресс, 2002. – 352 с. (Серия «Психология без границ»).

3. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – Москва: Медицина, 1997 г. – 236 с.

4. Данилова, Н. Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний / Н. Н. Данилова. – М.: Изд во МГУ, 1992. – 192 с.

5. Дорошев, В. Г. Системный подход к здоровью летного состава в 21 в. / В. Г. Дорошев. – М., 2000. – 67 с.

Модель построения расписаний выполнения проектов в условиях ресурсных ограничений

В. И. Коротков
М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Приводятся алгоритмы оптимального размещения во времени работ с учетом их ресурсных требований и имеющихся ресурсных запасов. Полученное расписание работ позволяет разработать их оптимальное распределение по исполнителям различной квалификации. В статье рассматривается двухэтапный подход к построению индивидуальных расписаний использования неисчерпаемых ресурсов, основанный на применении генетического алгоритма и алгоритма имитации отжига.*

Ключевые слова: *управление проектами, оптимальное расписание проектных работ, оптимальное расписание неоднородных исполнителей.*

Введение и постановка задачи

Проблема построения расписаний выполнения проектов в условиях ресурсных ограничений (ResourceConstrainedProjectSchedulingProblem, RCPSP) является одной из самых актуальных прикладных задач, так или иначе возникающей в деятельности практически каждой организации.

Рассматривается множество P, состоящее из n проектов. Каждый проект $p \in P$ состоит из множества работ J_p. Для каждой такой работы $j \in J_p$ необходимо определить $s_{pj} \geq 0$ – время начала выполнения. Каждый проект p также имеет дату старта $Start_p$, раньше которой не может быть начата ни одна из работ проекта. Некоторые работы требуют завершения других перед своим началом, поэтому множество F_j задаёт всех предшественников работы $j \in J_p$.

На каждый проект p выделено множество $L_p = L_p^{\rho} \cup L_p^{v}$ ресурсов, где подмножество L_p^{ρ} – локальные неисчерпаемые ресурсы, а L_p^{v} – локальные исчерпаемые ресурсы. Исчерпаемые ресурсы имеют фиксированную ёмкость на протяжении всего времени выполнения проекта. Типичные примеры подобного типа ресурсов: деньги,

© Коротков В. И., Матвеев М. Г., 2019

расходные материалы и т.д. Неисчерпаемые ресурсы имеют фиксированную ёмкость на единицу времени. Типичные примеры такого типа ресурсов: люди (исполнители работ), станки и т.д. Каждый ресурс $l \in L_p$ проекта $p \in P$ имеет фиксированную ёмкость c_{pl} .Помимо локальных ресурсов всем проектам также доступны глобальные неисчерпаемые ресурсы G^{ρ} ,ограниченные ёмкостями $c_l^g, l \in G^{\rho}$.

Каждая работа $j \in J_p, p \in P$ может быть выполнена в одном из режимов M_{pj}, определяющих время выполнения и ресурсные требования. Если работа $j \in J_p$ выполняется в режиме $m \in M_{pj}$, время выполнения равняется d_{pjm}, азначение r_{pjml} задаёт расход соответствующего ресурса l .

Цель состоит в том, чтобы найти такое расписание S, удовлетворяющее ресурсным ограничениям и ограничениям предшествования, которое минимизирует общую задержку выполнения проектов:

$$TPD = \sum_{p \in P} (MK_p - CPD_p) \tag{1}$$

$$MK_p = Finish_p - Start_p \tag{2}$$

где $Finish_p$ – время окончания самой последней работы проекта p, а CPD_p – длительность критического пути. Критический путь определяют, отбросив ресурсных ограничения, как последовательность работ, которые отодвинут дату завершения проекта в случае своего запаздывания. Сумма длительностей таких работ даёт оценку минимальной возможной длительности проекта с учётом ограничений предшествования.

Таким образом, задача может быть сформулирована как задача комбинаторной оптимизации:

$$TPD \to \min \tag{3}$$

при условии следующих ограничений:

$$\sum_{j \in J_p} \sum_{m \in M_{pj}} x_{pjt} y_{pjm} r_{pjml} \le c_{pl}, \forall p \in P, l \in L_p^{\rho}, t \in [0, T] \tag{4}$$

$$\sum_{j \in J_p} \sum_{m \in M_{pj}} y_{pjm} r_{pjml} \le c_{pl}, \forall p \in P, l \in L_p^{v} \tag{5}$$

$$\sum_{p \in P} \sum_{j \in J_p} \sum_{m \in M_{pj}} x_{pjt} y_{pjm} r_{pjmg} \le c_l^g, \forall l \in G^{\rho}, t \in [0, T] \tag{6}$$

$$\sum_{m \in M_{pj}} y_{pjm} = 1, \forall p \in P, j \in J_p \tag{7}$$

$$x_{pjt} \in \{0,1\}, \forall p \in P, j \in J_p, m \in M_{pj}, t \in [0,T] \tag{8}$$

$$y_{pjm} \in \{0,1\}, \forall p \in P, j \in J_p, m \in M_{pj} \tag{9}$$

$$s_{pj} + \sum_{m \in M_{pj}} y_{pjm} d_{pjm} \le s_{pj'}, \forall p \in P, j' \in J_p, j \in F_{j'} \tag{10}$$

Здесь T – верхняя временная граница выполнения проектов; вспомогательные бинарные переменные x_{pjt} определяют, выполняется ли работа $j \in J_p$ проекта p в момент времени $t \in [0,T]$; бинарные переменные y_{pjm} – выполняется ли работа $j \in J_p$ проекта p в режиме $m \in M_{pj}$.

Вторым этапом после получения общего расписания выполнения задач является распределение конкретных единиц неисчерпаемых ресурсов по задачам полученного расписания. Обозначим H_l множество единиц неисчерпаемого ресурса l, а $J_l^{\rho} \subset \bigcup$ – подмножество всех работ, требующих при выбранном на первом этапе режиме выполнения какое-либо количество ресурса l. Каждая работа $j \in J_l^{\rho}$ характеризуется длительностью выполнения d_j и расходом r_{jl} каждого ресурса l, также зафиксированными на первом этапе. Введём бинарные переменные z_{hj}, задающие соответствие между единицами ресурсов и задачами. Необходимо, чтобы распределение задач было произведено максимально равномерно, в равной степени задействовав все единицы ресурса, не допуская переработки одних и недоработки других. Тогда проблема может быть сведена к комбинаторной оптимизационной задаче для каждого вида ресурса $l \in G^{\rho} \cup \bigcup$:

$$\sum_{h \in H_l} (Occ(h) - AvgOcc(l))^2 \to \min \tag{11}$$

$$Occ(h) = \sum_{j \in J_l^{\rho}} z_{hj} d_j \tag{12}$$

$$z_{hj} \in \{0,1\} \tag{13}$$

$$\forall h \in H_l,\ j \in J_l^{\rho} \tag{14}$$

$$AvgOcc(l) = \frac{\sum_{h \in H_l} Occ(h)}{|H_l|} \quad (15)$$

с учётом следующих ограничений:

$$r_{jl} = \sum_{h \in H_l} z_{hj},\ j \in J_l^p \quad (16)$$

$$z_{hj} + z_{hj'} \neq 2, \forall h \in H_l,\ j \in J_l^p, j' \in C_j \quad (17)$$

Здесь C_j – множество работ, пересекающихся по времени выполнения с работой j.

Генетический алгоритм построения общего расписания

RCPSP (а следовательно и MRCMPSP) является сложной комбинаторной оптимизационной проблемой, относящейся к классу NP-трудных в строгом смысле. Поэтому нахождение оптимального решения возможно только для малых задач, не соизмеримых с возникающими на практике. В связи с этим большинство современных исследований в данной области направлено на применение различных эвристических методов, позволяющих быстро найти субоптимальные решения, избежав обхода всего пространства поиска.

В рамках данного исследования для выполнения первого этапа, заключающегося в построении общего расписания, использовался генетический алгоритм, подробности реализации которого приведены ниже.

В рамках генетического подхода каждый представитель популяции, представляющий собой отдельное решение, кодируется хромосомой, состоящей из множества генов. В контексте рассматриваемой задачи каждой хромосоме должно соответствовать строго одно возможное расписание работ, причём оно обязано удовлетворять ресурсным ограничениям и ограничениям предшествования.

Каждая хромосома состоит из двух частей: генов, задающих порядок выполнения работ (список работ в порядке приоритета) и генов, ставящих в соответствие работам выбранных режимов выполнения. Конкретное расписание может быть получено из данного представления путём выполнения следующей процедуры: начиная с пустого расписания, последовательно добавлять к текущему частичному расписанию работы в порядке и режимах, закодированных хромосомой, и располагать их начало на максимально раннее время так, чтобы не нарушить ресурсные ограничения и ограничения предшествования. Такая процедура называется последовательной схемой генерации. Стоит отметить, что при использовании подобного подхода по имеющемуся

решению может быть получено строго одно расписание работ, однако одно и то же расписание может быть получено из различных решений.

Для решения RCPSPметодами генетических или эволюционных алгоритмов традиционно применяются различные варианты функции приспособленности, штрафующей решения, нарушившие ресурсные ограничения на исчерпаемые ресурсы. Такое мягкое ограничение способствует исследовательским возможностям алгоритма и его лучшей сходимости к субоптимальным решениям. В рамках данного исследования использовалась функция приспособленности, схожая с предложенной в [3], но модифицированная для применимости в MRCMPSPи учитывающая общую задержку выполнения проектов, а не их общую длительность:

$$f(I)=\begin{cases}1-\dfrac{MaxTPD-TPD(I)}{MaxTPD}=1-\dfrac{MaxTMS-TMS(I)}{MaxTPD}, & ERR=0\\ 1+\dfrac{TPD(I)}{MaxTPD}+ERR, & \text{иначе}\end{cases} \quad (18)$$

$$TMS=\sum_{p\in P}MS_p \quad (19)$$

$$MaxTMS=\sum_{p\in P}\sum_{j\in J_p}\sum_{m\in M_{pj}}y_{pjm}d_{pjm} \quad (20)$$

$$MaxTPD=\sum_{p\in P}\left(\sum_{j\in J_p}\sum_{m\in M_{pj}}y_{pjm}d_{pjm}-CPD_p\right) \quad (21)$$

$$ERR=\sum_{p\in P}\sum_{l\in L_p^v}\max\{0,\frac{\sum_{j\in J_p}\sum_{m\in M_{pj}}y_{pjm}(r_{pjml}-c_{pl})}{c_{pl}}\} \quad (22)$$

В целях обеспечения разнообразия начальная популяция решений генерируется случайным образом. В случае каждого отдельного решения выполняется последовательная процедура, начинающаяся с пустого списка приоритета. На каждом шаге в список добавляется одна работа из множества всех работ, чьи предшественники уже находятся в списке. При этом работе задаётся случайный режим из множества всех возможных режимов выполнения данной работы.

Для скрещивания списков приоритета работ определяется случайная точка q, разбивающая их на две части. Все работы из первой части первого (второго) родителя переносятся в список первого (второго) ребёнка, а оставшиеся работы переносятся в том порядке, в каком они расположены во втором (первом) родителе. Такая схема скрещивания называется одноточечной.

Скрещивание распределения режимов выполнения работ осуществляется в соответствии с равномерной схемой. Для каждой *i*-той работы независимо определяется значение случайной величины $p_i \in [0,1]$. Если $p_i \geq 0.5$,*i*-той работе в первом ребёнке присваивается режим выполнения из первого (второго) родителя, иначе – из второго (первого).

Операция мутации вносит случайные изменения в решения, полученные в результате скрещивания. Мутации также реализуются раздельно для каждой компоненты хромосомы.

Для каждой *i*-той работы из списка приоритета независимо определяется значение случайной величины $p_i \in [0,1]$. В случае, когда $p_i \leq P_{PM}$, где P_{PM} – изначально заданная вероятность мутации, то *i* и *i+1* работы меняются местами, если это не нарушает ограничения предшествования.

Мутация режима каждой *i*-той работы путём замены на случайный из всех доступных для данной задачи режимов происходит также независимо и с заранее заданной вероятностью P_{MM}.

Построение индивидуальных расписаний

В рассматриваемой постановке задачи отдельные экземпляры ресурса взаимозаменяемы, поэтому для уменьшения размерности поискового пространства в реализации алгоритма будем использовать представление решений Z_l как мультимножеств:

$$Z_l = \left\{ J_l^{(1)} \times N_l^{(1)}, ..., J_l^{(k)} \times N_l^{(k)} \right\}, k \leq \left| H_l \right| \qquad (23)$$

где $J_l^{(i)} \subset J_l^{\rho}$ – множество работ, включённых в данную*i*-тую группу индивидуальных расписаний, а $N_l^{(i)}$ – количество подобных расписаний.

Решение, соседствующее с текущим относительно некоторой работы j, может быть получено путём изъятия этой работы из одного из расписаний и добавления в любое случайное расписание, не включающее работы, которые пересекаются по времени с работой j.

Первоначальное решение может быть получено путём последовательной процедуры взятия очередной работы j из J_l^{ρ} и повторения r_{jl} раз операции её добавления к одному из расписаний, не включающих работы, которые пересекаются во времени с j.

Задав описанные выше процедуры, становится возможным применить к данным задачам любой алгоритм локального поиска. В

данном исследовании использовался метод имитации отжига. Основные шаги алгоритма:

– Получить первоначальное решение случайным образом, задать его как текущее (x) и лучшее из найденных (x_{best}), запомнить соответствующее значение целевой функции (f_{best})

– Проинициализировать температуру $T = T_0$

– Получить случайного соседа x' текущего решения

– Вычислить значение целевой функции $f(x')$, определить разницу $\Delta = f(x') - f(x)$

– Если $\Delta < 0$, то $x = x'$ и

– Если $f(x') < f_{best}$, то $f_{best} = f(x')$ и $x_{best} = x'$

– Иначе, если $e^{-\Delta/T} > p$ ($p \in [0,1]$ – значение случайной переменной), то $x = x'$

– Понизить значение температуры: $T = \alpha T$ ($\alpha \in (0,1)$)

– Если не достигнуты условия завершения, то перейти на шаг 3

Результаты

Проверка алгоритма производилась на выборке из задач, использовавшихся в рамках соревнования MISTAChallenge 2013[4]. Алгоритм был реализован на языке Python, все тесты производились на компьютере с процессором IntelCorei5 8250U.

В табл. 1 представлены результаты работы алгоритма на выборке из 9 тестовых проблем, составленных организаторами MISTAChallenge 2013. Столбец V_{GA} содержит значение общей задержки выполнения проектов в полученном решении (TPD), столбец V_{SA} – значение целевой функции второго этапа алгоритма, T_{GA} и T_{SA} – время выполнения первого и второго этапа соответственно. Для всех тестов были заданы следующие значения параметров генетического алгоритма: размер популяции – 150, вероятность скрещивания – 0.8, вероятность мутации – 0.04. Для алгоритма имитации отжига были заданы параметры: число итераций – 1000, начальная температура – 1000, коэффициент понижения температуры – 0.9.

Таблица 1

Результаты работы алгоритма на тестовой выборке

Название	Число проектов	Число задач	Число неисчерпаемых ресурсов	V_{GA}	V_{SA}	T_{GA}, с	T_{SA}, с
A-1	2	20	2	9	59.88	7.69	0.08
A-2	2	40	2	30	11.01	21.84	0.16
A-3	2	60	2	10	77.04	58.42	0.26
A-4	5	50	2	130	35.95	39.19	0.15
A-5	5	100	2	628	77.39	130.33	0.31
A-6	5	150	2	785	40.64	367.99	0.35
A-7	10	100	2	2441	5.18	92.50	0.14
A-8	10	200	2	1677	16.52	607.41	0.32
A-9	10	300	2	1683	61.88	2281.05	0.79

Для оценки скорости сходимости генетического алгоритма отдельно была проведена серия тестов на проблеме A-1 с различным числом популяций. Значения всех прочих параметров алгоритма были оставлены без изменений, для каждого значения размера популяции было произведено 20 попыток, интересующие показатели усреднены. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Зависимость качества решений проблемы A-1 от числа поколений

Число поколений	Среднее TPD	Среднее время выполнения, с
10	11.20	2.80
30	5.85	7.67
50	4.55	12.40
70	4.49	16.85

Для оценки скорости сходимости алгоритма имитации отжига при решении проблемы распределения ресурсов отдельно была проведена серия тестов на проблеме A-9 с различным числом итераций. Значения всех прочих параметров алгоритма были оставлены без изменений, для каждого значения числа итераций было произведено 20 попыток, интересующие показатели усреднены. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость качества распределения ресурсов от числа итераций алгоритма

Число итераций	Среднее значение целевой функции	Среднее время выполнения, с
100	4861.26	0.17
500	239.78	0.45
1000	49.94	0.80
5000	29.82	3.59
10000	28.23	7.06

Заключение

Для решения проблемы составления индивидуальных расписаний использования неисчерпаемых ресурсов при работе над портфолио проектов было предложено дополнение к традиционной модели решенияMRCMPSP. Полученная двухэтапная оптимизационная модель была реализована при помощи генетического алгоритма и алгоритма имитации отжига. Результаты апробированы на выборке из тестовых задач.

Список литературы

1. Kolisch, R. Project Scheduling under Resource Constraints: Efficient Heuristics for Several Problem Classes / R. Kolisch. – Heidelberg: Physica-Verlag, 1995. – 212 p.

2. Yannibelli, V. A. Knowledge-based evolutionary assistant to software development project scheduling / V. Yannibelli, A. Amandi // Expert Systems with Applications. – 2011. – Vol. 38. – Issue 7. – P. 8403-8413.

3. Sebt, M. H. An Efficient Genetic Agorithm for Solving the Multi-Mode Resource-Constrained Project Scheduling Problem Based on Random Key Representation / M. H. Sebt, M. R. Afshar, Y. Alipouri // International Journal of Supply and Operations Management. – 2015. – Vol. 2. – Issue 3. – P. 905-924.

4. Wauters, T. The Multi-Mode Resource-Constrained Multi-Project Scheduling Problem / T. Wauters [et al.] // Journal of Scheduling. – 2016. – Vol. 19. – Issue 3. – P. 271-283.

К вопросу использования БПЛА для поиска и мониторинга состояния экологически опасных объектов

Д. В. Лакомов, email: ladenv@yandex.ru
В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *В связи с постоянно возрастающим антропогенным воздействием, неудовлетворительным состоянием окружающей среды, истощением природных ресурсов, увеличением масштабов воздействия загрязнений на окружающую среду исследованию проблем экологической опасности придается особое значение.*

Ключевые слова: *экология, БПЛА, мониторинг, преимущесва, недостатки.*

Введение

В соответствии с Концепцией национальной безопасности РФ, экологическая безопасность, наряду с политической, военной, экономической, информационной и другими видами безопасности, является составной частью национальной безопасности. В связи с этим разработка алгоритмов, моделей для автономного анализа изображений экологически опасных объектов на территории Тамбовского региона позволит в сочетании с разработанной системой поддержки принятия решений позволит проводить поиск, идентификацию и маркировку экологически опасных объектов (несанкционированные свалки, в т.ч. засыпанные землёй, масляные образования различного происхождении в водоёмах, повреждения нефте- и газопроводы) в регионе, а так же производить привязку обнаруженных объектов (или повреждений) к координатам. Разработанное программное обеспечение позволит работать со снимками и изображениями, полученными с различных устройств: спутниковые снимки, снимки с БПЛА, снимки со стационарных камер и телефонов. Программная реализация позволит обрабатывать информацию полученную как в видимом, так и в ИК диапазонах. Будут получены эталонные изображения всех экологически опасных объектов в регионе.

1. Классификация БПЛА

Мировой рынок БПЛА испытывает взрывной рост. По оценке J’son&Partners Consulting этом в стоимостном выражении дроны

© Лакомов Д. В., Алексеев В. В., 2019

гражданского назначения составляют уже чуть меньше половины рынка (47%), из них на коммерческие БПЛА приходится половина из общей суммы (24%), и оставшаяся часть – на потребительские (23%). Общественная озабоченность по поводу использования дронов превращается в общественное одобрение, так как общество начинает понимать преимущества внедрения дронов в разные сферы жизни. Россия по итогам прошлого года занимала 2% мирового рынка в деньгах, при этом в сегменте военных БПЛА ее доля кратно выше (15% в штуках). Специфика российского рынка БПЛА заключается в преобладании производителей военных дронов. Дальнейшему росту локального рынка и экспортного потенциала отечественных решений все еще мешают серьезные регуляторные ограничения.

Согласно определению, одобренному Ассамблеей ИКАО в 2004 году, беспилотный летательный аппарат (БЛА, «беспилотник» или «дрон») – это беспилотный летательный аппарат, представляющий собой воздушное судно без пилота ..., которое выполняет полет без командира воздушного судна на борту и либо полностью дистанционно управляется из другого места с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса, либо запрограммировано и полностью автономно.

Авиационные эксперты выделяют три основных типа воздушных судов, кроме военных ракет, которые летают без бортовых пилотов:

– управляемые дистанционно;

– запрограммированные и работающие под контролем бортовых навигационных систем, которые поддерживают высоту, направление и местоположение;

– разработанные с наложенными ограничениями полета и летающие повторяющимся образом.

БПЛА можно классифицировать по целому набору разных характеристик – это разнообразие является следствием использования самых различных конфигураций и компонентов БПЛА. К примеру, беспилотники могут классифицироваться по размерам, внешнему виду, дальности полета, функционалу, компоновочной схеме, типу взлета, целевому назначению, типу двигателя, типу навигации, полезной нагрузке и т.д. При этом, вокруг производства БЛА выстроилась целая экосистема, включающая производителей комплектующих, разработчиков ПО, интеграторов, сервисные компании, страховые компании, торговые площадки.

В связи с постепенным удешевлением компонентной базы БПЛА, а также выходом на рынок многочисленных новых игроков, в том числе и в военном сегменте, средняя стоимость дронов продолжит снижаться к 2020 году по всем сегментам на 7-27 %. Это приведет и к изменению

структуры рынка БЛА (как в денежном, так и в количественном выражении), поскольку на рынок будут поступать сотни тысяч и даже миллионы постоянно дешевеющих потребительских дронов, по функционалу сравнимых уже с коммерческими БЛА, а на военный рынок выйдут новые игроки (например, из Китая), которые предложат необходимый функционал по более низкой цене, чем у сегодняшних моделей, что позволит массово закупать их для гражданских нужд.

Недостатки БПЛА

– БПЛА могут представлять опасность для других участников воздушного движения, а также транспортных средств, инфраструктуры и людей на земле. Дроны стали намного дешевле. Без обязательного регулирования полетов БПЛА и взаимосвязи их полетов с полетами существующих воздушных судов возникает риск воздушных столкновений и падений дронов. В условиях городской среды дрон может задеть линии электропередач.

– недостаточная автономность БПЛА. Автоматическое пилотирование современных дронов остается ограниченным. Основная доля миссий проходит в пределах прямой видимости оператора дрона. Полеты за пределами видимости оператора зачастую запрещены.

– батареи и ограниченное время полета БПЛА мультикоптеров

– стабильность полета потребительских БПЛА на открытом воздухе во многом зависит от состояния погоды

– сигналы GPS-приемников дронов, как и любые сигналы, принимаемые/отсылаемые БПЛА, можно перехватывать и подменять (GPS-спуфинг), таким образом получив контроль за дроном

– радиоинтерференция. В районах плотной городской застройки может возникать эффект наложения радиочастот и риск внесения помех в управление дроном.

Преимущества БПЛА

По сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами БПЛА имеют следующие преимущества:

– БПЛА можно применять на сверхмалых высотах, что позволяет получить недостижимую для пилотируемых аппаратов геодезическую точность (до 2–3 см против 15–20 см); практически в любую погоду, под облаками;

– возможность интеграции БПЛА со съемочной аппаратурой пилотируемых летательных аппаратов. В силу значительно меньшего веса самого БПЛА для съемки требуется намного меньше энергии и, соответственно, затрат.

– БПЛА можно доставить к месту выполнения работ дешевыми наземными видами транспорта или регулярным авиарейсом, пилотируемый аппарат доставить к месту работ намного дороже;

– БПЛА эффективнее при съемке линейных объектов (так как тяжелому пилотируемому летательному аппарату трудно следовать траектории этого объекта) и при съемке небольших объектов;

– БПЛА может обеспечить большую точность прохождения заданного маршрута вследствие меньшей массы и автоматического управления;

– БПЛА может владеть непосредственно потребитель данных, нет необходимости заказывать съемку и дожидаться выполнения работ;

– В сравнении со спутниками, БПЛА имеют значительно более низкие затраты на разработку и эксплуатацию, лучшее разрешение и точность съемки, мобильность, независимость от облачности.

Во многих случаях применение дронов внедряется в рутинные операции инспекции, контроля, мониторинга за состоянием оборудования, складских помещений, территорий, а также замещение человека в опасной для здоровья и жизни деятельности: обработка химикатами, полеты в сложных погодных условиях, вылеты в опасные зоны, что позволяет сделать вывод о целесообразности применения БПЛА при поиске и мониторинге экологически опасных объектов.

Список литературы

1. Ким, Н. В. Групповое применение беспилотного летательного аппарата в задачах наблюдения / Н. В. Ким, И. Г. Крылов // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2012. – № 62. – Режим доступа: http://trudymai.ru/published.php?ID=35507

2. Ким, Н. В. Применение систем технического зрения на беспилотных летательных аппаратах в задачах ориентации на местности / Н. В. Ким. – М.: Изд-во Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2010. – Т. 17. – №3. – С. 42-49

Применение анализа радужной оболочки глаза мультимодальном подходе идентификации личности

Д. В. Лакомов, email: ladenv@yandex.ru
Г. Аль Маамари, email: ghassan.almaamari@gmail.com
В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru

Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *Развитие технологий идентификации объектов снижает эффективность систем распознавания объектов, в том числе и людей. Это приводит к повышению вероятности несанкционированного доступа на защищаемые объекты. Необходима комплексная обработка различных данных, для повышения защищенности объектов при организации доступа к ним. Это относится и к доступу документов и ряду других задач, связанных с решением задачи идентификации. Организация обработки данных человека на основе мультимодального подхода позволит снизить уязвимость объектов и поможет решить множество проблем, связанных с применением шумом, межклассового сходства, внутриклассовых вариаций.*

Ключевые слова: *мультимодальный подход, обработка изображений, идентификация личности, радужка глаза.*

Введение

Биометрическая идентификация – это новая технология, которой в последние годы уделяется больше внимания. Она использует физиологические или поведенческие характеристики для идентификации человека.

Физиологические характеристики – радужная оболочка, отпечаток пальца, геометрию лица и руки. Голос, подпись и динамика нажатия клавиш классифицируются как поведенческие характеристики.

В самом базовом смысле мультимодальность – теория коммуникации и социальной семиотики.

Мультимодальность описывает практику коммуникации с точки зрения текстовых, аудиальных, лингвистических, пространственных и визуальных ресурсов, или модусов, которые используются для составления сообщений.

© Лакомов Д. В., Аль Маамари Г., Алексеев В. В., 2019

Коллекция данных модусов или элементов определяет, как мультимодальность влияет на различные риторические ситуации, или возможности повысить восприятие аудиторией идеи или концепции.

Смысл может создаваться любыми средствами (модусами) – от размещения изображений до организации содержимого (контента).

1. Идентификация личности с помощью радужной оболочки глаза

Биометрические методы [4] [5] являются одними из основных методов, в которых используются уникальные идентифицируемые физические или поведенческие характеристики для идентификации людей.

Обычно используемыми биометрическими характеристиками являются лицо, отпечатки пальцев, голос, дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), сетчатка и радужка глаза.

Признано, что радужная оболочка считается одним из самых надежных методов биометрической идентификации. Её использование для идентификации и проверки имеет решающее значение, поскольку считается надежным решением для установления личности человека.

Вероятность нахождения двух людей с одинаковой радужной оболочкой почти равна нулю.

Именно поэтому технология распознавания радужной оболочки становится важным биометрическим решением для идентификации людей в режиме контроля доступа в качестве сетевого доступа к компьютерному приложению [1].

Этапы алгоритма распознавания радужки глаза:

- захват изображения
- предварительная обработка
- извлечение признаков
- совместимость шаблонов
- подтверждение подлинности

Изображение радужной оболочки может быть захвачено с использованием стандартной камеры с использованием как видимого, так и инфракрасного света и может быть либо ручной, либо автоматизированной процедурой. Камера может быть расположена между тремя с половиной дюймов и одним метром для захвата изображения.

В ручной процедуре пользователю необходимо настроить камеру, чтобы настроить диафрагму и находиться в пределах от шести до двенадцати дюймов от камеры.

Этот процесс значительно более интенсивен и требует правильного обучения пользователей для успеха.

Автоматическая процедура использует набор камер, которые автоматически устанавливают лицо и диафрагму, что делает этот процесс более удобным для пользователя.

Предварительная обработка изображения Iris делится на три этапа:

- локализация радужки,
- нормализация радужки,
- улучшение изображения.

2. Локализация радужной оболочки.

Локализация радужной оболочки обнаруживает внутреннюю и внешнюю границы радужки.

Как внутренняя, так и внешняя границы радужной оболочки могут быть смоделированы как круги.

Из-за колебаний освещения радиальный размер зрачка может соответственно измениться.

Результирующая деформация текстуры радужки повлияет на работу последующих этапов выделения и согласования признаков. Поэтому область радужки должна быть нормирована для компенсации этих изменений.

Нормализованное изображение радужной оболочки имеет низкое и неравномерное контрастное освещение, вызванное положением источника света. Изображение должно быть усилено для компенсации этих факторов. [6,7].

На этапе извлечения признаков методы анализа текстуры используются для извлечения значений функции из нормализованного изображения радужной оболочки.

Выделенные функции будут закодированы для создания биометрического шаблона.

Фильтры 2D Габора используются для извлечения диафрагмы как в [2], так и [3]. Импульсный отклик фильтра Габора определяется гармонической функцией, умноженной на гауссову функцию. Он обеспечивает оптимальную локализацию, как в пространственной, так и в частотной областях. Каждый шаблон демодулируется для извлечения информации о фазе с использованием квадратурных двумерных вейвлетов Габора. Фазовая информация квантуется в четыре квадранта в комплексной плоскости. Каждый квадрант представлен двухфазная фазовая информация. Поэтому каждый пиксель в нормализованном изображении демодулируется в два битовых кода в шаблоне.

Информация о фазе извлекается, поскольку она предоставляет значительную информацию в изображении [8]. Это не зависит от

посторонних факторов, таких как контраст изображения, подсветка и коэффициент усиления камеры [8].

Для дальнейшей работы предлагается использовать Фильтр ЛОГ Габора, который является гауссовым по логарифмической шкале [9]. Он имеет сильный полосовой фильтр для удаления компонентов постоянного тока, вызванных яркостью фона [10].

Согласование шаблонов. Шаблонам, генерируемым на этапе выделения признаков, требуется соответствующая метрика. Соответствующая метрика сравнивает сходство между шаблонами. Порог установлен для дифференциации между внутриклассическими и межкласными сравнениями.

Список литературы

1. Belganoui, Y. La biométrie, sésame absolu / Y. Belganoui, J. C. Guézel, T. Mahé // Industries et Techniques, France, n°817, July 2000.
2. Daugman, J. High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence / J. Daugman // IEEE Tans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1993. – Vol. 15. – P. 1148-1161.
3. Daugman, J. How iris recognition works / J. Daugman // IEEE Trans. CSVT. – 2004. – Vol. 14. – №1. – pp. 21-30.
4. Jain, A. Biometrics: Personal Identification in a Networked Society / A. Jain, R. Bolle, S. Pankanti eds // Kluwer. – 1999. - pp. 276-284.
5. Daugman, J "Biometric Personal Identification system based on iris analysis," U S Patent No 5291,560 1994.
6. Ma, L. Iris recognition using circular symmetric filters / L. Ma, Y. Wang, T. Tan // International Conference on Pattern Recognition. – 2002. – Vol. 2. – P. 414-417.
7. Zhu, Y. Biometric Personal Identification Based on Iris Patterns / Y. Zhu, T. Tan, Y. Wang // Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition. – 2000. – Vol. 2. – P. 2801-2804.
8. Oppenheim, A. V. The importance of phase in signals. / A. V. Oppenheim J. S. Lim // Proceedings of the IEEE. – 1981. – Vol. 69. – Issue 5. – P. 529-541.
9. Field, D. J. Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells / D. J. Field // Journal of the Optical Society of America. – 1987. – Vol. 4. – Issue 12. – P. 2379-2394.
10. Iris Recognition Algorithm Using Modified Log-Gabor Filters / P. Yao [et al.] // Proceedings of the 18th International Conference on Pattern Recognition. – 2006. – Vol. 4. – P. 461-464.

Методика оценки радиотехнического обеспечения авиационных формирований

С. Н. Лёвин, email: lyovin.sergej@mail.ru
Р. А. Баранов, email: romba nk20@mail.ru
Х. Н. До, email: bohn@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *В данной статье представлена методика, оценки радиотехнического обеспечения.*

Ключевые слова: *радиотехническое обеспечение, точность навигации, посадочный минимум радиотехнических средств и систем.*

1. Выбор подхода

Одним из основных показателей эффективности боевых действий авиации является безопасность полетов, которая определяется по среднему налету на одно летное происшествие. По аналогии можно утверждать, что эффективность радиотехнического обеспечения боевых действий авиационного формирования можно определить по надежности РТО, под которой понимается вероятность того, что в течение некоторого летного времени $t_л$ не возникнет ни одного особого случая в полете, обусловленного снижением качества РТО. На практике данную зависимость оценивают экспоненциальным законом:

$$P_{РТО} = \exp(-\frac{t_л}{t_{ср}}) \quad (1)$$

– $P_{РТО}$ – вероятность надежности радиотехнического обеспечения боевых действий; $t_{ср}$ – средний налет на одно происшествие по причине радиотехнического обеспечения; $t_л$ – заданный налет.

Если время выполнения одного полета взять за единицу, то за среднее время обеспечения полётов можно принять количество вылетов, совершенных за рассматриваемый промежуток времени. Тогда, число вылетов авиационного формирования, при которых не возникнет особых случаев в полете по вине РТО, не должно быть более одного за весь период.

Исходя из общей численности авиационного формирования и с учетом максимального количества вылетов, которые может оно

© Лёвин С. Н., Баранов Р. А., До Х. Н., 2019

выполнить за сутки (рассчитанного, например вылета всем составом авиационного формирования) можно определить требуемую надежность выполнения задач радиотехнического обеспечения как

$$P_{РТОтр} \succ exp(-\frac{1}{Q_{вв}}) = 0{,}98 \quad (2)$$

Физический смысл выражения (2) заключается в том, что радиотехническое обеспечение авиационного формирования будет эффективным, если его задачи будут выполнены с требуемым качеством с вероятностью более чем 0,98, тогда можно говорить о том, что не возникнет ни одного особого случая в полетах по вине РТО в течение суток.

Способность системы РТО выполнить возложенные на нее задачи в течение требуемого времени с вероятностью более *0,98* может быть принята в качестве обобщенного критерия эффективности РТО авиационного формирования, показателем которого считается вероятность выполнения системой РТО задач по формированию радиолокационного, радионавигационного и визуально-навигационного полей требуемых параметров, представленными в следующем виде:

$$W_{РТО} = 1 - \prod_{i=1}^{I}(1 - W_i) \quad (3)$$

– W_i – вероятность формирования системой РТО i-ого поля с требуемыми характеристиками;

– $i=1; I$ – количество формируемых полей.

Систему РТО образуют подсистемы обеспечения посадки воздушных судов, подсистемы обеспечения радионавигации, подсистемы обеспечения управления воздушным движением в районах аэродромов. Тогда вероятность формирования i-ого поля требуемых параметров может характеризоваться степенью выполнения задач соответствующими подсистемами РТО в своих зонах ответственности, т.е.

$$W_i = \prod_{q=1}^{Q_\mu} W_{\mu_q} \quad (4)$$

– $W_{\mu q}$ – вероятность выполнения μ-ой подсистемой задач по формированию i-ого поля требуемых параметров в q-х зонах ответственности,

– $q=1; Q_\mu$ – количество зон ответственности μ-ой подсистемы РТО.

Способность системы РТО формировать радионавигационное, визуально-навигационное и радиолокационное поле требуемых параметров с заданной вероятностью могут быть приняты в качестве общих критериев эффективности РТО. Показателями предлагаются соответственно вероятности выполнения задач подсистемами навигации, обеспечения посадки и управления воздушным движением в районе пунктов управления, так как они наглядно отражают степень выполнения задач системой РТО и являются общими для стационарной, мобильной и аэромобильной составляющей системы РТО.

С учетом сказанного, математическую зависимость для показателей общих критериев эффективности РТО можно представить в следующем виде:

$$W_{\mu} = \alpha_a (1 - \prod_{a=1}^{A} (1 - \Psi_{\mu_a})) + \alpha_b (1 - \prod_{b=1}^{B} (1 - \Psi_{\mu_b})) \qquad (5)$$

– где $\Psi_{\mu\, a(b,c)}$ – вероятность выполнения задач μ-ой подсистемой стационарного (мобильного, аэромобильного) варианта;

– $\alpha_{a(b,c)}$ – весовые коэффициенты стационарного, мобильного и аэромобильного вариантов;

– $a=1;A$ – количество аэродромов (ПУ), на которых развернуты средства РТО стационарного комплекта;

– $b=1;B$ – количество аэродромов (ПУ), на которых развернуты средства РТО мобильного комплекта;

В выполнении задач подсистемами РТО будут задействованы различные группы средств РТО, которые образуют параллельные направления обмена радиотехнической информацией (РТИ). Тогда, вероятность $\Psi_{\mu\, a(b,c)}$ можно представить следующей формульной зависимостью:

$$\Psi_{\mu_{a(b,c)}} = 1 - (\prod_{k=1}^{M_{a(b,c)}} (1 - G_{\mu_{a(b,c)k}})) \qquad (6)$$

– $G_{\mu\, a(b,c)k}$ – вероятность выполнения задач μ-ой подсистемой k-ой группой средств стационарного (мобильного, аэромобильного) варианта,

– $k=1;Ma(b,c)$ – количество групп, задействованных в μ-ой подсистеме РТО, стационарным (мобильным, аэромобильным) вариантом.

Эффективность формирования информационного поля требуемых параметров характеризуется способностью средств РТО выполнять задачи по предназначению в течение заданного временного интервала в различных условиях обстановки, а также качеством предоставляемой

информации. Причем, способность средств РТО выполнять задачи по предназначению является необходимым условием, а требуемое качество РТИ является достаточным условием формирования информационного поля требуемых параметров. Следовательно, можно определить вероятность формирования информационного поля требуемых параметров группой средств РТО по формуле полной вероятности:

$$G_k = \sum_{n=1}^{N_k} P(K_n / U_n) \times P_{норм}(U_n) \qquad (7)$$

– $P_{норм}(U_n)$ – нормированная вероятность устойчивого выполнения задач по предназначению n-ым средством РТО;

– $P(K_n/U_n)$ – вероятность предоставления информации требуемого качества при условии устойчивого выполнения задач по предназначению n-ым средством РТО;

– $n=1; N_k$ – количество средств РТО в k-ой группе.

В формуле (7) $P_{норм}(U_n)$ рассчитывается из условия, что вероятности устойчивого выполнения задач по предназначению n-ыми средствами РТО составляют полную группу событий, то есть $\sum_{n=1}^{N_k} P_{норм}(U_n) = 1 \cdot$

Обоснованность выбора данных показателей определяется следующими положениями: выбранные показатели отражают основное назначение РТО авиационного формирования; критичны по отношению к параметрам, определяющим их значение; удобны для использования в модели, так как все данные, необходимые для расчета значений показателей, могут быть легко собраны в процессе моделирования, а сами показатели не зависят от конкретного рода авиации и обеспечивающих частей и подразделения связи и РТО, что дает возможность использовать их для характеристики РТО, предъявляя лишь соответствующие требования к рассчитываемым показателям.

Список литературы

1. Приказ Министра обороны Российской Федерации 2008 года №25дсп Федеральные авиационные правила радиотехнического обеспечения полётов государственной авиации. – МО, 2009. – С. 4.

2. Приказ Министра обороны Российской Федерации 2006 года №455дсп Нормы годности к эксплуатации аэродромов государственной авиации. – МО,2006. – С. 6.

Алгоритм получения МНК-оценок параметров стохастических динамических процессов с минимизацией ошибки оценки

М. Г. Матвеев, email: mgmatveev@yandex.ru[1]
Е. А. Сирота[1]
Г. В. Берестевич[2]

[1] Воронежский государственный университет
[2]ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *Предложен алгоритм снижения влияния мультиколлинеарности на стандартную ошибку оценки параметров распределенного динамического объекта описанного в форме разностного уравнения. Проведенная численная апробация предложенного алгоритма показала значительное снижение величины стандартной ошибки.*

Ключевые слова: *разностная модель, авторегрессия, метод наименьших квадратов, стандартная ошибка оценки.*

Введение

При моделировании распределенных динамических процессов часто применяются разностные уравнения, параметры которых необходимо оценивать по результатам наблюдения зашумленных переменных. Проблема получения таких оценок для уравнений со стохастическими переменными хорошо известна. Ее решению посвящено множество отечественных и зарубежных исследований, например, [1-6]. Один из подходов заключается в построении множественной авторегрессии соответствующей разностному уравнению и получению МНК-оценок параметров этой авторегрессии с использованием матрицы наблюдений $(X'X)^{-1}$. При этом качество оценок всегда определяется той или иной комбинацией стандартной ошибки оценки и величины ее смещения. Известно, что минимум стандартной ошибки и отсутствие смещения достигается при использовании метода наименьших квадратов (МНК) и соблюдении условий Гаусса-Маркова. Однако в рассматриваемых моделях не все необходимые условия выполняются, что приводит к появлению смещения и (или) к росту стандартной ошибки. Особенностью разностных уравнений является высокая коррелируемость наблюдений в

© Матвеев М. Г., Сирота Е. А., Берестевич Г. В., 2019

смежных узлах интерполирования, что порождает проблему мультиколлинеарности. Следствием этой проблемы является увеличение ошибки оценки, которая пропорциональна определителю матрицы $(XX)^{-1}$. Если проблема мультиколлинеарности не возникает, то усилия направлены на снижение негативного влияния смещения [7,8] В условиях мультиколлинеарности дисперсии даже наилучших несмещенных оценок могут быть слишком большие. Поэтому естественно попытаться отказаться от требования несмещенности, чтобы в классе МНК-оценок найти те, которые будут обладать более высокой точностью. Среди возможных подходов наиболее известны метод главных компонент и ридж-регрессия [9]. Однако для рассматриваемых моделей более простым и удобным может оказаться другой подход к уменьшению влияния мультиколлинеарности, основанный на идее близкой к методу инструментальной переменной. Разработка алгоритма получения МНК-оценок с минимизацией стандартной ошибки смещения – цель настоящего исследования.

Модификация алгоритма МНК-оценок параметров динамического процесса

Пусть модель динамического распределенного процесса, описывается системой приведенных разностных схем [10]

$$y_i^{k+1} = (y^k)^T \alpha; \quad \forall i \qquad 7$$

с заданными начальными и краевыми условиями

$$y_i^0 = c, \quad y_{i-1}^k = c_1^k, \quad y_{i+1}^k = c_2^k, \forall k \qquad 8$$

где i – дискретные значения пространственной координаты, k - дискретное время; $y^k = (y_{i-1}^k; y_i^k; y_{i+1}^k)^T$; $y_i = (y_i^0; y_i^1; \ldots; y_i^k)^T$ - векторы переменных процесса, c - начальное значение в нулевой момент времени; c_1, c_2 – наблюдаемые векторы значений краевых условий; $\alpha = (\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3)^T$ - вектор параметров разностной схемы; T – знак транспонирования. В соответствии с условием консервативности $\sum_{i=1}^{3} \alpha_i = 1$.

Переменные процесса наблюдаются в каждом i-ом узле с некоторой погрешностью e

$$x_i^k = y_i^k + e_i^k \qquad 9$$

Будем считать, что случайный процесс $e_i^k, k = 0;1;\ldots$ имеет характер нормального «белого шума» во всех пространственных узлах i. Таким образом, в каждом i-ом узле формируется временной ряд наблюдений x_i^k.

Временные ряды в смежных узлах процесса обычно сильно коррелированны, но корреляция быстро убывает, если рассматривать центрированные пары узлов: $(i-1; i+1)$; $(i-2; i+2)$ и т.д. Следовательно, можно предположить, например, для первой пары наличие стохастической зависимости вида

$$x_i^k = b_1 x_{i-1}^k + b_2 x_{i+1}^k \qquad 10$$

где $x_i^k = y_i^k + e_i^k$ -наблюдаемые значения при $\forall i, k$.

Оценки $b_1; b_2$ – можно получить с помощью МНК.

Подставим выражение (4) в схему (1) с заменой переменных в соответствии с (3), получим

$$x_i^{k+1} = a_1 x_{i-1}^k + a_2(b_1 x_{i-1}^k + b_2 x_{i+1}^k) + a_3 x_{i+1}^k = \theta_1 x_{i-1}^k + \theta_2 x_{i+1}^k + e_i^k \qquad 11$$

Здесь $\theta_1; \theta_2$ - МНК-оценки; a_i - оценки параметров α_i, которые можно найти как решение следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} \alpha_1 + \alpha_2 \hat{\beta}_1 = \hat{\theta}_1; \\ \alpha_3 + \alpha_2 \hat{\beta}_2 = \hat{\theta}_2; \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \end{cases} \qquad 12$$

Определитель системы (6) будет увеличиваться в центрированных парах $(i-n; i+n)$ с ростом n.

1. Численная апробация предложенного алгоритма

В качестве процесса (1, 2) было использовано аналитическое решение дифференциального уравнения [3], далее была выполнена регулярная дискретизация полученного решения и добавлена погрешность ε в виде «белого шума» с различной интенсивностью. В качестве параметров приведенной разностной схемы (1) были заданы следующие значения $a_1 = 0.2583, a_2 = 0.5, a_3 = 0.2417$.

Полученные статистические данные были использованы для получения оценок известных параметров с помощью МНК и предлагаемого метода. Для проведения эксперимента были выбран заданный уровень погрешности 0.0001.

Таким образом, к полученным значениям переменных $y^k = (y^k_{i-1}; y^k_i; y^k_{i+1})$ были добавлены случайные гаусовские переменные с нулевым математическим ожиданием и переменной дисперсией – $k\sigma^2$, где $\sigma^2 = 1, k = 0{,}001$. Эксперимент был повторен 100 раз.

Полученные усредненные МНК-оценки параметров $\hat{a}_1; \hat{a}_2; \hat{a}_3$,а также усредненные оценки параметров с помощью предлагаемого алгоритма приведены в таблице. Для анализа эффективности рассматриваемых методов в таблице также приведены значения стандартной ошибки оценок параметров для каждого метода.

Таблица

Результаты численного эксперимента

	a1	a2	a3
Оценки предложенного алгоритма	0,2594	0,4992	0,2415
Оценки МНК	0,2613	0,4951	0,2434
Истинные значения	0,2583	0,5	0,2417
Стандартная ошибка МНК	-0,0030	0,0049	-0,0017
Стандартная ошибка предложенного алгоритма	-0,0010	0,0008	0,0002

Заключение

Проведенный численный эксперимент показал значительное снижение величины стандартной ошибки оценок параметров, рассматриваемого разностного уравнения. Эксперимент проводился для центрированной пары с n=1. Уменьшения влияния мультиколлинеарности можно достичь с увеличением значения n, но при этом возможно искажение истинных значений параметров, если они изменяются по пространственной координате. В таком случае n надо выбирать исходя из компромисса между влиянием мультиколлинеарности и изменение параметров по пространственной координате.

Список литературы

1. Бойков, И.В. Методы идентификации динамических систем / И.В. Бойков, Н.П. Кривулин // Программные системы: теория и приложения. – 2014. – №5 (23). – С. 79-96.
2. Егоршин, А.О. Кусочно-линейная идентификация и дифференциальная аппроксимация на равномерной решетке /А.О. Егоршин // Материалы XII Всероссийского совещания по проблемам управления. – М., – 2014. – С. 2807 – 2822.
3. Modeling of Nonstationary Distributed Processes on the Basis of Multidimensional Time Series / M.G. Matveev [et al.] // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 201. – P. 1-862.
4. Bowden, R.J. Instrumental variables / R.J. Bowden, D.A. Turkington // Cambridge University Press. – New York, 1984. – 227 p.
5. White, H. Asymptotic theory for econometricians / H. White // Academic Press. – New York, 2001. – 264 p.
6. Матвеев М.Г. Использование модели Сугено для прогнозирования метеорологических показателей / М.Г. Матвеев, В.В. Михайлов, М.Е. Семенов // Вестник ВГУ, серия «Системный анализ и информационные технологии», научный журнал, №2. – 2011. – С. 164-169.
7. Matveev, M.G. Parameters identification of a distributed dynamical model using combined approach / M. G. Matveev, A.V. Kopytin, E. A. Sirota // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol.1096:012068.
8. Копытин, А.В. Применение расширенного фильтра Калмана для идентификации параметров распределенной динамической системы / А.В. Копытин, Е.А. Копытина, М.Г. Матвеев// Вестник ВГУ. Сер. «Системный анализ и информационные технологии». – 2018. – №3. – С. 44-50
9. Айвазян, С.А. Основы эконометрики, т.2 / С.А. Айвазян. – М: Юнити, 2001. – 432 с.
10. Матвеев М.Г. Комбинированные модели нестационарных временных рядов с изменяющимися состояниями / М.Г. Матвеев, Е.А. Сирота // Вестник ВГУ. Сер. «Системный анализ и информационные технологии». – 2016. – №3. – С. 50-61.

Анализ программного обеспечения разработки сайтов ВУЗов

В.И. Меденников, e-mail: dommed@mail.ru[1]

[1]Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН

Аннотация. *В данной работе анализируется программное обеспечение, используемое сайтами сельскохозяйственных ВУЗов, на предмет требований ЦЭ как по интеграции информационных систем, так и совместимости программного обеспечения.*

Ключевые слова: *программное обеспечение, сайты, сельскохозяйственные ВУЗы.*

Введение

В связи с экспоненциальным ростом объемов информации в конкретных областях деятельности, появились проблемы создания новых информационных технологий, обеспечивающих возможность извлечения необходимых знаний. Особую значимость эти проблемы приобрели в сфере накопления информации в образовании и науке.

В этой связи объективно появляется задача формирования единого информационного Интернет-пространства научно-образовательных ресурсов, которое будет востребованным как в процессе поддержания научных исследований, так и в повышении эффективности образования на всех уровнях. Такое пространство, на наш взгляд, должно стать инструментом разрешения противоречия между объемами накапливаемых знаний и возможностью их эффективного использования.

Такая задача, безусловно, является важнейшей составляющей программы ЦЭ, так как научные исследования и разработки являются важной сферой влияния на экономический рост, одним из источников самых ценных стратегических ресурсов – человеческого капитала и знаний, что определяет уровень социально-экономического развития общества. С другой стороны, требования, предъявляемые к информационному наполнению сайтов образовательных учреждений Министерством образования и науки, Рособрнадзором России диктуют необходимость типизации сайтов ВУЗов.

В статье анализируется программное обеспечение, используемое сайтами сельскохозяйственных ВУЗов, на предмет требований ЦЭ как по интеграции информационных ресурсов (ИР), информационных систем (ИС), так и совместимости программного обеспечения (ПО).

© Меденников В.И., 2019

1. Сводная информация

Всего на 54 сайтах сельскохозяйственных ВУЗов найдено 395 видов ПО, объединенных в 16 различных групп (табл. 1) [1].

Таблица 1

Сводная таблица ПО, представленного на сайтах ВУЗов

Название ВУЗа	Группы программного обеспечения																Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Алтайский ГАУ	1	3	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1	11
Башкирский ГАУ	1	2	1	-	2	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	1	10
Белгородский ГАУ	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	7
Брянский ГАУ	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	6
Бурятская ГСХА	1	3	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	8
Великолукская ГСХА	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5
Волгоградский ГАУ	1	1	-	1	2	2	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	10
Вологодская ГМХА	-	1	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5
Воронежский ГАУ	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	4
Вятский ГАУ	1	4	1	2	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	1	13
ГАУ Сев. Зауралья	-	2	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7
Горский ГАУ	1	2	-	1	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	8
ГУЗ	1	1	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	9
Дагестанский ГАУ	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
Дальневосточный ГАУ	1	2	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7
Донской ГАУ	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4
Ивановская ГСХА	-	2	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	6
Ижевская ГСХА	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	5
Иркутский ГАУ	1	1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
Кабард.-Балкар. ГАУ	1	2	-	2	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	9
Казанская ГАВМ	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Казанский ГАУ	-	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
Кемеровский ГАУ	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	6

Продолжение табл. 1

Костромская ГСХА	1	3	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	9
Красноярский ГАУ	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Кубанский ГАУ	1	2	1	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10
Курганская ГСХА	-	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
Курская ГСХА	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	4
Мичуринский ГАУ	-	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	6
Московская ГАВМиБ	1	1	-	2	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	9
Нижегородская ГСХА	1	3	1	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	10
Новосибирский ГАУ	-	4	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7
Омский ГАУ	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	7
Оренбургский ГАУ	1	1	-	2	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	8
Орловский ГАУ	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	7
Пензенская ГСХА	1	4	1		1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	9
Пермская ГСХА	1	2	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	9
Приморская ГСХА	1	2	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	2	10
РГАЗУ	-	2	-	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	8
РГАУ–МСХА	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	5
Рязанский ГАТУ	1	2	-	2	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	9
Самарская ГСХА	1	3	1	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	10
Санкт-Петерб. ГАВМ	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	6
Санкт-Петерб. ГАУ	1	1	-	-	1	1	-	-	1	-	1	1	-	-	-	1	8
Саратовский ГАУ	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	6
Смоленская ГСХА	1	3	1	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	11
Ставропольский ГАУ	1	2	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	8
Тверская ГСХА	1	1	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	8
Ульяновская ГСХА	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	6
Уральский ГАУ	1	1	-	2	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	8
Чувашская ГСХА	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4

Окончание табл. 1

Южно-Уральский ГАУ	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5
Якутская ГСХА	1	5	1	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	13
Ярославская ГСХА	1	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	7
Общий итог	39	94	12	56	57	24	5	4	1	1	27	3	4	1	17	50	395

Расшифровка кодов групп программного обеспечения приведена в табл. 2.

Таблица 2

Коды, наименования и предназначения групп ПО

Код	**Наименование группы ПО**	**Краткое описание предназначения группы**	**Кол-во групп**
1	CMS	Автоматизированное управление контентом сайта	39
2	JS-фреймворк	Оформление страниц сайта	94
3	JS-графика	Графика на страницах сайта	12
4	Аналитика	Информация о работе сайта	56
5	Веб-сервер	Сервер, на котором запускается сайт	57
6	Веб-фреймворк	Графика на страницах сайта	24
7	Видеоплеер	Сервисы показа видео на сайте	5
8	Виджет	Показ небольших прог. вставок	4
9	Карта	Показ географ-ких карт на сайте	1
10	Мобильный фреймворк	Создание мобильной версии сайта	1
11	Операционная система	Операционная система, на которой запущен сайт	27
12	Прочее	Прочее ПО	3
13	Расширение Веб-сервера	Дополнения п. 5 для специфических нужд	4
14	Рекламная сеть	Организация рекламы на сайте	1
15	Шрифт	Дополнительные шрифты	17
16	Язык програм-мирования	Язык, используемый в работе сайта	50

Как видно, самой многочисленной группой оказалась группа «JS фреймворк», в которой нашлось 94 записи (23,8% от общего числа найденного ПО на всех сайтах). Далее с большим отрывом идут группы ПО «Аналитика», «Веб-сервер» и «Язык программирования». Среднее количество ПО представлено группами ПО «CMS», «Веб фреймворк» и «Операционная система». Остальные группы представлены незначительным количеством.

Рассмотрим более подробней состав наиболее важных групп. Полное описание всех групп приведено в [1, 2].

2. Группа программного обеспечения «CMS»

Таблица 3

Распределение ПО в группе «CMS»

№ п/п	Наименование	Коли-чество	% от общего числа сайтов	Среднее место в рейтинге ВУЗов
1	1C-Bitrix	17	31,5	21,1
2	DataLife Engine	1	1,9	25,0
3	DNN	2	3,7	31,5
4	Drupal	1	1,9	15,0
5	InstantCMS	1	1,9	6,0
6	Joomla	16	29,6	35,7
7	OpenCms	1	1,9	27,0
8	Нет данных	15	27,8	27,9
ИТОГО		54	100,0	27,5

Таким образом, с небольшим отрывом, на первом месте (31,5% от общего количества сайтов) оказалась CMS “1C-Bitrix”. Второе место заняла CMS “Joomla” (29,6% от общего количества сайтов). Третье место показателя «нет данных», говорит о том, что либо используется т.н. «самописная» CMS, либо очень редкая CMS, определить которую не удалось. Остальные CMS в таб. 3 встречаются только по 1-2 раза. Эти CMS малознакомы. Исключение составляет, пожалуй, только CMS “Drupal”, которая достаточно хорошо известна и распространена в академической среде. Однако, как видно, в сельскохозяйственных ВУЗах она распространения не получила.

Если 1C-Bitrix – одна из самых популярных в России, но и самая дорогая в поддержке, коммерческих CMS, то Joomla – одна из самых популярных и в России, и в мире некоммерческих CMS. Если стремление использовать бесплатные CMS ещё можно объяснить желанием экономии на данном финансовом ресурсе, то использование

CMS типа 1С-Bitrix как раз говорит о том, что вопрос об экономию был в числе последних в списке приоритетов при выборе CMS.

Ситуацию проясняет значение «среднее место в рейтинге ВУЗов» (в последнем столбце таблицы), которое подсчитано для сайтов ВУЗов, вошедших в определённую группу [1]. ВУЗы, использующие 1С-Bitrix, занимают более высокие места в рейтинге (Среднее место в рейтинге ВУЗов 21.1), использующие Joomla – более низкие (27,5). Достаточно сказать, что все три лидера рейтинга используют 1С-Bitrix, а из первой 20-ки почти половина (9 сайтов) использует CMS 1С-Bitrix для управления своими сайтами. В свою очередь, все три сайта, которые замыкают рейтинг используют Joomla, а лучший сайт под управлением CMS Joomla занимает в рейтинге только 12-ое место. Здесь налицо как попытка экономии на приобретении и поддержке качественной CMS, так и отсутствие необходимости в таковой вследствие слабого наполнения сайта и отсутствие необходимости (или финансовых возможностей) для содержания соответствующей профессиональной группы программистов.

3. Группа программного обеспечения «JS-фреймворк»

Данная группа самая многочисленная, которая встречается на сайтах. Причина такого положения дел достаточно очевидна: такое ПО сейчас очень востребовано, так как позволяет более привлекательно, с меньшими затратами представлять информацию на страницах сайта. Распределение ПО в этой группе представлено в табл. 4.

Таблица 4

Распределение ПО в группе «JS-фреймворк»

№ п/п	Наименование	Количество	% от числа сайтов
1	ExtJS	1	1,9
2	jQuery	49	90,7
3	jQuery UI	9	16,7
4	Lightbox	3	5,6
5	Modernizr	3	5,6
6	MooTools	15	27,8
7	Select2	1	1,9
8	Slimbox	3	5,6
9	spin.js	9	16,7
10	Twitter typeahead.js	1	1,9
ИТОГО		94	-

Как видно, JS-фреймворк jQuery (основной современный JS-инструмент, обеспечивающий доступ к DOM-объектам Веб-страницы для работы с панелями, выпадающими меню и т.п. анимационными эффектами, галереями изображений и пр.) стал стандартом де-факто для сайтов сельскохозяйственных ВУЗов – он применяется на 90,7% сайтов. С учётом того, что находящийся рядом в таблице jQuery UI является частью того же проекта и построен «поверх» главной библиотеки JQuery, мы можем смело добавить и этот показатель в число показателей использования JQuery. Более четверти сайтов (27,8%) используют JS-фреймворк MooTools (также достаточно популярный фрейморк с функциональностью, близкой к JQuery).

Набирает популярность JS-фреймворк spin.js, который, впрочем, имеет весьма ограниченную функциональность (работа с т.н. «спиннингами» – анимированными показателями деятельности на Веб-странице). Остальные JS-фреймворки используются на сайтах сельскохозяйственных ВУЗов эпизодически и в единичных случаях, общая их представленность на сайтах – от 1 до 3 сайтов.

4. Группа программного обеспечения «Аналитика»

Данная группа ПО представлена тремя продуктами (табл. 5)

Таблица 5

Распределение ПО в группе «Аналитика»

№ п/п	Наименование	Количество	% от общего числа сайтов
1	Google Analytics	12	22,2
2	Liveinternet	9	16,7
3	Yandex.Metrika	35	64,8
	ИТОГО	56	-

Как видно, безусловным лидером в данной группе ПО на сайтах является ПО Yandex.Metrika, далее следует Google Analytics, замыкает список LiveInternet. Хотя бы один вид аналитического ПО представлен на 44 сайтах из 54 (81,5% от общего количества сайтов), два вида ПО из группы «Аналитика» представлены на 12 сайтах из 54 (22,2% от общего количества сайтов), все три аналитических средства представлены на сайте лидера рейтинга – Кубанского ГАУ.

5. Заключение

На сайтах ведущих сельскохозяйственных ВУЗов де-факто утвердился стандарт CMS для управления сайтом – это 1C-Bitrix. Данная CMS интегрирована с рядом мощных СУБД. Однако, исследования показали, что ни один сельскохозяйственный ВУЗ не

использует СУБД при создании сайтов, что, наряду с отсутствием неких стандартов на ПО для разработки сайтов, большим разнообразием его, лишает возможности автоматически получать информацию с сайта для использования в других ИС, в том числе, в ИС Минобрнауки России и отдаляет перспективу создания единого информационного Интернет-пространства научно-образовательных ресурсов [3, 4].

Список литературы

1. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов : / В. И. Меденников [и др.]. – М. : Аналитик, 2017. – 250 с.

2. Эффективность использования информационных интернет-ресурсов научно-исследовательских учреждений аграрного направления: / В. И. Меденников [и др.]. – М.: Аналитик, 2017. – 235 с.

3. Меденников, В. И. Анализ влияния научно-образовательных ресурсов на социально-экономическое положение регионов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников, М. И. Горбачев // Информатизация образования и науки. – 2018. – № 1(37). – С. 154-171.

4. Меденников, В. И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В. И. Меденников, С. Г. Сальников // Информатика и образование. – 2017. – № 10. – С. 45-53.

Информационное обеспечение транспортно-экспедиционного сопровождения

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru,
Е. С. Белоконь, email:ms.belokon@inbox.ru,
О. Ю. Шепелёва, email: ShepelevaOY@gmail.com,

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *Разработана модель экспедиционного сопровождения потоков материальных ресурсов. Выполнена декомпозиция информационных ресурсов по фазам формирования логистичеких потоков.*

Ключевые слова: *Информационные ресурсы, модель, декомпозиция, управление, транспорт, экспедиционное сопровождение*

Введение

Сформировавший к настоящему времени тренд ускорения экономических процессов требует развития информационных систем и технологий организации и обеспечения потоков материальных, финансовых и человеческих ресурсов в силу высокой конкуренции на рынке логистических услуг [1].

Транспортно-экспедиционное сопровождение материальных потоков представляет собой комбинацию составляющих, обеспечивающих выполнение неоднородных функций, каждая из которых реализуется различными информационными, техническими и трудовыми ресурсами. Данное обстоятельство влияет на выбор методов и средств оптимизации и автоматизации транспортно-экспедиционного сопровождения [2].

Для автоматизации управления функциями транспортно-экспедиционного сопровождения недостаточно виртуализации одной или нескольких функций [3]. Требуется системный подход к инжинирингу процессов сопровождения потоков.

1. 1. Структуризация работ системы транспортно-экспедиционного сопровождения

Начальной ступенью при автоматизации должно быть создание единой информационной базы, содержащей информацию (матаданные) обо всех этапах, из которых состоит бизнес-процесс. Анализ системы

© Минаков В. Ф., Белоконь Е. С., Шепелёва О. Ю., 2019

транспортно-экспедиционного сопровождения выполним на основе декомпозиции компонентов, определяющих деятельность экспедиторских компаний - табл. 1.

Таблица 1

Компонентно-функциональная декомпозиция системы транспортно-экспедиционного сопровождения

Компоненты транспортно-экспедиционного сопровождения	Функции, выполняемые экспедиторской организацией в процессе сопровождения груза	Описание функции
Транспортное сопровождение	Транспортная функция	Перевозка материального ресурса на транспортном средстве от точки А до точки Б
	Погрузо-разгрузочная функция	Погрузка груза и его снятие с транспортного средства
Экспедиционное сопровождение	Подготовительная функция	Планирование требуемых операций, связанных с грузом для приведения его в транспортабельное состояние, а также подготовка необходимых для перевозки документов
	Организационная функция	Выбор перевозчика и маршрута перевозки, исходя из характеристик груза и требований заказчика
	Контролирующая функция	Контроль процесса перевозки и состояния груза, начиная с момента погрузки груза, заканчивая его разгрузкой

Окончание таблицы 1

Дополнительное сопровождение	Информационная функция	Обеспечение заказчика всей необходимой информацией, связанной с перемещением груза
	Складская функция	Обеспечение промежуточного хранения груза на складе
	Посредническая функция	Выполнение посреднических операций между субъектами прямо или косвенно относящимися к процессу перемещения груза

2. 2. Модель бизнес-процессов

На основе выполненной декомпозиции построена модель основных этапов бизнес-процесса сопровождения потоков материальных ресурсов, представленная на рисунке.

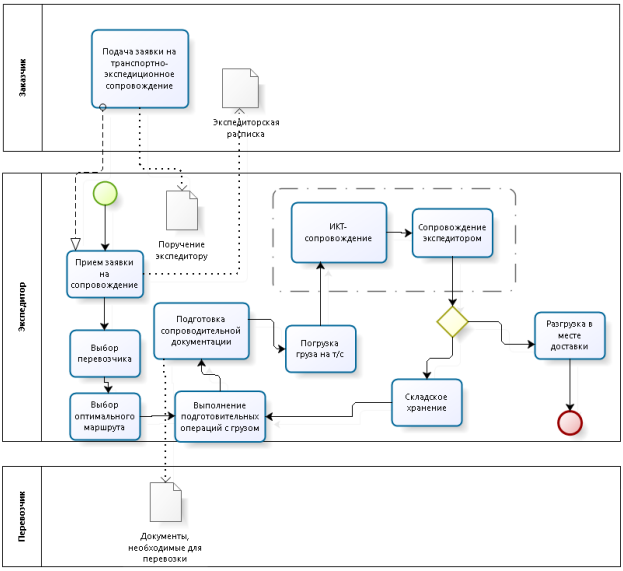


Рисунок. Модель бизнес-процесса сопровождения потоков материальных ресурсов

Создание единой информационной базы позволяет оптимизировать работу департаментов транспортно-экспедиционных организаций и далее позволяет автоматизировать ряд однотипных операций путем задания атрибутов и ключевых характеристик. В настоящее время разработчиками предлагается различное программное обеспечение, позволяющее частично автоматизировать работу экспедиторов и создать такую систему поддержки принятия решений, при которой переходы от одного этапа перевозки к другому могут происходить автоматически. Однако, основным проблемным моментом является последующее интегрирование составляющих.

В таблице 2 укажем основные технические и прикладные решения, применяемые при реализации функций транспортно-экспедиционного сопровождения.

Таблица 2

Информационные ресурсы системы сопровождения грузов

Функции, экспедиторской организации	IT-средства, применяемые при реализации функций
Транспортная функция	Интернет-биржи, где осуществляется поиск заказчика и перевозчика (биржа АТИ)
Погрузо-разгрузочная функция	WEB-ресурсы продавцов данных услуг (WEB ресурсы терминалов)
Подготовительная функция	Собственные или готовые представленные на рынке прикладные решения, используемые экспедитором (программа «Умная Логистика»)
Организационная функция	Собственные или готовые представленные на рынке прикладные решения, используемые экспедитором (программа «Умная Логистика»)
Контролирующая функция	Технические средства и приложения контроля состояния груза в процессе перевозки (GPS/ГЛОНАСС, датчики движения, датчики вскрытия и т.д.)
Информационная функция	электронная почта и другие средства коммуникации
Складская функция	WEB-ресурсы складов
Посредническая функция	WEB-ресурсы всех участников, прямо или косвенно относящимися к процессу перемещения груза

Решение вопроса интеграции IT-средств, используемых при реализации функций, в единое информационное пространство позволит автоматизировать систему транспортно-экспедиционного сопровождения. Для этого на конференциях и в научных трудах предложено ряд решений [1, 4].

Заключение

Разработана модель бизнес-процессов транспортно-экспедиционного сопровождения грузов в цепях поставок. Выполнена структуризация метаданных разработанного бизнес-процесса.

Предложена структура информационных ресурсов управления логистическими процессами транспортно-экспедиционного сопровождения материальных потоков.

Литература

1. Enikeeva, L. A. Customer involvement in emerging and developed markets as a marketing innovation / L. A. Enikeeva, T. A. Sorvina, E. K. Torosyan // International Business Management. – 2016. – Т. 10. № 18. – С. 4324-4331.

2. Enikeeva, L. A. Formulating strategies towards economic and technological retrofitting of macrosocial systems / L. A. Enikeeva, E. K. Torosyan // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – Т. 6. – № 4 S3. – С. 637-641

3. Enikeeva, L. A. Modeling of information protection system of business processes infrastructure on an industrial plant / L. A. Enikeeva, E. V. Stelmashonok, V. L. Stelmashonok // International Business Management. – 2016. – Т. 10. – № 3. – С. 315-319.

4. Щербаков, В.В. Конвергенция моделей корпоративного управления в условиях глобализации / В. В. Щербаков, Е. И. Коваленко // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-1 (80-1). – С. 815-818.

Вопросы построения информационно-моделирующей системы обеспечения проведения испытаний авиационной техники и подготовки личного состава

С. М. Молчанов, email: molsermih@mail.ru
М. В. Алфёров, email: alferov.maks2012@yandex.ru
М. В. Сосунов, email: sosunovmv@mail.ru
П.С. Лысункин, email: lysunkin@mail.ru

Войсковая часть 15650

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые аспекты создания информационно-моделирующей системы обеспечения проведения испытаний авиационной техники военного и специального назначения и подготовки личного состава войсковой части 15650 в соответствии с научной методологией.

Аннотация. Ключевые слова: *информационно-моделирующая система, система управления базой данных, технические средства обучения.*

В настоящее время автоматизированные системы принятия решений, информационное сопровождение выполнения различных задач прочно закрепились практически во всех областях деятельности Вооруженных сил Российской Федерации. Однако на определённых направлениях деятельности наблюдается ощутимое отставание по уровню применения информационных технологий. С подобной проблемой столкнулись и в ГЛИЦ МО РФ. Была предпринята попытка внедрения в свою деятельность информационно-моделирующего комплекса сопровождения лётных и наземных испытаний (ИМК СНЛИ) [1], однако проведённые работы не привели к ожидаемому результату.

Учитывая, что технические характеристики современных вычислительных средств с запасом покрывают потребные для решения планируемых задач, одной из возможных причин неудачи является недостаточно глубокая проработка соответствия архитектуры построения ИМК желаемому объёму выполняемых задач. Начальному этапу решения указанной проблемы с опорой в своем исследовании на основные методологические принципы поиска и посвящена данная статья. Необходимо отметить, что испытательная работа требует более высокого уровня профессионализма, чем эксплуатация авиационной техники в строевых частях. Поэтому не случайно, что процесс

© Молчанов С.М., Алфёров М. В., Сосунов М. В., Лысункин П. С., 2019

становления даже инженера-испытателя растягивается на длительный срок, не говоря уже о лётном составе.

В целях сокращения этих сроков, а также обеспечения высокого уровня подготовки личного состава, ранее были созданы и достаточно успешно применяются некоторые виды информационной поддержки обучения личного состава: учебные классы, тренажёры различного назначения и т.п. В основе своей они базируются на однотипных принципах работы авиационной техники и содержат необходимую информацию, что возможно использовать и при создании системы информационной поддержки испытаний. Использование данного задела представляется весьма целесообразным.

В качестве основного варианта авторами предлагается к рассмотрению информационно-моделирующая система (ИМС), структура которой представлена на рис. 1.

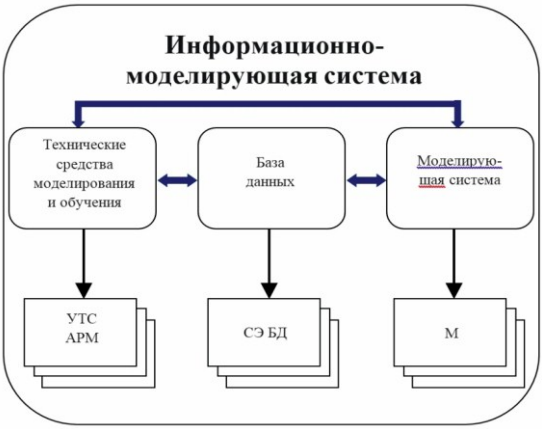


Рис. 1. Структурная схема ИМС

Цель создания – повышение эффективности обучения личного состава и проведения испытаний авиационной техники.

Задачи, решаемые ИМС:

– повышение уровня подготовки личного состава (лётного и инженерно-технического);

– повышение качества управления обучением;

– повышение качества планирования испытаний;

– повышение качества руководства испытаниями;

– повышение уровня безопасности боевой подготовки и проведения испытаний;

– сокращение затрат (финансовых, материальных, временных и др.) на проведение испытаний;

– повышение объективности контроля уровня подготовки личного состава, качества планирования, руководства и проведения испытаний.

Задачи по созданию ИМС:

– формирование единого информационного поля;

– распределение задач между составными частями ИМС и структурными подразделениями;

– определение топонимики технических средств составных частей ИМС и структурных подразделений;

– обеспечение согласованных протоколов обмена информацией между составными частями ИМС;

– определение характеристик технических средств, входящих в состав ИМС;

– определение принципов обеспечения информационной безопасности;

– уточнение нормативно-правовой базы деятельности.

– Принципы построения ИМС:

– децентрализация элементов ИМС (функциональная и территориальная);

– обеспечение распределённого моделирования;

– последовательное наращивание элементов ИМС (открытая модульность архитектуры ИМС).

Основной составной частью ИМС является база данных (БД). В настоящее время в Российской Федерации этот термин не стандартизован, поэтому в данной статье с учётом целевого предназначения и предлагаемой структуры ИМС под базой данных будет пониматься комплекс информационных ресурсов, адаптированных к автоматизированной или ручной обработке, поиску и использованию, размещенных на одном или нескольких технических устройствах.

Исходя из определения, следует, что в состав БД должны войти следующие элементы:

– технические средства БД;

– система управления БД (СУБД);

– информационные ресурсы.

К техническим средствам БД относятся, к примеру, устройства хранения информации, устройства коммутации и другое аппаратное оборудование, обеспечивающее весь объём работ пользователей и операторов с БД: хранение, пополнение, удаление информации и т.п.

СУБД – программа (или комплекс программ) для администрирования, обеспечения поиска и использования информации,

хранящейся в базе данных. Может быть построена по иерархическому или другому принципу, исходя из выбранного варианта размещения базы данных.

Информационные ресурсы:

– руководящие документы, составляющие нормативно-правовую базу подготовки личного состава, боевого применения и проведения испытаний;

– нормативно-технические документы, составляющие методическую базу подготовки личного состава, боевого применения и проведения испытаний (ГОСТ, ОСТ, Руководства по лётной и технической эксплуатации, боевой подготовки, программы и методики подготовки, планы занятий, программы и методики испытаний, методические указания, полётные задания, перечни измеряемых параметров и т.д. и т.п.);

– справочная информация различного назначения. К примеру, для обеспечения проведения испытаний этот раздел должен содержать характеристики летательных аппаратов, авиационного вооружения, средств наземного обслуживания, систем бортовых измерений, внешней среды, систем подыгрыша и т.п.

Моделирующая система – это набор натурных, полунатурных и математических моделей, используемых при обучении личного состава и проведении испытаний.

Технические средства моделирования и обучения – учебные классы, тренажёры (тренажёрные системы), автоматизированные рабочие места инженеров-испытателей.

Результаты анализа существующего в настоящее время информационного поля, номенклатуры и размещения средств вычислительной техники показывают, что работу по построению ИМС для полного и качественного решения возлагаемых на неё задач наиболее целесообразно разбить на несколько этапов:

– первоначальный этап – определение информационно-технического ядра и порядка развития его функциональных возможностей для решения задач ИМС в целом;

– этап развития – последовательное наращивание архитектуры ИМС, наполнение базы данных и моделирующей системы с возможной корректировкой распределения задач между техническими устройствами и структурными подразделениями;

– завершающий этап – уточнение нормативно-правовой базы применения ИМС, сертификация (при необходимости), ввод в эксплуатацию с изданием необходимых распорядительных и нормативно-технических документов.

Информационно-техническим ядром наиболее целесообразным видится существующий комплекс тренажёрных систем. Следует выполнить оценку возможностей его технических устройств для выполнения дополнительных задач и, при необходимости, дополнить требуемыми аппаратными средствами, как локально (по месту размещения основного оборудования), так и распределённо (с использованием информационно-технических ресурсов других структурных подразделений).

На первоначальном этапе особое внимание необходимо также уделить анализу, подбору и систематизации информационных ресурсов, предполагаемых к использованию в ИМС.

Этап развития является основным с точки зрения построения ИМС. Используя полученный на первоначальном этапе задел, проводится работа по определению конкретных частичных задач, готовых к дальнейшей реализации [2]:

– формируется перечень существующих математических моделей;

– оценивается необходимость дополнительных мероприятий по интеграции моделей в информационное поле ИМС;

– определяются номенклатура и характеристики технических средств для наращивания топонимики ИМС;

– определяется порядок подключения дополнительных технических устройств к ИМС;

– оценивается полнота выполнения мероприятий по обеспечению информационной безопасности;

– проверяется устойчивость функционирования и полнота решения данной конкретной частной задачи.

Работу на данном этапе для решения частных задач возможно организовать как последовательным, так и параллельным методом.

Заключение

Организованная таким образом работа по созданию ИМС позволит избежать ошибок, с которыми столкнулись при создании ИМК СНЛИ, и приведёт к так необходимому сейчас росту эффективности подготовки специалистов и проведению испытаний новых образцов авиационной техники.

Список литературы

1. Создание информационно-моделирующего комплекса сопровождения наземных и летных испытаний авиационных комплексов : техническое задание на составную часть опытно-конструкторской работы (шифр «Антигония») - ФГУП «ГосНИИАС», 2008 г. – 17 с.

2. Положение о порядке создания моделей образцов авиационной техники и вооружения для замена части испытаний полунатурным и математическим моделированием : положение - в/ч 15650, 2010 г. – 18 с.

О построении окрестности Махаланобиса на плоскости главных компонент в задачах анализа газовых смесей МОХ сенсорами

П. В. Москалев, e-mail: moskalefff@gmail.com
А. В. Шапошник, e-mail: a.v.shaposhnik.gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

Аннотация. *Рассматриваются методы статистического анализа многомерных данных единичного полупроводникового МОХ сенсора, используемого для идентификации примесей в газовой среде. Применение импульсной температурной модуляции обеспечивает существенное повышение селективности и чувствительности МОХ сенсора в широком диапазоне концентраций аналитов. В результате показано, что применение методов главных компонент и регрессионного анализа для классификации многомерных данных обеспечивает эффективное решение задачи качественного анализа газовой среды.*

Ключевые слова: *МОХ сенсор, температурная модуляция, анализ газовых смесей, метод главных компонент, окрестность Махаланобиса.*

Введение

Современные информационные технологии в таких областях, как мониторинг состояния окружающей среды, обеспечение безопасности в различных сферах жизнедеятельности человека, а также неинвазивные методы диагностики человеческого организма тесно связаны с разработкой новых и совершенствованием существующих методов для качественного и количественного анализа газовых сред. Наиболее перспективные методы такого анализа связаны с применением полупроводниковых металлоксидных (МОХ) сенсоров резистивного типа. Их действие основано на эффекте изменения сопротивления наноструктурированных полупроводниковых материалов при сорбции молекул различных веществ (аналитов) из газовой среды. Основным недостатком МОХ сенсоров считается их низкая селективность, так как сорбция молекул различных веществ может приводить к идентичным аналитическим сигналам [1]. Одним из путей для повышения селективности анализа состоит в объединении сигналов от множества малоселективных сенсоров с различным составом газочувствительного слоя в одном приборе. В этом случае анализируемая газовая среда будет

© Москалев П. В., Шапошник А. В., 2019

характеризоваться уже не скалярной, а векторной величиной, размерность которой будет определяться количеством используемых сенсоров. Однако, существенный прирост селективности такой мультисенсорной системы возможен лишь при существенном увеличении количества сенсоров, что приводит к увеличению сложности и снижению надёжности аппаратной части газоанализатора.

Альтернативным направлением повышения селективности МОХ сенсоров является периодическое изменение температуры их газочувствительного слоя [2, 3]. В этом случае размерность получаемого вектора будет зависеть от длительности периода и частоты дискретизации измерительного цикла, а изменение температуры газочувствительного слоя расширяет спектр физико-химических процессов, протекающих на его поверхности. Влияние этих процессов на электрическое сопротивление сенсора позволяет проводить как качественный, так и количественный анализ газовой смеси с применением единичных МОХ сенсоров.

1. Анализ размерности

При типичной длительности измерительного цикла порядка 15 с и частоте дискретизации 39 Гц размерность вектора для одного измерительного цикла составит 575 выборочных значений. Примеры циклов, возникающих при определении концентраций от 0 до 100 ppm водорода в воздухе с относительной влажностью 33%, показаны на рис. 1.

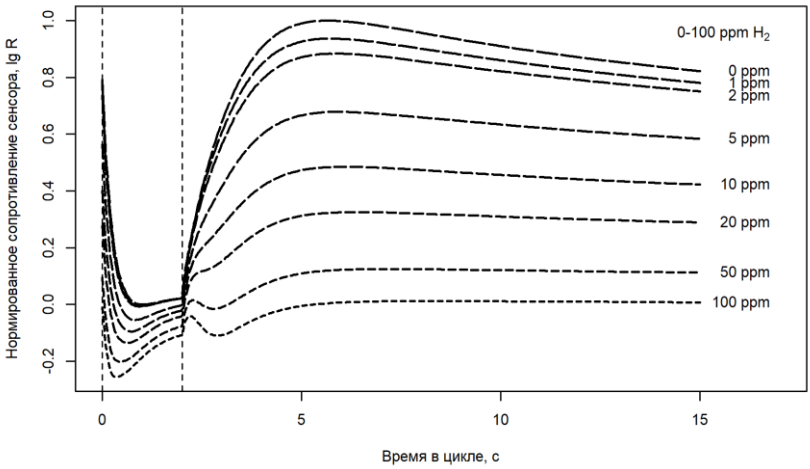


Рис. 1. Нормированная зависимость десятичного логарифма сопротивления сенсора от времени для различных концентраций водорода в воздухе

Сравнивая графики, показанные на рис. 1, нетрудно заметить, что по информационной значимости первые секунды цикла существенно превышают остальную его часть. Это связано с включением нагревателя на протяжении первых двух секунд измерительного цикла (вертикальные штриховые линии на рис. 1), что обеспечивает подъем температуры сенсора с 373 до 723 К. Это приводит к протеканию на поверхности газочувствительного слоя сенсора целого ряда физико-химических процессов, зависящих от состава окружающей сенсор газовой среды и приводящих к изменению его проводимости, хорошо заметного по форме кривых на рис. 1. Причём, в силу гладкости аппроксимирующих выборочные значения кривых, можно предположить, что для описания значимых различий измерительными циклами можно использовать векторы размерности k, существенно меньшей, чем текущая $k \ll 575$.

2. Классификация данных

Вышеуказанное предположение эквивалентно предположению о существовании малого числа непосредственно ненаблюдаемых скрытых (латентных) параметров. Если дополнительно допустить, что данные параметры могут быть адекватно описаны в виде линейных комбинаций наблюдаемых выборочных значений электрического сопротивления газочувствительного слоя сенсора, то одним из эффективных методов редукции размерности в поставленной задаче должен быть метод главных компонент (PCA).

Метод главных компонент основан на проецировании выборочных данных $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ в упорядоченное по информационной значимости пространство их линейных комбинаций $Z = (z_1, z_2, \ldots, z_n)$, где $D(z_1) \geq D(z_2) \geq \ldots \geq D(z_n)$. Такая упорядоченность даёт возможность для эффективной редукции их размерности, за счёт отбрасывания статистически незначимых компонент. В качестве примера на рис. 2 показана проекция данных обучающих выборок для ряда концентраций от 0 до 100 ppm водорода (H_2) и угарного газа (CO) на плоскость первой пары главных компонент. Хорошо заметно, что не отображаемые этой проекцией компоненты содержат не более 0,2% всей выборочной дисперсии.

Выборочные данные располагаются вдоль двух достаточно гладких линий, соответствующих различным концентрациям каждого из аналитов в воздухе. Все линии начинаются в ограниченной области, соответствующей чистому воздуху, и концентрации аналитов монотонно возрастают по мере удаления от этой области. Подобная структура позволяет использовать модели полиномиальной регрессии для получения уравнений линий, аппроксимирующих данные обучающих выборок (штриховые линии на рис. 2).

Для адекватного отражения вариативности и взаимной корреляции выборочных данных для каждого из аналитов вдоль каждой из этих кривых нами были построены предельные окрестности (эллипсы серого цвета на рис. 2), основанные на масштабно-инвариантном расстоянии Махаланобиса [4]:

$$d(z_a, z_b) = ((z_a - z_b)^{\mathrm{T}} S^{-1} (z_a - z_b))^{-1/2} \le \rho,$$

где z_a, z_b – точка плоскости главных компонент и ближайшая к ней точка, лежащая на линии регрессии; S^{-1} – обратная матрица выборочной ковариации для точек z_a, z_b; $\rho = 6\sigma_{\max}$ – отображаемый на рис. 2 радиус предельной окрестности Махаланобиса. С учётом построенной окрестности разделение примесей водорода (H_2) и угарного газа (CO) в воздухе возможно для концентраций аналитов, превышающих 2 ppm.

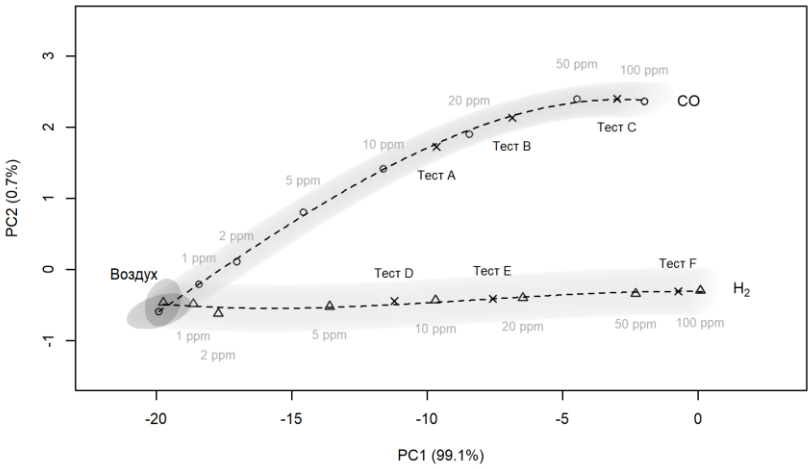


Рис. 2. Проекции выборочных данных и предельные окрестности Махаланобиса на плоскости главных компонент для концентраций 0–100 ppm водорода (H_2) и угарного газа (CO)

Символами "×" на рис. 2 показаны точки, соответствующие проекциям на плоскость главных компонент тестовых данных, не входящих в обучающую выборку. Точки A, B, C соответствуют наличию в воздухе примесей угарного газа (CO), а точки D, E, F – примесей водорода (H_2) в монотонно возрастающих концентрациях. Нетрудно заметить, что отклонения тестовых точек не превышают отклонений точек обучающей выборки.

Заключение

Предложенная методика обеспечивает эффективную классификацию многомерных выборочных данных, полученных с помощью полупроводникового МОХ сенсора в режиме импульсной температурной модуляции. С практической точки зрения это соответствует решению задачи качественного анализа газовой смеси, а монотонное возрастание концентраций при удалении тестовых точек от области чистого воздуха говорит о возможности применения данной методики для решения задачи количественного анализа газовой смеси.

Литература

1. Yamazoe, N. Oxide semiconductor gas sensors / N. Yamazoe, G. Sakai, K. Shimanoe. // Catalysis Surveys from Asia. – 2003. – Vol. 7 – No. 1. – P. 63-75.

2. Шапошник, А. В. Определение угарного газа металлоксидным сенсором / К. Л. Черегева, А. В. Шапошник, П. В. Москалев, А. А. Звягин // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17 – № 5. – С. 792-796.

3. Шапошник, А. В. Селективное определение водорода металлоксидным сенсором / А. В. Шапошник, П. В. Москалев, К. Л. Чегерева, А. А. Звягин, Е. А. Сизаск // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2018. – Т. 18 – № 5. – С. 751-756.

4. De Maesschalck, R. The Mahalanobis distance / R. De Maesschalck, D. Jouan-Rimbaud, D. L. Massart // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. – 2000. – Vol. 50. – P. 1-18.

Данная работа профинансирована РФФИ в соответствии с исследовательским проектом № 18-29-24128 (http://www.rfbr.ru/rffi/ru/contest/n_812/o_2074332).

Анализ методов машинного обучения для построения имитационных моделей систем

Р. П. Никитин[1]
Е. А. Кискин[1]
М. Ю. Кротов[1]
С. О. Цветков[1]
В. В. Алексеев, email: vvalex1961@mail.ru [2]

[1]Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
[2]Тамбовский государственный технический университет

Аннотация. *Проведен анализ особенностей методов машинного обучения применительно к процессу построения имитационной модели системы.*

Ключевые слова: *Машинное обучение, искусственный интеллект, модели, алгоритмы.*

Введение

Машинное обучение считается ветвью искусственного интеллекта, основная идея которого заключается в том, чтобы компьютер не просто использовал заранее написанный алгоритм, а сам обучился решению поставленной задачи.

Любую работающую технологию машинного обучения можно условно отнести к одному из трёх уровней доступности. Первый уровень – это когда она доступна только различным технологическим гигантам уровня Google или IBM. Второй уровень – это когда ей может воспользоваться любой студент с некоторым багажом знаний. Третий уровень – это когда любой пользователь способен с ней совладать.

Машинное обучение находится сейчас на стыке второго и третьего уровней, за счёт чего скорость изменения мира с помощью данной технологии растет с каждым днем. Рекомендательные сервисы, основанные на машинном обучении, подсказывают, какие фильмы или телевизионные шоу могут понравиться пользователю в зависимости от его предпочтений [1].

1. Классификация задач машинного обучения

Задачи машинного обучения делятся на несколько видов:

– *Задача регрессии*: на основании различных признаков предсказать вещественный ответ.

© Никитин Р. П., Кискин Е. А, Кротов М. Ю., Цветков С. О., Алексеев В. В., 2019

– *Задача классификации*: на основании различных признаков предсказать категориальный ответ. Ответов в такой задаче конечное количество, как в случае с определением наличия у пациента рака или определения того, является ли письмо спамом.

– *Задача кластеризации*: разбиение данных на похожие категории.

– *Задача уменьшения размерности*: научиться описывать наши данные не N признаками, а меньшим числом (как правило, 2-3 для последующей визуализации). В качестве примера помимо необходимости для визуализации можно привести сжатие данных.

– *Задача выявления аномалий*: на основании признаков научиться различать отличать аномалии от «не-аномалий». Кажется, что от задачи классификации эта задача ничем не отличается. Но особенность выявления аномалий состоит в том, что примеров аномалий для тренировки модели либо очень мало, либо нет совсем, поэтому нельзя решать такую задачу как задачу классификации.

В машинном обучении задачи обычно подразделяются на широкие категории. Эти категории основаны на том, как проходит обучение или как разработанная система получает обратную связь.

Два наиболее широко используемых метода машинного обучения:

1. обучение с учителем, где задействованы алгоритмы, основанные на примерах входных и выходных данных, которые маркированы людьми;

2. обучение без учителя, где используются алгоритмы без маркированных данных, что позволяет машинам самостоятельно находить структуру внутри своих входных данных.

Как правило, машинное обучение с учителем используется для прогнозирования статистически вероятных будущих событий на основе исторических данных.

Цель обучения без учителя – обнаружение в наборе данных явных и скрытых шаблонов и черт, что позволяет вычислительной машине автоматически обнаруживать схожесть, необходимую для классификации необработанных данных [2].

Обучение без учителя обычно используется для транзакционных данных. К примеру, у вас может быть большой набор данных о клиентах и их покупках, но как человек вы, вероятно, не сможете обнаружить схожие атрибуты в профилях клиентов и их типах покупок. Алгоритм, который не знает «правильных» ответов, может анализировать и организовывать более широкие и несвязанные наборы данных. Обучение без учителя часто используется для обнаружения аномалий и создания систем рекомендаций.

Машинное обучение тесно связано с вычислительной статистикой, поэтому наличие базовых знаний в статистике полезно для понимания и использования алгоритмов машинного обучения.

Для исследования взаимосвязи между количественными переменными обычно используются понятия корреляции и регрессии. Регрессионная статистика позволяет прогнозировать зависимую переменную, если известна независимая переменная, а потому регрессия позволяет использовать возможности прогнозирования.

2. Актуальные методы машинного обучения

Подходы к компьютерному обучению постоянно развиваются. Рассмотрим несколько популярных методов, которые используются в машинном обучении на сегодняшний день.

Метод k-ближайшего соседа

Метод k-ближайшего соседа (сокращенно k-N) – это модель распознавания шаблонов, которая может использоваться как для классификации, так и для регрессии. Здесь k является положительным целым числом (обычно небольшим). В любой классификации или регрессии вход будет состоять из k-ближайших примеров обучения в пространстве[2].

Сосредоточимся на методах для классификации объектов в k-NN. Вывод этого метода относит объект к одному из доступных классов. Это присвоит новый объект классу, наиболее часто используемому среди его ближайших соседей. Если k = 1, объект присваивается классу ближайшего соседа.

Для примера представьте, что у нас есть два класса объектов: красные ромбы и синие треугольники. Если в пространстве появляется новый объект – к примеру, зеленый круг, – алгоритм должен отнести его к определенному классу. При k = 3 алгоритм находит трех ближайших соседей зеленого круга и классифицирует их. Предположим, тремя ближайшими соседями круга оказались один ромб и два треугольника. В таком случае круг будет отнесен к классу треугольников.

Среди наиболее простых алгоритмов машинного обучения метод k-ближайшего соседа считается «ленивым обучением», поскольку обобщение за пределами данных обучения не происходит до тех пор, пока в системе не появится запрос.

Деревья принятия решений

Обычно деревья решений используются для визуального представления процесса принятия решений. При работе с машинным обучением и добыче данных деревья решений используются как предсказательная модель. Эти модели сопоставляют сведения о данных с выводами о целевом значении данных.

Цель дерева решений – создать модель, которая будет прогнозировать целевое значение на основе входных переменных.

В предсказательной модели атрибуты данных, которые определяются посредством наблюдения, представлены ветвями, а выводы о целевом значении данных представлены в виде листьев [2].

При работе с деревьями принятия решений необходимо определить отдельные аспекты: какие функции выбирать, какие условия использовать для разделения и как понять, когда дерево принятия решений достигло целевого значения.

Глубокое обучение

Глубокое обучение (или глубинное обучение) пытается подражать тому, как человеческий мозг может обрабатывать световые и звуковые стимулы в зрение и слух. Архитектура глубокого обучения вдохновлена биологическими нейронными сетями и состоит из нескольких слоев в искусственной нейронной сети, которая включает в себя ряд аппаратных средств и графических процессоров.

Глубокое обучение использует каскад нелинейных модулей обработки, чтобы извлекать или преобразовывать функции (или представления) данных. Выход одного слоя служит входом следующего слоя. При глубоком обучении с учителем алгоритмы могут служить для классификации данных, а без учителя – для анализа шаблонов.

Заключение

Среди алгоритмов машинного обучения, которые используются и разрабатываются в настоящее время, глубокое обучение поглощает больше всего данных и может превзойти человека в решении некоторых когнитивных задач. Потому глубокое обучение используется в области искусственного интеллекта.

Подходы глубокого обучения оказали существенное влияние на развитие компьютерного зрения и распознавания речи. Хорошим примером системы, которая использует глубокое обучение, является IBM Watson.

Машинное обучение постоянно развивается, потому важно иметь в виду, что алгоритмы, методы и подходы будут изменяться со временем.

Список литературы

1. Алексеев, В.В. Анализ возможностей информационных технологий для построения средств освоения сложных интеллектуальных систем / В. В. Алексеев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2017. – 5 с.

2. Юрков, Н.К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы / Н. К. Юрков. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.

Соотношение понятий информационная безопасность и защита информации при построении имитационных моделей систем

Никитин Р.П.[1]
Кротов М.Ю.[1]
Алексеев В.В., email: vvalex1961@mail.ru[2]
Цветков С.О.[2]
Емельянов Е.В., email: evemelyanov@rosatom.ru [3]

[1]Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ;
[2]Тамбовский государственный технический университет;
[3]ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»

Аннотация. *Проведен анализ взаимосвязи понятий информационной безопасности и защиты информации применительно к процессу построения имитационной модели системы.*

Ключевые слова: *Информация, имитационная модель, защита, информационная безопасность, угроза.*

Введение

Определению информации как сведений разного рода, представленных в любой форме и являющихся объектами различных процессов, соответствует следующая трактовка понятия «защита информации» в законе «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».

Защита информации представляет собой принятие правовых, организационных и технических мер, направленных на:

1) обеспечение защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации;

2) соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа,

3) реализацию права на доступ к информации.

В соответствии с ГОСТ Р 50922-96 *защита информации* — деятельность по предотвращению утечки защищаемой информации, несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информации.

© Никитин Р. П., Кротов М. Ю., Алексеев В. В., Цветков С. О., Емельянов Е. В., 2019

Здесь отражено парирование двух видов угроз — несанкционированного получения (утечки) защищаемой информации и воздействия на защищаемую информацию.

1. Составляющие безопасности информации

Под защитой информации понимается совокупность мероприятий и действий, направленных на обеспечение ее безопасности в процессе сбора, передачи, обработки и хранения.

Целостность информации — это способность информации сохранять неизменным семантическое содержание (по отношению к исходным данным), т.е. ее устойчивость к случайному или преднамеренному искажению или разрушению.

Доступность информации — это способность информационной системы обеспечивать своевременный беспрепятственный доступ авторизованных субъектов к интересующей их информации или осуществлять своевременный информационный обмен между ними.

Субъект — это активный компонент системы, который может стать причиной образования потока информации от объекта к субъекту или изменения состояния системы.

Объект — пассивный компонент системы, обрабатывающий, хранящий, принимающий или передающий информацию. Доступ к объекту означает доступ к содержащейся в нем информации [1].

Доступ к информации — возможность получения и использования информации, т.е. возможность ее приема, ознакомления с информацией, обработки, в частности, копирования, модификации или уничтожения информации.

Различают санкционированный и несанкционированный доступ к информации.

Санкционированный доступ к информации — это доступ к информации, не нарушающий установленные правила разграничения доступа. Правила разграничения доступа служат для регламентации прав доступа субъектов доступа к объектам доступа.

Несанкционированный доступ к информации характеризуется нарушением установленных правил разграничения доступа.

К основным задачам обеспечения информационной безопасности организации, корпорации, предприятия относятся:

– выявление наиболее важных, а также слабых и уязвимых в информационном отношении объектов;

– оценивание и прогнозирование источников угроз информационной безопасности и способов их реализации;

– разработка политики обеспечения информационной безопасности корпорации, комплекса мероприятий и механизмов ее реализации;

– разработка нормативной базы обеспечения информационной безопасности корпорации, координация деятельности органов управления по обеспечению информационной безопасности;

– разработка мероприятий по обеспечению информационной безопасности при угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций;

– развитие иерархической системы обеспечения информационной безопасности, совершенствование ее организации, форм, методов и средств предотвращения, парирования и нейтрализации угроз информационной безопасности;

– обеспечение безопасной интеграции корпоративной системы или сети в глобальные информационные сети и системы.

Широкое толкование понятия «защита информации» предусматривает совокупность мероприятий по обеспечению безопасности информации, представленной в любой материальной форме, безопасности функционирования информационных систем и телекоммуникационных сетей и использования информационных технологий. И в этом смысле оно совпадает с формирующимся представлением о понятии «обеспечение информационной безопасности» информационных или телекоммуникационных систем.

Объектами обеспечения информационной безопасности организаций, как правило, являются:

1) информация конфиденциального характера и открытая информация в части целостности и доступности (сведения об участниках организации, о состоянии рынка и ее активов; репутация организации и доброе имя участников организации, документы, закрепляющие права собственности организации на материальные и нематериальные активы; документация бухгалтерского учета, налоговые декларации, договоры на выполнение работ и оказание услуг; документация на выпускаемые изделия и т.п.);

2) информационная инфраструктура (автоматизированные системы обработки информации и управления; техническое обеспечение, аппаратные и программные средства информационных и коммуникационных систем и сетей связи, используемых в организации, и т.п.);

3) правовой статус организации как субъекта информационной сферы (права на объекты интеллектуальной собственности, на выполнение работ и оказание услуг, на доступ к открытой информации государственных органов, на коммерческую тайну и т.п., а также

обязанности по представлению в уполномоченные государственные органы сведений о результатах экономической деятельности, по соблюдению режима персональных данных, по представлению заинтересованным лицам документов в случае направления заявки на участие в конкурсах и аукционах и т.п.) [2].

2. Источники угроз информационной безопасности

Источниками угрозы могут быть преднамеренные злоумышленные действия отдельных лиц, в том числе легитимных пользователей, или их сообществ, случайные (ошибочные) действия обслуживающего персонала и пользователей, выход из строя и сбои оборудования, природные явления и стихийные бедствия.

Источники угроз информационной безопасности разделяются на *внешние* и *внутренние, случайные* и *преднамеренные.*

Внутренними источниками угроз являются:

– неправомерные действия государственных, политических и экономических структур, приводящие к нарушению законных прав граждан и организаций в информационной сфере;

– вынужденное (в силу объективного отставания отечественной промышленности) использование импортных аппаратно-программных средств в информационных и телекоммуникационных системах;

– нарушение установленного регламента сбора, обработки и передачи информации;

– преднамеренные действия и ошибки персонала информационных и телекоммуникационных систем;

– отказы технических средств и сбои программного обеспечения в информационных и телекоммуникационных системах;

– использование сертифицированных (в соответствии с требованиями безопасности) средств информатизации и связи, а также средств защиты информации и контроля их эффективности;

– привлечение к работам по созданию, развитию и защите информационных и телекоммуникационных систем организаций и фирм, не имеющих государственных лицензий на осуществление этих видов деятельности [3].

К внешним источникам относятся:

– недружественная политика и деятельность политических, экономических, информационных и других структур иностранных государств в области глобального информационного мониторинга, распространения информации и новых информационных технологий;

– преступные действия международных групп, формирований и отдельных лиц;

– катастрофы и стихийные бедствия.

3. Обеспечение информационной безопасности

Правовые меры и правовое обеспечение являются важнейшими для обеспечения информационной безопасности Российской Федерации. Они предусматривают разработку нормативных правовых актов, регламентирующих отношения в информационной сфере, и комплекса нормативных методических документов по вопросам обеспечения информационной безопасности, т.е. создание нормативного правового и методического обеспечения в области информационной безопасности.

Организационные меры и организационное обеспечение информационной безопасности играют особую роль и направлены прежде всего на создание и совершенствование организационной структуры системы обеспечения информационной безопасности того или иного объекта, особенно на создание и совершенствование системы обеспечения информационной безопасности Российской Федерации и организаций.

В зависимости от приложения деятельности в области защиты информации деятельность по обеспечению информационной безопасности организуется либо специальными государственными органами (подразделениями), либо службами (отделами) корпорации/ предприятия [4].

К общим организационным мерам, включающим и техническую составляющую, относятся:

– подтверждение соответствия и сертификация автоматизированных информационных систем и сетей и их компонентов, средств защиты информации, лицензирование деятельности в области защиты государственной тайны и конфиденциальной информации, стандартизация способов и средств защиты информации;

– категорирование информационных объектов по степени важности и конфиденциальности защищаемой информации;

– аттестация объектов по выполнению требований обеспечения безопасности информации при работе со сведениями, составляющими государственную тайну;

– организация научных исследований и подготовка кадров в области информационной безопасности и защиты информации.

Техническое обеспечение образуется совокупностью методов и средств (программно-аппаратных, технических, криптографических) защиты информации и обеспечения информационной безопасности.

Система обеспечения информационной безопасности организации включает правовое и нормативно-методическое обеспечение, организационное и техническое (технологическое) обеспечение.

Каждый вид обеспечения характеризуется тремя компонентами: деятельностью по подготовке и реализации мер, направленных на противодействие проявлению угроз информационной безопасности и минимизацию последствий этих проявлений; средствами; субъектами этой деятельности.

Заключение

Политика безопасности при построении имитационной модели системы строится на основе анализа рисков. Когда риски проанализированы, и стратегия защиты определена, составляется программа, реализация которой должна обеспечить информационную безопасность организации, ее корпоративной системы и сети.

Программно-технические (программно-аппаратные, технические, криптографические) методы и средства защиты информации и обеспечения информационной безопасности, в том числе информационных систем и сетей применяются в таких сервисах защиты, как:

– идентификация, аутентификация, разграничение доступа (авторизация) и управление доступом;
– криптографические сервисы;
– обеспечение целостности информации и информационных ресурсов;
– межсетевое экранирование;
– туннелирование как технология частных защищенных сетей;
– антивирусная защита;
– обнаружение вторжений (атак); анализ защищенности (поиск уязвимостей);
– аудит и протоколирование системных событий и инцидентов информационной безопасности;
– управление информационной безопасностью [5].

Список литературы

1. Громов, Ю.Ю. Информационная безопасность и защита информации: Учебное пособие / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, О.Г. Иванова. – Ст. Оскол: ТНТ, 2010. – 384 с.
2. Ярочкин, В.И. Информационная безопасность: Учебник для вузов / В.И. Ярочкин. – М.: Акад. Проект, 2008. – 544 с.
3. Малюк, А.А. Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации / А.А. Малюк. – М.: ГЛТ, 2004. – 280 с.
4. Семененко, В.А. Информационная безопасность: Учебное пособие / В.А. Семененко. – М.: МГИУ, 2010. – 277 с.
5. Петров, С.В. Информационная безопасность: Учебное пособие / С.В. Петров, И.П. Слинькова, В.В. Гафнер. – М.: АРТА, 2012. – 296 с.

Моделирование поведения пользователей системы мониторинга и поддержки людей, нуждающихся в медицинском контроле

С. Л. Сапегина e-mail: vesvet@yandex.ru

Воронежский Государственный университет

Аннотация. *В рамках проекта разработки информационной системы мониторинга и поддержки одиноко проживающих людей, нуждающихся в медицинском контроле, необходимо провести моделирование поведения целевой аудитории. На основе полученных паттернов поведения строится эскиз аппаратного решения и разрабатывается программное обеспечение.*

Ключевые слова: *паттерны поведения, моделирование поведения, одиноко проживающие, дистанционный медицинский контроль, системы активного наблюдения*

Введение

В разработке компьютеризированных систем происходит все большая ориентация на личность пользователя. Понимание его предпочтений и действий, которые он совершает ежедневно, используя доступные ему сервисы, становится основой при проектировании и разработке различных сервисных систем. Особенно это важно для достижения эффективности так называемого персонализированного окружения, ориентированного на конкретный профиль пользователя.

Вовлечение пользователя во взаимодействие с персонализированной системой позволяет мотивировать людей к заданным действиям. Вовлечение использует механизмы мотивации, которые в свою очередь можно раскрыть исходя из моделей поведения людей.

Устойчивое контекстуальное повторение человеком собственного поведения для достижения определенных результатов принято называть паттерном. В психологии паттерн является единицей классификации, которая используется для прогнозирования действий и выбора человека.

Таким образом, изучив паттерн поведения можно заложить в компьютеризированную систему функции, побуждающие пользователя к выбору определенного решения или совершению набора действий. Это может быть необходимо в системах безопасности и

© Сапегина С. Л., 2019

персонализированных сервисных системах, обеспечивающих поддержку заданных параметров окружающей среды для пользователя.

В частности к подобным комплексам можно отнести системы активного наблюдения и дистанционного медицинского контроля. Они настраиваются на профиль пользователя и должны четко учитывать характеристики его поведения.

В настоящее время на базе бизнес-инкубатора «Технологии реабилитационной индустрии» Сколково разрабатывается система активного наблюдения, направленная на поддержку одиноко проживающих пожилых людей и людей, нуждающихся во врачебном контроле. В рамках этого проекта фокусировка процесса проектирования на поведение пользователя приобретает особое значение, поскольку алгоритмы поведения закладываются в личные профили для повышения эффективности реагирования системы на критические ситуации и прогнозирования их возникновения.

1. Моделирование поведения пользователей

Идея разработки состоит в создании мониторинговой системы, которая могла бы оказать помощь одиноко проживающим людям в ситуациях, когда никого не оказалось поблизости в критический момент. В такие моменты очень часто положительный исход зависит от того, насколько быстро произошло реагирование. Комьюнити волонтеров готово оказывать помощь одиноко проживающим людям, однако узким местом является получение информации в максимально ненавязчивой форме.

Кроме того необходимо учитывать, что люди не любят ощущения наблюдения за собой. В частности, применяемые сейчас личные браслеты, регистрирующие из состояние, вызывают такое ощущение. Не говоря уже о том, что такой браслет пожилой человек часто забывает носить. Еще одним вариантом социального взаимодействия является внимание со сторон комьюнити волонтеров, желающих убедиться в том, что у них все в порядке, которое может быть воспринято пожилыми людьми как навязчивое.

Поэтому возникает актуальная задача разработки системы, которая не будет создавать иллюзию слежки и будет функционировать с минимальным участием пользователя.

В процессе разработке системы поддержки одиноко проживающих людей задействована концепция целеориентрированного проектирования. Изначально этот подход ориентирован на проектирование пользовательского интерфейса. Однако он хорошо подходят к целям проектирования разрабатываемой системы, поскольку основан на понимании того, как пользователи системы ведут себя,

почему они так делают, и какая информация им нужна, в противовес обычно используемых статистических данных о демографических показателях целевой аудитории [1]

Кроме того, в данном случае изучение непосредственно требований конечного потребителя к системе затруднено. Одиноко проживающие люди, не склонны к общению и ревностно охраняют свое личное пространство. Поэтому обычно считающееся недостатком дистанцирование команды разработчиков от реального пользователя, характерное для целеориентированног проектирования, в данном случае позволяет достичь необходимых результатов. Эта практика сосредоточена на удовлетворении нужд (needs) и желаний (desires) множества людей, которые будут использовать продукт, в отличии от других практик, ориентированных на технического заказчика проекта.

Образ множества людей собирается в архитипического персонажа (Personas). Основанием для этого могут служить профилирование конечных пользователей. Это совокупность психологических методов и методик оценки и прогнозирования поведения человека на основе анализа наиболее информативных частных признаков, невербального и вербального поведения.

Рассмотрим особенности одиноко проживающих и нуждающихся в помощи людей с точки зрения социального взаимодействия. Поведенческие и личностные аспекты этих особенностей, как правило, направлены на минимизацию социального взаимодействия в силу характера и мотивации. При этом, уровень взаимодействия, необходимый для обеспечения контроля за этими людьми с целью медицинского наблюдения, как уже отмечалось выше, невозможно достигнуть путем социальных контактов. Таким образом, организация медицинского наблюдения невозможна путем использования социальных субъектов и требует введения в систему искусственного агента, обладающего собственным поведением и осуществляющего дополнительные функции медицинского контроля.

2. Проектирование функциональных требований

Мотивация побуждает человека к деятельности в контексте достижения определенных целей. Поведение при этом является внешней частью деятельности. Всякую деятельность можно представить в виде процесса реализации мотива, как совокупности действий, направленных на достижение цели, которые, в свою очередь, распадаются на отдельные операции.

Фиксация этих операций в рамках представления о персонажи дает алгоритм его действий, являющийся основой профиля поведения.

Ежедневно одиноко проживающие люди совершают ряд обязательных действий. Например, включают телевизор, пользуются электричеством, водой или канализацией. Установив систему контрольных датчиков, можно установить активность пользователя компьютеризированной системы и степень соответствия его поведения обычному состоянию.

Составив паттерн поведения потребителя можно получить требования к функциональным характеристикам системы, определяющие ее аппаратно-программную структуру. На рис. 1 представлена общая схема функционирования разрабатываемой системы активного наблюдения.

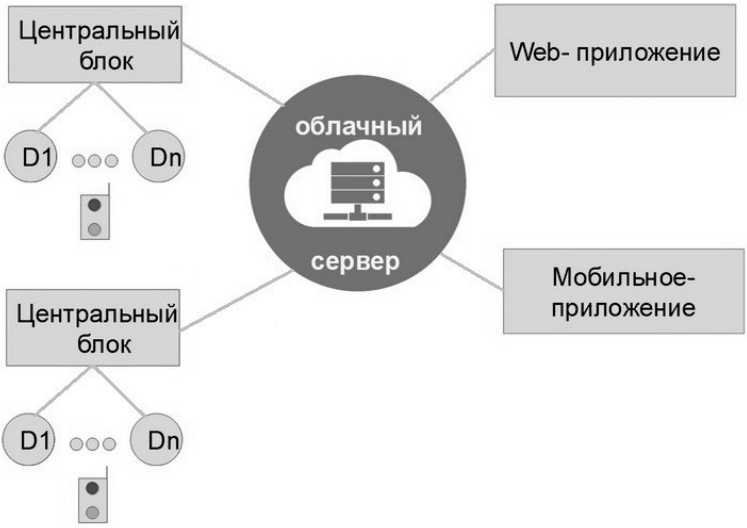


Рис. 1. Функциональна схема системы активного наблюдения

На базовом уровне система работает как тревожная кнопка. Т.е. позволяет подать сигнал в случае, если человек себя плохо почувствовал.

Этот сигнал получают дежурные волонтеры в виде телефонного звонка и текстового сообщения, с координатами человека, которому следует позвонить или посетить его.

Кроме этого через определенные интервалы времени, система мягко напоминает о себе речевым сигналом, формата «Оцените свое самочувствие по шкале от 1 до 5 баллов, нажмите кнопку

соответствующее количество раз». Это позволяет убедиться, что человек в состоянии адекватно реагировать.

Однако, зачастую возникают ситуации. Когда сам человек не может подать сигнал или отреагировать на запрос системы. Поэтому следующим шагом развития стало приведение системы к функционированию в автоматическом режиме.

На текущем этапе проекта разработан эскизный вариант программно-аппаратной составляющей, который включает в себя датчики, базовую станцию и организует обмен данными в распределенной системе. На рис. 2 представлена структура базовой станции, оперирующей обменом данными между датчиками и облачным сервером.

Рис. 2. Структурная схема системы управления полета ЛА

Количество датчиков, которые задействованы в системе масштабируем в соответсвии с паттерном поведения, привязанным к определенной группе пользователей. В базовой комплектации предусмотрены следующие датчики:

- температуры;
- освещенности;
- потребления электроэнергии;
- температуры канализационных труб;
- звука;
- движения;
- активности инфракрасного сигнала;
- удара пульта управления;
- часы реального времени.

В случае возникновения подозрений на критическую ситуацию, система подает сигнал в мягкой форме, привлекая к себе внимание пользователя. Если реакция отсутствует, сигнал поступает на мобильные устройства дежурных волонтеров вместе с данными (номером телефона, адресом) пользователя, нуждающегося в проверке. Волонтер может созвониться с одиноко проживающем человеком и убедиться в его состоянии в оперативные сроки.

Заключение

В ситуации, когда функционирование компьютеризированной системы плотно вторгается в личностное пространство пользователя, ее ориентация на потребителя должна быть особенно качественно проработана.

Так же следует отметить, что мониторинговые системы и системы активного наблюдения должны не только осуществлять обмен данными, но и служить для сбора аналитической информации. Проект разработки системы поддержки одиноко проживающих людей, нуждающихся в медицинском контроле, предполагает развитие в сторону прогнозирования и предотвращения потенциально опасных для здоровья ситуаций.

В этом случае профилирование активности пользователя и создание паттернов поведения является важным аспектом, обеспечивающим эффективность функционирования системы.

Литература

1. Купер, А. Психбольница в руках пациентов / А. Купер; пер. с англ. – СПб. : Питер, 2018. – 384 с.

Подходы к описанию динамики компьютерных преступлений

Н. Е. Спиридонова, email: spiridonova_n@icloud.com
В. В. Меньших, email: menshikh@list.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *В данной работе проводится анализ статистических данных по основным видам преступлений, совершенных с использованием компьютерных и телекоммуникационных технологий.*

Ключевые слова: *информационная безопасность, аналитика, преступления в сфере высоких технологий, киберпреступность.*

Введение

Тенденции развития современного общества неразрывно связаны с процессами информатизации всех сфер человеческой деятельности. Быстрый темп роста научных достижений в области информационных технологий оказывает существенное влияние на повышение качества жизни людей. Однако благодаря всеобщей дигитализации в современном мире возникло и продолжает стремительно развиваться новое социально-опасного явление – киберпреступность. Борьба с киберпреступностью на сегодняшний день является одной из приоритетных задач правоохранительных органов любого государства.

1. Виды компьютерных преступлений

В соответствии с действующим уголовным законодательством Российской Федерации под преступлениями в сфере компьютерной информации понимаются совершаемые в сфере информационных процессов и посягающие на информационную безопасность деяния, предметом которых являются информация и компьютерные средства [1].

Конвенцией Совета Европы виды киберпреступлений объединены в пять групп:

1. компьютерные преступления, направленные против компьютерных данных и систем (например, незаконный доступ, вмешательство в данные или системы в целом);

2. противоправные деяния, связанные с использованием технологий (подлог, извлечение, блокировка или изменение данных, получение экономической выгоды иными способами);

© Спиридонова Н. Е., Меньших В. В., 2019

3. с содержанием данных или контентом;
4. нарушение авторских и смежных прав;
5. кибертерроризм и использование виртуального пространства для совершения актов насилия, а также другие деяния, посягающие на общественную безопасность, включаются в пятую группу киберпреступлений [2].

Практика борьбы с компьютерными преступлениями показывает необходимость прогнозирования социально-экономических и криминологических условий, влияющих на состояние, уровень, структуру и динамику киберпреступности. В Российской Федерации ведется ежемесячный учет статистики преступлений в области компьютерных и телекоммуникационных технологий [3] Уголовным законодательством РФ определены следующие виды преступлений в данной сфере:

– неправомерный доступ к компьютерной информации (ст. 272 УК РФ);
– создание, использование и распространение вредоносных компьютерных программ (ст. 273 УК РФ);
– нарушение правил эксплуатации средств хранения, обработки или передачи компьютерной информации и информационно-телекоммуникационных сетей (ст. 274 УК РФ);
– мошенничество в сфере компьютерной информации (ст. 159 УК РФ);
– нарушение авторских и смежных прав (ст. 146 УК РФ, ст. 7.12 КоАП РФ);
– незаконный оборот радиоэлектронных (РЭС) и специальных технических средств (СТС) (ст. 138 УК РФ, ст. 171 УК РФ, ст. 14.1, 14.2 КоАП РФ).

2. Статистические данные о киберпреступности

Разработку модели динамики киберпреступности осуществим на основе имеющихся статистических данных по Российской Федерации в период с 2017 по 2018 год (табл. 1, рисунок) [3].

Таблица 1

Состояние киберпреступности

	2017	2018
январь	5 121	11 338
февраль	5 965	12 015
март	7 827	13 108
апрель	6 860	13 224

Окончание табл. 1

май	7 206	14 252
	2017	2018
июнь	7 014	16 190
июль	6 476	13 948
август	9 085	13 905
сентябрь	6 942	13 267
октябрь	11 141	20 305
ноябрь	8 803	14755
декабрь	8 147	

Рисунок. Динамика компьютерных преступлений

3. Виды моделей динамических рядов

На динамику компьютерных преступлений воздействует ряд факторов, которые могут быть представлены в виде следующих групп [4]:

1нециклические факторы, оказывающие влияние на появление общей тенденции изменения показателя;

2циклические факторы, характеризуемые сезонностью колебаний показателя;

3случайные факторы.

Таким образом, модель временного ряда имеет вид:

$$Y(t) = F(T(t), \mathrm{S(t)}, \mathrm{E(t)})$$

где $T(t)$, $S(t)$, $E(t)$ – трендовая, циклическая и случайная компоненты соответственно, которые для каждого фиксированного момента или интервала времени t совпадают со значениями ряда.

Для определения явного вида модели динамики киберпреступности необходимо данный временной ряд исследовать на цикличность.

Визуальное наблюдение рис.1 позволяет предположить отсутствие циклической компоненты, что может быть строго доказано с использованием коэффициента корреляции.

С этой целью рассчитаем коэффициенты корреляции r_t исходного ряда Y с рядом, сдвинутым на t уровней ряда. Тогда значение $t^* = Arg \max r_t$ является периодом циклического изменения временного ряда компьютерных преступлений.

В ходе вычислений получено значение $t^* = 1$, что подтверждает отсутствие циклической компоненты.

Следовательно, модель динамики киберпреступлений будет иметь вид:

$$Y = T + E .$$

4. Выявление явного вида модели тренда

Явный вид модели тренда может быть найден с помощью построения уравнения регрессии для числа компьютерных преступлений от номеров уровней ряда. Для выявления уравнения, наилучшим образом объясняющего отклонение от линии тренда, были рассмотрены различные модели тренда и сравнены по значению индекса детерминации R^2 (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение индекса детерминации

вид модели тренда	R^2
линейный	0,8365
экспоненциальный	0,8125
логарифмический	0,6682
полиноминальный	0,8315
степенной	0,7658

Согласно полученным значениям индекса детерминации R^2, наилучшим образом отклонение от линии тренда объясняет линейная модель вида:

$$Y = 528,82t + 4388,7$$

Заключение

Таким образом, на основании проведенного анализа статистических данных можно сделать вывод об имеющейся тенденции роста количества компьютерных преступлений. Полученная формула может быть использована для прогноза числа компьютерных преступлений.

В дальнейшем требуется изучение статистики отдельных видов киберпреступлений, а также факторов, влияющих на увеличение их числа. Это в свою очередь позволит выработать определенные управленческие решения, необходимые для эффективной борьбы с преступлениями в данной области.

Список литературы

1. Конвенция Совета Европы о компьютерной преступности от 23.11.2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list//conventions/treaty/185

2. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 г. № 63-ФЗ (ред. от 28.04.2018 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699

3. Состояние преступности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://мвд.рф/Deljatelnost/statistics

4. Данилова, О. Ю. Правовая статистика: методы и модели : учебное пособие / О. Ю. Данилова, В. В. Меньших, С. В. Синегубов. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2018. — 302 с.

Математическое моделирование регуляторных механизмов гепатоцита при квазистационарном функционировании генетических систем вирусов гепатита В

М. Сайдалиева, e-mail: regulatorika@yahoo.com[1]
А. М. Тургунов, e-mail: abrorjon26@mail.ru[1]

[1]Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезмий

Аннотация. *На основе методологии математического моделирования регуляторики биосистем разработана математическая модель для исследования функционирования регуляторных механизмов гепатоцита при квазистационарном состоянии вирусов гепатита В.*

Ключевые слова: *регуляторика, математическая модель, функционально-дифференциальные уравнения, динамический хаос, чёрная дыра.*

Введение

Среди всех заболеваний, которым подвержена печень человека, одним из самых распространенных и опасных является гепатит В. По оценкам ВОЗ, 2 млрд. человек были инфицированы, и более 300-400 млн. человек являются хроническими носителями вируса. Заражение вирусом гепатита В может привести к острым, хроническим инфекциям и раку печени [1,2]. Данная работа посвящена исследованию характера режима функционирования регуляторных механизмов гепатоцита при квазистационарном состоянии молекулярно-генетических систем вирусов гепатита В.

1. Математическая модель

Предположим, что активность молекулярно-генетических механизмов вируса гепатита В квазистационарная, а уравнение математической модели регуляторики гепатоцита при квазистационарном функционировании молекулярно-генетической системы вирусов гепатита В имеет следующим вид [3,4]:

$$\varepsilon \frac{dX(t)}{dt} = \frac{aX^2(t-1)}{1-c+bcX(t-1)+(1-cd)X^2(t-1)} - X(t), \qquad (1)$$
$$X(t) = \varphi(t) \text{ при } t \in [0,1],$$

© Сайдалиева М., Тургунов А. М., 2019

где $X(t)$ – величина, характеризующая функционирование молекулярно-генетических систем гепатоцита при квазистационарном состоянии вирусов гепатита В; ε, a, b и c, d – параметры уравнения, все параметры положительны.

Результаты качественного и количественного анализа (1) показывают, что существуют следующие режимы рассматриваемого процесса (которые зависят от концентрации вируса гепатита В): очищение, симбиоз, регулярные и нерегулярные колебания, эффект “черная дыра” – резкие деструктивные изменения. Эффект “черная дыра” является важным и опасным поведением регуляторики гепатоцита, при этом функционирование генетических механизмов гепатоцита прекращается.

2. Эффект «чёрной дыры».

Мы можем исследовать условие перехода к эффекту «черной дыры», используя следующий график (Рис.1):

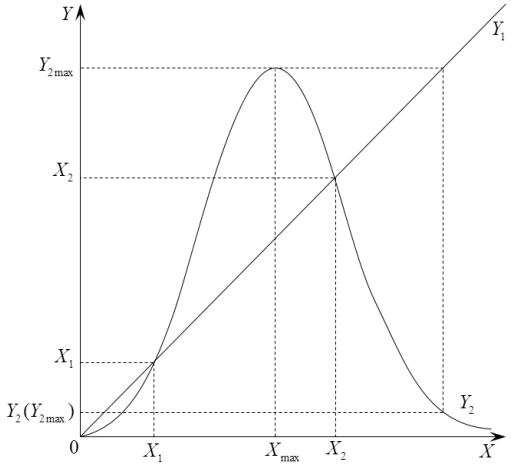


Рис. 1. Условие существования эффекта «чёрная дыра»

Рассмотрим квазистационарное состояние – положение равновесия (1)

$$X = \frac{aX^2}{1 - c + bcX + (1 - cd)X^2}. \qquad (2)$$

Введем обозначение

$$Y_1 = X,$$

$$Y_2 = \frac{aX^2}{1-c+bcX+(1-cd)X^2}.$$

Определим $X_{\max}$, имеем

$$Y_2' = \frac{2a(1-c)X+abcX^2}{(1-c+bcX+(1-cd)X^2)^2}.$$

Сравнивая $Y_2' = 0$, имеем

$$X_{\max} = \frac{2(c-1)}{bc}$$

Определим $Y_{2\max}$ и $Y_2(Y_{2\max})$ соответственно, имеем

$$Y_{2\max} = Y_2(X_{\max}) = \frac{4a(c-1)}{(bc)^2+4(1-cd)(c-1)}.$$

$$Y_2(Y_{2\max}) = \frac{a\left(\frac{4a(c-1)}{(bc)^2+4(1-cd)(c-1)}\right)^2}{1-c+bc\left(\frac{4a(c-1)}{(bc)^2+4(1-cd)(c-1)}\right)+(1-cd)\left(\frac{4a(c-1)}{(bc)^2+4(1-cd)(c-1)}\right)^2}.$$

Введем обозначение

$$\eta = bc;\ \mu = 1-cd;\ \delta = c-1$$

$$Y_2(Y_{2\max}) == \frac{a(4a\delta)^2}{4a\delta\eta\left(\eta^2+4\mu\delta\right)+\mu(4a\delta)^2-\delta\left(\eta^2+4\mu\delta\right)^2}.$$

Условие существования «черной дыры»

$$Y_2(Y_{2\max}) < X_1.$$

$$\frac{a(4a\delta)^2}{4a\delta\eta\left(\eta^2+4\mu\delta\right)+\mu(4a\delta)^2-\delta\left(\eta^2+4\mu\delta\right)^2} < X_1. \qquad (3)$$

Таким образом, если выполняется условие (3), то возникает эффект «черной дыры».

3. Результаты.

На основе уравнения (1) нами была создана компьютерная модель для исследования регуляторики гепатоцита при квазистационарном состоянии вирусов гепатита В.

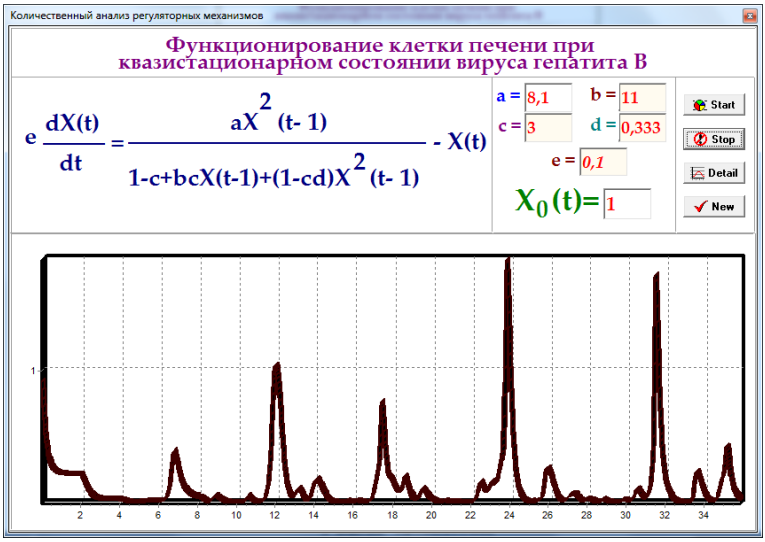


Рис. 2. Нерегулярные колебания регуляторики гепатоцита при квазистационарном состоянии вирусов гепатита В

На рис. 2 приведены нерегулярные колебания функционирования гепатоцита при квазистационарном состоянии вирусов гепатита В.

Заключение

Таким образом, проведение вычислительных экспериментов на основе разработанного программного обеспечения позволяет проанализировать различные режимы динамики регуляторных механизмов гепатоцита при квазистационарном функционировании вирусов гепатита В.

Список литературы

1. Вирусный гепатит: симптомы и лечение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://med.vesti.ru/articles/zabolevaniya/virusnyj-gepatit-simptomy-i-lechenie/

2. Lok, A. S. Chronic hepatitis B: Update of recommendations. Hepatology / A. S. Lok, B. J. McMahon. – 2004. – №39(3). – P. 857-861.

3. Хидиров, Б. Н. Моделирование молекулярно-генетических механизмов управления вирусным гепатитом В / Б. Н. Хидиров, А. М. Тургунов // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2012. – № 2-3. – С. 13-18.

4. Сайдалиева, М. Области однородных решений уравнений математической модели регуляторики печени при гепатите В / М. Сайдалиева, М. Б. Хидирова, А. М. Тургунов // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент. – 2014. – № 6. – С. 3-8.

Анализ и синтез систем с иерархической структурой

В. М. Умывакин, email: umyvakin@mail.ru [1]
А. В. Швец, email: shvets-av@mail.ru [2]
Е. В. Усенко, email: usenkolena2008@yandex.ru[1]

[1] Воронежский государственный университет
[2] ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается программно-методическое обеспечение анализа и синтеза систем с иерархической структурой.*

Ключевые слова: *объект экспертизы, дерево качеств, частные показатели качества, частные абсолютные квалиметрические оценки, частные относительные квалиметрические оценки, интегральная квалиметрическая оценка, программное обеспечение.*

В слабоструктуризованных задачах принятия управленческих решений при многих критериях широкое применение получил метод анализа иерархий [5], который основан на представлении экспертных знаний в виде иерархии – линейной структуры, имеющей начальную «вершину» (элемент первого уровня), за которой следуют распределенные по уровням элементы, каждый из которых зависит от элементов вышележащего уровня. С помощью метода парных сравнений для элементов смежных уровней определяются относительные веса связей – степени связи элементов фиксированного уровня с элементами вышележащего уровня, на основе которых определяются числовые оценки приоритета – характеристики приоритета элементов по отношению к элементу первого уровня.

Предлагается синтез систем с иерархической структурой осуществлять на основе интегральной оценки.

Пусть имеется список объектов экспертизы (ОЭ), качество которых рассматривается как система с иерархической структурой и представляется в виде «дерева» (иерархии) качеств) [1]. Нижний уровень «дерева» качеств ОЭ содержит определенный набор частных показателей качества (ПК). Обозначим через y_{ji} значение j-го частного ПК для i-го ОЭ, i=1, 2,..., N, j=1, 2,..., m.

Основные этапы построения интегральной квалиметрической оценки ОЭ:

© Умывакин В. М., Швец А. В., Усенко Е. В., 2019

1. Разработка семантической модели задачи построения интегральной оценки качества ОЭ.

1.1. Формирование списка ОЭ.

1.2. Построение иерархической структуры («дерева») качеств ОЭ.

1.3. Определение списка частных ПК.

1.4. Обоснование и описание шкал измерений ПК.

2. Построение интегральной квалиметрической оценки ОЭ.

2.1. Построение матрицы исходных данных (таблицы типа «объект экспертизы – показатель качества»).

2.2. Определение интервала изменения ПК.

2.3. Задание пороговых (предельно-допустимых) значений ПК.

2.4. Построение частных абсолютных квалиметрических оценок ОЭ и определения нормативных уровней.

2.5. Расчет частных относительных квалиметрических оценок ОЭ.

2.6. Определение весовых коэффициентов частных относительных квалиметрических оценок.

2.7. Построение интегральной квалиметрической оценки ОЭ.

Предлагаемая методика основана на использовании следующей нормативно-экспертной информации: $[y_j^{min}, y_j^{max}]$ – интервала изменения j-го ПК; y_j^* – порогового значения j-го ПК для всех ОЭ, отражающего нормативные требования к их качеству; λ_j – весовых коэффициентов частных относительных оценок, удовлетворяющих условию:

$$\sum_{j=1}^{m} \lambda_j = 1, \ \ \lambda_j \geq 0, \ \ j = 1, 2, \ldots, m. \qquad 1$$

Будем считать, что качество по j-му ПК для i-го ОЭ соответствует нормативным требованиям, если выполняется условие $y_j^i \leq y_j^*$. Один из ключевых этапов построения интегральной квалиметрической оценки ОЭ является выбор способа перехода от значений y_j^i и y_j^* к двум безразмерным величинам: $\mu_j^i = \mu_j^i(y_j^i)$ – частной абсолютной оценке качества по j-му ПК для i-го ОЭ; $\varepsilon_j = \varepsilon_j(y_j^*)$ – нормативному уровню, соответствующему предельно-допустимому значению y_j^* по j-му ПК для всех ОЭ.

Причем, преобразование ПК к безразмерному виду может осуществляться различными способами:

$$\mu_j^i = y_j^{min} \big/ y_j^i \qquad 2$$

$$\mu_j^i = \left[\left(y_j^{max} - y_j^i \right) \big/ \left(y_j^{max} - y_j^{min} \right) \right]^k \qquad 3$$

где y_j^{min}, y_j^{max} – соответственно минимальное и максимальное значения j-го ПК, k – параметр нелинейного преобразования.

Введенные в рассмотрение величины μ_j и ε_j для j-го частного ПК в дальнейшем «объединяются» в j-й частной относительной квалитативной оценке d_j^i по следующей формуле [3]:

$$d_j^i = \left[\varepsilon_j\left(1-\mu_j^i\right)\right] \Big/ \left[\mu_j^i\left(1-\varepsilon_j\right)\right] \qquad 4$$

Вероятностное обоснование данной формулы приведено в работах [2–3]. Пусть: A – событие, состоящее в том, что не выполнено требование к интегральному качеству ОЭ; B_j – событие, состоящее в том, что не выполнено требование к качеству по j-му ПК для всех ОЭ; $\overline{B}_j$ – противоположное событие. Тогда $\mu_j=P(B_j|A)$ – вероятность некачественности по j-му ПК всех ОЭ при условии, что требования к интегральному качеству не выполнены; $\varepsilon_j=P(B_j)$ – вероятность некачественности по j-му ПК всех ОЭ; $d_j=P(A \mid \overline{B}_j)$ – вероятность (риск) невыполнения требований к интегральному качеству ОЭ при условии, что требования к качеству ОЭ выполнены по j-му ПК.

Частные относительные квалиметрические оценки агрегируются в интегральную квалиметрическую оценку ОЭ. Для интегральной оценки качества / некачественности ОЭ предлагается использовать следующую формулу [2]:

$$d = 1-\prod_{j=1}^{m}\left(1-d_j\right)^{\lambda_j} \qquad 5$$

Можно получить интерпретацию величины d как вероятности $P(A \mid \overline{B}_1\overline{B}_2...\overline{B}_m)$ недостижения требуемого интегрального качества ОЭ при условии выполнения требований к частным качествам. Эта оценка является средней величиной по Коши, средневзвешенной квазигеометрической величиной в смысле ассоциативного среднего по А.Н. Колмогорову [2] и удовлетворяет существенному принципу «ограниченной компенсации», т.е. условию невозможности улучшения значений некоторых частных ПК, за счет компенсации сколь угодно большого снижения качества по другим частным показателям. При этом справедливо следующее соотношение [2]:

$$\left[1-\prod_{j=1}^{m}(1-d_j)\right] \geq \max_{j=1,2,...,m} d_j \geq \left[1-\prod_{j=1}^{m}(1-d_j)^{v_j}\right] \geq ...$$

$$... \geq \sum_{j=1}^{m} v_j d_j \geq \prod_{j=1}^{m} d_j^{\,v_j} \geq \min_{j=1,2,...,m} d_j \qquad 6$$

Таким образом, средневзвешенное квазигеометрическое является оценкой «сверху» для средневзвешенного арифметического и

средневзвешенного геометрического и является неаддитивным обобщенным критерием, имеющим системный смысл («целое больше суммы частей его составляющих»).

Для содержательной интерпретации результатов моделирования данной оценки предлагается использовать модифицированную вербально-числовую шкалу Харрингтона [1] со следующими градациями: «очень низкий» (диапазон от 0,00 до 0,20); «низкий» (диапазон от 0,20 до 0,37); «средний» (диапазон от 0,37 до 0,63); «высокий» (диапазон от 0,63 до 0,80); «очень высокий» (диапазон от 0,80 до 1,00).

На рисунке приведена структурная схема основных модулей программы построения квалиметрических оценок ОЭ.

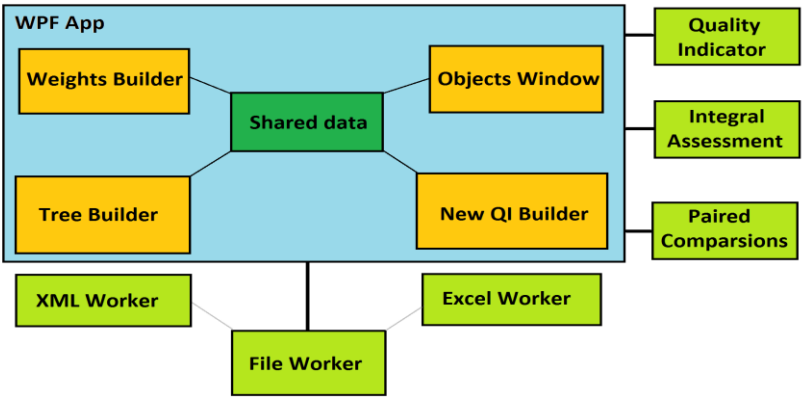


Рисунок. Основные модули программы построения квалиметрических оценок объектов экспертизы

WPF Application – главный модуль. Структура основного WPF-приложения [4] состоит из 4 графических окон (window в терминах WPF-приложения) и одного «обменника данными», играющего роль контейнера для объектов, доступ к которым требуется осуществлять из window-компонент во время работы.

Shared Data представляет собой статический класс [6] со статическими public свойствами и хранит данные, к которым имеют доступ все модули программы для обеспечения связности данных в рамках приложения. Например, информация о структуре всего дерева качеств ОЭ используется как при вводе информации о «новом» ПК, так и при формировании матрицы исходных данных (таблицы типа «объект экспертизы – показатель качества»).

Tree Builder – графический интерфейс построения, загрузки, редактирования и сохранения дерева качества ОЭ.

Weigths Builder – графический интерфейс определения весовых коэффициентов фрагмента дерева качеств ОЭ. Пользователю предоставляется возможность как прямого назначения весовых коэффициентов, так и их определение на основе метода парных сравнений.

New QI Builder – модуль добавления (редактирования) нового (ранее добавленного) ПК, представляющий собой форму для заполнения (редактирования) полей характеристик создаваемого (ранее добавленного) ПК – названия, единицы измерения, интервала изменения, порогового (предельно допустимого) значения, направления улучшения качества.

Objects Window – модуль формирования матрицы исходных данных (таблицы типа «объект экспертизы – показатель качества»).

Дополнительные модули приложения WPF: Paired Comparsions – модуль, реализующий метод парных сравнений; Integral Assessment – модуль, предоставляющий функционал для построения интегральной квалиметрической оценки ОЭ; модуль Quality Indicator представляет класс QualityIndicator, описывающий дерево качеств ОЭ; File Worker – модуль, обеспечивающий работу с XML- и Excel-файлами.

Список литературы

1. Азгальдов, Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М. : Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.

2. Зибров, Г.В. Квалиметрические модели вербально-числового анализа экологической опасно-сти территорий природно-хозяйственных геосистем / Г. В. Зибров, В. М. Умывакин, А. В. Швец // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2013. – № 1. – С. 112-118.

3. Каплинский, А. И. Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов системы / А. И. Каплинский, И. Б. Руссман, В. М. Умывакин. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1991. – 168с.

4. Мак-Дональд, М. WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.5 с примерами на C# 5.0 для профессионалов / М. Мак-Дональд. – М.: Вильямс, 2013. – 1024 с.

5. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

6. Троелсен Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5 / Э. Троелсен. – М.: Вильямс, 2013. – 1312 с.

Влияние климатических условий на смертность от инфаркта миокарда по Воронежской области за 2015-2017 года

М. А. Фирюлина, email: mashafiryulina@mail.ru
И. Л. Каширина, email:kash.irina@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Влияние окружающей среды на смертность от инфаркта миокарда(ИМ) состоит из множества факторов и параметров, которые взаимодействуют с функционированием сердечно-сосудистой системы. Имеется ряд исследований, указывающих на вклад климатических условий в распределение пиков сезонных колебаний сердечно-сосудистых заболеваний и смертности. Целью данной работы является рассмотрение вопроса о связи метеорологических факторов и динамики развития ИМ. В работе использовалась деперсонифицированная выборка жителей Воронежской области, перенесших ИМ в 2015 – 2017 годах. Архив данных о погоде за 2015 – 2017 гг. был взят с сайта rp5.ru.*

Ключевые слова: *инфаркт миокарда, смертность, метеорологические факторы, статистический анализ данных, анализ распределенных лагов.*

Введение

Большое количество работ посвящено выявлению зависимости заболеваемости смертности населения от климатических условий. Вклад климатических условий в эти показатели был признан несколькими исследованиями, указывающими на сезонные колебания возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и смертности от них [1,4,5]. Анализ в некоторых зарубежных источниках показал, что среднесуточная смертность от ОИМ зимой выше, чем летом; ежемесячные колебания более выражены для пожилых людей, а связь между температурой окружающей среды и частотой ИМ описывается в большинстве случаев U-образной кривой. Результаты, касающиеся других метеорологических факторов, таких как атмосферное давление и влажность были противоречивыми [1].

Однако перечисленные зависимости отличаются в разных территориальных зонах, чему способствует географическое расположение региона, загрязненность воздуха, степень адаптированности населения к природным условиям места проживания

© Фирюлина М. А., Каширина И. Л., 2019

и так далее. Целью текущего исследования является проверка наличия подобных зависимостей по данным Воронежской области.

1. Общий анализ данных

В данном исследовании были проанализированы зависимости в выборке, содержащей деперсонифицированные данные о всех больных, которые поступили в 2015 – 2017 гг. в больницы Воронежской области и города Воронежа с диагнозом ИМ, а также зависимости в выборке с летальными случаями ИМ за те же годы. Всего зафиксированных случаев ИМ в 2015году – 3810, 2016 – 3837, 2017 – 3679. Летальных случаев ИМ в 2015, 2016 и 2017 годах – 684, 657, 606 соответственно.

В табл. 1 и табл. 2 представлено сезонное распределение общего количества и среднесуточного значения случаев ИМ и летальных случаев ИМ соответственно. Пиком показателей для случаев возникновения ИМ и для летальных исходов ИМ является весна.

Таблица 1

Сезонное распределение случаев ИМ

	Зима		**Весна**		**Лето**		**Осень**	
	К-во	**Сред.**	**К-во**	**Сред.**	**К-во**	**Сред.**	**К-во**	**Сред.**
Муж.	1678	6.24	2062	7.47	1621	5.87	1663	6.09
Жен.	1070	4.07	1179	4.33	985	3.73	1067	4

Таблица 2

Сезонное распределение летальных случаев ИМ

	Зима		**Весна**		**Лето**		**Осень**	
	К-во	**Сред.**	**К-во**	**Сред.**	**К-во**	**Сред.**	**К-во**	**Сред.**
Муж.	257	1.7	336	1.77	248	1.53	186	1.36
Жен.	242	1.61	271	1.67	225	1.46	181	1.35

Рис. 1 иллюстрирует распределение ежемесячных случаев возникновения ИМ с разбивкой по гендерному признаку. При визуальном анализе видно, что пики достигаются в апреле и мае, когда спад приходится на осенние месяцы. Сохраняется тенденция более высокой смертности у мужчин.

Такая зависимость объясняется тем, что осенью и весной ухудшается коронарное обеспечение миокарда, снижается эрготропная функция сердца, имеются неблагоприятные сдвиги в состоянии липидного обмена и гемостаза, что влечет за собой прогрессирование развитие сердечно-сосудистых заболеваний [2].

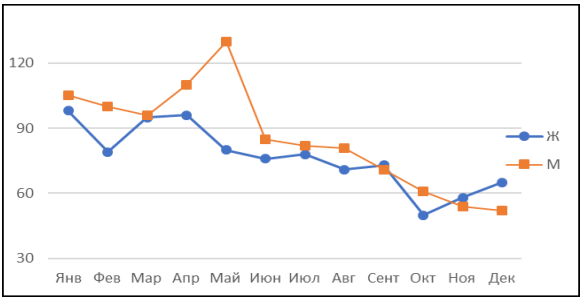


Рис. 1. Распределение ежемесячных случаев ИМ с разбивкой по гендерному признаку

2. Анализ влияния метеорологических факторов

Для дальнейшего анализа все больные были разбиты, на 3 возрастные группы: менее 50 лет (<50), от 50 до 70 (50-70) и более 70 лет (>70). Для каждого дня за 3 года для каждой возрастной группы было подсчитано количество случаев ИМ и количество летальных случаев от ИМ, найденные значения были сопоставлены с метеорологическими показателями. По оси абсцисс откладывались средние показатели количества ИМ для данного значения показателя.

На рис. 2 изображена точечная диаграмма распределения ИМ по температуре воздуха. Видно, что в Воронежской области у старшей возрастной группы присутствует небольшая тенденция увеличения количества ИМ с увеличением температуры воздуха. У остальных возрастных групп такого эффекта не наблюдается. Это согласуется с результатами, представленными в статье [1].

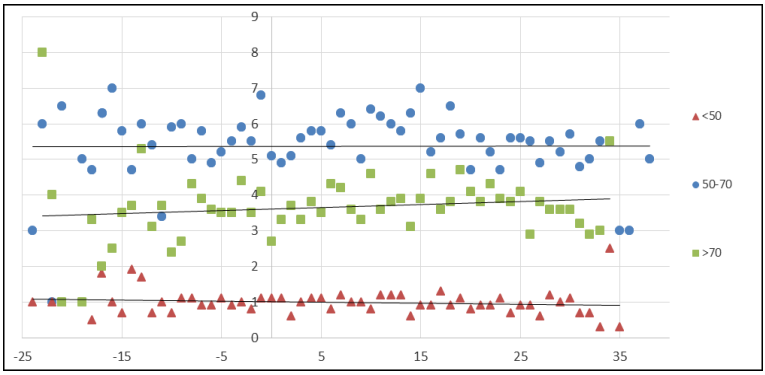


Рис. 2. Распределение ИМ по температуре воздуха

Аналогичные расчеты были проведены для летальных случаев ИМ. В старшей возрастной группе найдена U – образная тенденция распределения количества летальных случаев от ИМ, что согласуется с результатами, полученными в статье [4].

Подобные исследования распределения случаев возникновения инфаркта миокарда и летальных случаев от ИМ были проведены для двух других метеорологических факторов: атмосферное давление и влажность. Результаты показали, что в старшей возрастной группе найдена U – образная тенденция распределения количества ИМ в зависимости от атмосферного давления, а также смертности от ИМ, что согласуется в исследованиями, представленными в [4] и [5]. На рис. 3 хорошо видно, что для старшей возрастной группы самые низкие (в среднем) показатели смертности зафиксированы в дни, когда атмосферное давление (приведенное к среднему уровню моря) находилось в диапазоне 755-775 мм. рт. ст. (что примерно соответствует давлению на уровне станции 740-760 мм. рт. ст).

.

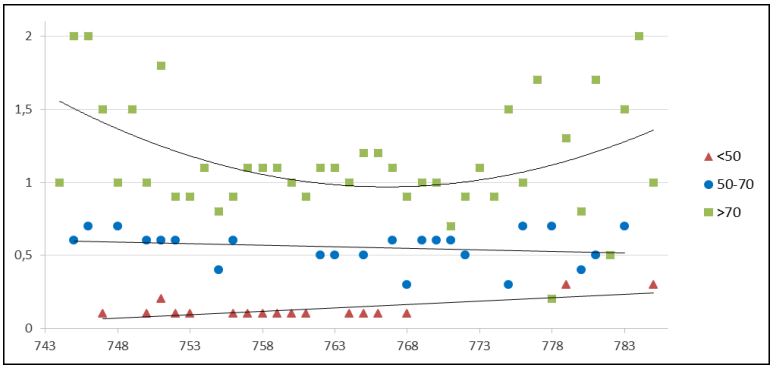


Рис. 3. Распределение летальных случаев после ИМ по атмосферному давлению

Проведя анализ распределения ИМ и летальных случаев после ИМ по уровню влажности, можно сделать вывод, что во всех возрастных группах наблюдается тенденция к уменьшению количества ИМ и летальных случаев с увеличением показателя уровня влажности.

Подобные исследования относительно влажности описаны в работах Джоэла Шварца, профессора Гарвардского университета [5], в которых не выявлено влияние показателя влажности на уровень смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Однако в работе [4]

данная зависимость также была выявлена, но обосновать полученные результаты не удалось.

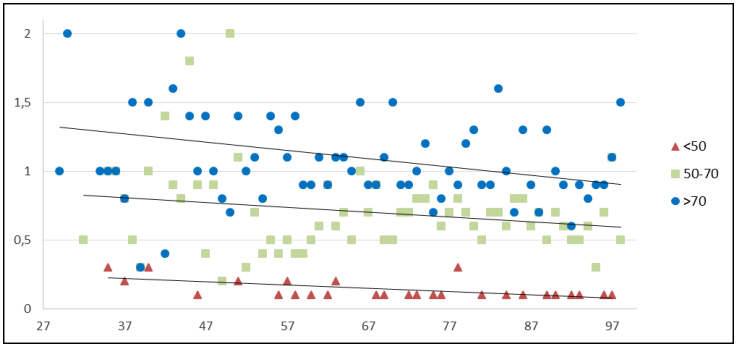


Рис. 4. Распределение летальных случаев после ИМ по уровню влажности

Заключение

Таким образом, в данном исследовании обнаружено влияние температуры воздуха, атмосферного давления и влажности на возникновение ИМ и смертность после него у населения Воронежской области. Наиболее сильный эффект наблюдается у старшей возрастной группы. Пики приходятся на весенний период. Найденные зависимости предполагается использовать для разработки мобильного приложения для интерактивного врачебного сопровождения пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы с учетом мониторинга метеорологических факторов.

Список литературы

1. Dilaveris, P. Climate Impacts on Myocardial infarction deaths in the Athens TErritory: the CLIMATE study / P. Dilaveris, A. Synetos, G. Giannopoulos, E. Gialafos. – Heart 2006. – 92. – P. 1747-1751.

2. Габинский, Я. Л. Инфаркт миокарда (биоритмологические и биофизические аспекты / Я. Л. Габинский // УГМУ. – Екатеринбург, 1993. – 46 с.

3. Каширина, И. Л. Прогнозирование развития инфаркта миокарда на основании анализа метеорологических факторов и данных областного регистра / И. Л. Каширина, Р. А. Хохлов, А. О. Казакова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 3. – С. 116-123.

4. Danet, S. Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths / S. Danet, F. Richard, M. Montaye, S. Beauchant // Circulation. – 1999. – 100. – P. 1-7.

5. Schwartz, J. Hospital admissions for heart disease: the effects of temperature and humidity / J. Schwartz // Epidemiology. – 2004. – Vol. 15. – № 6. – P. 755-61.

Математическое моделирование функционирования эпидермиса кожи в ходе канцерогенеза

М. Б. Хидирова, email: regulatory@yahoo.com[1]
А. Р. Шакаров, email: shakarov_alisher84@mail.ru[2]

[1]Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезмий
[2]Ташкентский государственный технический университет

Аннотация. *На основе метода регуляторики разработана математическая модель регуляторных механизмов эпидермиса кожи в норме и при канцерогенезе.*

Ключевые слова: *математическое моделирование, функционально-дифференциальные уравнения, автоколебания, динамический хаос, эпидермис, меланома, кожные заболевания, живые системы, организм.*

Введение

В настоящее время рост заболеваемости раком кожи отмечается во всем мире и данная патология составляет 25% от всех злокачественных опухолей. Актуальность разработки математических моделей регуляторики эпидермиса кожи в ходе канцерогенеза определяется тем, что к настоящему времени не ясны этиология и патогенез злокачественного кожного опухолевого процесса; клинические и экспериментальные исследования страдают от неспособности выявить причинно-следственные взаимосвязи в присутствии большого количества других (в том числе ещё неизвестных или не выявленных) факторов, способных влиять на характер течения заболевания, наличия противоречащих друг другу данных [1,2]. В настоящее время в мире применяются различные подходы математического описания жизнедеятельности кожи посредством обыкновенных дифференциальных уравнений (M. V. Laptev, N. K. Nikulin, 2016 г.), уравнений в частных производных (Zhang H, Hou W, Henrot L, Schnebert S, Dumas M, Heusèle C, Yang J., 2015 г.), функционально-дифференциальных, функциональных и дискретных уравнений (Adra S., Sun T., MacNeil S., Holcombe M., Smallwood R. 2010-2015 г.). В мире проводятся количественные описания закономерностей возникновения

© Хидирова М. Б., Шакаров А. Р., 2019

конкретных кожных заболеваний, компьютерные исследования, путем вычислительных экспериментов, на основе имитационных моделей кожи и моделирование механизмов регулирования (самоуправления) кожи. Но при этом эффективных, общеизвестных методов построения уравнений динамики кожи для отражения существующих основных закономерностей взаимного функционирования клеток системы и осуществления достаточно адекватного описания регуляторных механизмов кожных процессов еще не существует.

1. Математическая модель функционирования эпидермиса кожи в норме и в ходе канцерогенеза

Используя методику моделирования регуляторики живых систем [3], мы можем написать следующие функционально-дифференциальные уравнения регуляторики численности клеточных сообществ эпидермиса [4]:

$$\begin{gathered}
\frac{dM(t)}{dt} = \frac{a_1 M(t-1) S_1(t-1)}{1 + \prod_{i=1}^{5} S_{2_i}^{n}(t-1)} + b_1 B(t-1) - a_2 M(t); \\
\frac{dB(t)}{dt} = a_2 M(t-1) + b_2 D(t-1) - (b_1 + a_3) B(t); \\
\frac{dD(t)}{dt} = a_3 B(t-1) - (b_2 + a_4) D(t); \\
\frac{dD(t)}{dt} = a_3 B(t-1) - (b_2 + a_4) D(t);\ \frac{dS_1(t)}{dt} = a_4 D(t-1) - a_5 S_1(t); \\
\frac{dS_{2_1}(t)}{dt} = a_5 D(t-1) - a_6 S_{2_1}(t); \\
\frac{dS_{2_i}(t)}{dt} = a_{4+i} S_{2_{i-1}}(t-1) - a_{5+i} S_{2_i}(t) \quad i = 2,3,4,5
\end{gathered} \tag{1}$$

где $M(t)$, $B(t)$, $D(t)$, $S_1(t)$ и $S_{2_i}(t)$ $(i = 1,2,...,5)$ – величины, выражающие численности делящихся, растущих, дифференцирующихся, меланиновых и кератиновых однородных клеточных групп эпидермиса; a_1 – выражает скорость деления клеток в ростковом слое; a_5 – скорость гибели меланиновых клеток; a_8 – скорость гибели зернистых клеток; a_{10} – скорость вылущивания клеток рогового слоя, остальные коэффициенты $\{a\}$, $\{b\}$ выражают значения параметров переходов клеток между слоями; n – степень сопряженности рассматриваемого клеточного сообщества эпидермиса.

Значения всех коэффициентов – неотрицательны, что обеспечивает получение биологически разумных – неотрицательных решений системы уравнений (1).

Меланома признана самой опасной формой рака кожи. Для анализа динамики численности меланина при исследовании регуляторики эпидермиса можно довольствоваться (учитывая только меланиновую ветвь развития клеточных сообществ эпидермиса) следующей замкнутой системой функционально-дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
&\frac{dM(t)}{dt} = \frac{a_1 S_1(t-1)}{1+S_1^n(t-1)} + b_1 B(t-1) - a_2 M(t);\\
&\frac{dB(t)}{dt} = a_2 M(t-1) + b_2 D(t-1) - (b_1 + a_3) B(t);\\
&\frac{dD(t)}{dt} = a_3 B(t-1) - (b_2 + a_4) D(t);\\
&\frac{dS_1(t)}{dt} = a_4 D(t-1) - a_5 S_1(t).
\end{aligned} \qquad (2)$$

Обозначения такие же как и в (1). Определение конкретных характеристик решений (1)-(2), основных их режимов и свойств является трудоемким вследствие нелинейности рассматриваемых уравнений. Здесь актуально проведение качественного анализа функционально-дифференциальных уравнений типа (2), разработка и реализация методов построения приближенных решений (2) на PC.

Заключение

Результаты качественного анализа наиболее общих закономерностей поведения решений системы функционально-дифференциальных уравнений (2), путем построения модельных систем в виде функциональных и дискретных уравнений, анализа критических точек и их характера устойчивости, целенаправленных вычислительных экспериментов на основе разработанной программы (Рисунок) показывают наличие следующих режимов динамики численностей клеточных сообществ эпидермиса: монотонного уменьшения (A), стационарного состояния (B), автоколебаний (C), нерегулярных колебаний – детерминированный хаос (D), резкого деструктивного уменьшения – «черная дыра» (E).

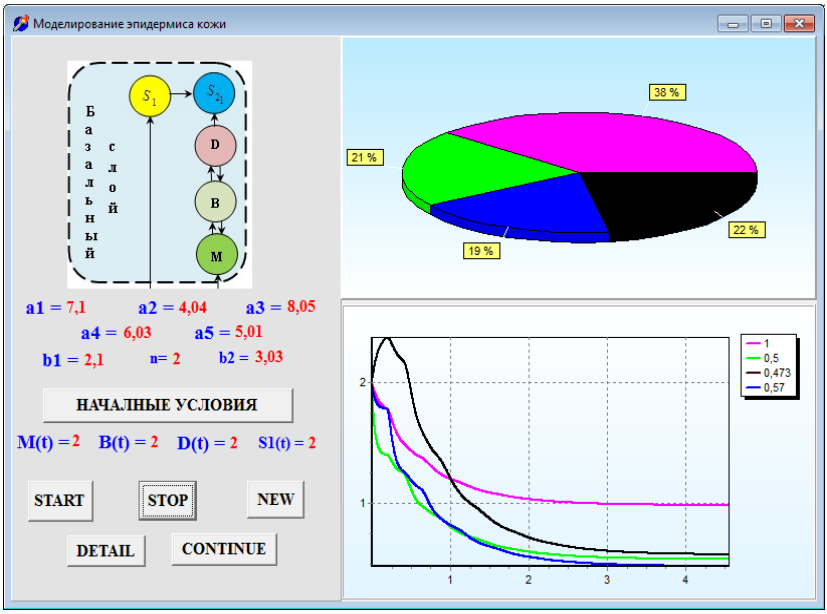


Рисунок. Вычислительный эксперимент с программой анализа функционирования эпидермиса кожи в норме и в ходе канцерогенеза на основе (2)

Математический и биологический анализ показывают, что, режим угасания (А) может быть идентифицирован как режим программированной смерти клеток – апоптоз, стационарное состояние и автоколебания – как режимы нормального функционирования клеток, динамический хаос – как режим нерегулярной, хаотической регуляторики опухолевых клеток и режим «черной дыры» как патологическая гибель клеток – некроз. Как показали результаты качественных исследований, в области детерминированного хаоса – D имеются малые регионы регулярных колебаний – С. Это означает, что данная область аномалий содержит малые области нормального функционирования, и, следовательно, режим патологического состояния может поменяться, при определенных условиях, на режим «временного» здорового состояния. Наличие таких малых регионов в области аномалии D позволяет организовать управление состоянием клеточных сообществ эпидермиса (в ходе увода в область нормы) путем последовательного перехода из D в С по цепочке из малых регионов с нормальным поведением в области аномалий D.

Список литературы

1. Melanoma / D. Schadendorf et al. // Lancet. – 2018. – Vol. 392. – P. 971-984.

2. Dermatology today and tomorrow: from symptom control to targeted therapy / U. Blume-Peytavi [et al.] // J Eur Acad Dermatol Venereol. – 2019 Jan;33 Suppl 1:3-36. doi: 10.1111/jdv.15335.

3. Хидиров, Б.Н. Избранные работы по математическому моделированию регуляторики живых систем / Б. Н. Хидиров. – Ижевск, 2014. – 304 с.

4. Хидирова М.Б., Шакаров А.Р. Математическое моделирование динамики численности клеточных сообществ эпидермиса кожи в норме и при аномалиях. // Вычислительные технологии. – Россия, 2017. – №5. – С. 110-122.

Применение ПЭВМ и программных средств для учёта результатов научно-исследовательской и испытательной деятельности отдела испытаний и исследований средств принудительного аварийного покидания летательных аппаратов войсковой части 15650

С. В. Ходаков, email: xoce.85@mail.ru
С. М. Молчанов, email: molsermih@mail.ru
М. В. Сосунов, email: sosunovmv@mail.ru

Войсковая часть 15650

Аннотация. Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы применения электронных баз данных для учета документов по научно-исследовательской и испытательной деятельности.*

Ключевые слова: Ключевые слова: *научно-исследовательская и испытательная деятельность, средства принудительного аварийного покидания, данные, группы данных, электронная база данных.*

Введение

Средства принудительного аварийного покидания (СПАП) являются особо ответственными устройствами, которые от начала разработки до поступления в серийное производство проходят значительное количество автономных отработок и испытаний.

В процессе испытаний СПАП имеет место накопление информации, имеющей разносторонний характер: решения, протоколы, технические задания, акты, отчеты по автономным отработкам и т.п. При участии в расследовании авиационных происшествий и выполнении исследовательской работы по тематике отдела часто возникает необходимость оперативной проработки значительного объема статистической информации, а также вопросов, связанных с конструктивными особенностями конкретного СПАП из их многообразия. Успешное решение указанных задач зависит от знания как особенностей различных СПАП, так и множества значений их высотно-скоростных и эксплуатационных характеристик. В условиях острого дефицита времени, отводимого на подбор и анализ необходимых материалов, особую значимость приобретает возможность быстрого нахождения требуемого материала с помощью базы данных. В начале 2000-х годов специалистами отдела начала разрабатываться электронная база данных материалов по СПАП, позволяющая в любой

© Ходаков С. В., Молчанов С. М., Сосунов М. В., 2019

момент оперативно получить необходимую информацию о документах (отчетах по исследованиям, актах по испытаниям, решениях, методических указаниях, протоколах и т.п.).

1. Разделение данных научно-исследовательской и испытательной деятельности по группам

Проанализировав сведения по СПАП, находящиеся в библиотеке, был сделан вывод, что для обеспечения возможности тщательной выборки требующихся материалов по определенной тематике, необходимо наличие значительное количество данных.

Имеющиеся данные были разделены на группы данных, такие как: система СПАП; тип СПАП; тип КУ; тип летательного аппарата (ЛА); предприятие – разработчик (ОКБ); элемент КУ (СОАВ) и др.

База данных, разработанна на основе программы Access пакета программ Microsoft Office

В качестве основных критериев при отработке электронного каталога базы данных принимаются:

1. максимальная простота использования базы данных;
2. возможность осуществления выборки материалов по множественным критериям, с разных сторон, характеризующих элемент СПАП.

Основную каталоговую информацию о документах по СПАП можно свести к единой главной таблице данных, всесторонне характеризующей названия документов, и нескольким дополнительным таблицам, позволяющим ввести дополнительную информацию [1]. Данный подход облегчает поиск необходимой информации.

В качестве данных, необходимых для ввода в основную таблицу, принимаются: код документа (ключевое поле); номер документа (акта, программы и т.д.); название документа; инвентарный номер документа, брошюры; фамилия ведущего инженера; путь к файлу.

Основное диалоговое окно работы оператора включает в себя: название формы; текстовый блок; три элемента управления в виде кнопок с поясняющими надписями; вписанный рисунок по размерам формы. Схема связей таблиц базы данных представлена на рисунке.

Программа позволяет производить:

1. многократный ввод данных, при этом все введенные данные сохраняются автоматически;
2. поиск данных по различным критериям;
3. просмотр найденных записей в самой программе, а также в программе Microsoft Word, для этого предусмотрена клавиша «W» и, если данный документ имеется в компьютерном варианте, программа покажет его в программе Microsoft Word;

4. отправлять данные на печать. При выборе кнопки «Отчет для печати» открывается отчет, позволяющий более детально проанализировать материалы, отобранные программой по введенным пользователем критериям.

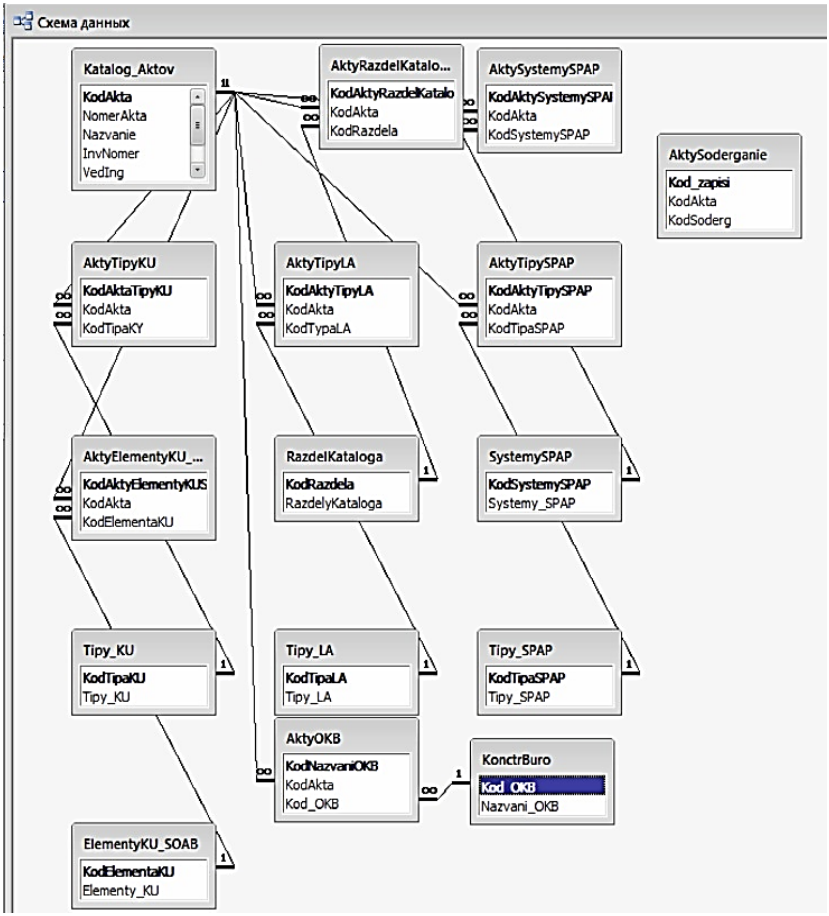


Рисунок. Схема связей таблиц данных

При значительном количестве отобранных записей программа автоматически их разбивает на страницы и сортирует по инвентарным номерам по возрастанию.

Заключение

Таким образом, применение ПЭВМ и программных средств позволяет оперативно производить поиск результатов (отчётов, актов и др.) научно-исследовательской и испытательной деятельности отдела испытаний и исследований средств принудительного аварийного покидания летательных аппаратов войсковой части 15650 с использованием значительного объёма критериев поиска. Данный поход позволяет сократить сроки поиска требуемой информации, применяемой в научно-исследовательской и испытательной деятельности отдела и при расследовании авиационных происшествий.

Список литературы

1. Ходаков, С. В. Отработка базы данных учета документов по научно-исследовательской и испытательной деятельности отдела в среде Microsoft Access и рекомендаций по ее применению : научно-технический отчет № 43/711131-008 / С. В. Ходаков – в/ч 15650, 2011 г. – 22 с.

Применение имитационных моделей среды Simulink при исследовании литий-ионных аккумуляторных батарей системы электроснабжения беспилотных летательных аппаратов

Э. Ю. Хохулин, e-mail: gl.reference@ya.ru

ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Аннотация. *На основе программы Matlab Simulink получена модель литий-ионных аккумуляторных батарей, учитывающая изменения температуры окружающей среды и их саморазряд.*

Ключевые слова: *система электроснабжения, литий-ионная аккумуляторная батарея, беспилотные летательные аппараты.*

Введение

Система электроснабжения беспилотных летательных аппаратов (СЭС БПЛА) представляет собой совокупность систем генерирования и распределения электрической энергии (ЭЭ) потребителям. Одним из основных элементов летательного аппарата считается его силовая установка. В качестве силовой установки в БПЛА широкое применение нашли двигатели внутреннего сгорания либо электрические двигатели. Высокие эксплуатационные характеристики электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов делают их наиболее перспективными электрическими машинами для использования их в качестве силовой установки для БПЛА [1]. Однако для электродвигателей, так же как и для других бортовых потребителей электроэнергии, требуются эффективные источники питания. На сегодняшний день такими источниками в подавляющем большинстве случаев являются литий-ионные аккумуляторные батареи (ЛИАБ) [2].

Современные компьютерные технологии позволяют качественно изменить и существенно улучшить технологию изучения процессов в СЭС БПЛА, перевести ее в виртуальную действительность, осуществить в этой виртуальной лаборатории исследования статических и динамических режимов работы.

Одной из наиболее известных, широко применяемых инженерами во всем мире, программ исследования электроэнергетических процессов является среда структурно визуального моделирования Simulink программы Matlab [3]. Программа Simulink, например, библиотека устройств электротехники и промышленной электроники Sim Power

© Хохулин Э. Ю., 2019

Systems, имеет широчайшие возможности для моделирования электронных компонентов, элементов электротехники, а также для разработки ЭЭК различной сложности.

1. Разработка модели

Для моделирования ЛИАБ необходимо выбрать модель на основе эквивалентной схемы, которая обладает достаточной простотой реализации, а также достаточной точностью оценки состояния заряда аккумуляторной ячейки.

В настоящее время известно множество различных эквивалентных схем, реализованных как на простых реактивных элементах, так и на сложных нелинейных компонентах, описывающих электрохимические процессы внутри отдельных ячеек ЛИАБ [4, 5].

На рис. 1 показана эквивалентная схема, хорошо зарекомендовавшая себя с точки зрения простоты реализации и точности [4].

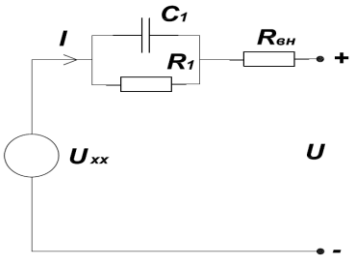


Рис. 1. Структурная схема ЛИАБ

Аккумуляторная ячейка с напряжением U представлена в виде источника напряжения Uxx (напряжение холостого хода аккумулятора), внутреннего сопротивления Rвн и RC-контура, моделирующего внутренние процессы. Фактическая емкость аккумуляторной батареи зависит от ряда факторов: средний разрядный ток и продолжительность разряда, внутренняя температура батареи, напряжение в конце разряда, продолжительность хранения (саморазряд), количество циклов заряд-разряд (старение).

Существующая в программе Matlab модель ЛИАБ имеет существенные недостатки, так как не учитывает:

- влияние температуры на выходное напряжение;
- саморазряд ЛИАБ;
- деградационные изменения ЛИАБ, связанные со временем;
- тепловыделение ЛИАБ.

Для устранения данных недостатков была разработана модель ЛИАБ в программе Matlab Simulink. На рисунке 2 представлена модель ЛИАБ.

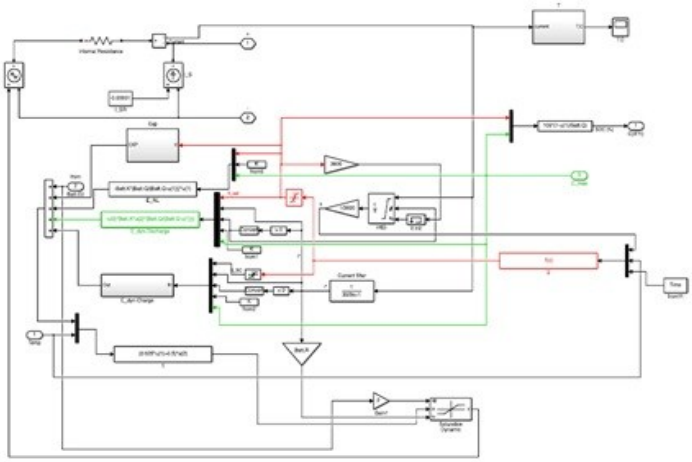


Рис. 2. Модель ЛИАБ

В данной модели пользователь может менять параметры ЛИАБ: максимальную емкость, номинальное рабочее напряжение и температуру окружающей среды.

Таким образом, получена модель ЛИАБ, учитывающая изменения температуры и саморазряд. Разработанная модель может использоваться при проектировании СЭС БПЛА.

Заключение

На основе программы Matlab Simulink раскрыты возможности наглядного и эффективного средства программирования моделей литий-ионных аккумуляторных батарей для изучения статистических и динамических режимов их работы. Разработанная модель ЛИАБ позволит повысить эффективность функционирования СЭС БПЛА за счет учета влияния температуры окружающей среды и степени саморазряда ЛИАБ.

Литература

1. Применение электрического двигателя с постоянными магнитами в качестве силовой установки беспилотного летательного аппарата / Е. А. Вяткина [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 12. – С. 228-232.

2. Фетисов, В.С. Подзарядка электрических беспилотных летательных аппаратов: обзор существующих разработок и перспективных решений / В. С. Фетисов, М. И. Тагиров, А. И. Мухаметзянова // Авиакосмическое приборостроение. – 2013. – № 11. – С. 7-26.

3. Наместников, А.М. Разработка имитационных моделей в среде MATLAB: Методические указания для студентов специальностей 01719, 351400 / А. М. Наместников. – Ульяновск, УлГТУ, 2004. – 72с.

4. High Fidelity Electrical Model with Thermal Dependence for Characterization and Simulation of High Power Lithium Battery Cells / T. Huria [et al.] // International Electric Vehicle Conference. – 2012. – P. 1-8.

5. Борисевич, А.В. Моделирование литий ионных аккумуляторов для систем управления батареями: обзор текущего состояния [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://technology.snauka.ru/2014/05/3542

Моделирование внутренней структуры переднеазиатской депрессии летнего периода

Ю. В. Шипко, email: yshipko@mail.ru
Е. В. Шувакин, email: argentina_85@mail.ru
М. А. Шуваев, email: shuvaevmaksim@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Аннотация. *Рассматривается модель внутренней структуры переднеазиатской депрессии – преобладающего типа барического поля атмосферной циркуляции нижней тропосферы в летний период над территорией Ближнего и Среднего Востока. Приводятся результаты факторного анализа и кластеризации циклонических объектов депрессии.*

Ключевые слова: *переднеазиатская депрессия, модель, центр циркуляции, циклонические объекты.*

Введение

Выполнение задач авиационными подразделениями Воздушно-космических сил России в Сирийской Арабской Республике по борьбе с террористическими формированиями требует повышения качества и эффективности метеорологического обеспечения при подготовке и ведении операций. В основе метеорологического обеспечения авиации лежит знание закономерностей процессов атмосферной циркуляции, обусловливающих характер погоды и ее изменений.

Основным звеном атмосферной циркуляции над территорией Ближнего и Среднего Востока в теплый периода года (апрель – октябрь) является переднеазиатская депрессия (ПАД) – преобладающий тип барического поля. Депрессия имеет сезонный характер, начинает формироваться в апреле и достигает максимального развития в июле и августе; для депрессии характерна большая устойчивость (в июле и августе – 94–96 %). ПАД прослеживается до высоты 3–4 км [1, 2].

В условиях ПАД часто отмечаются пыльные бури с сильными ветрами (20–22 м/с). Видимость в пыльных бурях уменьшается до нескольких метров. Возникающие термические вихри создают большую запыленность воздуха, иногда достигают силы урагана, поднимают пыль на большую высоту и перемещают ее, что приводит к ухудшению

© Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Шуваев М. А., 2019

видимости на большой территории в течение нескольких суток. Такие метеорологические условия ограничивают применение авиации.

Таким образом, в целях совершенствования метеорологического обеспечения функционирования авиационных подразделений в районах Ближнего Востока актуальна задача разработки модели ПАД с выявлением особенностей атмосферной циркуляции – для оценки ее влияния на авиационные погодно-климатические характеристики.

Информационный ресурс исследования составили архивные сеточные данные (в узлах регулярной сетки с шагом 2,5° по широте и долготе) геопотенциальной высоты H_{1000} на изобарическом уровне 1000 гПа реанализа параметров атмосферы NCEP/DOE AMIP-II [3] за период 1985–2017 гг. Рассматривались срочные (00, 06, 12, 18 ч Всемирного скоординированного времени) значения полей геопотенциальной высоты летнего периода (июнь – август). Проведен расчет среднесуточных значений H_{1000} в узлах сетки, по которым выполнен вычислительный эксперимент с использованием программы обработки файлов реанализа [4]. Объем выборки составил 3036 циклонических объектов.

1. Подход к моделированию переднеазиатской депрессии

При построении модели ПАД рассматривается поверхность H_{1000}, ограниченная по широте $\varphi = 10 - 40^{\circ}$ и долготе $\lambda = 30 - 90^{\circ}$, представленная дискретными значениями H_{ij} в узлах регулярной сетки (рис. 1: пример для 15 июля 2015 г.).

Использован подход [5, 6], определяющий циклонический объект как объем «чаши» (с жидкостью), образованной топографией изобарической поверхности с некоторой краевой изогипсой H_0 и горизонтальной плоскостью, проходящей через эту изогипсу. Краевая изогипса определяется по алгоритму, включающему процедуры: поиск минимального значения геопотенциальной высоты $H_{\min}$ в рассматриваемой области; определение значения $H_0 = H_{\min} + 4$, которое принимается за краевую изогипсу (учитывается, что изогипсы принято проводить через 4 дам).

Разработана программно-реализованная модель циклонической циркуляции ПАД, описываемая рядом параметров: $H_{\min}$; координаты центра масс объема «чаши»; площадь, ограниченная краевой изогипсой H_0; условная «масса» и плотность рассматриваемого объема; характеристики эллипса рассеяния масс и другие [5, 6].

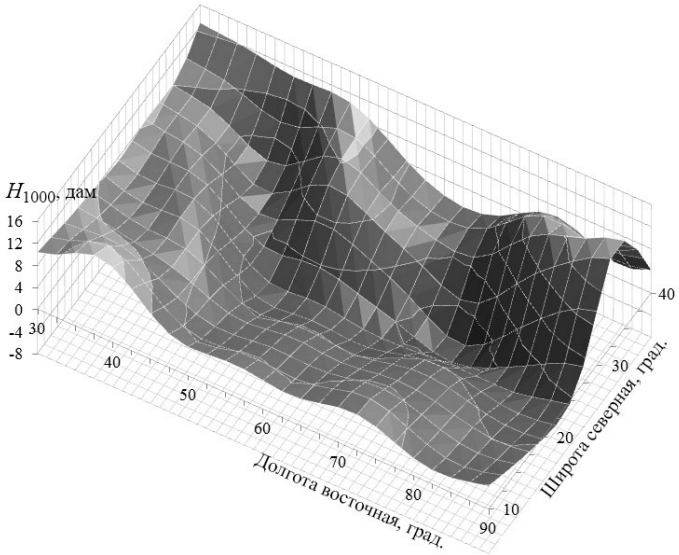


Рис. 1. Участок среднесуточной поверхности геопотенциальной высоты уровня 1000 гПа (15 июля 2015 г.)

2. Результаты факторного анализа

Для выявления особенностей внутренней структуры атмосферной циркуляции (а также в прогностических схемах) необходимо оперировать малым набором предикторов. С целью сжатия информации, замены всего объема данных о ПАД несколькими расчетными параметрами использовался факторный анализ [7].

Сделан переход от пространства десяти признаков объектов ПАД к 4-мерному пространству ортогональных факторов. Выделенные общие факторы объясняют 80 % общей дисперсии признаков. На основании значений факторных нагрузок дана интерпретация факторам:

- f_1 – фактор мощности ПАД (40 % общей дисперсии);
- f_2 – фактор вытянутости ПАД с учетом ложбин (18 %);
- f_3 – фактор интенсивности депрессии (12 %);
- f_4 – фактор широты центра циркуляции (10 %).

Результаты моделирования факторов ПАД в скользящих 15-летних периодах рассматриваемого интервала 1985–2017 гг. показали, что в климатическом аспекте существует устойчивая тенденция (коэффициент детерминации $R^2 = 0,95$) снижения средних значений только фактора мощности депрессии (рис. 2).

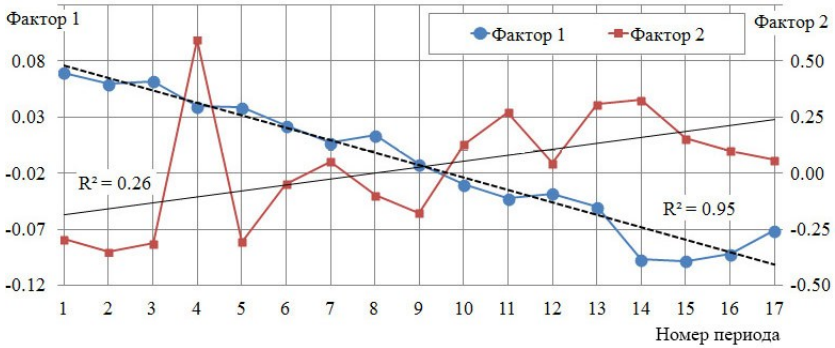


Рис. 2. Ход средних значений факторов скользящих 15-летних периодов (июнь – август)

3. Кластеризация циклонических объектов

С целью определения однородных по структуре групп образований депрессии проведена процедура иерархической кластеризации объектов. Мерой близости объектов ПАД выбрано евклидово расстояние d_E [7, 8]. На рис. 3 представлено дерево кластеризации, где отчетливо выделяются две ветви сгустков циклонических объектов.

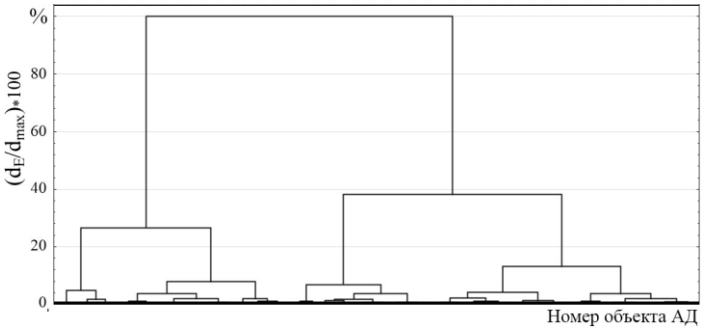


Рис. 3. Дерево иерархической кластеризации в пространстве состояний объектов ПАД

Визуализация полученного кластеризацией разделения общей совокупности объектов ПАД представлена на плоскости выделенных общих факторов f_1, f_2 (рис. 4, где обозначены объекты циркуляции левой и правой ветвей «дерева» рис. 3: кластер 1, кластер 2).

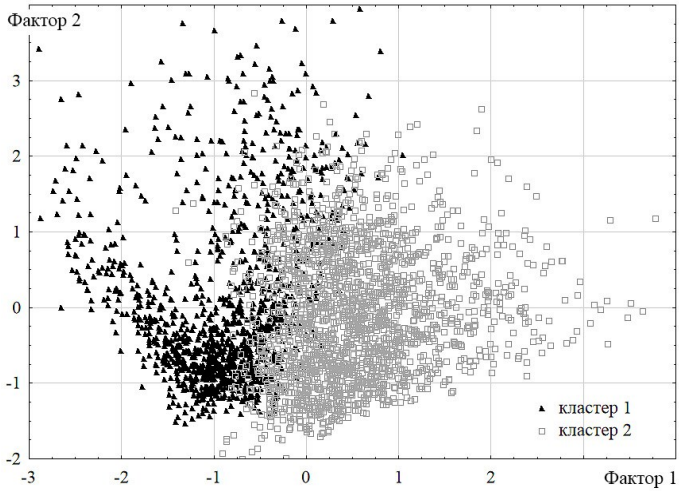


Рис. 4. Отображение выделенных кластеров на плоскости общих факторов f_1, f_2

Для общих факторов рассматриваемых кластеров проверялась гипотеза о принадлежности к одним и тем же распределениям (по критерию Колмогорова-Смирнова [8]). С вероятностью 0,95 можно утверждать о статистически значимом различии распределений в выделенных кластерах 1, 2 только параметра f_1 (фактора мощности ПАД). При этом можно говорить о наибольшем вкладе фактора f_1 в дифференциацию общей выборки объектов ПАД.

Заключение

Проведенное исследование является предварительным (необходимым) этапом разведочного статистического анализа [7] совокупности циклонических объектов ПАД. Научная новизна работы заключается в получении новых теоретических сведений, расширяющих представление о внутренней структуре циркуляции над территорией Среднего и Ближнего Востока в летний период.

Полученные результаты могут служить основой при разработке регрессионных моделей параметров атмосферы (в дальнейшем исследовании влияния характеристик ПАД на метеорологические величины), в которых предикторы являются некоррелированными, что повышает качество статистических и прогностических характеристик моделей.

Список литературы

1. Авиационно-климатическая характеристика Среднего Востока. – М.: Военное изд-во МО СССР, 1977. – 110 с.

2. Апасова, Е. Г. О характеристиках местоположения центров действия атмосферы / Е. Г. Апасова // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – Вып. 58. – М.: Гидрометеоиздат, 1979. – С. 89–97.

3. NCEP-DOE R-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html

4. Автоматизированная обработка файлов реанализа параметров атмосферы NCEP/DOE AMIP-II [Текст]: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018618252 от 10.07.2018 / Шипко Ю.В., Кукарских Л.А.; заявл. 22.05.2018, заявка № 2018615521.

5. Багров, Н.А. К вопросу определения центра циркуляции атмосферы / Н. А. Багров, И. И. Орлова // Труды ГМЦ. – Вып. 211. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – С. 3–14.

6. Глызь, Г. А. О некоторых характеристиках циркумполярного вихря / Г. А. Глызь // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – Вып. 58. – М.: Гидрометеоиздат, 1979. – С. 98–104.

7. Айвазян, С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ. изд./С. А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.:Финансы и статистика, 1989. – 607 с.

8. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана. Пер. с англ. под ред. С.А. Айвазяна, Ю.Н. Тюрина. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 526 с.

Модель линии радиосвязи с псевдослучайной перестройкой частоты в условиях преднамеренных помех

С. П. Юрченко[1]
А. В. Блинов, email: blinov.76@yandex.ru[1]
П. В. Блинов[1]

[1]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. *на основе методики расчета потерь распространения определяется отношение сигнал помеха в точке пространства. На основании полученного отношения определяется вероятность ошибки при передачи одного бита при воздействии шумовой помехи в части полосы сигнала с ППРЧ.*

Ключевые слова: *отношение сигнал помеха, распространение радиоволн, помехоустойчивость, вероятность ошибки.*

Введение

Радиосвязь является единственным (основным) способом связи между воздушными судами и наземными пунктами управления и ее роль все возрастает в условиях автоматизации управления. Однако, развитие и масштабное распространение радиоэлектроники и систем связи положило начало разработке и применению новых методов радиоэлектронного противодействия со стороны третьих лиц, заинтересованных в нарушении целостности и достоверности передаваемой по системам связи информации. Они основаны на применении помех, позволяющих несанкционированно нарушать функционирование системы связи на информационном уровне. Преднамеренно создаваемые помехи представляют чрезвычайную опасность системам связи, влекущую информационные потери [1].

Основная задача систем радиосвязи состоит в обеспечении в точке приема определенного превышения сигнала над помехами, при котором обеспечивается заданное отношение сигнала к помехам на выходе приемного устройства.

1. Разработка модели

На практике для оценки качества радиолинии, используют методику изложенную в рекомендации Международного союза

© Юрченко С. П., Блинов А. В., Блинов П. В., 2019

электросвязи МСЭ-R P.528.3, которая позволяет прогнозировать основные потери передачи в воздушных радиосетях [2] и рассчитать дальность расположения приемного устройства от передатчика информации как зависимость от отношений мощностей полезного сигнала к помехи и коэффициента, определяющего часть полосы сигнала с ППРЧ, занимаемой помехой.

Для оценки воздействия шумовой помехи в части полосы на системы радиосвязи с ППРЧ и неслучайной ЧМ воспользуемся выражением для определения средней вероятности ошибки на бит информации на выходе приемника:

$$P_E = \frac{1}{2}\gamma \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{G_0}{E_s}+\frac{P_j}{\gamma K_s P_s}\right)^{-1}\right]+\frac{1}{2}(1-\gamma)\exp\left(-\frac{E_s}{2G_0}\right), \qquad (1)$$

где γ - коэффициент, характеризующий часть диапазона частот, занимаемую помехой, $\frac{G_0}{E_s}$ - отношение спектральной плотности мощности собственных шумов приемного устройства к энергии сигнала (для ЧМ $\frac{G_0}{E_s}$=13,35 дБ), $\frac{P_j}{K_s P_s}$ - эквивалентное отношение сигнал-помеха [3].

Используя разработанную программу на языке C#, которая позволяет рассчитать отношение полезного сигнала к помехи для заданного процента времени *t*, в течении которого сигнал превысит помеху и следовательно определить дальность расположения приемного устройства относительно передатчика информации на фоне преднамеренных помех.

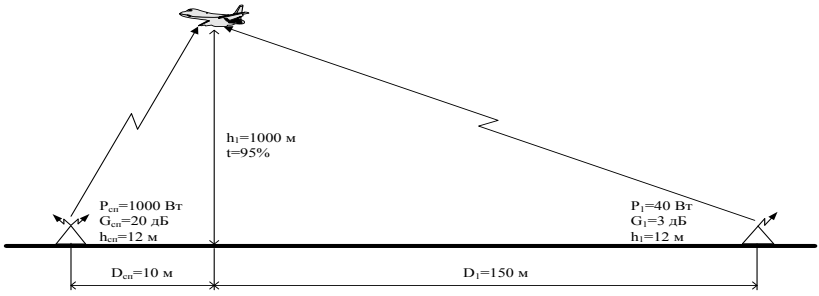


Рис. 1. Расположение приемного устройства на воздушном судне относительно радиостанции и станции помех

На рис. 1 представлен вариант исходных данных для расчета дальность расположения приемного устройства относительно передатчика информации на фоне преднамеренных помех.

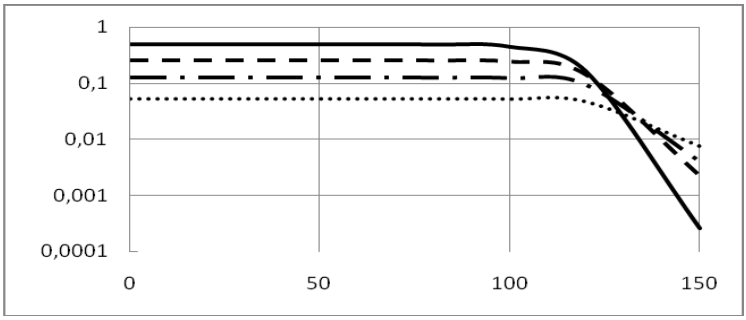


Рис. 2. Расположение приемного устройства на воздушном судне относительно радиостанции и станции помех.

На рис. 2 представлены результаты вычисления для различных коэффициентов, характеризующих часть диапазона частот, занимаемую помехой (γ) 1,0, 0,5, 0,25, 0,1.

Заключение

Таким образом, в результате того, что данные расчеты основаны на экспериментальных данных МСЭ, то можно утверждать, что они наиболее полно учитывают особенности реального распространения радиосигнала с ППРЧ в условиях преднамеренных помех. Используя отношение сигнал-помеха на входе приемного устройства появляется возможность аналитически оценивать отношение сигнал-помеха на входе демодулятора с учетом выигрыша полученного за счет применения помехоустойчивого кодирования, обработки сигналов, а значит и оценивать дальность воздушной радиосвязи в конкретных условиях и с учетом преднамеренных помех.

Список литературы

1. Ермаков, Е. К. Авиационные системы связи / Е. К. Ермаков // Издательство ВВА. – Москва, 1992. – С. 284.

2. Рекомендация Международного союза электросвязи МСЭ-R Р.528-3. – Ж. : МСЭ, 2013. – 49 с.

3. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки частоты / В. И. Борисов [и др.] – М.: Радио и связь, 2000. – С. 73.

Секция № 6
Методы и технологии разработки программных систем

Scheduling approach for virtual machine resources in a cloud computing

E. N. Desyatirikova, e-mail: science2000@ya.ru
Almothana Khodar, e-mail: mothana-sy@hotmail.com
Osama Alkaadi, e-mail: oalkadee@gmail.com

Voronezh State University

Аннотация. Abstract*. In view of the load balancing problem in virtual machine VM resources scheduling, this paper presents a scheduling strategy based on genetic algorithm. According to historical data and current state of the system and through genetic algorithm, this strategy computes ahead the influence it will have on the system after the deployment of the needed VM resources and then chooses the least-affective solution, through which it achieves the best load balancing and reduces or avoids dynamic migration..*

Ключевые слова: Keywords: *Cloud computing, virtual machine resources, load balancing, genetic algorithm, scheduling strategy, virtualization.*

Introduction

The cloud computing platform guarantees subscribers that it sticks to the service level agreement (SLA) by providing resources as service and by needs. However, day by day subscribers' needs are increasing for computing resources and their needs have dynamic heterogeneity and platform irrelevance. Therefore, the main problems to be solved are how to meet the needs of the subscribers and how to dynamically as well as efficiently manage the resources[1].

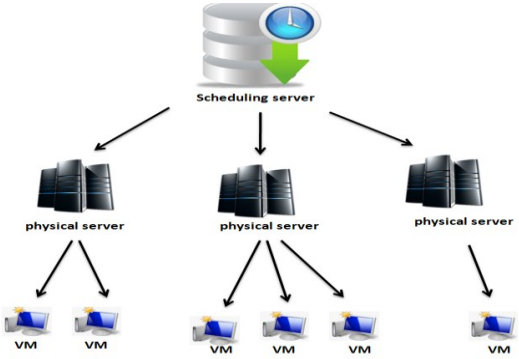
On a cloud computing platform, dynamic resources can be effectively managed using virtualization technology. The subscribers with more demanding SLA can be guaranteed by accommodating all the required services within a virtual machine image and then mapping it on a physical server. This assists to resolve problem of heterogeneity of resources and platform irrelevance. Therefore, how to schedule VM resources to realize load balancing in cloud computing and to improve resource utility becomes an important research point. Currently in cloud computing, it mainly considers the current system condition in VM resources scheduling but seldom considers the pervious condition before scheduling and the influence on system load after scheduling which usually leads to load imbalance[2].

© Desyatirikova E. N., Almothana Khodar, Osama Alkaadi, 2019

This paper presents a scheduling strategy to realize load balancing. According to historical data and current state and through genetic algorithm, this method computes in advance the influence it will have when the current VM service resources that need deploying are arranged to every physical node, then it chooses the deployment that will have the least influence on the system. In this way, the method realizes the best load balancing and reduces or avoids dynamic migration.

1. Virtual machine model

The relationship between the physical machines and the VMs can be seen from figure 1. Consider P as a set of all the physical machines in the entire system, where $P = \{P_1, P_2, P_3 ..... P_N\}$. N is total number of the physical machines and an individual physical machine can be denoted as P_i, where i denote the physical machine number and range of i is (1<=i<= N).



Puc. 1. *Fig. 1.* Scheduling Architecture in Cloud Computing Environment

Similarly, we have a set of VMs on each physical machine P_i, $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, V_{i3} .... V_{im}\}$ here m is the number of VMs on the physical server i. If we want to deploy VM V on the present system, then we have a solution set denoted by $S = \{S_1, S_2, S_3 .... S_N\}$, it represents the mapping solution after VM V is assigned to each of the physical machines. When the V is arranged with the physical machine P_i we get the mapping structure denoted as S_i.

2. The expression of load

The load of a physical machine usually can be obtained by adding the loads of the VMs running on it. If we assume that the T is the best time duration to monitor historical data i.e., from current time to the last T minutes will be the historical data zone, which will be used to solve the load balancing problem. By using the variation law of the physical machine load, we can split T into n subsequent time intervals. Therefore, T becomes $[(t_1 - t_0), (t_2 - t_1), \ldots (t_n - t_{n-1})]$. The time interval k can be defined as $(t_k - t_{k-1})$. If the load of a VM is stable in all the periods then $V(i,k)$ refers to the load of VM i in the interval k. Therefore, we can conclude that in cycle T, the average load of VM V_i on physical machine P_i is :

$$\overline{V_i(i,T)} = \frac{1}{T}\sum_{k=t}^{n} V(i,k) \times (t_k - t_{k-1}) \tag{1}$$

According to the system structure, the load of a physical machine usually can be obtained by adding the loads of the VMs running on it. Therefore we can conclude the load of physical machine P_i is :

$$P(i,T) = \sum_{j=1}^{m_i} \overline{V_i(j,T)} \tag{2}$$

The virtual machine V needs to be deployed on the current system. We have the resource information for VM V, and from that we can estimate the load of the VM as V'. Therefore, when the VM V is joined to every physical server, we can calculate the load of each P_i as follows:

$$P(i,T)' = \begin{cases} P(i,T) + V' & \text{After Deploy } V \\ P(i,T) & \text{Others} \end{cases} \tag{3}$$

3. Mathematical model

By using the previous analysis, the mathematical model can be defined as follows,

Definition 1 When the system mapping solution is S_i then the load of each physical machine is $P(i,T)'$ and the total load variation $\sigma_i(S_i,T)$ (i.e., mean square deviation in time interval T) is defined as :

$$\sigma_i(S_i,T) = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} (\overline{P(T)'} - P(i,T)')^2} \tag{4}$$

where

$$\overline{P(T)'} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} P(i,T)' \tag{5}$$

Definition 2: balanced mapping solution for the S_i is S_i' and then the set of mapping solution S should correspond to the set of balanced mapping solution $S' = \{S_1', S_2', S_3' \ldots . S_N'\}$. S_i' is best mapping solution to make $\sigma_i(S_i, T)$ meet the predefined load constraints.

Definition 3: To calculate the migration cost, we use the ratio of VM number M' which needs to migrate for achieving load balancing in a specific solution to the total VM number as a cost divisor. Then for each solution S_i the cost divisor $\rho(S_i)$ to attain balancing S_i' is as follows:

$$\rho(S_i) = \frac{M'}{M} \tag{6}$$

The main goal of this project is to achieve best system load balancing with the minimum migration cost by finding the optimal mapping solution S_i and also reducing the cost divisor $\rho(S_i)$ in the overall load balancing. We can get the best mapping result S_i' from mapping result S_i using the genetic algorithm approach.

4. Realization of balanced scheduling through genetic algorithm

Genetic algorithm is a random searching method developed from the evolution law in the ecological world. After the first population is generated, it evolves better and better approximate solutions using the law of survival of the fittest from the generations. Based on the real situation of cloud computing[3], this paper presents a scheduling strategy through genetic algorithm, which has the following steps :

1. [**Start**] produce random population of n chromosomes (coding structure can be selected according to the problem domain).

2. [**Fitness**] calculate the fitness value f(x) of every chromosome in the given population.

3. [**New population**] generate the new population by reiterating the following steps till the creation of new population is done.

   3.1.[**Selection**] select two parent individuals from the population according to the fitness value.

3.2.[**Crossover**] by using the crossover probability, generate the new offspring by reforming the parents.

3.3.[**Mutation**] with the probability of mutation, mutate the new child at some positions.

3.4.[**Accepting**] now the new offspring the part of next generation of population [10].

4. [**Replace**] use the new generation as the current generation.

5. [**Test**] if the stopping condition is satisfied then end the algorithm and return the individual with the highest fitness value.

6. [**Loop**] go to step 2.

5. Experiments and results analysis

To analyze behavior of the genetic algorithm with VM scheduling, the following experiment was carried out. We presume to have 5 physical machines with 16 VMs started on them. We can see the mapping relationship between VMs and physical machines before using algorithm in Figure 3. The average load of every VM for last 15 minutes is shown in Table 1.

Table 1

The average load of every VM

Virtual Machine	CPU Utility	Virtual Machine	CPU Utility
V1	23.5	V9	19.4
V2	28.6	V10	9.3
V3	17.9	V11	8.7
V4	16.7	V12	7.1
V5	11.6	V13	8.3
V6	23.4	V14	27.3
V7	14.8	V15	25.3
V8	39.5	V16	25.6

For the whole system condition we assumed the following configuration values. Population scale is D=50, Hybridization probability P_c = 0.9 and Mutation probability is self-adaptive probability. Theoretically, Hybridization probability can be P_c = [0,0.9] and Mutation probability P_m = (0,1). System load variation constraint which is a stopping condition parameter σ = 0.5. The whole algorithm was realized by JAVA.

By setting up the above parameters and running the algorithm, we got the following mapping relationship solution shown in Figure 3.

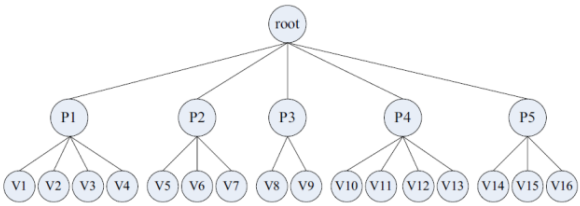


Рисунок. Fig. 2. Mapping relationships before using algorithm.

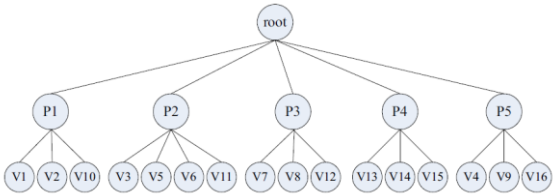


Рисунок. Fig. 3. Mapping relationships after using algorithm

In the course of the experiment, we can see in Figure 2 and 3, the before and after effect on the tree structure mapping relationships using the algorithm. We can also see that VM loads are balanced on each physical machines i.e. every physical machine have approximately equal amount of load. The heat variation constraint, which is the stopping condition for the algorithm is also achieved i.e. overall system load variation, should be less or equal to 0.5. As a result, we can conclude that the above explained algorithm has improved the load balancing.

For more results we compared the performance of our algorithm with the current VM balancing scheduling methods including the least-loaded scheduling method and the rotating scheduling method[4].

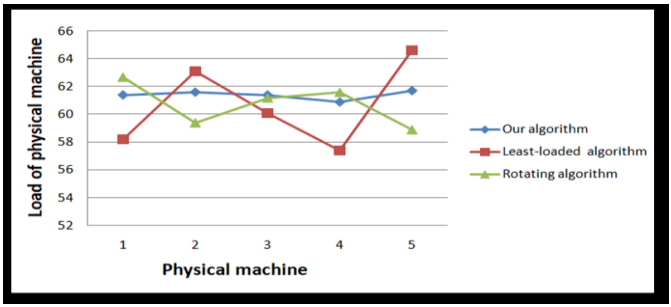


Fig. 4. Comparison of three algorithms

From figure 4, it can be seen that the method of this paper better guarantees the system load balancing because of its consideration of historical factors. The least-loaded scheduling method works worse and the rotating scheduling method works the worst. The experiment shows that the method of this paper has certain superiority in achieving system load balancing.

Conclusions

In view of the current load balancing in VM resources scheduling, this paper presents a scheduling strategy on VM load balancing based on genetic algorithm. Considering the VM resources scheduling in cloud computing environment and with the advantage of genetic algorithm, this method according to historical data and current states computes in advance the influence it will have on the whole system when the current VM service resources that need deploying are arranged to every physical node, and then it chooses the solution which will have the least influence on the system after arrangement. The experimental results show that this method can better realize load balancing and proper resource utilization.

References

1. Rewinin, H. E. Task Scheduling in parallel and Distributed System Englewood Cliffs / H. E. Rewinin, T. G. Lewis, H. H. Ali // New Jersey: Prentice Hall. – 2011. – P. 401-403.

2. Clark, C. A. Live Migration of Virtual Machines / C. A. Clark, K. A. Fraser, S. F. Hand // Proceedings of the 2nd Int'l Conference on Networked Systems Design & Implementation. –Berkeley, CA, USA. – 2009.

3. Tram, T. H. Virtual Resources Allocation for Workflow-Based Applications Distribution on a Cloud Infrastructure / T. H. Tram, M. A. Johan // 10th IEEE/ACM International Conference on Cluster, Cloud and Grid Computing. – USA. – 2010. – P. 612-617.

4. Goldberg, E. A. The existential pleasures of genetic algorithms / E. A. Goldberg // Genetic Algorithms in Engineering and Computer Science, Winter G ed . – New York: Wiley . – 1995. – P. 23-31.

Компьютерная реализация LP-структур

С.Ю. Болотова, email: bolotova.svetlana@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены вопросы реализации LP-структур, опирающиеся на методы представления решеток битовыми векторами. Решены задачи программного нахождения логической редукции LP-структур. Описаны расширения архитектуры и функциональных возможностей пакета программ LPExpert, обеспечивающего реализацию метода релевантного вывода с выбором способов подсчета релевантности и с использованием параллельных вычислений.*

Ключевые слова: *LP-структуры, продукционные системы, LP-вывод, компьютерная реализация LP-структур.*

Введение

Как было замечено в [1-2], при решении задач представления знаний и управления знаниями достаточно эффективными оказываются алгебраические методы. Работы [3-4] посвящены моделированию продукционно-логического вывода на основе математической теории решеток и отношений. Информация о предметной области представляется в виде математической решетки, а продукционные связи моделируются дополнительным бинарным отношением с набором логических свойств: рефлексивность, транзитивность и некоторые другие. Решетка с заданным на ней логическим отношением называется LP-структурой.

В статье [4] задача формализации обратного продукционно-логического вывода сведена к решению уравнений в LP-структурах. Рассмотрены вопросы разрешимости таких уравнений и способы их решения.

В [5] изложены идеи и некоторые результаты практического применения таких уравнений для ускорения обратного вывода. Стратегия релевантного вывода направлена на минимизацию количества медленно выполняемых внешних запросов. Запросы по возможности соответствуют фактам, действительно необходимым при выводе. Отрицательный ответ на запрос исключает последующие запросы об элементах связанного подмножества фактов. Кроме того, при LP-выводе

© Болотова С. Ю., 2019

предпочтение отдается тестированию множеств фактов минимальной мощности.

В работе [6] представлены основные идеи метода релевантного обратного вывода, сформулированы соответствующие алгоритмы, а также предложены и исследованы новые стратегии подсчета показателей релевантности.

В настоящей статье рассматриваются вопросы кодирования LP-структур, опирающиеся на известные методы представления решеток битовыми векторами [7, 8].

1. Общие принципы реализации

Важный вопрос, возникающий при попытке компьютерной реализации LP-структур, состоит в обосновании формата представления решеток и заданных на них бинарных отношений [9]. Для булеана при количестве его атомов n общее число элементов составляет 2^n. Таким образом, в общем случае хранение отношения на решетке в виде статической матрицы (смежности или инциденций) неэффективно. На практике бинарное отношение на решетке может быть представлено в виде динамического множества пар ее элементов.

Отдельно с точки зрения реализации следует рассмотреть и задачу нахождения логической редукции LP-структуры [10]. В приложении к экспертным продукционным системам ее решение заключается в получении минимальной базы знаний, эквивалентной исходной.

Как описано в [10], для бинарного отношения R на решетке $\mathbb{F}$ логическая редукция $\underline{R}^0$ может быть получена последовательным выполнением следующих шагов:

1. добавить к R все пары вида (A, A), где $A \in \mathbb{F}_R$ (рефлексивные пары), и обозначить новое отношение R_1;

2. добавить к R_1 всевозможные пары (A, B) с элементами вида $A = \bigcup_i A_i$, $B = \bigcup_i B_i$, где все (A_i, B_i) $(i = 1, ..., n)$ принадлежат R_1;

3. объединить полученное отношение с отношением включения $\supset_R$ и обозначить новое отношение $\tilde{R}$;

4. построить транзитивную редукцию R^0 отношения $\tilde{R}$;

5. исключить из $\tilde{R}$ содержащиеся в нем пары вида $A \supset_R B$ и обозначить новое отношение R_{-1};

6. исключить из R_{-1} всевозможные пары (A, B) с элементами вида $A = \bigcup_i A_i$, $B = \bigcup_i B_i$, где все (A_i, B_i) $(i = 1,...,n)$ принадлежат R_{-1} и не совпадают с (A, B);

7. исключить из полученного отношения все рефлексивные пары.

Из соображений экономии памяти физическое добавление к множеству новых пар следует производить лишь в случае необходимости. В частности, нецелесообразно хранить рефлексивные (шаг 1) или подчиненные (шаг 3) пары, если способ кодирования решетки будет допускать эффективное вычисление частичного порядка.

Непосредственная реализация шага 2 также потребовала бы чрезмерного расхода памяти, соизмеримого с построением булеана на универсуме R. Кроме того, в дальнейших вычислениях из огромного количества добавленных таким образом пар практически использовалась бы лишь незначительная часть. Как следствие, приходим к целесообразности динамического построения необходимых пар множества $\tilde{R}$.

Обсудим также вопрос построения транзитивной редукции (шаг 4) отношения $\tilde{R}$. Как показано в [11], эта задача вычислительно эквивалентна задаче нахождения транзитивного замыкания. Однако, этот способ не представляется эффективным. В качестве практически реализуемого способа можно лишь выбрать исследование множества пар на транзитивную избыточность. Таким образом, в описываемой реализации транзитивная редукция отношения $\tilde{R}$ вычисляется путем исключения пар, связанных транзитивными последовательностями.

2. Кодирование LP-структур

Способ представления в памяти LP-структур очевидным образом непосредственно связан с методами кодирования решеток. Данному вопросу посвящены работы [7, 8]. Очевидно, что рассматриваемая реализация LP-структур должна экономить память и предоставлять быстрые «решеточные» операции (объединение, пересечение, частичный порядок). Данным требованиям во многом удовлетворяет кодирование решеток битовыми векторами.

Конечная булева решетка может быть представлена множеством битовых векторов одинакового размера N, где N – число атомов решетки. Каждому элементу a решетки соответствует единственный битовый вектор $BitVect(a)$, при этом каждому атому – вектор с одной единицей в соответствующей позиции и нулями – в остальных.

Вычисление операций на решетке сводится к вычислению побитовых логических операций сложения (|) и умножения (&) над компонентами векторов.

Как известно [8], побитовые логические операции относятся к низкоуровневым и, соответственно, наиболее быстрым двуместным операциям в современных компьютерах. Теоретически с точки зрения анализа сложности алгоритмов нельзя утверждать, что операция над двумя векторами будет выполняться за константное время, поскольку разрядность компьютера (например, 32 или 64) может оказаться недостаточной для представления битового вектора единственным словом памяти. Однако величина сложности операции $N/32$ или $N/64$ вполне приемлема при общем количестве элементов решетки 2^N.

Поскольку представленная реализация стандартных LP-структур использует конечные булевы решетки, то заявленные потребности исчерпываются указанным выше способом кодирования решеток. Однако, если необходимо использование более общих видов решеток, можно обратиться, например, к исследованию [7], где описывается технология кодирования битовыми векторами произвольных решеток.

Еще один вопрос реализации LP-структур связан со способом хранения вторичных бинарных отношений на решетках. Эффективность операций доступа к множеству пар бинарного отношения (поиск, включение и исключение элементов) на практике обеспечивается, например, возможностью его хранения в виде сбалансированного бинарного дерева. Такой подход требует сопоставления элементам хранимого множества уникальных вполне упорядоченных ключей. Ключ по возможности должен размещаться в слове или двойном слове компьютера. Тогда при доступе к множеству операция сравнения ключей будет выполняться за константное время. Таким образом, возникает идея хранения пары элементов решетки как пары ссылок на соответствующие им битовые векторы. Эти ссылки будут содержаться в смежных частях двойного целого числа, и данное число может использоваться в качестве упомянутого ключа.

Для хранения канонических отношений на решетке при реализации ряда алгоритмов будет применяться еще одно представление – в виде вектора множеств. Каноническое отношение на атомно-порожденной решетке [10] состоит из пар «хорновского» типа. Правая часть такой пары представляет собой атом решетки, а левая – объединение атомов. Для такого отношения можно построить массив, элементами которого являются подмножества элементов решетки. Индексом такого массива

служит номер атома решетки (например, номер единственной ненулевой компоненты в соответствующем атому битовом векторе), а содержимым элемента массива – множество элементов решетки, составляющих с данным атомом пары в качестве их левых частей.

Описанное представление эффективно как с точки зрения использования памяти, так как хранятся лишь левые части пар, так и быстродействия, поскольку доступ к ним осуществляется по индексу в массиве.

Заключение

В настоящей работе рассмотрены вопросы кодирования LP-структур, опирающиеся на методы представления решеток битовыми векторами. Предложен способ решения задачи программного нахождения логической редукции LP-структур. Описанная реализация эффективна по памяти и быстродействию. Этот способ может быть применен для реализации в LP-структуре алгоритмов параллельного обратного вывода [12] при фиксированном множестве правил.

Список литературы

1. Sowa J. F. Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations / J. F. Sowa. – Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA,1999. – 608 p.
2. Бениаминов Е. М. Алгебраические методы в теории баз данных и представлении знаний / Е. М. Бениаминов. – М. : Научный мир, 2003. – 184 с.
3. Махортов С. Д. Логические отношения на решетках / С. Д. Махортов // Вестник ВГУ. Серия Физика, математика. – Воронеж. – 2003. – No 2. – С. 203-209.
4. Махортов С. Д. Логические уравнения на решетках / С. Д. Махортов // Вестник ВГУ. Серия Физика, математика. – Воронеж. – 2004, No 2. – С. 170-178.
5. Махортов С. Д. Релевантный обратный вывод и верификация логических программ на основе решения уравнений в LP-структурах / С. Д. Махортов // Методы и средства обработки информации: III Всероссийская научная конференция. Москва, 6-8 октября 2009 г.: Сб. трудов / Под ред. Л.Н. Королева. – М. : ВМиК МГУ, 2009. – С. 143-148.
6. Болотова С. Ю. Стратегии подсчета релевантности в методе релевантного обратного вывода / С. Ю. Болотова, С. Д. Махортов // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – № 4.2(26). – С. 210-220.
7. Halib M. Bit-vector encoding for partially ordered sets / M. Halib, L. Nourine // Lect. Notes Comput. Sci. – 1994. – V. 831. – P. 1-12.

8. Sowa J. F. Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine / J. F.Sowa. – Reading, MA : Addison-Wesley, 1984. – 481 p.

9. Махортов С. Д. Интегрированная среда логического программирования LPExpert / С. Д. Махортов // Информационные технологии. – 2009. – № 12. – С. 65-66.

10. Махортов С.Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP-структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / С.Д. Махортов; Под ред. В. А. Васенина. – М. : Издательство МЦНМО, 2009. – 304 с.

11. Aho A. V. The transitive reduction of a directed graph. SIAM J. Computing 1 : 2 / A. V. Aho, M. R. Garey, J. D. Ulman, 1972. – P. 131-137.

12. Болотова С. Ю. Реализация и исследование параллельного релевантного вывода / С. Ю. Болотова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – Воронеж. – 2017. – No 3. – С. 130-141.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Особенности реализации мандатного и дискреционного доступа в различных СУБД

Д. В. Борисенков, email: xuser@relex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены различные подходы к реализации доступа к данным в реляционных СУБД и особенности их реализации в различных СУБД, включая отечественную СУБД ЛИНТЕР.*

Ключевые слова: *мандатный доступ, дискреционный доступ, метки доступа, СУБД, SQL.*

Введение

Информационные системы (ИС), построенные на основе систем управления базами данных (СУБД), являются в настоящее время основным инструментом для хранения структурированной информации. В условиях постоянного повышения стоимости хранимой информации и расширения круга имеющего доступ к ней лиц особую важность приобретает обеспечение информационной безопасности СУБД – конфиденциальности, целостности и доступности хранимых данных. Данная статья посвящена одному из главных аспектов информационной безопасности – предотвращению несанкционированного доступа к данным. Перечислены основные способы управления доступом к данным в реляционных СУБД, дана их сравнительная характеристика, описано отражение в стандарте языка SQL и особенности реализации в отдельных наиболее распространенных СУБД.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

1. Терминология

Субъектами доступа являются активные сущности (пользователи, процессы, исполняемые ими роли), которые запрашивают выполнение определенных *действий* над пассивными сущностями, входящими в состав БД – *объектами доступа* (таблицами/представлениями и их столбцами, отдельными строками таблиц и их полями, хранимыми процедурами и др.) Для успешного выполнения действия субъект доступа должен иметь соответствующие *привилегии*, наличие или отсутствие которых для конкретных субъекта, объекта и действия определяется *политикой* управления доступом. Средства определения

© Борисенков Д. В., 2019

политики управления доступом предоставляет некоторый *способ* (метод) управления доступом или комбинация таких способов. Для проверки разрешения выполнения действия СУБД вызывает *механизм* управления доступом, который гарантирует невозможность получения доступа к данным в обход проверок наличия требуемых привилегий

2. Авторизация и владение объектами доступа

Стандарт языка SQL [1] не уделяет внимания концепции пользователя, оставляя ее определение на усмотрение реализации СУБД; также не рассматриваются в нем и способы аутентификации пользователей: парольный, на уровне операционной системы, внешним приложением, на уровне сетевых протоколов авторизации и служб каталогов: LDAP, Kerberos, Microsoft Active Directory и др.

С точки зрения стандарта SQL важным является понятие идентификатора авторизации, связанного либо с пользователем, определяемым на уровне реализации поддержки SQL, либо с ролью, которая представляет собой именованный набор привилегий (см. далее описание ролевого способа доступа). Роли подобны группам и могут иерархически включать друг друга. Основным контейнером объектов является схема, владельцем которой может быть любой идентификатор авторизации – не только пользователь, но и роль. Стандарт SQL не предусматривает возможности переноса существующего объекта в другую схему и тем более перехода его от создателя к другому владельцу, но в СУБД PostgreSQL можно выполнить такие действия с помощью вариантов SET SCHEMA и OWNER TO оператора ALTER TABLE [2].

Для организации выполнения вложенных действий (например, вызова хранимой процедуры из запроса) организуется так называемый стек авторизации. Разным уровням этого стека могут соответствовать разные идентификаторы авторизации (например, в случае, когда хранимая процедура исполняется с привилегиями ее владельца). На каждом уровне стека авторизации может быть задан пользователь, а также доступная ему роль.

3. Дискреционный и мандатный способы управления доступом

Наиболее распространенными способами управления доступом к информации, используемыми в СУБД и других программных системах, являются *дискреционный* или избирательный способ (discretionary access control, DAC) и *мандатный*, или принудительный способ (mandatory access control, MAC).

Сравнение характеристик этих двух способов управления доступом приведено в следующей таблице.

Таблица

Сравнение мандатного и дискреционного способов управления доступом в СУБД

	Дискреционный доступ	**Мандатный доступ**
Субъекты доступа	Пользователи БД, роли	Обычно пользователи
Объекты доступа	Таблицы, их столбцы, хранимые процедуры, другие объекты БД (последовательности, домены, кодировки и т.д.)	Таблицы, столбцы таблиц, строки, отдельные поля строк, другие объекты БД
Типы привилегий	Множество различных привилегий для таблиц (SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE. REFERENCES и т.д.) и их отдельных столбцов, EXECUTE для хранимых процедур, USAGE для объектов других типов	Привилегии чтения и записи информации, либо их комбинация (для обновления существующей информации)
Способ назначения или отмены	Прямой (отдельному субъекту доступа предоставляется либо у него отбирается привилегия на конкретный тип доступа к отдельному объекту доступа)	Косвенный (доступ предоставляется или отменяется путем назначения субъекту доступа метки доступа, объекту доступа метка конфиденциальности обычно назначается при его создании)
Кто назначает или отменяет	Владелец объекта, реже другой владелец назначаемых привилегий или суперпользователь	Администратор безопасности базы данных
Организация информации о доступе	Элементы словаря базы данных (матрица доступа либо списки управления доступом)	Элементы словаря базы данных и метаданные низкого уровня, хранимые вместе с данными (метки конфиденциальности и доступа)

Окончание таблицы

	Дискреционный доступ	**Мандатный доступ**
Реакция в случае отсутствия доступа	Часто субъекту доступа возвращается информация об отсутствии требуемых для выполнения запроса привилегий	По возможности субъекту доступа возвращается такая информация, как если бы в БД не существовали недоступные ему объекты
Связь с управлением доступом на других уровнях	Обычно отсутствует	Обычно сопровождается аналогичным управлением доступом на уровне операционной системы
Стандарты	Механизм дискреционного управления доступом подробно описан в стандарте SQL ISO/IEC	Упоминания о мандатном доступе отсутствуют в стандарте SQL ISO/IEC, основные СУБД имеют собственные реализации
Реализация	Предоставляется всеми версиями реляционных СУБД	Предоставляется специальными защищенными (trusted) версиями некоторых реляционных СУБД
Применение	Используется практически всегда (за исключением однопользовательского режима работы)	Используется в случае повышенных требований к защите данных (государственная или коммерческая тайна)
Преимущества	Гибкость	Надежность
Недостатки	Отсутствие контроля за действиями пользователя над информацией после ее получения Сложность централизованного контроля Большой объем информации о доступе (если не комбинировать с ролевым доступом)	Сложность в реализации Предоставление пользователям избыточных привилегий (если не комбинировать с дискреционным доступом)

Характерной особенностью дискреционного управления доступом в MS SQL Server [3] является иерархический характер как субъектов, так и объектов доступа. Каждый субъект или объект рассматриваются в некотором контексте, контексты образуют иерархию, которая может содержать до четырех уровней: самым нижним уровнем является схема, затем база данных, SQL-сервер, и самый верхний уровень, уже не относящийся к СУБД – среда Windows. Пользователи и роли могут быть определены на уровнях от Windows до базы данных. Соответственно, иерархический характер могут иметь и привилегии, универсальные для всех типов объектов и контекстов, например: CREATE – создание любого объекта в заданном контексте, ALTER / ALTER ANY – изменение характеристик объекта либо любого объекта в заданном контексте, CONTROL – полное управление объектом либо всеми объектами в заданном контексте.

В СУБД Oracle [4] метки мандатного доступа могут включать три компонента: обязательный компонент – ранг (уровень), выбираемый из упорядоченного набора уровней, и два необязательных компонента – множество категорий и набор иерархически организованных групп. Минимальным объектом доступа при этом является строка таблицы. Механизм проверки мандатного доступа в Oracle основан на так называемых виртуальных частных БД (virtual private database, VPD) и связан с переписывание подаваемых к БД запросов с добавлением в конструкции WHERE условий сравнения меток мандатного доступа.

В отечественной СУБД ЛИНТЕР [5] не реализовано назначение привилегий их владельцем, отличным от владельца объекта (GRANT OPTION), однако, как показал опыт технической поддержки этой СУБД, данная возможность практически не востребована пользователями. Мандатный доступ в СУБД ЛИНТЕР реализован не только на уровне строк таблиц, но даже и отдельных полей этих строк: с одной стороны, это предоставляет пользователям дополнительные возможности; с другой стороны, затрудняет исключение скрытых каналов получения информации из БД. Неиерархический компонент мандатного доступа в СУБД ЛИНТЕР реализован в виде групп, а не категорий, при этом группы не могут быть включены друг в друга; для возможности обеспечения доступа одной группы к данным другой группы реализован аппарат доверия между группами.

4. Другие способы управления доступом и их комбинации

В комбинации с дискреционным (реже – мандатным) способом часто используется *ролевой* способ управления доступом (Role Based Access Control, RBAC), который в случае комбинации с дискреционным доступом позволяет значительно уменьшить размер информации о

доступе. Роли при этом выступают промежуточным звеном между пользователями и привилегиями, объединяя пользователей, обладающих общим наборами привилегий.

Для существующих реализаций ролевого доступа типично автоматическое включение в базу данных нескольких предопределенных ролей, которым предоставляются привилегии общесистемного уровня: запуск и останов сервера, архивирование и восстановление БД, управление пользователями ролями и их привилегиями и т.п.

Интересным свойством реализации ролей в MS SQL Server является наличие так называемых ролей приложений, которые активируются только при установлении соединения с БД из некоторого фиксированного приложения.

При совместном использовании дискреционного и мандатного доступа их привилегии комбинируются между собой по «И» (т.е. для выполнения какого-либо действия нужно иметь привилегии обоих этих способов). В то же время для ролевого доступа используется и комбинация по «ИЛИ» (пользователь может иметь привилегии, назначенные ему лично либо через какую-то из доступных ему ролей).

В случае комбинации дискреционного и ролевого доступа иногда возникает необходимость удалить отдельные привилегии из всего их множества, назначенного по общим правилам; например, запретить пользователю выполнение некоторого действия вне зависимости от наличия привилегий на выполнение этого действия у доступных ему ролей. Способ выполнения этой задачи предоставляет так называемая *негативная авторизация*, в MS SQL Server и PostgreSQL для ее задания служит оператор DENY.

Еще один способ управления доступом в реляционных базах данных основывается на значениях данных, к которым осуществляется доступ (Content Based Access Control, CBAC). Примером его использования является назначение привилегий на представления с непустым условием WHERE при отсутствии доступа к базовым таблицам, из которых эти представления выбирают данные. Недостатком такого способа является необходимость создания большого количества представлений, возможно, пропорционального как количеству таблиц, так и количеству пользователей или ролей.

К этой же категории можно отнести уже упомянутый механизм VPD в СУБД Oracle. С его помощью администратор безопасности может создавать политики безопасности, привязанные к таблицам или отдельным столбцам и добавляющие дополнительные проверки в конструкцию WHERE, которые обычно включают обращение к функции, возвращающей информацию о текущем пользователе.

5. Аудит

Кроме предотвращения попыток несанкционированного доступа, важную роль в системах управления доступом играет *аудит* – протоколирование действий над БД, как выполненных, так и запрошенных пользователем, но отвергнутых СУБД по причине отсутствия необходимых привилегий или по другим причинам (например, нарушения ограничений целостности). Стандарт SQL не рассматривает вопросы аудита, и каждая СУБД имеет собственный синтаксис для управления этой функциональностью. Удобным в этом контексте является выделение политики аудита как отдельной сущности, содержащей некоторый набор настроек аудита; такой подход характерен, в частности, для СУБД IBM DB2 [6].

Заключение

Разумеется, в ограниченном объеме статьи были рассмотрены лишь некоторые наиболее интересные особенности управления доступом в различных СУБД; существуют и более полные их обзоры, например, работа Э. Бертино и соавторов [7]. Общий вывод, который можно сделать, не оригинален – качество защиты базы данных от несанкционированного доступа зависит от комплексного применения различных способов управления доступом в СУБД в сочетании с соответствующими мерами на других уровнях (операционной системы, технического и организационного обеспечения).

Список литературы

1. ISO/IEC 9075-2:2011 Information technology – Database languages – SQL – Part 2: Foundation (SQL/Foundation).
2. PostgreSQL 11.1 Documentation [Электронный ресурс] / The PostgreSQL Global Development Group. – Режим доступа : https://www.postgresql.org/files/documentation/pdf/11/postgresql-11-A4.pdf
3. Security Center for SQL Server Database Engine [Электронный ресурс] / Microsoft Corporation. – Режим доступа : https://docs.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/security
4. Database Security Guide [Электронный ресурс] / Oracle Corp. – Режим доступа : https://docs.oracle.com/database/121/DBSEG/toc.htm
5. Администрирование комплекса средств защиты данных [Электронный ресурс] / ЗАО НПП РЕЛЭКС. – Режим доступа : https://linter.ru/ru/documentation/information/pdf/admin_szi.pdf
6. Функции разграничения и контроля доступа IBM DB2 [Электронный ресурс] / IBM. – Режим доступа : https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/db2-luw-russian-05/
7. Bertino, E. Access Control for Databases: Concepts and Systems / E. Bertino, G. Ghinita, A. Kamra // Foundations and Trends in Databases. – 2010. – Vol. 3. – Nos. 1-2. – P. 1-148.

Особенности работы с LSM-деревьями

И. Б. Глазырин, e-mail: heathwind@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрена концепция LSM-дерева, особенности чтения и записи данных, а также различные подходы при сжатии данных.*

Ключевые слова: *lsm-tree, структура данных, ключ-значение.*

Введение

Среди самых важных характеристик любой базы данных следует назвать производительность, надежность и простоту администрирования. Знание того, как большинство СУБД физически хранят данные во внешней памяти, представление о параметрах этого хранения и соответствующих методах доступа может очень помочь при проектировании баз данных, обладающих заданной производительностью.

Таблицы и индексы баз данных обычно хранятся на жестком диске в одной из многочисленных форм: в Flat-файлах, ISAM, «Кучах», Hash-корзинах и т.д. Каждая форма имеет свои преимущества и недостатки. В данной работе рассматривается структура хранения данных в виде LSM-дерева (от Log-structured merge-tree – журнально-структурированное дерево со слиянием), которая сейчас используется во многих СУБД (MongoDB, Apache Cassandra и др.) [1].

1. Общая концепция

Концепция LSM-дерева довольно простая. Вместо того чтобы иметь одну большую индексную структуру (которая либо будет разбросана в файловой системе, либо значительно будет увеличивать количество записей), группы записей сохраняются последовательно в набор маленьких индексных файлов. Таким образом, каждый файл содержит набор изменений, охватывающих короткий период времени. Каждый файл сортируется перед тем, как он будет записан, что приводит к ускорению последующего поиска. Эти файлы не меняются со временем, а новые записи идут в новые файлы. Также периодически происходит объединение файлов для уменьшения их количества.

Давайте посмотрим на это немного подробнее. При поступлении новых записей они добавляются в буфер в памяти (Memtable), который

© Глазырин И. Б., 2019

обычно хранится в виде дерева (красно-черное и т. д.) для сохранения порядка ключей. Memtable в большинстве реализаций реплицируется на диск как журнал упреждающей записи для возможности восстановления. Когда Memtable заполняется, отсортированные данные записываются в новый файл на диске. Этот процесс повторяется по мере того, как поступает все больше и больше записей. Важно, что система выполняет только последовательный ввод-вывод, поскольку файлы не редактируются. Новые записи или правки просто создают последовательные файлы (рис. 1).

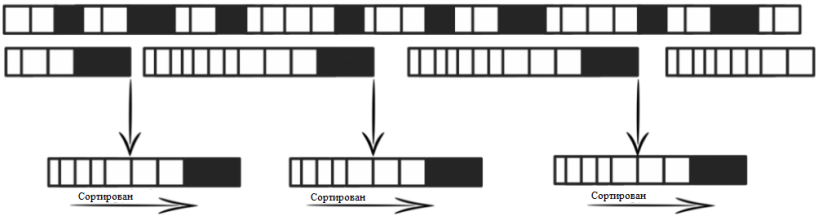


Рис. 1. Представление базового алгоритма записи данных в память и в файлы

Таким образом, по мере того, как в систему поступает все больше данных, создается все больше и больше этих неизменных упорядоченных файлов. Каждый из них представляет собой небольшое хронологическое подмножество изменений, прошедших сортировку [2].

Поскольку старые файлы не обновляются, создаются дубликаты записей для замены предыдущих записей, что создает некоторую избыточность.

Периодически система выполняет сжатие. Сжатие выбирает несколько файлов и объединяет их вместе, удаляя все дублированные обновления или удаления. Это важно как для устранения вышеупомянутой избыточности, так и, что более важно, для контроля производительности чтения, которая уменьшается с увеличением количества файлов. К счастью, поскольку файлы отсортированы, процесс объединения файлов является довольно эффективным.

Когда запрашивается операция чтения, система сначала проверяет Memtable. Если ключ не найден, различные файлы будут проверяться один за другим в обратном хронологическом порядке, пока ключ не будет найден. Однако чтение будет становиться все медленнее и медленнее по мере увеличения количества файлов, поскольку каждый из них должен быть проверен.

Таким образом, чтение в LSM-деревьях происходит медленнее, чем в их аналогах. К счастью, есть пара подходов, которые могут сделать работу с LSM-деревьями эффективнее. Наиболее распространенным подходом является хранение индекса страницы в памяти. В результате получается справочник, который приближает к требуемому ключу. Затем осуществляется сканирование с этого места, поскольку данные отсортированы. LevelDB , RocksDB и BigTable делают это с блочным индексом, хранящимся в конце каждого файла. Это часто работает лучше, чем прямой двоичный поиск, поскольку позволяет использовать поля переменной длины и лучше подходит для сжатых данных.

Однако даже с учетом хранения индексов операции чтения все равно будут замедляться по мере увеличения количества файлов. Это контролируется путем периодического объединения файлов. Такие сжатия поддерживают количество файлов и, следовательно, производительность чтения в допустимых пределах.

Но даже при чтении со сжатием все равно придется посещать множество файлов. Большинство реализаций избегают этого благодаря использованию фильтра Блума [3]. Фильтры Блума – это эффективный по использованию памяти способ, позволяющий определить, содержит ли файл ключ.

Таким образом, все записи сгруппированы и записаны только последовательными порциями. Также существует дополнительный штраф ввода-вывода при периодических сжатиях. Однако операции чтения могут касаться большого количества файлов при поиске одной строки. В результате мы меняем случайный ввод-вывод при записи на случайный ввод-вывод при чтении. Этот компромисс имеет смысл, если мы можем использовать программные подходы (фильтры Блума) или аппаратные подходы (кэш-память больших файлов), для оптимизации производительности чтения.

2. Сжатие данных

Чтобы обеспечить относительно быстрое чтение в LSM-деревьях, важно уменьшить количество файлов, поэтому давайте посмотрим более подробно на сжатие. Этот процесс похож на сборку мусора:

Когда создано определенное количество файлов, скажем, пять файлов, каждый с 10 строками, они объединяются в один файл с 50 строками. Этот процесс продолжается с созданием большего количества файлов с 10 строками. Они объединяются файлы по 50 строк каждый раз, когда пятый файл заполняется.

В конце концов, есть пять файлов по 50 строк. На этом этапе пять файлов по 50 строк объединяются в один файл из 250 строк. Далее процесс продолжает создавать все большие и большие файлы (рис. 2).

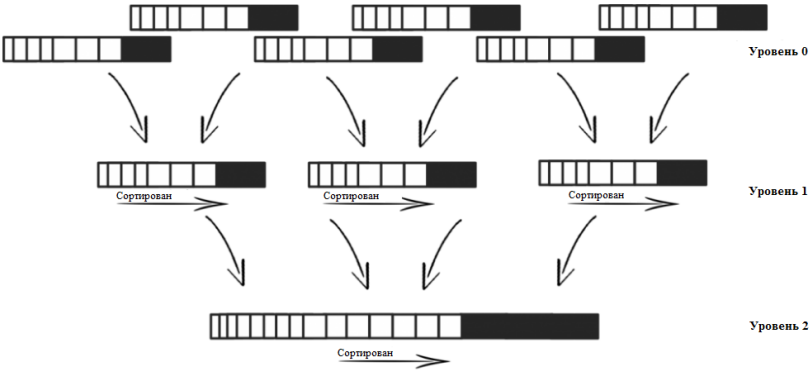


Рис. 2. Сжатие записей и файлов

Вышеупомянутая проблема с этим подходом – большое количество созданных файлов: в худшем случае для нахождения требуемой записи поиск должен пройти через все эти файлы.

Более новые реализации, такие как в LevelDB, RocksDB и Cassandra, решают эту проблему сжатия с помощью подхода, основанного на уровне, а не размере. Это уменьшает количество файлов, к которым необходимо обращаться для чтения в худшем случае, а также уменьшает относительное влияние отдельного уплотнения.

Этот подход имеет два ключевых различия по сравнению с базовым подходом:

1. Каждый уровень может содержать несколько файлов и гарантированно не имеет перекрывающихся ключей внутри него. То есть ключи распределены по файлам, и чтобы найти ключ на определенном уровне, нужно обратиться только к одному файлу (первый уровень – это особый случай, когда указанное выше свойство не выполняется).

2. Файлы объединяются в верхние уровни по одному файлу за раз. Когда уровень заполняется, из него извлекается один файл, который сливается с уровнем выше, создавая пространство для добавления дополнительных данных. Это немного отличается от базового подхода, когда несколько файлов одинакового размера объединяются в один более крупный.

Эти изменения означают, что подход, основанный на уровнях, растягивает влияние сжатия во времени, а также требует меньшего общего пространства, что обеспечивает лучшую производительность чтения.

3. Вывод

LSM-деревья предоставляют механизм для управления набором небольших отдельных индексных файлов.

Управляя группой индексов, а не одним, LSM-подход обменивает дорогой случайный ввод-вывод, связанный с обновлением на месте в B+ или хэш-индексах, на быстрый, последовательный ввод-вывод. Минус такого подхода заключается в том, что операции чтения должны быть направлены на большое количество индексных файлов, а не только на один, а также есть дополнительная стоимость ввода-вывода для сжатия.

Так действительно ли LSM-подходы лучше, чем традиционные, основанные на одном дереве?

Мы видели, что LSM-подход имеют лучшую производительность записи, несмотря на ее стоимость. У LSM-деревьев есть и другие преимущества. Отсортированные файлы, которые создает LSM-дерево, являются неизменяемыми. Это значительно упрощает семантику блокировки над ними. Обычно единственным изменяемым ресурсом является Memtable. Это является преимуществом по сравнению с единичными деревьями, которые требуют сложных механизмов блокировки для управления изменениями на разных уровнях.

Таким образом, в конечном итоге вопрос, вероятно, будет о том, насколько ориентированы на запись ожидаемые рабочие нагрузки. Если наиболее важна производительность записи, то LSM-подход является наилучшим благодаря своей экономии.

В свою очередь, отдельные реализации LSM-деревьев, такие как LevelDB и Cassandra, обеспечивают лучшую производительность записи, чем подходы на основе одного дерева.

Заключение

В данной работы были рассмотрены особенности работы LSM-деревьев: базовая концепция, особенности записи и чтения данных. Было проанализировано сжатие данных, выполняемое для уменьшения количества файлов. Сделан вывод, что LSM-деревья выгоднее всего использовать для быстрого доступа по индексу в условиях частых запросов на запись.

Литература

1. Википедия [Электронный ресурс] / Log-structured merge-tree. – Режим доступа : https://en.wikipedia.org/wiki/Log-structured_merge-tree

2. The log-structured merge-tree (LSM-tree) / О'Нил П.Е. [и др.] // UMass/Boston Math & CS Dept Technical Report. – Acta Informatica, 1991. – 32 с.

3. Никита, Горохов [Электронный ресурс] / Фильтр Блума. – Режим доступа : http://codeforces.com/blog/entry/5039

Префиксное сжатие индексов

Т. С. Гудкова, e-mail: tanufa25@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрено использование сжатых префиксных деревьев для организации индексов баз данных, а также операции поиска, вставки и удаления для данной структуры данных.*

Ключевые слова: *СУБД, индекс, префиксное дерево, сжатое префиксное дерево, ключ.*

Введение

В основном, все информационные системы в настоящее время используют данные, которые организованы специальным образом с помощью систем управления базами данных (СУБД). Однако, таблицы в таких системах могут иметь большое количество строк, хранящихся в произвольном порядке, и их поиск по какому-либо заданному критерию путём последовательного просмотра таблицы строка за строкой может занимать много времени. В связи с этим, для того чтобы обеспечить наиболее быстрый поиск, были введены индексы – наборы дополнительных данных, записанные в удобном виде, которые позволяют существенно ускорить поиск, хоть и требуют дополнительных усилий для поддержания их актуальности [1].

Индекс состоит из значений одного или нескольких столбцов таблицы и указателей на соответствующие строки таблицы и, таким образом, позволяет искать строки, удовлетворяющие критерию поиска. В зависимости от типов баз данных, индексы могут быть различными и реализовываться за счёт специфических математических механизмов. Наиболее часто индекс имеет оптимизированную под поиск структуру сбалансированного дерева, так как поддерживать такой индекс относительно просто.

Однако постоянно возрастающие требования к индексам как по скорости их работы, так и по минимизации объема хранимой информации, делают всегда актуальным рассмотрение новых вариантов. В данной работе будет рассмотрено использование сжатых префиксных деревьев для организации индексов.

© Гудкова Т. С., 2019

1. Префиксное дерево

Для начала рассмотрим, что такое префиксное дерево, которое также называют нагруженным деревом. Это структура данных, реализующая интерфейс ассоциативного массива, то есть позволяющая хранить пары «ключ-значение» [2]. Нагруженное дерево отличается от обычных деревьев поиска тем, что в его узлах не хранятся ключи. Вместо них в узлах хранятся односимвольные метки, а ключом, который соответствует некоторому узлу, является путь от корня дерева до этого узла, а точнее строка, составленная из меток узлов, повстречавшихся на этом пути. В таком случае корень дерева соответствует пустому ключу.

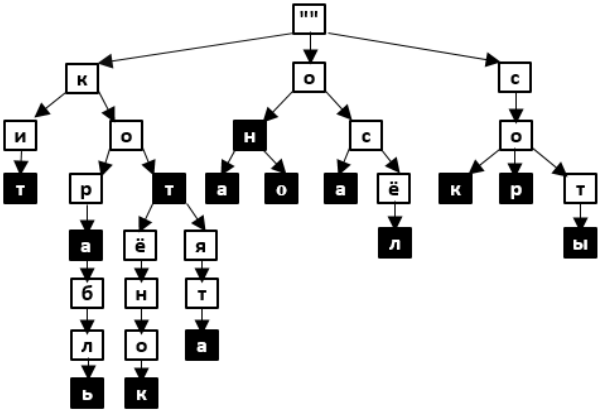


Рис. 1. Пример префиксного дерева

На рис. 1 некоторые узлы префиксного дерева выделены чёрным, это означает, что в них может содержаться последний символ ключа, остальные узлы называются промежуточными. Считается, что префиксное дерево содержит строку, соответствующую ключу, только в том случае, когда эту строку можно прочитать, двигаясь из корня до некоторого выделенного узла. На рис. 1 ключами являются строки: кит, кора, корабль, кот, котёнок, котята, он, она, оно, оса, осёл, сок, сор, соты.

2. Сжатое префиксное дерево

Для достижения более оптимального варианта к префиксному дереву применяют процедуру сжатия. Сжатое нагруженное дерево образуется из классического дерева путём удаления промежуточных узлов, ведущих к одному узлу, который не является промежуточным [3]. На рис. 2 приведён пример префиксного сжатого дерева.

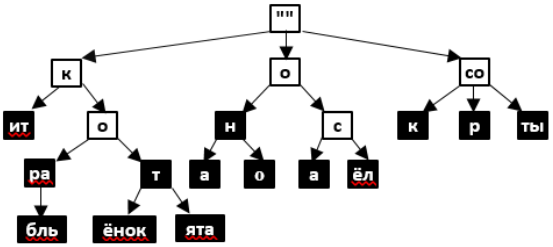


Рис. 2. Пример сжатого префиксного дерева

В программной реализации для определения, является ли данный узел выделенным, то есть можно ли, остановившись на нём, построить ключ, к каждому не промежуточному узлу добавляется терминальный символ, который нигде в строке больше не встречается, например, символ конца строки. И далее все цепочки строк, которые заканчиваются терминальным символом, будут рассматриваться в качестве ключей (рис. 3).

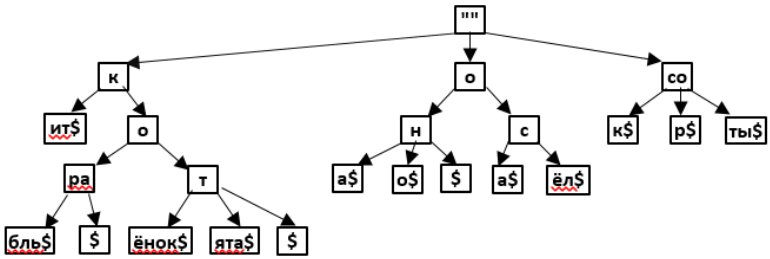


Рис. 3. Пример сжатого префиксного дерева с терминальным символом $ на конце ключей

Для программной реализации будем хранить в каждом узле список дочерних узлов. Список будет односвязным и хранить в узле мы будем только ссылку на голову списка, так называемую, старшую дочь. Это даёт преимущество в том, что можно отказаться от пустого корня. Таким образом, не листовые узлы могут содержать два указателя: link – на старший дочерний узел, next – на свою младшую сестру. На рис. 4 показан процесс такого преобразования, сплошные стрелки соответствуют указателям link, пунктирные – указателям next.

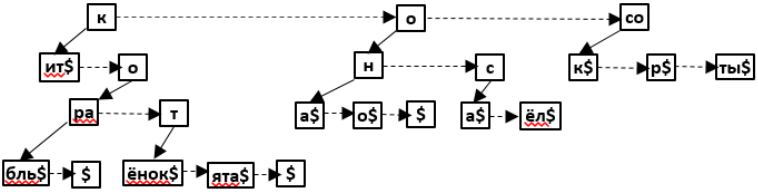


Рис. 4. Представление сжатого префиксного дерева в программной реализации

3. Операции поиска, добавления и удаления для сжатого префиксного дерева

Рассмотрим для начала операцию поиска нужного ключа по префиксному дереву. Движение начинаем от корневого узла дерева, на рис. 4 такой узел содержит строку «к» и является первым элементом верхнего списка. Если данный узел пустой, то поиск заканчивается с отрицательным результатом. Иначе, происходит сравнение искомой строки x, считается, что она заканчивается символом конца строки, и значения в узле str и вычисляется длина их наибольшего общего префикса. Далее могут быть получены следующие случаи:

– общий префикс может быть пустым, тогда надо рекурсивно продолжать поиск в последующей сестре текущего узла, то есть перейти по ссылке next;

– общий префикс может быть равен искомой строке x, и в этом случае, если узел листовой, то поиск заканчивается успешно;

– общий префикс может совпадать с ключом, но не совпадать с x, в данной ситуации нужно рекурсивно перейти по ссылке link к старшему дочернему узлу и передать ему для поиска строку x без найденного ранее префикса;

– общий префикс может быть, но не совпадать со строкой в узле, тогда поиск считается неудачным.

Теперь рассмотрим вставку нового ключа в сжатое префиксное дерево. Данная операция основана на поиске ключа и далее уже добавлении нового узла при отрицательном результате поиска. Рассмотрим нижеуказанные варианты:

– в случае пустого дерева нужно создать новый узел с заданным ключом;

– если список дочерних объектов пройден и не найдено общего префикса строки текущего узла str и добавляемой строки x, то у последнего элемента списка сделать ссылку next на вновь созданный узел, содержащий значение x;

– в ситуации, когда длина общего префикса строки текущего узла str и добавляемой строки x больше нуля, но меньше длины str, нужно разбить текущий узел на два, оставив в родительском узле найденный префикс, а из него сделать ссылку link на дочерний узел p, поместив в него оставшуюся часть строки родительского узла. После разделения процесс вставки не заканчивается, нужно добавить к узлу p ссылку next на вновь созданный узел, содержащий строку x без найденного префикса.

И в завершении проанализируем операцию удаления из сжатого префиксного дерева. При удалении ключа удаляется всего один листовой узел, соответствующий суффиксу некоторого удаляемого ключа. Сначала с помощью операции поиска необходимо найти этот узел, если поиск успешный, то будут предприняты действия по удалению. Если листовой узел был найден по ссылке next или link, то нужно перевесить соответствующую ссылку на последующую сестру, если она имеется, а найденный узел удалить. В случае, если удалённый узел был найден по ссылке link, и у него больше нет младших сестёр, необходимо произвести слияние узлов для поддержания префиксного дерева сжатым. Для этого значение из листового узла, который впоследствии удаляется, добавляется к родительскому узлу, который сам теперь становится листовым.

Заключение

В данной статье были рассмотрены такие структуры данных, как префиксные и сжатые префиксные деревья, которые могут подойти для организации работы индексов. Были проанализированы операции поиска, вставки и удаления для сжатых нагруженных деревьев. К сожалению, поиск по такой структуре данных не всегда будет происходить быстрее, чем у сбалансированных деревьев, так как в худшем случаем требуется перебор по списку всех сестёр дочернего объекта на каждом уровне дерева. Однако данная структура занимает значительно меньше памяти за счёт сжатия и может использоваться в качестве индексов при требовании экономии памяти.

Литература

1. Википедия [Электронный ресурс] : Database_index. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Database_index

2. Ахо, А. В. Структуры данных и алгоритмы / А. В. Ахо, Дж. Э. Хопкрофт , Дж. Д. Ульман, под ред. С. Н. Тригуба, пер. с англ. А. А. Минько. – М.: Вильямс, 2003. – 384 с.

3. Ершов Николай [Электронный ресурс] : сжатые префиксные деревья. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/151421/

Разработка веб-приложения для потоковой передачи данных в режиме реального времени без авторизации пользователей

А. А. Денищенко, e-mail: den-a-a@mail.ru
Д. Н. Борисов, e-mail: borisov@sc.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается технология WebRTC, проводится сравнение с аналогами, также рассмотрены используемые аудио-кодеки используемые WebRTC. На основе данной технологии построено приложение для видео-звонков и видео-конференций.*

Ключевые слова: *WebRTC, приложение WebRTC, разработка приложения, коммуникации, видео-звонки, потоковая передача данных в реальном времени.*

Введение

В настоящее время коммуникация по интернету является неотъемлемой частью современного общества. Сервисы коммуникации постоянно развиваются, растут и эволюционируют во что-то новое. Есть множество различных сервисов общения, которые могут быть копиями других, а могут существенно отличаться. Так же появился новый термин – компьютерно-опосредованная коммуникация. Этим термином обозначают [1] общение людей по сети, посредством электронных устройств. Нельзя не заметить важность коммуникаций посредством интернета на сегодняшний день, как для личного пользования, так и для делового. В качестве примера можно привести общение в социальных сетях через мобильные устройства, или же видеочат посредством программного обеспечения (ПО) Skype, установленного на компьютер. Вне зависимости от типа общения – текстовая переписка, или общение в мультимедиа формате – это всё относится к компьютерно-опосредованной коммуникации.

1. Выбор технологии потоковой передачи данных в режиме реального времени

Цель работы – разработка веб-приложения, обеспечивающего потоковый обмен текстовыми сообщениями, аудио и видео данными, с возможностью использования приложения без авторизации.

© Денищенко А. А., Борисов Д. Н., 2019

Перед началом разработки веб приложения необходимо выбрать технологию для потоковой передачи данных в режиме реального времени. Для этого были рассмотрены следующие технологии: Adobe Flash Player, Java (Applet), WebRTC.

Всем известная платформа Adobe Flash Player находится на закате своего использования. В 2017 году компания Adobe признала платформу устаревшей и объявила о завершении жизненного цикла в 2020 году с прекращением поддержки и распространения Adobe Flash [2].

Java, как программная платформа, имеет хорошую распространенность и известность. Но Java не имеет доступных готовых наборов инструментов для разработки собственного VoIP приложения (например AEC, AGC или Noise suppression), из-за чего разработка подобного приложения на Java приобретает дополнительный ряд серьёзных проблем и сложностей.

WebRTC – самая молодая из перечисленных технологий. Она была разработана командой Google специально для потоковой передачи данных между браузерами (как правило) по модели peer-to-peer [3]. Ввиду того, что это довольно новая технология, и не все браузеры (особенно касается старых версий) способны её поддерживать. Но наиболее популярные браузеры, такие как Google Chrome, Firefox – её стабильно поддерживают уже на протяжение нескольких лет (осенью 2017 года к ним присоединился браузер Safari). Особенностью платформы WebRTC является то, что она включает в себя уже необходимый набор технологий и протоколов для потоковой передачи данных. Единственное, что необходимо разработчику приложения сделать самому – это сервер сигнализации, отвечающий за установку соединения между клиентами.

Рассмотрев вышеперечисленные технологии, был сделан выбор в пользу WebRTC, по причине развития этой платформы, её перспектив, а также наиболее лёгкой и удобной разработки приложений потоковой передачи данных в режиме реального времени.

2. Характеристики WebRTC

Так как технология WebRTC создавалась с целью обеспечения обмена данными между двумя браузерами, то отсюда следует ряд особенностей данной технологии. В первую очередь это возможность использования WebRTC без установки какого либо ПО для клиента. По сравнению с используемыми аналогами в этом сегменте: WebRTC изначально использует технологии, обеспечивающее высокое качество связи (современные видео и аудио кодеки VP8, H.264, Opus), встроенную систему эхо- и шумоподавления. Для защиты соединений используется такие протоколы как TLS и SRTP.

Говоря о WebRTC необходимо упомянуть некоторые технические свойства технологии. Средняя задержка пакета (далее СЗП) описывает корреляцию потери пакетов, показывая, сколько последовательных пакетов теряется в среднем каждый раз, когда теряется пакет. Высокая корреляция потерь пакетов приведет к увеличению СЗП. Предполагается, что события потери в некоторой степени коррелированы, а это означает, что следующая передача пакетов после потери имеет более высокую вероятность потери. Ниже приведён пример, поясняющий СЗП, где 0 обозначает успешную передачу пакета, а 1 – потерю пакета. Пример иллюстрирует двухбитовые последовательности с одинаковым процентом потерь пакетов, но с очень разными СЗП. Первая последовательность чередует успешные и потерянные пакеты (где СЗП = 1), в то время как вторая серия теряет пять последовательных бит дважды (СЗП = 5).

1. 01010101010101010101
2. 00011111000001111100

Дрожание связано с задержкой, и известно как связь с изменением задержки между последовательными пакетами. Дрожание может также привести к переупорядочению пакетов. WebRTC вычисляет дрожание, как определено в [4], согласно [5]. Там указано, что разность времени прихода $D(i, j)$ между двумя пакетами i и j должна быть рассчитана следующим образом:

$$D(i,j) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i), \quad 1$$

где S_i и S_j – метки времени, когда отправляются пакеты i и j, а R_i и R_j обозначает время прибытия для пакетов i и j. Кроме того, существует межприсутствующее дрожание для пакета i, рассчитанное следующим образом:

$$J(i) = J(i-1) + \frac{\left(\left|D(i-1,i)\right| - J(i-1)\right)}{16}, \quad (1)$$

где $J(i-1)$ – значение дрожания между приходом предыдущего пакета, а $D(i\text{-}1, i)$ – разница в прибытии между пакетом i и предыдущим переданным пакетом. Значение 1/16 является параметром уменьшения шума.

В WebRTC существует отдельный механизм передачи голоса и видео, каждый со своим собственным буфером дрожания. Объяснение о буфере дрожания для звука выглядит следующим образом: «Динамический буфер дрожания и алгоритм маскирования ошибок используется для скрытия негативных эффектов дрожания и потери пакетов. Они сохраняет как можно меньшую задержку при сохранении

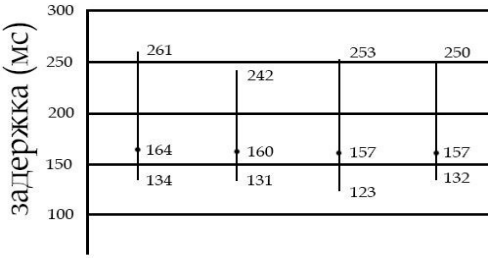
самого высокого качества голоса» [6]. Буфер дрожания (встроенное в видео движок) также уменьшает воздействие дрожания и потери пакетов на качество видео. Буфер дрожания полезен, поскольку он может в некоторой степени противодействовать позднему приходу пакета без уведомления пользователя.

3. Сравнение работы аудио-кодеков для WebRTC

WebRTC в обязательном порядке поддерживает два аудио-кодека: Opus и G.711. Это сделано, для того, чтобы все конечные точки соединения поддерживали хотя бы один общий кодек. Браузер генерирует предложение SDP, содержащее список всех кодеков, поддерживаемых на данном компьютере. Таким образом, конечные точки согласовывают в начале связи, сравнивая свои предложения SDP и согласовывая кодек для голосовой связи.

Были проведены тесты между двумя конечными точками для измерения задержек для различных кодеков, поддерживаемых библиотекой WebRTC. В качестве инструментов тестирования использовалось программное обеспечение – Multi-protocol Test Suite. В этом тесте были протестированы следующие кодеки: iSAC, Opus, G.711 (A-law) и G.711 (μ-law).

На рис. 1 отображены результаты тестирования. Исходя из этого можно сделать следующие выводы: iSAC кодек имеет немного завышенные показатели обработки, по сравнению с Opus и G.711. Хоть для Opus средние и минимальные значение чуть выше чем у и G.711, но максимальное значение задержки находится ниже.



	iSAC	Opus	G.711 (A-law)	G.711 (μ-law)
Макс.	261	242	253	250
Мин.	134	131	123	132
Сред.	164	160	157	157

Рис. 1. Сравнение задержек аудио-кодеков

4. Приложение

На рис. 2 изображена архитектура приложения. Как видно из схемы, данная архитектура относится к клиент-серверному типу. Для реализации звонков были задействованы следующие средства реализации: HTML, JavaScript, jQuery, WebRTC, easyRTC. JavaScript используется для вспомогательных функций, например для обработки уведомлений о входящем звонке. jQuery соответственно используется для работы с DOM элементами. WebRTC, как неоднократно выше говорилось, используется в качестве инструмента для реализации обмена данными между пользователями. easyRTC является фрэймворком, упрощающим работу с WebRTC, а также имеющий готовые решения на стороне сервера.

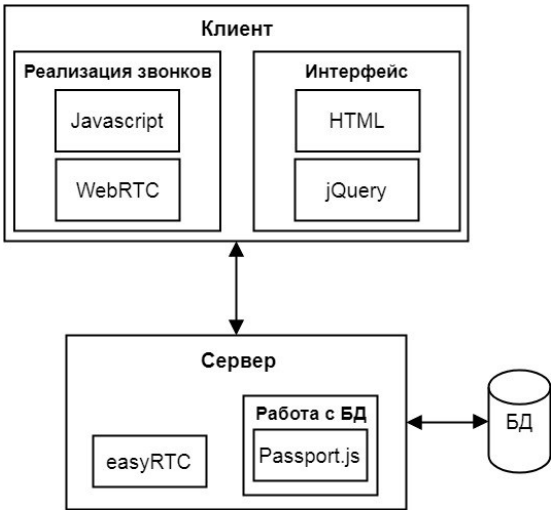


Рис. 2. Архитектура приложения

Говоря о серверной части приложения, необходимо отметить работу с базой данных и платформу Node.js, на которой разрабатывалась серверная часть. Так как серверная часть реализована на платформе Node.js, то при разработке серверной части использовалась система загрузки модулей. Это позволяет загружать и использовать в своём node.js-проекте только тот функционал, который необходим проекту. Так, например, в проекте используются фрэймворк Express.js, шаблонизатор Handlebars.js и связующее программное обеспечение Passport.js. Express.js, которое является каркасом веб-приложения для платформы Node.js, и позволяет быстро начать разработку приложения.

Handlebars.js является одним из шаблонизаторов, и позволяет создавать шаблоны для приложения. Passport.js позволяет использовать различные стратегии аутентификации (на данный момент более трёхсот стратегий), например: «passport-facebook», «passport-twitter», «passport-google», «passport-oauth». Для проекта была выбрана стратегия «passport-local», так как эта стратегия позволяет разработчику, не используя сторонние сервисы, реализовать аутентификацию. То есть, таким образом, процесс аутентификации реализовывается самим разработчиком (и позволяет его сделать гибким), с использованием инструментов Passport.js.

На диаграмме последовательности, изображённой на рис. 3, показан принцип осуществления звонков между пользователями (от добавления в список контактов до добавления в беседу третьего участника):

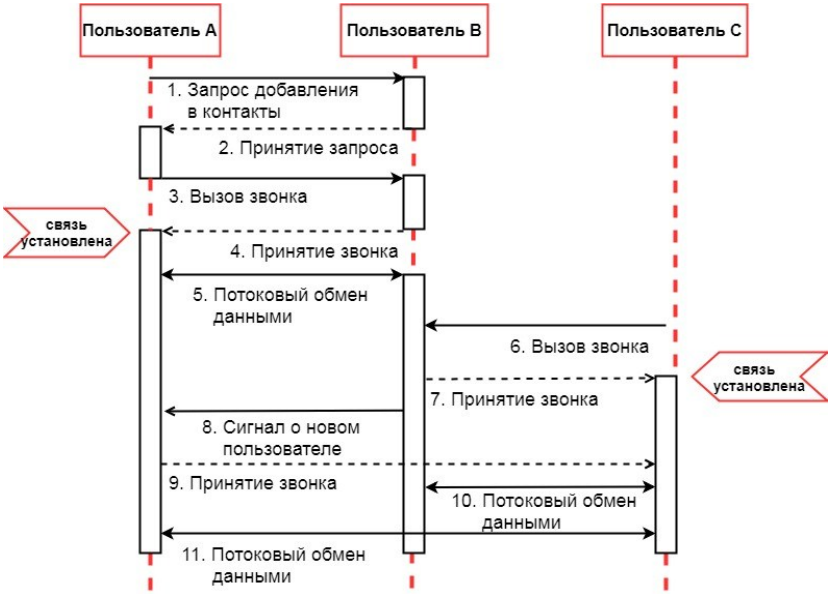


Рис. 3. Диаграмма последовательности звонков

Рассматривая диаграмму более подробно, можно отметить основные пункты:

1. Установка связи происходит только между пользователями, добавившими друг друга в список контактов (это взаимное действие). В данном примере пользователи B и C изначально добавлены в список контактов друг у друга.

2. После того как пользователи A и B подтвердили список контактов, пользователь A делает запрос на звонок пользователю B.

3. Пользователь B принимает звонок и начинается потоковый обмен данными. В качестве корневого (root) пользователя выступает принимающая сторона. Корневой пользователь отвечает за добавление новых пользователей в беседу.

4. Так как пользователи B и C уже знают друг друга, то пользователь C сразу делает запрос на звонок пользователю B. Клиент B уже является корневым участником разговора с пользователем A. Поэтому, если клиент примет вызов, то пользователь C будет добавлен в существующую беседу с участниками A и B.

Стоит отметить, что приложение будет позволять неавторизованным пользователям устраивать свои конференции. Каждый неавторизованный пользователь имеет уникальный идентификатор комнаты. Для реализации звонка необходимо войти в комнату другого пользователя. Недостатком такой системы является использование других источников коммуникации для передачи номера идентификатора комнаты. При этом корневой пользователь способен отказать вызывающей стороне в звонке и не допустить в свою комнату. Так же число участников беседы никак не ограничивается системой, как для авторизованных, так и для неавторизованных пользователей (но из-за нагрузки на центральный процессор при обмене и обработки медиа-данных, пользователи со слабыми устройствами могут испытывать трудности при большом количестве участников беседы, обменивающихся медиа-данными). Реализацию звонков для неавторизованных пользователей можно представить поэтапно:

5. Пользователь A узнаёт номер комнаты пользователя B и пытается в эту комнату войти.

6. Пользователь B после получения уведомления о том, что пользователь A (выводится номер его комнаты) пытается связаться, решает принять вызов или отказаться.

7. После того как пользователь B принял вызов, идёт процесс соединения и взаимной передачи данных между пирами.

Для того, чтобы устроить конференцию из большого числа неавторизованных пользователей, необходимо сообщить участникам общий номер комнаты. При желании, неавторизованные пользователи могут менять свой номер комнаты (процесс получения идентификатора автоматический и не выбирается самим пользователем). Если корневой пользователь сменит комнату или отключится от чата, то, как и в случае авторизованных пользователей – корневым пользователем станет участник чата, подключившийся в эту комнату раньше остальных. Если

текущий пользователь является корневым, то вызывается диалоговое окно, и ему предоставляется выбор – принять, или отклонить звонок. Так как входящий звонок в группу принимает корневой пользователь, то все остальные пользователи не могут решать – принять или отклонить входящий вызов.

Заключение

Проведен анализ технологии WebRTC и её аналогов. В ходе сравнения был выявлен ряд преимуществ у WebRTC: встроенная система эхо- и шумоподавления, использование современных аудио и видео кодеков, по умолчанию шифрование соединения с помощью протоколов TLS и SRTP. Исследована работа аудио-кодеков, в частности, проанализированы временные задержки аудио-кодеков. На основе технологии WebRTC разработано приложение, позволяющее организовывать видео-звонки и видео-конференции. Причем, в отличие от существующих аналогов данное приложением позволяет проводить звонки без обязательной регистрации и авторизации.

Список литературы

1. Баркович, А. А. Интернет-дискурс: компьютерно-опосредованная коммуникация : учебное пособие по интернет-лингвистике / А. А. Баркович. – Москва : ФЛИНТА : Наука, 2015. – 285 с.

2. Altanai WebRTC Integrator's Guide / Altanai. – Birmingham : Packt Publishing Ltd, 2014. – 382 с.

3. html5rocks [Электронный ресурс] : Capturing Audio & Video in HTML5. – Режим доступа : https://www.html5rocks.com/en/tutorials/getusermedia/intro

4. IETF RFC 3550 [Электронный ресурс] : RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. – Режим доступа : https://tools.ietf.org/html/rfc3550

5. W3C [Электронный ресурс] : Identifiers for WebRTC’s statistics API. – Режим доступа : http://w3c.github.io/webrtc-stats

6. WebRTC [Электронный ресурс] : Architecture. – Режим доступа : https://webrtc.org/architecture

Кластерно-релевантный поиск прообразов в LP-структуре на дистрибутивной решётке

И. Ю. Иванов, e-mail: hour1scorp@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В настоящей работе рассматривается эвристический подход к поиску прообразов элементов LP-структуры на дистрибутивной решётке, основывающийся на построении кластеров прообразов и вычислении показателей релевантности, который может быть применён для разработки методов нахождения частных решений продукционно-логических уравнений в указанной структуре. Проведённое исследование имеет перспективы применения к решению задачи ускорения обратного логического вывода в плане минимизации количества запросов к внешним источникам информации в продукционных системах, оперирующих расширенным набором связок пропозиционального языка: конъюнкция и дизъюнкция.*

Ключевые слова: *LP-структуры, математические решётки, продукционные системы, обратный логический вывод.*

Введение

В рамках экспертных продукционных систем возникают задачи логического вывода. Различают прямой и обратный логический вывод [11]. При обратном логическом выводе необходимые данные система может запрашивать из внешних источников информации, в том числе в интерактивном режиме у пользователя. Уменьшение количества такого рода «медленных» запросов есть актуальная практическая задача, которая не решается известными классическими методами [5].

В работах С. Д. Махортова [6, 7] была предложена теория алгебраических структур, основанных на математических решётках (так называемых LP-структур), имеющих широкий спектр применения для построения и исследования моделей знаний продукционного типа. В частности, в работе [9] впервые была озвучена идея метода релевантного обратного LP-вывода, позволяющего уменьшить количество запросов ко внешним источникам информации в экспертных продукционных системах, управляемых целями.

Позднее в работах С. Ю. Болотовой данная идея получила развитие. Так, в [3] предлагается способ усовершенствования алгоритма путём введения специальных функций для оценки релевантности, а в [4]

© Иванов И. Ю., 2019

теоретически обосновывается и приводится реализация алгоритма релевантного LP-вывода с помощью параллельных вычислений.

Упомянутый выше алгоритм релевантного LP-вывода может использоваться в экспертных продукционных системах, логика которых оперирует лишь одной логической связкой: конъюнкцией. Однако на практике в правилах баз знаний как в предпосылках, так и в заключениях, может фигурировать расширенный набор связок пропозициональной логики: конъюнкция и дизъюнкция. В настоящей работе рассматриваются вопросы поиска прообразов элементов LP-структуры на дистрибутивной решётке, возникающие при реализации LP-вывода. Предлагаемые методы могут служить основой для ускорения процесса обратного логического вывода в продукционных системах с расширенным набором связок пропозициональной логики.

1. Логическое отношение на дистрибутивной решётке

Пусть имеется множество пропозициональных переменных (элементарных высказываний) $\alpha_1,\alpha_2,...,\alpha_k$. Рассмотрим множество Φ всех пропозициональных формул, которые можно образовать из перечисленных пропозициональных переменных с помощью операций конъюнкции и дизъюнкции. Введём на множестве Φ отношение эквивалентности $\leftrightarrow$ (две пропозициональные формулы называются эквивалентными, если их таблицы истинности совпадают). Это отношение порождает разбиение множества Φ на непересекающиеся классы эквивалентных пропозициональных формул, совокупность которых образует фактор-множество $\Phi\backslash\leftrightarrow$. Полученное фактор-множество есть дистрибутивная решётка, которую будем обозначать $\mathbb{B}$. $\mathbb{B}$ образует подрешётку решётки Линденбаума-Тарского [12]. Операции пересечения и объединения на $\mathbb{B}$ определяются через конъюнкцию и дизъюнкцию соответственно представителей классов эквивалентности. В дальнейшем для удобства будем отождествлять пропозициональную формулу $\phi\in\Phi$ с классом эквивалентности $\tilde{\phi}\in\mathbb{B}$, её содержащим (это возможно, поскольку каждый класс эквивалентности однозначным образом определяется через любого своего представителя [1]).

Всякий элемент решётки $\mathbb{B}$ представим единственным образом в виде коразложения: пересечения дизъюнктов вида $d=\alpha_{i_1}\vee...\vee\alpha_{i_s}$ [2].

Рассмотрим (бинарное) отношение R на $\mathbb{B}$. Отношение R называется логическим, если оно содержит отношение $\leq$, определённое на решётке, является дистрибутивным и транзитивным. Дистрибутивность означает, что для любых пар $(a_1,b),(a_2,b),(a,b_1),(a,b_2)\in R$ справедливо $(a_1\vee a_2,b),(a,b_1\wedge b_2)\in R$.

Логическим замыканием произвольного отношения R называется наименьшее логическое отношение, содержащее R. LP-структурой называется решётка $\mathbb{B}$ с заданным на ней логическим отношением R.

Отношение R назовём каноническим, если правые части всех его пар есть дизъюнкты. Всякое каноническое отношение R представимо в виде И/ИЛИ-графа $G_R = (V,U)$, где: 1) множество вершин V совпадает со множеством всех дизъюнктов решётки $\mathbb{B}$; 2) каждой паре $(a,b) \in R$ соответствует гипердуга $(\{a_1,...,a_t\},b) \in U$, $a_1,...,a_t \in \mathbb{B}$ – элементы коразложения a; 3) каждой паре $c,d \in V$ такой, что $c \le d$, соответствует вырожденная гипердуга $(\{c\},d) \in U$.

Пара (a,b) элементов $\mathbb{B}$ называется логически связанной отношением R [6], что обозначается $a \xrightarrow{R} b$, если выполнено одно из условий: 1) $(a,b) \in R$; 2) $a \le b$; 3) существуют такие $b_1, b_2 \in \mathbb{B}$, что $b_1 \wedge b_2 = b$ и $a \xrightarrow{R} b_1, a \xrightarrow{R} b_2$; 4) существуют такие $a_1, a_2 \in \mathbb{B}$, что $a_1 \vee a_2 = a$ и $a_1 \xrightarrow{R} b, a_2 \xrightarrow{R} b$; 5) существует такой $c \in \mathbb{B}$, что $a \xrightarrow{R} c, c \xrightarrow{R} b$.

В [8] показано, что для произвольного отношения R существует логическое замыкание, совпадающее с $\xrightarrow{R}$. Если для некоторых $a,b \in \mathbb{B}$ выполнено $a \xrightarrow{R} b$, то будем говорить, что b – образ a, а a – прообраз b при отношении $\xrightarrow{R}$.

2. Кластерно-релевантный подход к поиску прообразов

Далее всюду R – каноническое отношение на $\mathbb{B}$. Рассмотрим его граф $G_R = (V,U)$, предположив, что G_R не содержит циклов, и зафиксируем вершину $b \in V$. Эта вершина соответствует некоторому высказыванию $\alpha_{j_1} \vee ... \vee \alpha_{j_q}$. Выясним, каким образом можно вывести истинность указанного высказывания на основании логических связей, порождаемых отношением R, т. е. осуществить обратный логический вывод.

В работе [10] показано, что для поиска прообразов элемента b при отношении $\xrightarrow{R}$ следует найти множество всех вершин графа G_R с нулевой полустепенью захода, из которых достижима вершина b. При этом поиск следует осуществлять с помощью обхода графа в глубину, начиная с вершины b, выбирая всякий раз при наличии альтернатив ровно одну гипердугу из набора входных гипердуг для текущей вершины поискового алгоритма. Очевидно, что выбор различных

альтернатив порождает в общем случае различные результаты, которые в своей совокупности формируют множество логических прообразов заданного высказывания b. Для подтверждения истинности b достаточно выяснить, что хотя бы один из этих прообразов принимает значение «истина». Стоит отметить, что вершины с нулевой полустепенью захода, найденные в результате работы поискового алгоритма, соответствуют тем высказываниям, истинность которых не может быть выведена с помощью графа G_R, а потому должна быть запрошена из внешнего источника информации. Введём некоторые эвристики, имеющие перспективы применения для снижения количества таких запросов.

Кластеризация множества прообразов. Зададим некоторое число $N > 0$ – верхнюю границу мощности множества прообразов элемента b. Будем повторять выполнение поискового алгоритма на графе G_R до тех пор, пока прообразы b не исчерпаются, либо их количество достигнет числа N. Сформировав таким образом подмножество прообразов (кластер), будем использовать его для запроса недостающих значений истинности элементарных высказываний. Если при этом ни для одного высказывания из кластера на удастся установить истинность, то сгенерируем новый кластер и вновь повторим процедуру установления истинности высказываний, в него входящих, и т. д.

Расчёт показателя релевантности. Пусть имеется кластер прообразов P. Каждый прообраз $p \in P$ представим в виде коразложения $p = d_1 \wedge ... \wedge d_l$, где d_i – дизъюнкт. Для переменной α_k определим показатель релевантности $r(p,\alpha_k) = \frac{1}{l}\sum_{i=1}^{l} g(d_i,\alpha_k)$, где $g(d_i,\alpha_k)$ принимает значение 1, если α_k участвует в формировании дизъюнкта d_i, и 0 – иначе. Интегральный показатель релевантности для переменной α_k положим равным $f(P,\alpha_k) = \sum_{p \in P} r(p,\alpha_k)$. Заметим, что показатель $r(p,\alpha_k)$ определяет «вклад» переменной α_k в формирование истинностного значения выражения p, а интегральный показатель $f(P,\alpha_k)$ определяет этот «вклад», рассчитанный по всем прообразам кластера P. Очевидно, что чем больше значение интегрального показателя релевантности, тем большим будет упрощение выражений-прообразов из кластера P при подстановке значения соответствующей переменной. Таким образом, будем

запрашивать из внешнего источника информации истинность той переменной α_k, на которой достигается максимум $f(P,\alpha_k)$.

Заключение

В настоящей работе рассмотрены вопросы, связанные с ускорением процесса обратного логического вывода в продукционных системах с расширенным набором логических связок в плане уменьшения количества запросов к внешним источникам информации. Предлагаемый метод основывается на алгебраической модели продукционной системы в виде LP-структуры на дистрибутивной решётке. Представленные результаты могут быть применены для разработки эвристического алгоритма проверки истинности гипотезы в экспертных системах продукционного типа, в правилах которых фигурируют конъюнкции и дизъюнкции.

Список литературы

1. Общая алгебра / В. А. Артамонов [и др.]; под общ. ред. Л. А. Скорнякова – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – Т. 2. – 480 с.
2. Биркгоф, Г. Теория решёток: пер. с англ. / Г. Биркгоф. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. – 568 с.
3. Болотова, С. Ю. Алгебраическая модель релевантного обратного вывода на основе решения уравнений / С. Ю. Болотова // Математическое моделирование. – 2012. – Т. 24. – № 12. – С. 3-8.
4. Болотова, С. Ю. Реализация многопоточности в релевантном LP-выводе / С. Ю. Болотова // Программная инженерия. – 2014. – № 1. – С. 12-18.
5. Замулин, А. В. Алгебраическая семантика императивного языка программирования / А. В. Замулин // Программирование. – 2003. – № 6. – С. 51-64.
6. Махортов, С. Д. Логические отношения на решетках / С. Д. Махортов // Вестник ВГУ. Серия Физика, математика. – Воронеж, 2003. – № 2. – С. 203-209.
7. Махортов, С. Д. Логические уравнения на решетках / С. Д. Махортов // Вестник ВГУ. Серия Физика, математика. – Воронеж, 2004. – № 2. – С. 170-178.
8. Махортов, С. Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP-структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / под ред. В. А. Васенина. – М. : МЦНМО, 2009. – 304 с.
9. Махортов, С. Д. Релевантный обратный вывод и верификация логических программ на основе решения уравнений в LP-структурах / С. Д. Махортов // Методы и средства обработки информации: Третья

Всероссийская научная конференция. Москва, 6 – 8 октября 2009 г.: Труды конференции / Под ред. Л. Н. Королева. – М. : ВМиК МГУ, 2009. – С. 143-148.

10. Махортов, С. Д. Унифицированная алгебраическая модель логического вывода на основе решётки Линденбаума-Тарского / С. Д. Махортов, И. Ю. Иванов // Нейрокомпьютеры и их применение: тезисы докладов XVI Всероссийской научной конференции, Москва, 13 марта 2018 г. – Москва, 2018. – С. 63-64.

11. Попов, Э. В. Статические и динамические экспертные системы: учебное пособие / Э. В. Попов, И. Б. Фоминых, М. Д. Шапот. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 320 с.

12. Расёва, Е. Математика метаматематики: пер. с англ. / Е. Расёва, Р. Сикорски. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1972. – 591 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Распределенные объектные технологии в задачах автоматизации процессов тестирования приложения

Н. А. Каплиева, email: kaplieva@amm.vsu.ru
Д. А. Синецкий, email: dsinetsky2008@gmail.com

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Описывается разработка системы автоматизации процессов функционального тестирования приложения Oracle Siebel CRM. Для создания системы автоматического тестирования используется технология CORBA. В работе приводится сравнительная характеристика четырех наиболее популярных брокеров объектных запросов ORBExpress, JacORB, Orbix и OmniORB по типу архитектуры, количеству поддерживаемых языков.*

Ключевые слова: *функциональное тестирование приложения, система Oracle Siebel CRM, брокер объектных запросов, CORBA, тестовый сценарий, тестовый скрипт.*

Введение

Распределенные объектные технологии – не новая ветвь в истории стандартов построения приложений. Еще в 1989 году членами консорциума Object Management Group (OMG) были выявлены спецификации Object Management Architecture (OMA), позволяющие строить распределенные объектные системы в разнородных средах:

– архитектура брокера запросов объектов (CORBA – Common Object Request Broker Architecture) определяет механизмы взаимодействия объектов в разнородной сети;

– сервисы объектов (Object services) являются основными системными сервисами, используемыми разработчиками для создания приложений;

– универсальные средства (Common Facilities) являются высокоуровневыми системными сервисами, ориентированными на поддержку пользовательских приложений, таких как электронная почта, средства печати и т. д.;

– прикладные объекты (Application Objects) предназначены для решения конкретных прикладных задач.

Использование CORBA для создания больших, распределенных, корпоративных приложений, возможно немного устарело. Тем не менее, многие продукты ведущих производителей программного обеспечения

© Каплиева Н. А., Синецкий Д. А., 2019

продолжают поддерживать CORBA-совместимые протоколы. Один из таких продуктов – Oracle Siebel CRM.

Одной из актуальных задач использования CORBA является организация процессов функционального тестирования приложений. Тестирование программного продукта – трудоемкий процесс, требующий больших временных затрат и усилий, особенно, если речь идет о регрессионном тестировании крупной системы.

Продукт Siebel имеет достаточно специфичную структуру и методов приложения недостаточно для автоматизации процессов функционального тестирования. Большинство средств автоматизации слишком затратны и могут быть использованы только на уровне интерфейса приложения. Использование CORBA позволяет не только настроить процессы автоматизированного тестирования с применением стандартных методов Siebel на логическом уровне приложения, но и уменьшить затраты на организацию таких процессов.

1. CORBA

CORBA использует язык написания интерфейсов (Interface Definition Language – IDL) для определения интерфейсов, по которым объекты передаются во внешние системы. Затем CORBA предоставляет маппинг (*mapping* – процесс составления схемы того, какими данными следует обмениваться, как они будут использоваться и каким системам управления они нужны) из IDL в определенные языковые разработки, такие как C++ или Java. Имеются и нестандартные отображения для языков C#, Perl, VisualBasic и др., реализованные с помощью объектных брокеров запросов (Object Request Broker – ORB), написанных для изложенных языков программирования.

Определение CORBA предписывает использование объектного брокера запросов, через который приложение будет взаимодействовать с другими объектами. На практике этот механизм реализован следующим образом:

1. Приложение инициализирует ORB и получает доступ к внешнему объектному адаптеру, который поддерживает механизмы подсчета ссылок зависимостей, политику объектов и их зависимостей, а также жизненный цикл объекта.

2. Объектный адаптер используется для определения сгенерированных кодов экземпляров классов. Сгенерированные коды классов являются результатами скомпилированного пользовательского IDL кода, который преобразует высокоуровневое определение интерфейса в определенную для операционной системы и языка основу класса для дальнейшего использования в пользовательском приложении. Данный шаг необходим для поддержки семантики CORBA и

обеспечивает чистые пользовательские процессы для взаимодействия с инфраструктурой CORBA.

Некоторые маппинги IDL достаточно сложны в использовании. Например, маппинги IDL-Java или IDL-Python довольно простые и позволяют без особых усилий использовать CORBA в приложениях. Для маппинга C++ необходимо знание типов данных, предшествующих STL (Standard Template Library). Маппинг C++11 использовать легче, но усложняется использование STL. Так как язык C не является объектно-ориентированным, маппинг IDL-C нуждается в ручном эмулировании объектно-ориентированных возможностей программистом.

Для построения системы, использующей или реализующей объектный интерфейс, основанный на CORBA, разработчику необходимо получить или написать код IDL, который определит объектно-ориентированный интерфейс логики, которую система будет использовать или реализовывать. ORB содержит инструмент, называемый компилятором IDL, который преобразует интерфейс IDL в выбранный язык программирования для использования как части системы. Традиционный компилятор затем компилирует сгенерированный код для создания интерактивных объектов-файлов, используемых приложением [2]. На рисунке представлена диаграмма, описывающая, каким образом сгенерированный код используется в инфраструктуре CORBA.

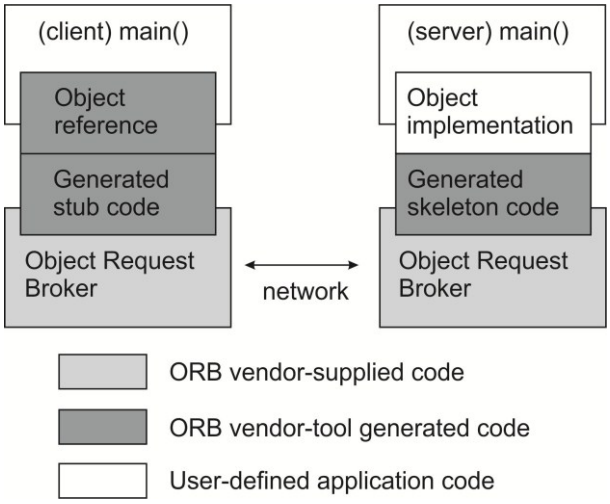


Рисунок. Генерация кода из интерфейса с использованием CORBA IDL

Задача OMG состоит в создании обобщенной модели распределенной объектной системы, которая позволила бы разделять объекты, написанные на одном языке программирования, между приложениями, созданными на другом языке и которая работала бы в гетерогенной сети компьютеров под управлением различных операционных систем.

OMA представляет собой полный набор рекомендаций по созданию распределенных объектных систем, среди которых основной является CORBA, так как решает базовые вопросы взаимодействия объектов и описывает механизмы этого взаимодействия, независимые от языка реализации приложения, операционной системы, сетевых протоколов и т. п.

2. Объектный брокер запросов (ORB)

Задачей брокера является предоставление механизма выполнения запроса объекта-клиента: поиск объекта, к которому относится данный запрос, передача необходимых данных, подготовка объекта к обработке. Брокер объектных запросов обеспечивает прозрачное взаимодействие клиентского и серверного приложений. Для разработчика вызов методов удаленных объектов не отличается от обычных локальных вызовов.

Обработка вызовов разных видов происходит различными способами. Вызов удаленного объекта обрабатывается особыми методами, определенными в CORBA-спецификации. Они формируют по сделанному запросу низкоуровневое представление, зависящее от используемых аппаратно-программных средств.

Клиент может запрашивать выполнение операций с помощью ORB несколькими способами. Вызов операций разделяемого объекта-сервера может быть статическим, через IDL-суррогат, или динамическим (Dynamic Invocation Interface). В случае статического вызова описания интерфейсов на IDL отображаются в программный код на языках C, C++ и др. При использовании динамического интерфейса запросы формируются специальным образом, без отображения интерфейса объекта в исходный код разрабатываемого приложения.

Информация об интерфейсах объектов может быть получена клиентом во время компиляции или во время выполнения. Интерфейсы могут быть также указаны с помощью службы репозитория интерфейсов (Interface Repository). Этот сервис представляет интерфейсы как объекты, обеспечивая доступ к ним во время работы приложения.

Брокер объектных запросов является промежуточным слоем, обеспечивающим объединение информационных ресурсов распределенной неоднородной системы. В этом смысле брокер запросов

есть основа интеграционной архитектуры, необходимой для разработки распределенной системы масштаба корпорации.

Существует три основных выбора для архитектуры ORB [4]:

ORB на основе сервера:

Представляет собой обычную программу, выполняющую роль сервера для клиентских и серверных объектов. Связь реализуется с помощью любого доступного механизма межпроцессорного взаимодействия (Inner Process Communication – IPC). Преимуществом такого подхода является централизация управления ORB: это наиболее простой способ поддержки любых правил использования объекта при его вызове.

ORB на основе библиотек:

ORB на основе библиотеки, наоборот, успешно децентрализует функциональность. В данном случае, ORB не отдельный, определяемый компонент, но представляет собой часть библиотеки, через которую передает свою функциональность клиентским и серверным приложениям.

Разные экземпляры приложений в одном и том же домне могут быть применены для различных конфигураций функциональности ORB. Например, одно приложение может быть соединено с библиотеками, использующими распределенное и многопоточное окружение плюс возможности защиты, такие ка кодировка на транспортном уровне. В то же время другое приложение может быть настроено для использования клиентских и серверных объектов в едином адресном пространстве, игнорируя аргументы и результаты операций первого приложения и необходимость шифрования отправляемых сообщений.

ORB на основе системы:

В данном случае ORB является частью операционной системы. Такая архитектура предоставляет усиленную защиту и более удобное использование возможностей операционной системы для разработки и внедрения ORB. Операционная система может быть использована для аутентификации пользователя, а также для того, чтобы избежать перенаправления, если клиентские и серверные объекты расположены на одном компьютере.

3. Автоматизированное тестирование

Автоматизированное тестирование является частью процесса тестирования на этапе контроля качества в процессе разработки программного обеспечения. Оно использует программные средства для выполнения тестов и проверки результатов выполнения, что помогает сократить время тестирования и упростить его процесс [6].

Существует два основных подхода к автоматизации тестирования: тестирование на уровне кода и тестирование пользовательского интерфейса. К первому типу относится, в частности, модульное тестирование. Ко второму – имитация действий пользователя с помощью специальных тестовых фреймвороков [7].

Наиболее распространенной формой автоматизации является тестирование приложений через графический пользовательский интерфейс. Популярность такого вида тестирования объясняется двумя факторами: во-первых, приложение тестируется тем же способом, которым его будет использовать человек, во-вторых, можно тестировать приложение, не имея доступа к исходному коду.

Рассмотрим две наиболее популярные техники тестирования.

Управляемое данными тестирование. Особенностью данной методологии является то, что тестовые скрипты выполняются и верифицируются на основе данных, которые хранятся в центральном хранилище данных или базе данных. Роль базы данных могут выполнять ODBC-ресурсы, csv- или xls-файлы и т. д. Управляемое данными тестирование – это объединение нескольких взаимодействующих тестовых скриптов и их источников данных во фреймворк, используемый в методологии. В этом фреймворке переменные используются как для входных значений, так и для выходных проверочных значений: в тестовом скрипте обычно закодированы навигация по приложению, чтение источников данных, ведение логов тестирования. Таким образом, логика, которая будет выполнена в скрипте, также зависит от данных.

Тестирование по ключевым словам. В данном случае автоматизация подразумевает разделение процесса создания кейсов на 2 этапа: этап планирования и этап реализации. В этом случае конечный тест представляет собой не программный код, а описание последовательности действий с их параметрами. При этом фреймворк отвечает за непосредственную реализацию ключевых слов (действий), а дизайнеру тестов достаточно иметь представление о всем наборе действий, реализованных во фреймворке. Это дает возможность создавать тесты людям, не имеющим навыков программирования.

4. Oracle Siebel CRM

Oracle Siebel CRM (Customer Relationship Management) – система управления взаимоотношения с пользователями [9]. С точки зрения пользователя, Siebel представляет собой приложение, для работы которого не требуется установка какого-либо специального клиента. Работа с Siebel осуществляется в окне интернет-браузера. На данный момент существует поддержка практически любых браузеров, от Internet

Explorer до Google Chrome и Safari. Мультиплатформенностью обладают не только приложения Oracle Siebel CRM, но и сервер Siebel.

Основной объект GUI Oracle Siebel CRM, так называемый апплет, это часть экрана, отображающая таблицу (list-applet) или данные из одной записи в виде формы (form-applet). Множество апплетов являются представлениями. Разработчик выбирает, какие апплеты и в каком порядке должны быть связаны представлением, и при каких условиях тот или иной апплет должен появляться в приложении. Представление может ограничить уровень видимости апплета, т. е. обладает настройками персонализации.

Множество представлений являются экраном. Экраны позволяют настроить, как и в каком порядке будут выглядеть представления. Как и представления, экраны имеют настройки персонализации. На уровне GUI из экранов собираются приложения Oracle Siebel CRM.

На уровне бизнес-логики приложение представлено бизнес-компонентами и бизнес-объектами. Бизнес-компонент является выборкой из основной таблицы базы данных, присоединенных к ней таблиц, а также вычисляемыми значениями из полученных данных. Бизнес-компонент реализует апплет на уровне GUI.

В бизнес-объекте определяются возможные связи между бизнес-компонентами. Бизнес-объект реализует представление на уровне GUI.

На уровне данных приложение представлено таблицами базы данных.

Таким образом, Oracle Siebel CRM представляет собой некую графическую надстройку над БД, работающую, как веб-приложение. Базой данных может быть не только Oracle, но и, например, MS SQL Server.

Серверы Oracle Siebel CRM объединяются в логические группировки (Enterprises), работой которых управляет служба Siebel Gateway Name Server.

Разработка приложения Oracle Siebel CRM осуществляется декларативно, посредством настройки всех трех уровней приложения. При невозможности настройки какого-либо элемента управления декларативным способом, для программирования более сложного поведения системы обычно используется либо встроенный язык eScript, либо графический Workflow Designer.

5. Обзор и сравнение брокеров объектных запросов

На данный момент имеется четыре наиболее популярных брокера объектных запросов: JacORB, omniORB, Orbix и ORBexpress.

JacORB. Архитектура JacORB основана на библиотеке: вся функциональность CORBA поддерживается так называемыми

«корешками» и «скелетами», которые наследуются из библиотеки класса JacORB. Корешки и склеты должны быть собраны с помощью компилятора IDL. Эти объекты динамически соединяются с клиентскими и серверными программами. В настоящее время, JacORB не требует отдельный компонент обработки на сетевых узлах, запускающих приложения JacORB. Для использования брокера JacORB необходим один HTTP-сервер в домене и одна сущность JacORB-сервера. Поддерживает протоколы CORBA версии 2.0.

OmniORB. OmniORB представляет собой брокер для языков программирования C++ и Python. Находится в свободном доступе по лицензиям GNU Lesser General Public License (для библиотек) и GNU General Public License (для сервера). Поддерживает протоколы CORBA версии 2.6 и платформы Windows, Mac OS, Linux и большинство Unix-платформ.

Orbix. Orbix является первой коммерческой реализацией протоколов CORBA, поддерживающей интеграцию с критически важными системами. Поддерживает протоколы CORBA версии 2.1, языки программирования Java и C++, а также обеспечена мультиплатформенность.

ORBexpress. Главной отличительной особенность брокера ORBexpress является его скорость передачи данных. Поддерживает протоколы CORBA версии 2.0, мультиплатформенность, языки программирования C++, Java, Ada.

Таблица

Сравнительный характеристики брокеров

Брокер	Языки программирования	Тип архитектуры	Версия CORBA
JacORB	Java	На основе библиотеки	2.0
omniORB	C++	На основе библиотеки, на основе сервера	2.6
Orbix	Java, C++	На основе библиотеки	2.1
ORBexpress	C++, Java, Ada	На основе библиотеки	2.0

Заключение

Исследование брокеров объектных запросов для построения автоматической системы функционального тестирования проводилось на примере приложения Oracle Siebel CRM «Городская библиотека».

При написании примеров тестовых сценариев доступ к данным на уровне бизнес-логики осуществлялся с помощью объектного брокера JacORB. Стоит отметить, что не все проблемы удалось решить использованием брокера объектных запросов – текст ошибки по-прежнему проверяется вместе с кодом ошибки. Данную проблему можно решить, дополнив бизнес-компонент вычисляемым полем, содержащим текст ошибки. Тем не менее, распределенные объектные технологии позволили улучшить читаемость и понимание кода тестовых скриптов, а также обеспечили доступ к недоступным через интерфейс полям.

Список литературы

1. Винниченко, И. В. Автоматизация процессов тестирования / И. В. Винниченко. – СПб. : Питер, 2005. – 203 с.
2. Наумов, А. Системы управления базами данных и знаний / А. Наумова. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 352 с.
3. Свин, Р. Тестирование Дот Ком, или Пособие по жестокому обращению с багами в интернет-стартапах / Р. Савин. – М. : Дело, 2007. – 312 с.
4. Beck, K. Test Drive Developmeny: By Example 1st Edition / K. Beck. – 2002. – 132 с.
5. Brose, G. Java Programming with CORBA? 3rd Edition / G. Brose, A. Vogel, K. Duddy. – 2001. – 752 p.
6. Пуха, Ю. Объектные технологии построения распределенных информационных систем / Ю. Пуха // СУБД. – 1997. – № 3.
7. The free Java implementation of the OMG's CORBA standart [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.jacorb.org
8. Oracle's Siebel Buisiness Application Bookshelf Documentation Library, Version 8.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.oracle.com/cd/B40099_02/homepage.htm
9. Web Browser Automation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.selenium.org

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037

Обзор методов решения задачи коммивояжера

А. А. Киселева, email: k.nastya1808@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной статье рассматриваются различные алгоритмы решения задачи коммивояжера.*

Ключевые слова: *задача коммивояжера, методы оптимизации, эвристические алгоритмы.*

Введение

Задача коммивояжера – задача комбинаторной оптимизации, цель которой – нахождение самого выгодного маршрута, проходящего через указанные точки по одному разу с возвращением в исходную точку. Другими словами, задача заключается в поиске гамильтонова цикла минимального веса в полном взвешенном графе, где узлами графа являются точки маршрута, ребрами между узлами – пути сообщения между точками, а каждому ребру можно сопоставить критерий выгодности маршрута.

Задача может рассматриваться как в симметричном варианте, так и в ассиметричном. В ассиметричном варианте задача моделируется в виде ориентированного графа, где ребра между одними и теми же вершинами имеют разный вес в зависимости от направления движения.

Всего существуют $(n-1)!$ возможных маршрутов для ассиметричной задачи и $(n-1)!/2$ для симметричной. Следовательно, сложность задачи растет экспоненциально в зависимости от количества точек маршрута, и уже при не самом большом количестве точек не может быть решена методом простого перебора вариантов. Рассмотрим методы, работающие эффективнее простого перебора.

1. Постановка задачи

Пусть дан связный неориентированный граф $G(V,E)$ с множеством вершин V и множеством ребер E, и для каждого ребра (u,v) определен вес $w(u,v)$. $W(u,v)$ – весовая функция. Задача – найти связный подграф $T \subset G$, который содержит все вершины графа G, не образует циклов и суммарный вес его ребер минимален.

© Киселева А. А., 2019

2. Эвристические методы

Все методы, работающие эффективнее метода простого перебора, являются эвристическими, то есть позволяют найти приближенное решение. Одними из таких методов являются так называемые «жадные алгоритмы».

Суть «жадных алгоритмов» заключается в принятии локально оптимальных решений на каждом этапе, допуская, что конечное решение также окажется оптимальным. Однако для ряда задач (в том числе и для задачи коммивояжера) такие алгоритмы обычно не дают оптимального решения.

Рассмотрим некоторые из них.

3. Алгоритм Прима

Алгоритм Прима служит для построения минимального остовного дерева взвешенного связного неориентированного графа.

Для начала выбирается произвольная вершина графа G, затем на следующем шаге ищется ребро инцидентное данной вершине и обладающее минимальным весом. Найденное ребро присоединяется к искомому дереву. Каждое последующее ребро (u,v) с минимальным весом $w(u,v)$ выбирается из оставшихся ребер, удовлетворяющих следующему условию: одна из вершин ребра должна принадлежать текущему подграфу, а другая – нет. Алгоритм продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все вершины. Полученное в конце дерево и будет являться остовным деревом минимальной стоимости [3].

4. Алгоритм Крускала

Также, как и алгоритм Прима, алгоритм Крускала призван построить минимальное остовное дерево в взвешенном неориентированном графе.

В начале алгоритма устанавливается пустое множество ребер искомого дерева, далее на следующем шаге к данному множеству добавляется ребро минимального веса. Ребро выбирается таким образом, чтобы его добавление к уже имеющимся ребрам не приводило к образованию цикла. Процесс повторяется до тех пор, пока все ребра не будут рассмотрены. Полученный подграф является остовным деревом минимального веса графа G.

Для выбора безопасного ребра, добавление которого не будет образовывать цикл, все ребра перебираются в порядке возрастания веса и для каждого проверяется, лежат ли его концы в разных компонентах связности.

В отличие от алгоритма Прима, в алгоритме Крускала на вход подается общий список ребер графа в произвольном порядке, и информация о ребрах конкретной вершины не требуется. Также одно ненаправленное ребро может быть представлено одной из его направленных дуг, что означает в два раза меньше вычислений [4].

На практике обычно применяются различные модификации более эффективных алгоритмов, таких как генетический алгоритм, метод ветвей и границ и т.д. Рассмотрим их далее.

5. Генетический алгоритм

Поиск оптимального решения в генетическом алгоритме осуществляется путем случайного подбора и комбинирования искомых параметров с использованием механизмов, подобных естественному отбору в природе.

В начале некоторым случайным образом задается множество генотипов начальной популяции (генотип обычно может быть закодирован вектором генов). Далее каждому генотипу ставится в соответствие определенное число, определяемое «функцией приспособленности». С учетом полученных значений из множества генотипов отбираются решения, к которым далее применяются «генетические операторы» (обычно «скрещивание» и «мутация»). В результате получают новые решения, из которых также будет произведен отбор в следующем поколении.

Действия повторяются, моделируя «эволюционный процесс», пока не будет выполнен критерий останова алгоритма. В качестве критерия может быть: нахождение глобального минимума, исчерпание количества поколений, исчерпание времени [2].

Генетический алгоритм хорошо подходит для поиска решения в многомерном пространстве. Однако выделяют существенные недостатки данного алгоритма по сравнению с другими: во многих задачах данный алгоритм имеет тенденцию сходиться к локальному оптимуму или произвольной точке, а не к глобальному; алгоритм является плохо масштабируемым под сложность решаемой задачи.

6. Метод ветвей и границ

Метод ветвей и границ является вариацией метода полного перебора, в отличие от которого в процессе поиска отсеиваются подмножества допустимых решений, заведомо не содержащих оптимальных решений.

Рассмотрим принцип поиска на примере поиска минимума функции $f(x)$. Алгоритм состоит из двух процедур: ветвления и нахождения оценок. Процесс ветвления заключается в разбиении

множества допустимых значений переменной x на подмножества, образующие дерево, называемое деревом поиска. Процесс нахождения оценок заключается в поиске верхних и нижних границ для нахождения решения на подмножестве допустимых значений переменной x.

Главная идея алгоритма состоит в следующем: если нижняя граница значений функции на некоем подмножестве A дерева поиска больше, чем на каком-либо другом подмножестве, то подмножество A может быть исключено из рассмотрения. Если нижняя граница узла дерева совпадает с верхней границей, то это значение и является минимумом функции [1].

На практике для поиска маршрутов приемлемой длины точные методы могут комбинироваться с эвристическими.

Заключение

В данной статье были рассмотрены алгоритмы, позволяющие решить задачу коммивояжера эффективнее метода простого перебора. Были приведены примеры «жадных алгоритмов» таких, как алгоритм Прима и алгоритм Крускала, а также более эффективных алгоритмов, модификации которых обычно используются на практике: генетический алгоритм и метод ветвей и границ.

Список литературы

1. Костевич, Л. С. Математическое программирование: Информ. технологии оптимальных решений: учеб. пособие / Л. С. Костевич. — Мн.: Новое знание, 2003. – 424 с.

2. Емельянов, В. В. Теория и практика эволюционного моделирования / В. В. Емельянов, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик. — М: Физматлит, 2003. – 432 с.

3. Минимальное остовное дерево. Алгоритм Прима [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://e-maxx.ru/algo/mst_prim

4. Минимальное остовное дерево. Алгоритм Крускала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://e-maxx.ru/algo/mst_kruskal

Разработка системы автоматизации бизнес-процессов для системы управления документами eFileCabinet

Ал. С. Колесов, email: kolesov.alex.s@gmail.com
Ан. С. Колесов
Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработана нотация бизнес-процессов, а также система на ее основе, позволяющая автоматизировать документооборот внутри системы управления документами eFileCabinet.*

Ключевые слова: *управление бизнес-процессами, система управления документами, автоматизация.*

Введение

В процессе автоматизации своей деятельности многие предприятия внедряют системы электронного документооборота (системы управления документами, СУД). Они позволяют не только заменить бумажный документооборот электронным, но и упростить работу с документами при помощи новых инструментов, таких как расширенный поиск [1], аудит пользователей, контроль версий и т.п.

В документообороте предприятия часто можно выделить повторяющиеся последовательности действий (бизнес-процессы). Примерами процессов могут служить: наем нового работника, обработка заявления на отпуск, утверждение расходного ордера.

Системы автоматизации бизнес-процессов обычно представляют собой отдельные программные комплексы и позволяют автоматизировать процессы, сильно превосходящие по сложности работу с документами. Работа с такими системами требует от пользователей соответствующей квалификации.

В данной статье будет рассмотрено создание системы автоматизации бизнес-процессов, интегрированной с СУД и нацеленной на автоматизацию документооборота. Главными критериями разработки являются простота и удобство использования конечным пользователем.

1. Система управления документами eFileCabinet

Одной из СУД, применяемых в корпоративном секторе является eFileCabinet. Она представляет собой веб-приложение, которое

© Колесов Ал. С., Колесов Ан. С., Соломатин Д. И., 2019

позволяет хранить файлы любого формата. В качестве представления используется иерархическая структура.

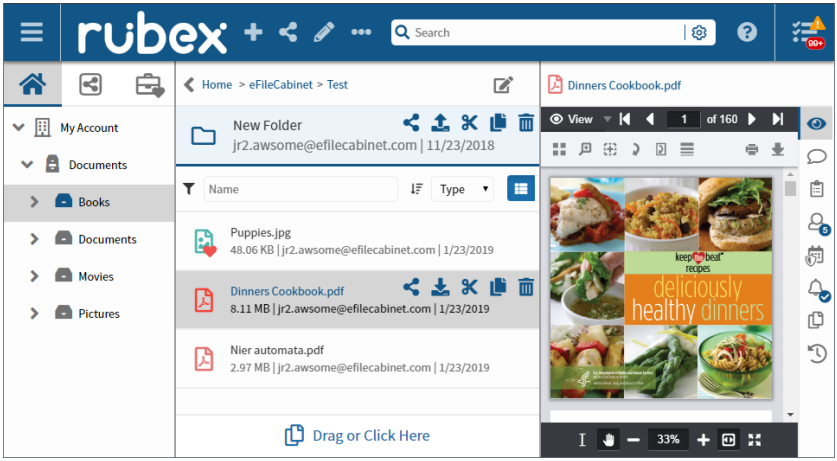


Рис. 1. Основной интерфейс eFileCabinet Rubex

Рабочая область главного экрана (рис. 1) поделена на три части. Слева отображается дерево папок, в центре – список файлов текущей директории, справа – информация о выбранном объекте.

Информация об поделена на несколько вкладок:

– предпросмотр;
– комментирование;
– управление правами доступа;
– управление метаданными;
– управление ограничениями;
– управление событиями;
– управление версиями;
– просмотр журнала аудита.

Метаданные представляют собой набор полей и соответствующих им значений. Поля строго типизированы. Набор доступных в системе полей может быть изменен администратором в настройках.

Ограничения могут быть установлены для файлов и директорий. При создании ограничения указывается набор действий (удаление, изменение и т.п.) и период времени, в который эти действия будут недоступны.

На вкладке управления событиями можно связывать ряд системных событий (загрузка файла, его скачивание или удаление) с некоторыми

системными действиями (уведомление, применение шаблона, запуск бизнес-процесса).

Версии позволяют хранить историю изменения документа. Пользователь может просматривать существующие версии документа, а также создавать новые.

Журнал аудита отображает все действия, которые были совершены над объектом в системе, с момента его создания, включая просмотр и скачивание.

Из другой функциональности стоит отметить возможность применения шаблонов и создания публикаций.

Шаблон – это директория с заранее определенной структурой. Она может содержать в себе файлы, другие директории, а также примененные к ним права, ограничения и т.п. Применением шаблона является операция копирования содержимого шаблона в целевую директорию. В отличие от обычного копирования для шаблона особым образом применяются права доступа. Шаблоны настраиваются через интерфейс администратора.

Создание публикации – предоставление доступа к документам людям, которые не являются пользователями системы. При создании публикации указываются файлы и электронные адреса, для которых будут созданы гостевые аккаунты. На почту также высылаются приглашение и инструкции для получения доступа к этим файлом.

2. Управление бизнес-процессами

В одним из наиболее эффективных и используемых подходов к управлению предприятием является процессный подход. Он основан на анализе деятельности компании с помощью выделения и рассмотрения ее бизнес-процессов.

Бизнес-процесс – это совокупность взаимосвязанных мероприятий или работ, решающих бизнес цель в контексте организационной структуры [2].

С понятием процессного подхода тесно связана дисциплина управление бизнес-процессами. Она направлена на улучшение процессов путем их анализа, моделирования, измерения и постоянной оптимизации. Применяемые в УБП практики делятся на следующие группы и образуют этапы жизненного цикла дисциплины [3]: проектирование, моделирование, выполнение, измерение, оптимизация и реорганизация.

На этапе моделирования процессов используют нотации, наиболее распространенными из которых являются:

- BPMN – функциональная последовательность работ;
- EPC – событийная последовательность работ;

– IDEF0 – логическая последовательность работ.

Эти нотации позволяют описывать сложные последовательности работ, в то время как для работы с документами достаточно, чтобы нотация предоставляла следующие возможности:

– объединять действия в цепочки;
– связывать выходы одних шагов со входами других;
– изменять входные данные шагов в процессе выполнения;
– делегировать выполнение отдельных шагов другим пользователям;
– ограничивать время, отведенное на выполнение отдельных шагов;
– создавать ветвления процесса, основанные на состоянии системы либо решениях пользователей;

Необходимо разработать нотацию, которая будет поддерживать описанные функции, а также будет интуитивно понятна для пользователей. Дополнительное требования к нотации – она не должна содержать блок-схем.

3. Нотация Workflows

Рассмотрим создание нотации от простых случаев до системы, удовлетворяющей всем описанным требованиям.

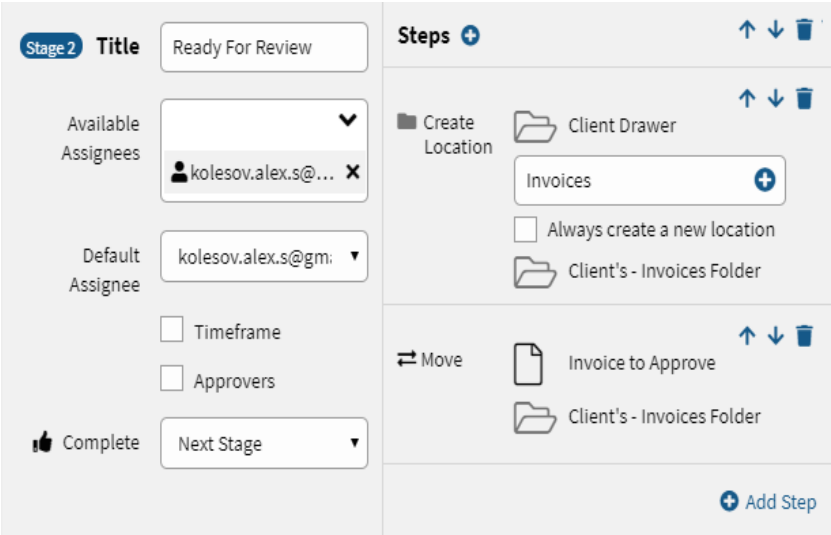


Рис. 2. Конструктор бизнес-процессов

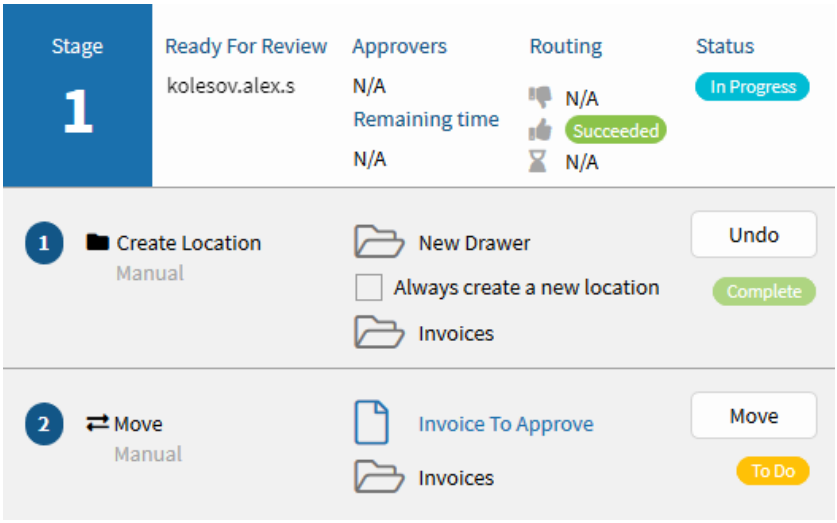


Рис. 3. Выполнение экземпляра процесса

Прежде всего необходимо обозначить, что каждый бизнес-процесс имеет класс и экземпляры. Класс создается администратором и описывает общую схему движения документов (рис. 2), роли пользователей в процессе и все доступные ветвления. Класс процесса можно сравнить с алгоритмом.

Экземпляр класса создается в каждом конкретном случае применения процесса (рис. 3). При создании экземпляра на роли назначаются конкретные пользователи, которые будут вводить в процесс конкретные экземпляры документов, а также принимать решения, влияющие на переходы внутри процесса. Экземпляр процесса можно сравнить с работой алгоритма на конкретных входных данных.

В простейшем случае бизнес-процесс можно представить списком шагов, каждому из которых соответствует действие пользователя. Действиями могут быть:

- файловые операции: загрузка файла, создание директории, копирование, перемещение, переименование, удаление;
- добавление комментария;
- изменение прав доступа;
- изменение метаданных;
- создание ограничения;
- создание события;
- создание публикации;

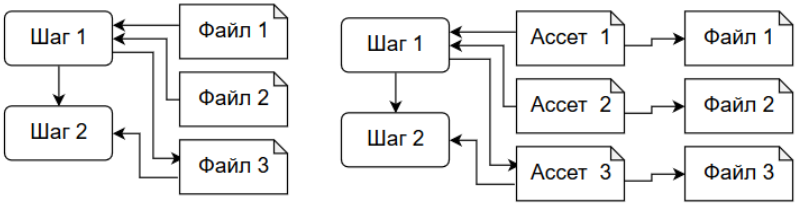
– применение шаблона;
– отправка сообщения.

Каждая операция может иметь входные параметры, а также возвращать результат. Чаще всего в качестве входов и выходов используются файлы. Например, в операции копирования в качестве входных данных используются оригинальный объект и директория назначения, выходом является скопированный файл.

4. Ассеты Workflows

В соответствии с требованиями на этапе проектирования процесса у администратора должна быть возможность указать, что на группах некоторых входов и выходов будут использованы одни и те же файлы. В то же время пользователь должен иметь возможность указывать, какие именно файлы будут использованы в этих группах во время выполнения процесса.

Данная функциональность позволит связывать выходы одних шагов со входами других, а также объединять входы нескольких шагов на этапе проектирования процесса.



а б

Рис. 4. Модели связи шагов с файлами: а – использование прямых ссылок, б – использование косвенных ссылок (ассетов)

В начале рассмотрим модель, в которой в качестве входов и выходов используются прямые ссылки на файлы (рис. 4а). В такой модели невозможно реализовать вышеописанные требования, так как если запретить изменение связей при выполнении процесса, пользователь не сможет менять входные файлы, а если разрешить их редактирование, пользователь сможет нарушать связи между входами и выходами, созданные администратором. Также будет невозможно указать ссылки на файлы, которых еще не существует и которые будут созданы в процессе выполнения шагов.

Для обхода этого ограничения будем использовать в качестве входных и выходных данных не прямые ссылки на файлы, а косвенные (рис. 4б). Назовем такие ссылки ассетами.

Связи между шагами и ассетами будет устанавливать владелец процесса при проектировании, и они не могут быть изменены во время выполнения. Связи между ассетами и файлами могут быть изменены пользователем во время выполнения экземпляра процесса, но должны быть полностью определены при выполнении соответствующих им шагов.

Таким образом пользователь может менять файлы на входах, а владелец процесса имеет возможность связывать входы и выходы разных шагов.

На данном этапе модель процесса представляет собой два списка – список шагов и список ассетов. В качестве входов и выходов шагов используются ссылки на ассеты.

5. Стадии Workflows

Обычно участниками бизнес-процесса являются сразу несколько человек. В этом случае для каждого шага должен быть определен тот, кто ответственен за его выполнение. Так как ожидается, что от участника чаще всего потребуется выполнить несколько действий подряд, введем понятие стадии.

Стадия – группа шагов, назначенная на одного или нескольких участников процесса. Шаги внутри стадии могут выполнять только те пользователи, на которых она назначена.

В простейшем случае, если на стадию не наложено дополнительных ограничений, для нее указывается переход, который осуществляется после ее завершения. Переход может либо вести на определенную стадию, либо завершать процесс с определенным статусом.

Для ограничения времени выполнения процесса введем опциональное ограничение на время выполнения стадии. Для этого для каждой стадии определим три параметра: ограничена ли она по времени, интервал времени и переход, который происходит после его истечения. Для осуществления такого перехода стадия не обязательно должна быть завершена.

Для поддержания возможности ветвления процесса введем механизм утверждения стадий. Если стадия требует утверждения, на этапе проектирования указываются пользователи, которые должны будут дать положительный или отрицательный отзыв по ее завершении, а также минимальное количество положительных отзывов для того,

чтобы стадия считалась утвержденной. Для каждого из двух сценариев (утверждение или отклонение) указывается переход.

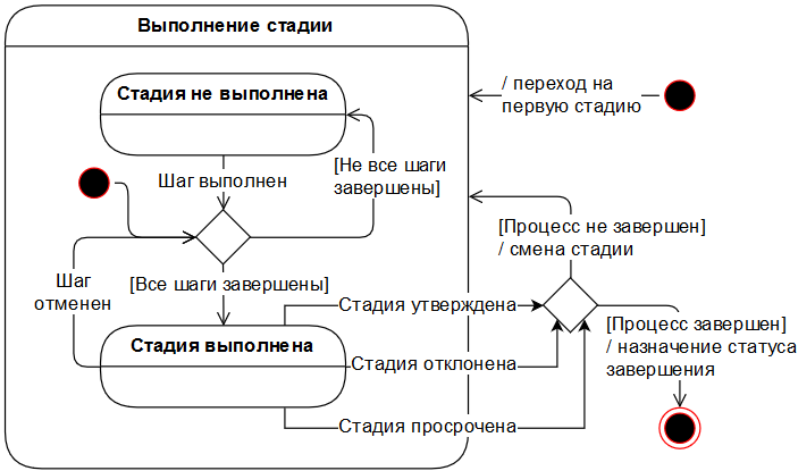


Рис. 5. Представление процесса в виде диаграммы состояний UML

В конечном итоге процесс представляет собой список стадий и список ассетов. В свою очередь стадия представляет собой список шагов, она обязательно назначена на пользователя и может быть ограничена по времени или требовать утверждения. Совокупность стадий и переходов образует направленный граф. Экземпляр процесса может быть представлен в виде машины конечных состояний (рис 5). В то же время на этапе дизайна (рис. 2) и выполнения (рис. 3) пользователь работает со списками стадий, шагов и ассетов, что значительно упрощает восприятие системы.

Заключение

В ходе работы была разработана нотация для описания процессов, связанных с электронными документами в системе eFileCabinet. Нотация позволяет создавать последовательности действий, определять связи между ними, делегировать действия различным участникам процесса, а также производить контроль проделанной работы и осуществлять ветвления процесса на его основе.

Система реализована на основе стека технологий .NET и успешно применяется в ряде целевых продуктов.

Список литературы

1. Introduction to Electronic Document Management Systems. / Meurant G. -Academic Press – 1250 Sixth Avenue, San Diego, 2012 – P. 120.

2. Business Process Management / John J.; Johan N.; Routledge – 3rd edition – 711 Third Avenue, New York, 2014

3. What is BPM? [Электронный ресурс] / Workflow Management Coalition – Standards organization – Режим доступа: http://www.wfmc.org/what-is-bpm

Об алгоритмах распределенного LP-вывода

М. В. Лещинская, email: maria-leshchinskaya@mail.ru
С. Д. Махортов, email: msd_exp@outlook.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Релевантный обратный логический вывод представляет собой одно из направлений теории LP-структур. Этот подход существенно снижает число обращений к внешним источникам информации, повышая тем самым эффективность обратного вывода. Важная составляющая LP-вывода – стратегии вычисления специальных параметров, называемых показателями релевантности. В случае распределенных интеллектуальных систем эти стратегии должны учитывать распределенный характер баз знаний. Настоящая работа представляет основные понятия алгоритмов распределенного LP-вывода и рассматривает особенности стратегий подсчета показателей релевантности для распределенных LP-структур.*

Ключевые слова: *LP-структура, распределенная интеллектуальная система, релевантный обратный вывод, показатели релевантности*

Введение

Интеллектуальные системы продукционного типа находят применение в различных предметных областях [1]. Однако для их работы на практике требуется значительный объем ресурсов. Логический вывод обычно сопровождается интенсивным обменом данными с внешней памятью.

В работе [2] был предложен новый метод обратного продукционно-логического вывода – *релевантный* LP-вывод. Он направлен на снижение числа обращений к внешним источникам информации. Для этой цели используются алгебраические модели продукционных систем – LP-структуры [3]. В основе метода лежат нахождение решений продукционно-логического уравнения (как *прообразов* бинарного отношения) и исследование множества этих решений с помощью так называемых *показателей релевантности*. В результате истинный прообраз определяется за счет меньшего числа обращений к базе данных или интерактивному пользователю.

В работе [4] было введено понятие *распределенной* LP-структуры, открывающее возможности для распространения преимуществ

© Лещинская М. В., Махортов С. Д., 2019

указанной теории на распределенные интеллектуальные системы, в [5] – исследован класс уравнений в распределенной LP-структуре.

В настоящей работе представлены стратегии и алгоритмы подсчета релевантности в распределенном LP-выводе, связанные со спецификой распределенных интеллектуальных систем.

1. LP-структуры и моделируемые ими продукционные системы

Под *LP-структурой* [3] подразумевается алгебраическая система, образованная математической решеткой [6], на которой задано (дополнительное) бинарное отношение *R*, обладающее некоторыми («продукционно-логическими») свойствами.

Отношение *R* называется *продукционно-логическим*, если оно обладает рефлексивностью, то есть содержит все пары вида *(a,a)*, транзитивностью и другими свойствами, которые определяются конкретной моделью. Одно из таких свойств – *дистрибутивность*. Неформально дистрибутивность отношения означает возможность логического вывода по частям и совмещения его результатов на основе решеточных операций.

Продукционные экспертные системы манипулируют множествами фактов и правил (продукций) [1]. Факт представляет некоторое суждение о внешнем мире. Продукционная система содержит *рабочую память*. Это некоторое подмножество фактов, которые на текущий момент считаются выполненными.

Правило (*продукция*) состоит из предпосылки и заключения. *Предпосылка* обычно представляет собой выражение над фактами. Она может быть выполненной (истинной) или невыполненной (ложной) при текущем состоянии рабочей памяти. *Заключение* – это действие, которое можно осуществить, если верна предпосылка (например, добавить к рабочей памяти новый факт). Совокупность правил называется *базой знаний*.

Обратный вывод по некоторому набору фактов – *гипотезе*, путем анализа правил в направлении от заключения к предпосылке, подтверждает или опровергает справедливость гипотезы при заданном исходном содержимом рабочей памяти. В процессе обратного вывода содержимое рабочей памяти также меняется.

Рассматриваемый подход к исследованию продукционных систем основан на представлении множеств фактов и правил LP-структурой. Каждый элементарный факт изображается атомом решетки, предпосылка и заключение правила – соответствующими элементами решетки, а правила представляются парами бинарного отношения *R*.

2. Распределенные LP-структуры

Перейдем к понятию распределенной LP-структуры [4]. Она моделирует распределенную интеллектуальную систему. Каждому атому решетки и каждой паре отношения R сопоставляется множество узлов «вычислительной сети», на которых они «хранятся». Пусть N – множество узлов, $\mathbb{N}$ – порожденный им булеан (множество всех подмножеств). Атомы решетки и пары отношения R будут помечаться элементами решетки $\mathbb{N}$ как атрибутами.

Таким образом, на решетке F определено отображение *Nodes*(), сопоставляющее каждому атому $a \in \mathrm{F}$ единственный непустой элемент $X \in \mathrm{N}$ ($Nodes(a) = X$, $X \neq \varnothing$). Кроме того, каждой паре $(A,B) \in R$ также сопоставляется непустой элемент $Y \in \mathrm{N}$ ($Nodes(A, B) = Y$, $Y \neq \varnothing$). При заданном отображении *Nodes*() решетка $\mathbb{F}$ и отношение R считаются *распределенными.*

Описанная алгебраическая система называется *распределенной LP-структурой.*

Далее рассматриваются признаки «хорошего» распределения информации по узлам. В частности, считается целесообразным хранение на узле всех правил, в которых используются факты этого же узла. Для формализации такого требования в LP-структуре наряду с функцией *Nodes*() вводятся еще два отображения. Поскольку решетка F – атомно-порожденная [6], для любого ее элемента A существует представление $A=\bigcup_i a_i$ в виде объединения атомов. Обозначим

$$NodesMeet(A) = \bigcap_i Nodes(a_i)\ ,\ NodesJoin(A) = \bigcup_i Nodes(a_i)\cdot$$

Отображение *NodesMeet*() определяет узлы, каждый из которых содержит все атомы элемента A. Отображение *NodesJoin*() выдает все узлы, хранящие хотя бы один из таких атомов.

3. О распределенном LP-выводе и показателях релевантности

В работе [5] введен аппарат продукционно-логических уравнений в распределенной LP-структуре, установлены их свойства и предложены методы решения. Процесс вычисления решения (множества начальных прообразов некоторой гипотезы) соответствует обратному логическому выводу. Для его завершения остается найти в множестве истинный прообраз, обращаясь за фактами к внешнему источнику.

Согласно [2], стратегия релевантного вывода направлена на минимизацию количества внешних запросов. Для этого эффективным является приоритетный просмотр прообразов, содержащих наиболее «релевантные» факты (атомы решетки). Таковыми в первую очередь

считаются атомы, присутствующие в максимальном количестве построенных прообразов. Тогда единственный отрицательный ответ на заданный вопрос исключает из рассмотрения сразу большое количество прообразов. Второй показатель релевантности – присутствие атомов в прообразах минимальной мощности. Таким образом, предпочтение отдается тем прообразам, проверка истинности которых потребует меньшего количества вопросов пользователю (или обращений к базе данных).

Сочетая указанные два показателя релевантности, можно достичь результатов, существенно превышающих возможности стандартной машины вывода. Как показывают эксперименты [2], применяя LP-вывод, можно достичь снижения числа медленных запросов в среднем на 15-20%.

4. Новые показатели релевантности

Для *распределенной* интеллектуальной системы возникают дополнительные аспекты эффективного логического вывода. Появляется еще одна цель – снижение трафика между узлами вычислительной сети. Новые показатели релевантности связаны с атрибутами хранения фактов и правил, то есть отображениями *Nodes*(), *NodesMeet*(), *NodesJoin*().

Как уже отмечалось, в [2] были введены следующие параметры релевантности исследуемых фактов (атомов), обеспечивающие оптимизацию обратного вывода: 1) присутствие атома в максимальном количестве прообразов гипотезы; 2) присутствие атома в прообразах минимальной мощности. В настоящей работе рассматриваются дополнительные параметры, а именно: 3) присутствие атома в прообразе *A* таком, что в *NodesMeet(A)* содержится наибольшее количество узлов; 4) присутствие атома в прообразе *A* таком, что *NodesMeet(A)* = *NodesJoin(A)*.

Условие 3) гарантирует, что прообраз $A=\bigcup_i a_i$ имеет атомы a_i, которые в совокупности хранятся в наибольшем количестве узлов. Их приоритетный просмотр ускорит поиск истинного атома, и в то же время уменьшит трафик между узлами сети. Параметр 4) означает, что прообраз $A=\bigcup_i a_i$ лишь целиком хранится в некоторых узлах. Приоритетный просмотр таких атомов ускоряет поиск истинного прообраза, поскольку гарантированно снижается сетевой трафик.

Таким образом, для запуска LP-вывода требуется вычислить все начальные прообразы некоторой гипотезы *G*. Им соответствуют минимальные подмножества не выводимых из базы знаний фактов, которые порождают факты *G*. Далее среди прообразов достаточно найти

хотя бы один истинный, то есть состоящей целиком из выполненных фактов (атомов), тогда гипотеза окажется верной.

С этой целью, прежде чем выяснять истинность какого-либо атома, найдем наиболее релевантный из них. Присвоив всем атомам нулевой приоритет, будем затем повышать его на 1, если атом содержится в максимальном (по сравнению с другими атомами) количестве прообразов. Далее учитываем присутствие атомов в прообразах минимальной мощности, повышая его приоритет на 1.

Примем также во внимание новые параметры релевантности. Например, повысим приоритет атома на 1, если он содержится в прообразе, отображение *NodesMeet()* которого содержит наибольшее количество узлов (он чаще встречается в узлах вычислительной сети).

Заметим, что атом, присутствующий в прообразе минимальной мощности, по-видимому, с большей степенью уверенности находится в таком элементе A, отображение *NodesMeet*(A) которого содержит наибольшее количество узлов. Отсюда появляется шанс совместить учет параметров релевантности 2), 3).

5. Общий алгоритм

Разработана программная система, реализующая алгоритм распределенного LP-вывода, основанного на решении продукционно-логических уравнений вида $R^L(X)=b$ [5]. Атому $b \in \mathbb{F}$ соответствует общее решение данного уравнения – множество {X} всех минимальных начальных прообразов. На атомах решетки введем ряд частично определенных булевых функций.

1. *TrueData* (функция «истинности» для рабочей памяти), которую можно доопределять путем обращения к внешнему источнику информации (*TrueData(x)* = 1 – элемент x содержится в рабочей памяти, *TrueData(x)* = 0 – не содержится, *TrueData(x)* = null – проверка x не производилась).

2. *TrueNode* (функция «истинности» для узлов вычислительной сети), которую можно доопределять путем обращения к узлам вычислительной сети (*TrueNode(x, u_i)* = 1 – элемент x хранится на узле u_i, *TrueNode(x, u_i)* = 0 – не хранится, *TrueNode(x, u_i)* = null – проверка элемента x не производилась).

Дополним введенные в работе [2] обозначения $dataT = \bigcup x_k(TrueData(x_k) = 1)$, $dataF = \bigcup x_k(TrueData(x_k) = 0)$ новыми, учитывающими распределенных характер системы: $nodeT(u_i) = \bigcup x_k(TrueNode(x_k, u_i) = 1)$, $nodeF(u_i) = \bigcup x_k(TrueNode(x_k, u_i) = 0)$, где u_i – i-ый узел вычислительной сети. Необходимо найти такой

элемент $X^0 \in \{X\}$, что $X^0 \subseteq dataT \cup nodeT$ (если он существует). При решении этой задачи требуется минимизировать доопределения функций *TrueData* и *TrueNode.*

В работе [2] представлен следующий алгоритм релевантного LP-вывода.

```
X^0 = null
{X} = getPreImages(b)
while X^0 = null and {X} ≠ ∅ do
        k = getRelevantIndex({X}, dataT)                    (1)
            Ask(x_k)
        foreach X_j ∈ {X} do
                if X_j ⊆ dataT then
                            X^0 = X_j
                        break
                end
                if X_j ∩ dataF ≠ ∅ then {X} = {X}\X_j
        end
end
```

Рис. 1. Листинг 1

Здесь функция *getPreImages(b)* решает уравнение $R^L(X)=b$, то есть строит множество {X} всех минимальных начальных прообразов атома b. Функция *getRelevantIndex({X}, dataT)* ищет индекс k любого из наиболее релевантных и ранее не проверенных на истинность атомов, содержащихся в элементах множества начальных прообразов {X}. *Ask(x_k)* запрашивает внешний источник об истинности атома и соответственно модифицирует множества *dataT, dataF* (доопределяет функцию TrueData).

Для распределенного LP-вывода необходимо добавить в алгоритм функции, учитывающие распределенный характер LP-структуры: стратегии подсчета релевантности и обращения к узлам сети.

6. Алгоритмы стратегий подсчета релевантности

Стратегия релевантности ориентирована на общее снижение количества вызовов функции *Ask(x_k).* С этой целью функция getRelevantIndex может оперировать упомянутыми в п.5 показателями релевантности начальных атомов. Одна из возможных версий функции getRelevantIndex представлена ниже. Она использует 3-й параметр релевантности: присутствие атома в прообразе *A* таком, что в *NodesMeet(A)* содержится наибольшее количество узлов.

```
int getRelevantIndex3({X}, dataT)
// Инициализация приоритетов начальных атомов
// решетки и массива, соответствующего количеству узлов
// в отображении NodesMeet (A)
    foreach x_k ∈ F_0 do
            Priority[k] = 0
            Z[k] = kolNodesMeet(A_k)
    end
// Вычисление приоритетов начальных атомов
    foreach x_k ∈ F_0 do
            if not x_k ⊆ dataT ∪ dataF then
                    // Рассматриваем лишь непроверенные атомы
                    foreach X_j ∈ {X} do
                            if x_k ⊆ X_j then
                                    Priority[k]+= Z[k]
                                    // Используя стратегию подсчета
                                    // релевантности, основанную на 3
                                    // параметре релевантности
                            end
                    end
            end
    end
// Нахождение индекса наиболее релевантного атома
    int nRel = null
    foreach x_k ∈ F_0 do
            if nRel = null or Priority[k] > Priority[nRel]then nReal = k
    end
    return nReal
end
```

Рис. 2. Листинг 2

Функция *kolNodesMeet(A_k)* отвечает за подсчет количества узлов, содержащихся в отображении *NodesMeet(A_k)*.

Ниже приведен алгоритм, реализующий функцию *kolNodesMeet(A_i)*.

```
int kolNodesMeet(A_i)
// Для каждого узла U_j из множества узлов вычислительной сети U
    foreach U_j ∈ U do
            count = null // Общее количество атомов в прообразе
            countTrue = null // Количество атомов хранящихся на узле U_j
            // Для каждого атома из прообраза A_i
            foreach x_k ∈ A_i do
                    // Ищем атом x_k хранящийся на узле U_j
                    if x_k ⊆ U_j then countTrue + +
                    count + +
            end
            // Если количество атомов из прообраза A_i , хранящихся на узле U_j
            // совпадает с общим количеством атомов прообраза A_i ,
            // значит такой узел будет содержаться в отображении NodesMeet(A_i).
            if countTrue = count then kol + +
    end
    return kol
end
```

Рис. 3. Листинг 3

Если в Листинге 1 (изображенном на рис.1) вместо присваивания (1) указать: *k = getRelevantIndex3({X}, dataT)*, то получится LP-вывод, учитывающий при подсчете релевантности распределенный характер системы. При этом стратегия ориентирована на использование 3 параметра релевантности (п. 4).

Рассмотрим другую версию функции *getRelevantIndex*, опирающуюся на параметр релевантности 4, а именно – присутствие атома в прообразе *A* таком, что *NodesMeet(A) = NodesJoin(A).*

```
int getRelevantIndex4({X}, dataT)
// Инициализация приоритетов начальных атомов решетки
    foreach x_k ∈ F_0 do
            Priority[k] = 0
            meet[k] = kolNodesMeet(A_k)
            join[k] = kolNodesJoin(A_k)
    end
// Вычисление приоритетов начальных атомов
    foreach x_k ∈ F_0 do
            if not x_k ⊆ dataT ∪ dataF then
                    // Рассматриваем лишь непроверенные атомы
                    foreach X_j ∈ {X} do
                            if x_k ⊆ X_j then
                                    if meet[k] = join[k] then Priority[k] ++
                                    // Используя стратегию подсчета релевантности,
                                    // основанную на 4 параметре релевантности
                             end
                    end
            end
    end
// Нахождение индекса наиболее релевантного атома
    int nRel = null
    foreach x_k ∈ F_0 do
            if nRel = null or Priority[k] > Priority[nRel]then nReal = k
    end
    return nReal
end
```

Рис. 4. Листинг 4

```
int kolNodesJoin(A_i)
// Для каждого узла U_j из множества узлов вычислительной сети U
    foreach U_j ∈ U do
            countTrue = null // Количество атомов хранящихся на узле U_j
            // Для каждого атома из прообраза A_i
            foreach x_k ∈ A_i do
                    // Ищем атом x_k хранящийся на узле U_j
                    if x_k ⊆ U_j then
                            countTrue ++
                    end
            end
            // Если количество атомов из прообраза A_i , хранящихся на узле U_j
            // больше нуля, то значит такой узел будет содержаться в отображении
            // NodesJoin(A_i).
            if countTrue > 0 then kol ++
    end
    return kol
end
```

Рис. 5. Листинг 5

Если в Листинге 1 (изображенном на рис.1), на месте строки (1) записать: *k = getRelevantIndex4({X}, dataT)*, получится LP-вывод, учитывающий при подсчете релевантности распределенный характер системы. При этом стратегия подсчета релевантности опирается на 4 параметр релевантности (п. 4).

Эвристически оба алгоритма *(getRelevaantIndex3, getRelevantIndex4)* позволяют уменьшить количество внешних запросов в процессе обратного вывода.

Заключение

Были предложены стратегии подсчета релевантности в распределенном LP-выводе, которые позволяют оптимизировать обратный вывод. Представлены соответствующие алгоритмы, учитывающие распределенный характер системы. В дальнейшем планируется получение и исследование статистики алгоритмов распределенного LP-вывода.

Список литературы

1. Sowyer, B. Programming Expert Systems in Pascal / B. Sowyer, D. Foster. –John Wiley & Sons, Inc., 1986. – 198 p.
2. Болотова, С.Ю. Алгоритмы релевантного обратного вывода, основанные на решении продукционно-логических уравнений / С.Ю. Болотова, С.Д. Махортов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – No2. – С. 40–50.
3. Махортов, С.Д. Математические основы искусственного интеллекта: теория LP- структур для построения и исследования моделей знаний продукционного типа / С.Д. Махортов ; под ред. В.А. Васенина. – М. : Изд-во МЦНМО, 2009. – 299 с.
4. Махортов, С.Д. Алгебраическая модель распределенной логической системы продукционного типа / С. Д. Махортов // Программная инженерия. – 2015. – No 12. – С. 32–38.
5. Махортов, С.Д. Продукционно-логические уравнения в распределенной LP-структуре / С. Д. Махортов // Программная инженерия. – 2016 – No 7. – С. 324–329.
6. Биркгоф, Г. Теория решеток : пер. с англ. / Г. Биркгоф. – М. : Наука, 1984. – 568 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Об одном подходе к построению и обоснованию алгоритмов взаимных преобразований строковых схем

С. Д. Махортов, email: msd_exp@outlook.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Алгоритмы на строках находят все возрастающее применение в различных прикладных областях, связанных с обработкой больших символьных данных. Многие из подобных алгоритмов основаны на препроцессинге, заключающемся в построении специальных целочисленных массивов, описывающих структуру строк. Рассматриваются две наиболее известные схемы анализа и описания структуры строк – массивы граней и Z-блоков. Обсуждаются возможности их взаимного преобразования. Предлагается новый подход к построению алгоритмов таких преобразований.*

Ключевые слова: *строка, поиск вхождений, препроцессинг, префикс-функция, Z-функция, взаимные преобразования, анализ сложности.*

Введение

Алгоритмы на строках находят все возрастающее применение в различных прикладных областях, связанных с обработкой больших символьных данных. Их актуальность существенно повысилась в последние десятилетия, когда появились предметные области, требующие *эффективной* обработки *гигантских* символьных последовательностей. Отсюда возникает потребность в математическом описании структуры последовательностей символов с целью получения и обоснования более эффективных алгоритмов вычислений на строках.

Одна из наиболее известных задач обработки строк – вычисление всех вхождений образца P (заданной подстроки) длины m в текст T (большую строку) длины n. «Наивный», то есть непосредственный, алгоритм ее решения характеризуется вычислительной сложностью $O(mn)$. Подобный результат неприемлем для некоторых современных прикладных областей, оперирующих гигантскими строками.

Ранее были известны алгоритмы, решающие указанную задачу за время $O(n)$ (например, Кнута-Морриса-Пратта, Бойера-Мура и т.д. [1]). Более того, использование специальной структуры «суффиксное дерево» (П. Вайнер) [2], которая может быть построена за линейное по n время, позволяет выявить все вхождения подстроки выполнением $O(m +$

© Махортов С. Д., 2019

число_вхождений) операций. Если когда-то такие алгоритмы имели в основном теоретическое значение, то теперь их изучение получило ярко выраженный практический смысл. Аналогичное можно сказать и о ряде других задач на строках (общая подстрока, оптимальное выравнивание и т.д. [2]), требующих точного или приближенного решения.

В основе ряда эффективных алгоритмов обработки текстов лежит *препроцессинг* – предварительное исследование структуры строки. В результате такой обработки строится некоторая вспомогательная конструкция, позволяющая существенно сократить количество избыточных сравнений символов. На данной стадии обычно исследуется лишь одна из обрабатываемых строк (например, образец P или текст T), а другая сравниваемая строка может оставаться неизвестной. Важно, чтобы препроцессинг занимал приемлемое время. Далее следует фаза непосредственного поиска или анализа подстрок, на которой полученная ранее информация о строке используется для сокращения работы.

В настоящей статье рассматриваются две наиболее известные схемы анализа и описания структуры строк – массивы граней и Z-блоков [2–3]. Обсуждаются возможности их взаимного преобразования. Предлагается новый подход к построению алгоритмов таких преобразований.

1. Строки – основные понятия

Вначале напомним некоторые понятия и обозначения, связанные со строками [1–3].

Пусть задан *алфавит* – некоторое фиксированное множество различимых элементов (*символов*). *Строка* на алфавите A – это конечная последовательность символов, каждый из которых принадлежит A. Через $n = |S|$ обозначается *длина* (число символов) строки S. Для теоретической «завершенности» вводится понятие *пустой* строки ε (нулевой длины), которая не содержит ни одного символа.

Как обычно, будем интерпретировать строку S в виде массива символов $S[0..n\text{-}1]$. Заметим, что в известной литературе, посвященной алгоритмам на строках [1–3], в соответствующих массивах традиционно принята нумерация символов с 1. Наш выбор (нумерация с 0) обусловлен ориентацией на синтаксис наиболее распространенных C-подобных языков программирования.

Под *равенством* (*совпадением*) двух строк $S_1 = S_2$ (определенных на общем алфавите) подразумевается посимвольное равенство двух массивов одинаковой длины.

Подстрока некоторой строки – это строка, полученная как непрерывная подпоследовательность исходной строки. Для любой строки S через $S[i..j]$ обозначается подстрока в массиве S, которая начинается в позиции i и заканчивается в позиции j. В частности, $S[0..i]$ называется *префиксом*, а $S[j..n\text{-}1]$ – *суффиксом* строки S.

При $i > j$ строка $S[i..j]$ пуста. Очевидно, длина непустой строки $S[i..j]$ равна $j - i + 1$. Подстрока называется *собственной*, если она не равна S. По определению любая непустая строка в качестве собственной подстроки в любой позиции содержит пустую строку.

Наиболее известны две эффективные схемы предварительного анализа строк – нахождение граней и Z-блоков. О них пойдет речь в следующих разделах.

2. Грани и Z-блоки строк

Определение 1. *Гранью* строки называется любой собственный префикс этой строки, равный ее же суффиксу.

Любая непустая строка имеет пустую грань (длины 0). Выделяют *наибольшую грань* строки, то есть имеющую среди всех граней наибольшую длину.

В приложениях к исследованию строк важную роль играет *массив граней* (*border of prefixes array*) $bp[0..n\text{-}1]$, содержащий длины наибольших граней для всех подстрок $S[0..i]$, $i = 0, 1, \ldots, n\text{-}1$, то есть для префиксов в S. В ряде источников (например, [1]) для такого массива используется название «префикс-функция».

Существует эффективный алгоритм вычисления массива граней, работающий за линейное время [3].

В некоторых приложениях (например, алгоритм Кнута-Морриса-Пратта) целесообразно использование *модифицированного* массива граней bpm строки S. Его содержимое отличается от рассмотренного выше массива bp дополнительным требованием о несовпадении символов, следующих за частями грани. Точнее, $bpm[i]$ – это длина наибольшей грани подстроки $S[0..i]$, удовлетворяющей условию $S[bpm[i]] \neq S[i+1]$.

Альтернативный подход к описанию структуры строк связан с Z-блоками [2].

Определение 2. Для строки S и ее позиции $i > 0$ определяется значение $Z_i(S)$ как длина наибольшей подстроки, которая начинается в i и совпадает с префиксом строки S. Сама такая подстрока называется *Z-блоком*. При $i = 0$ полагают $Z_i(S) = 0$.

В [2] достаточно подробно описан и обоснован линейный алгоритм вычисления массива *Z*-значений *zp*[0..*n*-1] (по-другому – «*Z*-функция») заданной строки *S*.

3. Взаимные преобразования строковых схем

Выше были представлены две схемы описания структуры строк – массивы граней и *Z*-блоков. Нетрудно заметить, они взаимосвязаны: оба массива содержат длины подстрок в *S*, совпадающих с префиксами *S*. Основное отличие в том, что в *zp* отмечаются начальные индексы таких подстрок, а в *bp* и *bpm* – конечные.

В фундаментальной монографии [2] формально обоснованы возможности преобразования массива *Z*-блоков в массивы граней (как обычный, так и модифицированный) с помощью линейных алгоритмов. Назовем эту задачу «прямой». В этих алгоритмах не используются непосредственные сравнения символов исходной строки *S*. Для построения алгоритмов применен стандартный подход, а именно – непосредственное преобразование, основанное на изучении структуры обоих массивов. Указанные результаты автор книги возвел в статус теорем. Обратные же преобразования массивов (решение «обратной» задачи) в [2] рассмотрены не были.

Подобных рассмотрений до недавнего времени не было и в других общедоступных научно-технических печатных изданиях. Следует признать, что алгоритмы получения массива *Z*-значений из массива граней можно обнаружить в Интернете. Однако некоторые из них не являются непосредственными (например, предварительно осуществляют стадию восстановления варианта исходной строки *S* [4]), другие – не имеют строгого формального обоснования [5–6]). В частности, последний факт признает и сам автор публикации [5]. Алгоритм же [6] представляет собой модификацию алгоритма [5].

Обоснованный линейный алгоритм вычисления массива *Z*-блоков из массива граней впервые был представлен в публикации [7] автора настоящей статьи. Идея состоит в том, что за основу берется первоначальный алгоритм непосредственного нахождения массива *Z*-блоков по строке *S* [2]. Однако из этого алгоритма исключаются все сравнения символов исходной строки *S*. Вместо этих сравнений используются эквивалентные свойства массива граней *bp*. Такой алгоритм работает за линейное время и имеет достаточно простое обоснование, с учетом обоснованности свойств исходного алгоритма.

Ниже приводится его запись с использованием псевдокода – подмножества языка *C* без указания типов данных.

Листинг

```
BP-to-ZP (bp, zp, n)
{
   l = r = 0; zp[0] = 0;
   for  (i = 1; i < n; ++i)
   {
      zp[i] = 0;
      if ( i >= r )
      { // Поз. i не покрыта Z-блоком – Z[i] вычисляется от
начала
         zp[i] = ValGrow (bp, n, 1, i); l = i; r = l + zp[i];
      }
      else
      { // Поз. i покрыта Z-блоком – он используется
          j = i – l;
         if (zp[j] <  r - i) zp[i] = zp[j]; // Новый Z-блок
закончился
         else {zp[i] = r - i + ValGrow(bp, n, r - i + 1, r); l
= i; r = l + zp[i];}
      }
   }
}
ValGrow (nArr, n, nVal, i0)
{
   nSeqLen = 0;
   while  (i0  <  n && nVal++ == nArr[i0++])  ++nSeqLen;
   return  nSeqLen;
}
```

Способ получения данного результата приводит к мысли о применении аналогичного подхода и к решению прямой задачи преобразования строковых схем.

Возьмем в качестве основы алгоритм, который вычисляет массив граней непосредственно из строки *S* [3]. В этом алгоритме в определенном контексте используются сравнения пар символов этой строки. Можно ли в указанном контексте сопоставить символы строки *S*, используя вместо нее массив *Z*-блоков, если он известен? Обоснованный положительный ответ на этот вопрос дан в работе [8].

В результате получается следующий алгоритм преобразования массива *Z*-блоков в массив граней, по вычислительной сложности эквивалентный исходному алгоритму [3].

Поскольку базовый алгоритм ранее подробно обоснован и изучен ([1, 3]), то полученный на его основе алгоритм *ZP-to-BP* может составить конкуренцию известному алгоритму преобразования массива *Z*-блоков в массив граней [2] в плане простоты и читабельности. Кроме того, он имеет более простое обоснование.

Листинг

```
ZP-to-BP (bp, zp, n)
{
   bp[0] = 0;
   for  (i = 1; i < n; ++i)
   { // i –длина рассматриваемого префикса
      bpRight = bp[i - 1]; // Позиция справа от (i - 1) грани
      while (bpRight  && (zp[i-bpRight] <= bpRight) )
         bpRight = bp[bpRight - 1];
      bp[i] = (zp[i-bpRight] > bpRight) ? bpRight + 1 : 0;
   }
}
```

Заключение

В настоящей статье рассмотрены две наиболее известные схемы предварительного анализа и описания структуры строк – массивы граней и *Z*-блоков. Представлены принадлежащие автору линейные алгоритмы их взаимных преобразований. В качестве обобщения предложен новый подход к построению алгоритмов таких преобразований.

Полученные результаты могут быть применены при практическом исследовании больших символьных последовательностей, в частности, в области биоинформатики [9].

Список литературы

1. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ : пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К.Штайн. – М. : Вильямс, 2016. – 1328 с.
2. Гасфилд, Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах: Информатика и вычислительная биология : пер. с англ. / Д.Гасфилд. – СПб: Невский диалект, 2003. – 654 с.
3. Смит, Б. Методы и алгоритмы вычислений на строках : пер. с англ. / Б.Смит. – М: Вильямс, 2006. – 496 с.
4. Code Review. Prefix- and *Z*-functions in C++ (string algorithms) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://codereview.stackexchange.com/questions/87349/prefix-and-z-functions-in-c-string-algorithms
5. Codeforces. Переход между *Z*- и префикс- функциями [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://codeforces.ru/blog/entry/9612/
6. Университет ИТМО. *Z*-функция [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Z-функция

7. Махортов, С.Д. О выразительных возможностях схем описания структуры строк / С.Д. Махортов // Программная инженерия. – 2018. – № 5. – С. 235-240.

8. Махортов, С.Д. О новых алгоритмах взаимного преобразования строковых схем // Вестник ВГУ. Серия физика, математика. – Воронеж, 2018. – № 4. – С. 134-140.

9. Quantitative detection of low-abundance somatic structural variants in normal cells by high-throughput sequencing / W. Quispe-Tintaya [et al.] // Nature Methods. – 2016. – No. 13. – P. 584-586.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Синхронизация жизненного цикла программного обеспечения и проектного управления

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru
О. Ю. Шепелёва, email: ShepelevaOY@gmail.com
А. М. Воронков, email:Andrey.m.voronkov@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

Аннотация. *Статья посвящена рассмотрению процесса создания потребительской ценности в сфере IT для стейкхолдеров и синхронизации её этапов с фазами жизненного цикла проекта в рамках управления бизнес-процессами компании, базирующихся на виртуализации инфраструктуры.*

Ключевые слова: *потребительская ценность, полезность, стейкхолдеры, информационно-коммуникационные технологии, цифровая экономка.*

Введение

Сегодня одним из основных факторов, обеспечивающим высокий уровень конкурентоспособности каждого предприятия, принято называть инновационные процессы [1], что особенно заметно проявляется в сфере ИКТ, где внедрение новых программных продуктов выступает главной составляющей стимулирования потребительского спроса, а значит и формирует потребительскую ценность продукта, которую компания «продаёт» участникам рынка. Вместе с тем, высокие технологические и технические риски, сопряжённые с рыночными, финансовыми и репутационными, создают в стратегической перспективе условия для формирования крайне специфической среды управления IT проектом [2, 3], вынуждая компании зачастую отказываться от осуществления самой инновационной деятельности в попытке угнаться за результатами конкурентов, что негативно сказывается и на поиске наиболее эффективных способов управления [4]. Следовательно, можно предположить, что регулярность, качество и своевременность принятия инновационных управленческих решений в отношении разработки новой продукции на этапах жизненного цикла IT проекта, обеспечивающих востребованность конечного продукта у покупателей, а значит и успешность реализации, напрямую влияет на прибыльность бизнеса, а также способствуют успешности инновационного процесса компании в целом.

© Минаков В. Ф., Шепелёва О. Ю., Воронков А. М., 2019

1. Анализ современных тенденций в сфере управления IT проектами

Одной из наиболее интересных, с точки зрения стратегического управления процессом создания потребительской ценности, тенденций в сфере IT, становится широкое распространение «открытых инноваций», суть которых сводится к такой организации бизнес-процессов компании, функционирующей в условиях цифровой экономики, которая позволяла бы менеджеру в условиях роста динамичности рынков и сокращения жизненного цикла товара максимально задействовать для достижения цели как внутренние, так и внешние возможности, причем самыми разнообразными способами [5].

Внешняя среда в данном случае выступает для лица, принимающего решения (ЛПР), в качестве источника, обеспечивающего креативность идей, базы знаний и склада ресурсов, которые следует перераспределить должным образом, создавая потребительскую ценность IT продукта - сложный для идентификации конструкт, отражающий как функциональные, так и социально-экономические, лого-эмоциональные, поведенческие и ряд других аспектов потребительской выгоды, играющих существенную роль в момент выбора предлагаемого IT решения, платформы или программы, в сравнении с понесёнными издержками на приобретение, внедрение, использование, сопровождение, обновление и т.д.

Таким образом, потребительская ценность IT проекта включает в себя значительную долю не только нематериальных, но и крайне субъективно оцениваемых характеристик, которые без вовлечения потребителя в процесс её создания ещё на стадии проектирования могут привести к провалу, что, собственно, и подтверждает статистика, представленная на рис. 1 и рис. 2.

2. Модель формирования потребительской ценности в сфере IT и синхронизация её процессов с этапами жизненного цикла проекта

Согласно современным стандартам управления проектами, в задачи проектного офиса компании не входит создания ценности для потребителя, и уж тем более организация его вовлечения в этот процесс. Однако усиление конкуренции, особенно в сфере IT, где рынок быстро становится перенасыщенным типовыми продуктами, к функционалу которых клиенты предъявляют всё более высокие требования, вплоть до индивидуализации спроса, в совокупности с ускорением морального старения продукта и все меньшим уровнем доверия не только к явной, но и скрытой рекламе; информационной осведомленностью и самостоятельностью в формировании личностного отношения вплоть до готовности отстаивать его в спорах с другими потребителями в Сети

требуют от менеджеров пересмотра их функциональных обязанностей под воздействием рационализации бизнес-процессов.

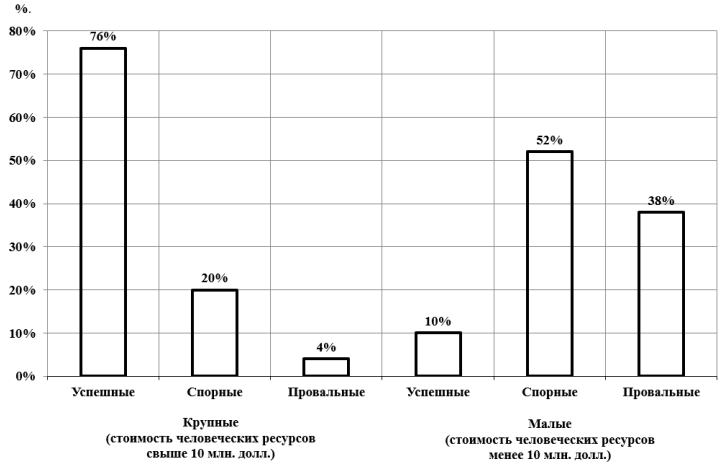


Рис. 1. Соотношение показателей успеха и ресурсного обеспечения IT проектов в США и ЕС с 2000 по 2018 гг.

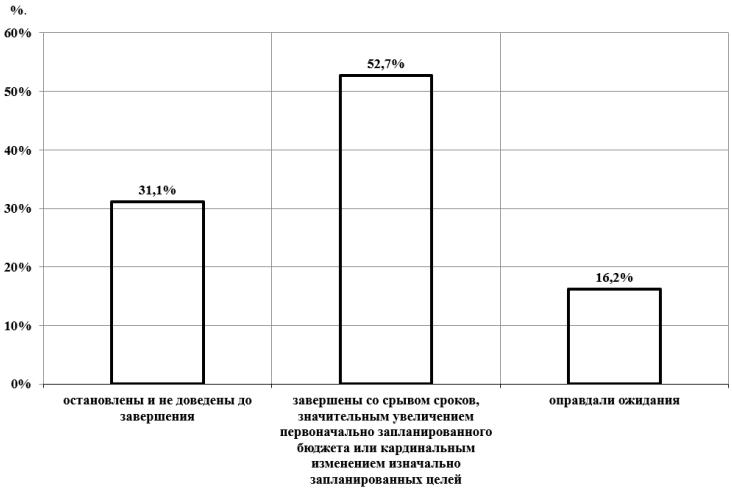


Рис. 2. Доля успешных IT проектов (США и ЕС с 2000 по 2018 гг.)

В этой связи предлагается модель создания потребительской ценности IT проектов, синхронизированная с этапами жизненного цикла создаваемых автоматизированных систем - рис. 3.

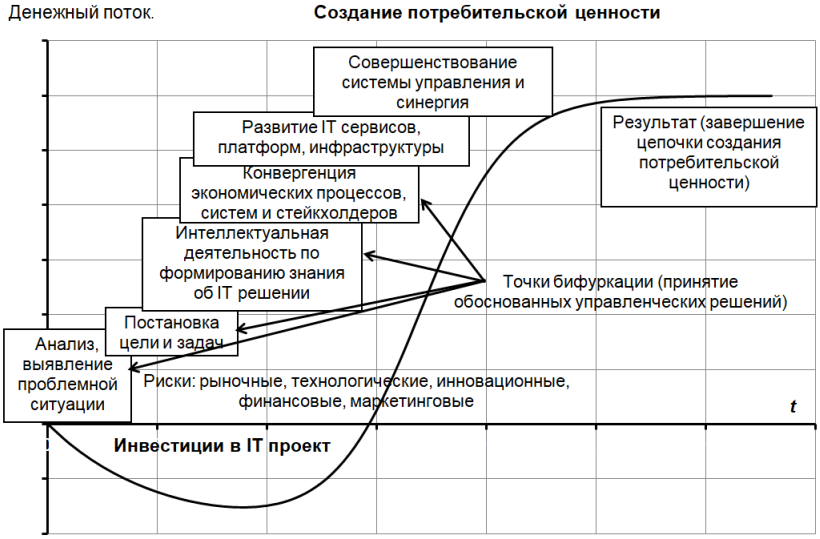


Рис. 3. Модель формирования ценности IT проекта

Предложенная модель синхронизации проектного управления и жизненного цикла IT – продуктов позволяет добиваться обоснованности управленческих решений для достижения положительных финансовых результатов реализации проектов.

Заключение

В рамках созданной модели процесс осуществления интеллектуальной деятельности по формированию потребительской ценности IT проекта с участием менеджеров компании позволяет сформировать управленческие воздействия, направленные на совершенствование системы управления, а значит и повышающие вероятность получения запланированного экономического результата.

А синхронизация с этапами жизненного цикла способствует упрощению координации и идентификации возможных рисков.

Литература

1. Силкина, Г. В. Инновационные процессы в цифровой экономике. / Силкина Г. В., Шевченко С. Ю. // Информационно-коммуникационные драйверы // Монография. Федеральное

государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» Санкт-Петербург, 2017. – 262 с.

2. Сердюк, С. В. Информационные технологии в системе управления бизнес-процессами / Сердюк С. В., Шуваев А. В. // В сборнике: Социально-экономические драйверы и тенденции развития современного информационного общества. – 2018. –. С. 258-261.

3. Склярова, Ю. М. Формирование правил разумного приобретения имущественных благ для работников АПК как потребителей финансовых услуг / Склярова Ю. М., Скляров И.Ю., Лапина Е.Н. // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 8-3 (85) . – С. 750-756.

4. Щербаков, В. В. Конвергенция моделей корпоративного управления в условиях глобализации / Щербаков В. В., Коваленко Е. И. // Экономика и предпринимательство. – М. 2017. – № 3-1 (80) . – С. 815-818.

5. Юсупов, Р. М. Анализ влияния информационных технологий на эффективность систем управления сложными объектами / Юсупов Р. М., Касаткин В. В., Соколов Б. В., Охтилев М. Ю. // В сборнике: Перспективные направления развития отечественных информационных технологий Материалы III межрегиональной научно-практической конференции. Научный редактор Б.В. Соколов. – 2017. – С. 14-18.

Рефакторинг в объектно-ориентированном программировании на основе использования LP-структур

А. А. Ногих, email: a.nogikh@yandex.ru
С. Д. Махортов, email: msd_exp@outlook.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложен алгоритм сведения внутренней организации программ, составленных с использованием парадигмы объектно-ориентированного программирования, к LP-структуре на решетке типов. Рассматриваются вопросы реализации программной системы, осуществляющей автоматизированный "подъем" общих атрибутов по иерархии типов.*

Ключевые слова: *иерархия типов, рефакторинг, LP-структура.*

Введение

Разработка программной системы – лишь часть ее жизненного цикла. С течением времени система совершенствуется, адаптируется к новым требованиям, вынужденно уходит от изначально спроектированной структуры. Этот процесс неизбежно сопровождается ухудшением качества кода, что делает дальнейшие изменения системы все более сложными. Остановить деградацию помогает рефакторинг. Это процесс такого изменения программной системы, при котором ее внешнее поведение сохраняется, а внутренняя структура улучшается [1].

В общем случае рефакторинг состоит из множества этапов, а именно – выбор частей системы и способов преобразования, оценка того, насколько при этом сохранится поведение модифицируемых частей, проведение изменений, оценка полученного результата и т.д. [2]. Часть этих этапов могут выполнять автоматизированные системы рефакторинга, тем самым позволяя существенно снизить затраты на разработку ПО.

В настоящей работе рассматриваются вопросы реализации системы, осуществляющей автоматизированный рефакторинг путем поднятия общих атрибутов («Pull Up Field» в терминологии [1]).

Математической основой используемого подхода служит теория LP-структур, предоставляющая алгебраические модели для различных систем в информатике. В статье [3] был построен класс LP-структур, учитывающих особенности логического вывода на решетках типов.

© Ногих А. А., Махортов С. Д., 2019

Данный класс обладает более широкими возможностями адекватного моделирования иерархий типов по сравнению с теорией FCA [4].

1. Основные понятия

Ниже кратко представлены некоторые необходимые в дальнейшем определения и результаты из статьи [3].

Под LP-структурой подразумевается алгебраическая система, представляющая собой математическую решетку $\mathbb{F}(\leq, \wedge, \vee)$ с заданным на ней бинарным отношением R.

Между парами типов (классов) в объектно-ориентированном программировании существует как минимум два вида связей – наследование и агрегация. На $\mathbb{F}$ задано отношение частичного порядка, соответствующее наследованию – если тип b является наследником a, то $b \leq a$. Рассмотрению подлежат иерархии типов, при которых после введения такого частичного порядка $\mathbb{F}$ удовлетворяет определению решетки.

Дополнительно на решетке $\mathbb{F}$ вводится бинарное отношение R, соответствующее агрегации: если объект b агрегирует объект типа a, то $(b, a) \in R$.

Оба отношения ($\leq$ и R) имеют общую семантику – один тип получает возможности другого типа в виде доступа к его атрибутам. Семантически ясно, что такое отношение «обладания набором возможностей» (далее обозначено как $\xleftarrow{R}$) обязано быть рефлексивным и транзитивным.

$\vee$-дистрибутивность отношения $\xleftarrow{R}$ (из $b_1 \xleftarrow{R} a$ и $b_2 \xleftarrow{R} a$ следует $b_1 \vee b_2 \xleftarrow{R} a$) задает семантику монотонного вывода. Однако в случае LP-структур на решетке типов выполнение $\vee$-дистрибутивности целесообразно не во всех случаях и должно зависеть от контекста [3].

Для формализации и исследования немонотонного логического вывода на рассмотренных структурах были введены понятия $\vee$-совместимости пар $(b_1, a), (b_2, a) \in R$, $\vee$-дистрибутивности тройки (c_1, c_2, a), где $c_1, c_2, a \in \mathbb{F}$ и некоторые другие понятия, с которыми можно детально ознакомиться в [3].

Логическое замыкание отношения R представляет собой отношение, содержащее все такие пары (a,b), что в типе b доступны возможности типа a.

Логической редукцией отношения R на решетке $\mathbb{F}$ называется эквивалентное ему минимальное отношение R_0. Логическая редукция рассматриваемой LP-структуры соответствует иерархии с минимальным эквивалентным набором связей, что способствует минимизации дублирования кода.

В статье [3] доказана теорема о существовании логической редукции LP-структуры на решетке типов и обоснован способ ее эффективного построения.

2. Обобщение LP-структуры на решетке типов

Несмотря на то, что семантика элементов LP-структуры на решетке типов четко сформулирована, преобразование в нее структуры классов реальной программной системы не является тривиальной задачей.

В статье [3] была рассмотрена постановка задачи рефакторинга, в которой для отражения агрегации используется бинарное отношение на решетке типов. При практической реализации здесь возникают сложности, обусловленные следующими обстоятельствами.

- Тип может обладать возможностями некоторого другого типа одновременно в различных «контекстах», не связанных друг с другом.
- При формальном «поднятии» атрибутов по иерархии типов (проведении логической редукции) могут возникать конфликтные ситуации.

Для решения указанных проблем предлагается переключить фокус с абстрактного «владения возможностями типов» на конкретные случаи агрегации типов данных.

Примем следующие обозначения: T – множество классов рассматриваемой системы, T_{agg} – множество всех случаев агрегации одним типов экземпляров другого типа (для рассматриваемой системы).

С целью учета и сохранения в иерархии конкретных случаев агрегации предлагается добавить искусственные типы данных (обозначим множество таких типов как $\tilde{T}$). Тогда для отражения агрегации становится возможным использовать бинарное отношение не напрямую ($T \to T$), а опосредованно (бинарное отношение $T \to \tilde{T}$ и отображение $f_{orig}: \tilde{T} \to T$). Такая модификация позволит при

проведении логической редукции учитывать «обладание возможностями» различных экземпляров одного типа.

Для построения LP-структуры на решетках типов также потребуется отображение $f_{agg}: T_{agg} \to \tilde{T}$. Для того, чтобы при рассматриваемых изменениях связи между существующими типами данных сохранились, дополнительно потребуем от f_{agg} следующее: если $t_{agg} \in T_{agg}$ соответствует случаю агрегации типа $t \in T$, то $\left(f_{orig} \circ f_{agg}\right)\left(t_{agg}\right) = t$.

Пусть $T'_{agg} \subseteq T_{agg}$ – множество вхождений типа $t \in T$ в качестве атрибута, а $\tilde{T}_{pi} = f_{orig}^{-1}(t)$ – подмножество элементов $\tilde{T}$, отображаемых в t. Рассмотрим множества-прообразы элементов $\tilde{T}_{pi}$ при отображении f_{agg}, обозначим их $\left\{T_{agg}^{(i)}\right\}$. По своему определению $T_{agg}^{(i)}$ не пересекаются. Из дополнительного требования на f_{agg} также следует, что $\bigcup_{i=1}^{n} T_{agg}^{(i)} = T'_{agg}$. Следовательно, $\left\{T_{agg}^{(i)}\right\}$ является разбиением множества T'_{agg}. Такие множества $\left\{T_{agg}^{(i)}\right\}$ назовем *контекстами использования* типа $t \in T$. В LP-структуре всем случаям агрегации из одного контекста использования будет соответствовать один элемент $\tilde{T}$.

Имея для каждого $t \in T$ разбиение T'_{agg} на контексты использования, можно восстановить множество $\tilde{T}$ и f_{orig}: выделенным контекстам использования будут соответствовать различные $\tilde{T}$, а f_{orig} будет возвращать, к какому типу t относятся контексты использования, связанные с $\tilde{t} \in \tilde{T}$ (возможно в силу доп. ограничения на f_{orig}).

Зафиксируем способ отражения в LP-структуре контекстов использования атрибутов. Для этой цели предлагается следующая последовательность действий.

1. Строится решетка типов T, соответствующая отношению наследования, аналогично [3].

2. В решетку добавляются элементы $\tilde{T}$. Отображение f_{orig} определяет отношение частичного порядка для добавленных $\tilde{t} \in \tilde{T} : \tilde{t} \le f_{orig}(\tilde{t})$.
3. Для ограниченности решетки в нее добавляются O (фиктивный общий потомок) и I (общий предок, если отсутствует).
4. Бинарное отношение агрегации R строится следующим образом: для каждого случая агрегации $t_{agg} \in T_{agg}$ должно выполняться $(x, \tilde{t}) \in R$, где $\tilde{t} = f_{agg}(t_{agg})$.

Рассмотрим некоторые следствия использования такой модификации LP-структуры на решетке типов.

– Каждый добавленный $\tilde{t}$ обладает всеми возможностями типа t, агрегации которого он соответствует (в силу $\tilde{t} < t$). Следовательно, в случае агрегации элемента t в типе x имеем $(x, \tilde{t}) \in R$, и тип x получит возможности типа t так же, как если бы он владел им напрямую: $(x, t) \in R$.
– По построению, для любого подмножества искусственно добавленных элементов $\{\tilde{t}_i\}$ имеем: $\wedge \tilde{t}_i = O$, то есть, не существует типа данных, являющегося их общим потомком. Это обстоятельство исключает ситуацию, когда при «подъеме» общего потомка нескольких атрибутов все обращения к ним будут сведены к одному экземпляру потомка. Следовательно, если тип x агрегировал атрибуты типов $\{\tilde{t}_i\}$, то после проведения логической редукции он продолжит иметь к ним доступ как к отдельным экземплярам.

После проведения логической редукции построенной LP-структуры предлагается в коде программной системы заменить обращения к каждому агрегируемому экземпляру $t_{agg} \in T_{agg}$ на обращение к достижимому по $R\bigcup \le$ экземпляру $f_{agg}(t_{agg})$.

С учетом изложенного выше можно сформулировать следующую задачу рефакторинга. Для иерархии типов программной системы требуется разделить вхождения каждого типа $t \in T$ на контексты использования. Разделение должно быть таким, что после проведения логической редукции построенной выше LP-структуры и обновления

кода в соответствии с указанным правилом, программная система сохранит свое внешнее поведение.

В дальнейшем возможна корректировка данной постановки задачи рефакторинга с целью обеспечения более тонкого учета особенностей конкретных программных систем.

3. Автоматическое выделение групп атрибутов

Ниже описан алгоритм автоматического выделения контекстов использования.

В разделе 2 упоминалась проблемная ситуация, связанная с совместным использованием экземпляра типа. Если не углубляться в конкретные сценарии использования рассматриваемых типов данных, а ограничиться отношениями наследования и агрегации, то можно сформулировать следующее правило, при котором не возникнет конфликтных ситуаций.

На LP-структуре (F, R) $\forall x, y \in F$ все экземпляры типа y, чьими возможностями по $R \bigcup \leq$ обладал x, должны остаться различными экземплярами.

Однако из этого правила не следует, что все достижимые через $R \bigcup \leq$ случаи агрегации y должны быть отнесены к разным контекстам использования. Каждый случай агрегации создает новые экземпляры самого себя и всех достижимых от него типов.

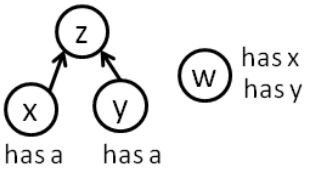


Рис. 1. Пример иерархии типов

Пример такой ситуации изображен на рис. 1. Стрелки отражают наследование (направлены к классу-предку), а «has N» обозначает агрегацию экземпляра типа N. Тип w обладает двумя экземплярами типа a (через агрегацию x и y). В случае «подъема» a в тип z и проведения логической редукции x продолжит иметь доступ к двум экземплярам a.

С целью выделения контекстов использования предлагается использовать описанный далее алгоритм. Данная последовательность шагов должна выполняться независимо для случаев агрегирования каждого присутствующего в иерархии типа данных $t \in T$.

Формируется множество $T'_{agg} \subseteq T_{agg}$ всех случаев агрегации $t \in T$. Для элементов этого множества будет устанавливаться связь «должны принадлежать к разным контекстам использования».

1. Строится орграф G: вершины – $T \bigcup T'_{agg}$, добавляются дуги, соответствующие наследованию (между элементами *T*). Также в рамках данной категории ребер добавляются дуги от вершин T'_{agg} к вершине, соответствующей t.
2. Добавляются ребра, соответствующие агрегации. Если $x \in T$ агрегирует экземпляр (или несколько экземпляров) типа $y \in T, y \neq t$, то в граф добавляется одно ребро от x к y. Для случаев агрегирования экземпляров типа t в граф добавляются ребра от x к элементам T'_{agg}, соответствующим этим случаям агрегации.
3. На основе графа G строится граф G' по следующему правилу. По G строится LP-структура. Для каждой ее $\vee$-дистрибутивной тройки (c_1, c_2, a)[3] в G' добавляются ребра, соответствующие агрегации, от элемента, соответствующего $c_1 \vee c_2$, к элементу, соответствующему a.
4. Шаги 5-6 повторяются для каждого $x \in T, x \neq t$.
5. Пусть T_{av} – множество элементов типа t, агрегируемых x любым его предком, $T_{av} \subseteq T'_{agg}$. Между всеми парами элементов T_{av} следует установить связь «должны принадлежать к разным контекстам использования».
6. Если $t' \in T_{av}$ и в G' существует путь от t' к $t'' \in T'_{agg}$, проходящий более, чем по одному ребру, соответствующему агрегации, то между t' и t'' следует установить связь «должны принадлежать к разным контекстам использования».

Чтобы во время работы алгоритма не возникали попытки связать элемент из T'_{agg} с самим собой, следует исключить из рассмотрения случаи агрегации, из-за которых образуются циклы в графе G'.

В результате работы данного алгоритма определяется, каким элементам T'_{agg} не следует быть в одном контексте использования, чтобы избежать совместного использования экземпляров t.

Если T'_{agg} разбить на группы, внутри которых никакие два элемента не связаны построенным в алгоритме отношением, то это и будут искомые контексты использования. Описанный алгоритм при работе со случаями агрегации $t \in T$ не делает предположений о контекстах использования других типов данных, а также пессимистично учитывает все возможные случаи подъема атрибутов. Поэтому утверждается, что полученное разбиение для всех типов $t \in T$ будет удовлетворять постановке задачи из раздела 2.

Задача разбиения T'_{agg} на описанные выше группы эквивалентна задаче раскраски вершин графа. Такая задача является NP-полной, однако, существуют жадные алгоритмы для приближенного решения (описанные, например, в [5]).

Следует также отметить, что перед применением рассмотренного «пессимистичного» алгоритма можно пробовать алгоритмы для частных случаев. Например, все случаи агрегации неизменяемых (immutable) типов данных могут быть отнесены в один контекст использования.

4. Особенности реализации

Приведем возможный способ построения программного обеспечения для реализации рассматриваемого метода рефакторинга.

Не привязываясь к конкретному языку программирования, обозначим существенные характеристики типа (класса).

1. Название, однозначно его определяющее.
2. Публичные предки класса.
3. Список публичных атрибутов.

Для атрибута существенными являются идентификатор и тип. Идентификатор атрибута отражает как название, так и особенности объявления (квалификаторы типа и т.д.).

Набор классов с данным набором характеристик может быть получен путем парсинга исходного кода, в том числе с помощью готовых библиотек. Например, в случае Java можно воспользоваться описанием в [6].

Последовательность шагов при проведении автоматизированного рефакторинга такова.

1. Парсинг исходного кода программной системы.

2. Выделение контекстов использования атрибутов по алгоритму, описанному в разделе 3.
3. Формирование LP-структуры в соответствии с методом, описанным в разделе 2.
4. Запуск алгоритма, представленного в статье [3].
5. Модификация исходного кода программной системы.

В случае неоднозначных ситуаций (например, для утверждения разбиения контекстов использования атрибутов и для проверки итоговой иерархии типов) предлагается привлекать пользователя системы.

Заключение

В данной статье были рассмотрены некоторые вопросы реализации программной системы, осуществляющей автоматизированный рефакторинг кода путем подъема общих атрибутов. Предложен способ сведения иерархии типов к LP-структуре, учитывающий ситуации, когда тип данных имеет доступ не к одному, а ко множеству экземпляров другого типа. Также была описана высокоуровневая схема работы программной системы для проведения рефакторинга.

Дальнейшие исследования на данном направлении подразумевают выработку способов модификации исходного кода программы, адаптацию рассмотренных понятий и алгоритмов к конкретным языкам программирования, а также практическую реализацию соответствующей инструментальной системы.

Список литературы

1. Рефакторинг: улучшение существующего кода. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2003. – 432 с, ил.
2. Mens, T. A survey of software refactoring / T. Mens, T. Tourwe // Software Engineering IEEE Transactions. – 2005. – Vol. 30. – P. 126-139.
3. Махортов, С.Д. LP-структуры на решетках типов и некоторые задачи рефакторинга / С.Д. Махортов // Программирование. – 2009. – Т. 35. – № 4. – С. 5-14.
4. Godin, R. Formal Concept Analysis-Based Class Hierarchy Design in Object-Oriented Software Development / R. Godin, P. Valtchev // Formal Concept Analysis / eds. B. Ganter, G. Stumme, R. Wille // Lecture Notes In Computer Science. – Springer Berlin/Heidelberg. – 2005. – Vol. 3626. – P. 304–323.
5. Kosowski, A. Classical coloring of graphs / Adrian Kosowski, Krzysztof Manuszewski // Contemporary Mathematics. – 2004. – Vol. 352. – P. 1-19.
6. JavaParser – For processing Java code [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://javaparser.org/

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Обзор эксклюзивных и инклюзивных алгоритмов консенсуса

А. В. Обручников, email: artemobruchnikov@gmail.com
Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены современные алгоритмы консенсуса на предмет их функционирования и преимуществ в сравнении друг с другом.*

Ключевые слова: *блокчейн, алгоритмы консенсуса, распределенные системы.*

Введение

Блокчейны или распределенные хранилища – это системы, предоставляющие доверенный сервис для группы узлов, которые не могут полностью доверять друг другу. Такие системы используют распределенные протоколы для проведения криптографических расчетов. В основном эти системы используются как хранилища общего состояния, как посредник в бизнес логике или служат в качестве защищенной вычислительной машины. Многие блокчейны могут выполнять программный код, обычно называемый смарт контрактом.

Блокчейн системы часто [1] подразделяются на четыре категории, которые представлены в таблице ниже.

Таблица

Классификация блокчейн систем

	Инклюзивный	Эксклюзивный
Открытый	Доказательство работы (Proof of Work)	Plenum
Закрытый	Federated BFT	Fabric

В *инклюзивных* блокчейнах, таких как **Bitcoin** или **Ethereum** кто-угодно может выступать в роли узла сети и создавать новые блоки. Для этого необходимо лишь соединение с сетью. *Эксклюзивный* блокчейн в свою очередь, использует определенный набор узлов, который обычно записан в самом состоянии блокчейна. Подтверждение корректности

© Обручников А.В., Соломатин Д. И., 2019

транзакций в такой сети разрешено только ограниченному числу участников и регулируется согласно внутренним правилам сети.

Разница между *открытыми* и *закрытыми* блокчейнами заключается в ограничении доступа к записи в блокчейн. В приватных блокчейнах необходимо пройти определенную операцию аутентификации для того чтобы получить доступ к записи транзакций.

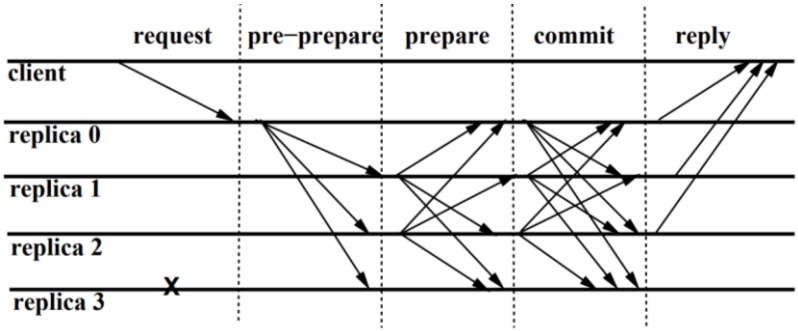
Распределенные системы изучались и использовались задолго до популяризации блокчейна. Используя накопленный опыт, разработчики начали активно развивать эксклюзивные блокчейны, которые имели множество схожих проблем. Благодаря этому, получилось улучшить такие параметры как: достижение консенсуса, распространение транзакций и обеспечение корректного поведения системы в условиях неопределенного поведения сети.

1. Алгоритм PBFT (Practical Byzantine Fault Tolerance)

Большинство алгоритмов берут за основу **PBFT**. Это самый известный алгоритм, обеспечивающий корректное поведение в асинхронной распределенной системе. Он стал популярным в основном благодаря формальному математическому доказательству его защищенности и понятному описанию.

Для того чтобы обеспечить устойчивость к вредительскому поведению одного из узлов, в PBFT используется механизм *view*. В рамках этого механизма, на каждом узле имеется переменная целого типа, которая может только возрастать согласно определенным правилам. Каждому номеру этой переменной соответствует один узел, называющийся лидером. Лидер ответственен за то, чтобы обрабатывать приходящие от клиента транзакции, упорядочивать их и распространять их остальным членам сети. Смена лидера происходит, когда другие узлы заподозрили текущего лидера в некорректном поведении. Механизм лидерства зачастую видоизменяется в других алгоритмах, так как в изначальном виде содержит некоторые недостатки.

PBFT использует *трехфазный протокол* (three-phase protocol) для того, что атомарно обрабатывать транзакции. Он имеет три фазы: *pre-prepare*, *prepare* и *commit*. Pre-prepare и prepare используются для того чтобы создать четкий порядок в котором транзакции будут обработаны. Фазы prepare и commit нужны для того, чтобы транзакции были успешно обработаны на протяжении различных view. Ниже, на рисунке представлена схема обработки запроса с использованием такого протокола.



процесс записи транзакции в базу данных блокчейна с использованием трехфазного протокола, репликами обозначены сервисы, запущенные на узлах

Рисунок. Принцип работы трехфазного протокола [3]

2. Эксклюзивные алгоритмы консенсуса

После успеха Bitcoin, многие пытались применить его идеи для бизнеса и государственных нужд. Однако вскоре стало ясно, что полностью бесконтрольный блокчейн не может служить надежной опорой для построения масштабных систем со сложной бизнес логикой. Для решения этой проблемы, был создан ряд платформ, использующих эксклюзивные алгоритмы.

Алгоритм **BFT-SMaRt**, который был реализован в одной из самых популярных платформ для распределенных приложений – **Fabric**. Эта платформа использует модульную архитектуру, позволяющую подменять различные компоненты на желаемые. Среди прочего, Fabric выделяется тем, что позволяет создавать приватные каналы. Это довольно полезно, в больших корпоративных блокчейн сетях, в случае, когда вам необходимо распространять информацию в пределах определенного круга лиц. Fabric имеет встроенную поддержку смарт-контрактов, называющихся *chaincode*. Они выполняются в виде сервиса в отдельном докер контейнере.

Преимущества:

1. Одно из лучших решений для корпоративного сектора.
2. Возможность детальной настройки алгоритма.

Недостатки:

3. Высокий порог вхождения.

Tendermint – известный алгоритм, изменивший множество механизмов оригинального PBFT. Например, принцип работы клиента, который теперь не рассылает свою транзакцию всем узлам сети, а

использует протокол **Gossip**. Так же, его особенностью является измененный процесс view, который обеспечивает защиту от узлов, не подтверждающих свое участие в выборах лидера. Это достигается путем смены лидера после записи каждого блока.

Преимущества:

4. Множество переосмысленных концепций оригинального PBFT, дающих устойчивость к целому классу новых атак, характерных для блокчейн сетей.
5. Частично решены проблемы масштабируемости сети.

Недостатки:

6. Мало информации о реальных испытаниях этого алгоритма.

Алгоритм **Corda**, построенный на основе Ethereum в основном предназначен для решения бизнес задач. В отличии от остальных, этот алгоритм, не упорядочивает транзакции как единую последовательность запросов, формирующую блокчейн. Вместо этого, определяется такое понятие как объект состояния, представляющий конкретную сущность конкретного соглашения, которое может рассматриваться как реальный бизнес контракт.

Преимущества:

7. Отлично подходит под бизнес проекты.
8. Возможность писать смарт-контракты на **Java** и **Kotlin**

3. Инклюзивные алгоритмы консенсуса

Наиболее широко используемыми алгоритмами в инклюзивных блокчейнах являются **Доказательство работы (Proof of Work)** и **Доказательство доли владения (Proof of Stake)**, которые тесно связаны с криптовалютой. На их тему проведено довольно много исследований, и они хорошо изучены [2]. Поэтому в данной работе будут рассмотрены менее популярные, но не менее интересные алгоритмы, использующие свои механизмы консенсуса.

Алгоритм **Доказательство истекшего времени (Proof of Elapsed Time)**, представленный в платформе **Sawtooth Lake**. Он заимствует многое от известного Доказательства работы (Proof of Work), однако отличается тем, что для майнинга не нужно затрачивать большое количество электроэнергии. Вместо этого этот алгоритм рассчитывает специальную случайную задержку, во время которой компьютер будет простаивать. После окончания задержки, участник сети может доказать остальным что он выполнил *шаг ожидания*. И если он сделал это быстрее других, то очередной блок будет записан им. Шаг ожидания выполняется с помощью специального аппаратного средства **SGX (Software Guard Extensions)**, которое присутствует во многих

современных процессорах от Intel. Чем большим количеством таких средств обладает один узел, тем быстрее он завершит шаг ожидания.
Преимущества:

9. Сниженные затраты электроэнергии.
10. Большая пропускная способность в локальных сетях.

Недостатки:

11. По-прежнему остаются траты на оборудование, для более быстрого майнинга.

Ripple и его ответвление **Stellar** – два известных алгоритма консенсуса со встроенными криптовалютами. В отличии от Bitcoin, они не используют майнинг для функционирования. Так же, они не полагаются на базовое утверждение PBFT систем о работоспособности консенсуса при $f < n/3$, где f – количество недобросовестных узлов, n – общее количество узлов. Вместо этого они устанавливают гибкий порог. Это означает что каждый узел может определять для себя самостоятельно от каких узлов ему необходимо получить подтверждение, чтобы признать транзакцию подлинной. Ripple смог зарекомендовать себя в качестве надежного средства для закрытых внутрибанковских платежей. А Stellar отлично подходит для операций с публичными валютными транзакциями.

Заключение

В данной статье были рассмотрены самые известные алгоритмы консенсуса. Были проанализированы преимущества и недостатки каждого из них. Это работа может быть полезна в качестве инструмента для выбора алгоритма консенсуса под определенные нужды.

Список литературы

1. In-depth on differences between public, private and permissioned blockchains [Электронный ресурс] / L. Kolisko : Medium, 2018. – Режим доступа : https://medium.com/@lkolisko/in-depth-on-differences-between-public-private-and-permissioned-blockchains-aff762f0ca24
2. Blockchain Consensus Protocols in the Wild / C. Cachin, M. Vukolic // IBM Research Zurich 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://arxiv.org/pdf/1707.01873.pdf
3. Practical Byzantine Fault Tolerance / M. Castro, B. Liskov // Massachusetts Institute of Technology 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://arxiv.org/pdf/1707.01873.pdf

Сбор данных с помощью YouTube API

Х. А. Полещук, email: visp_hosya@mail.ru
Д. И. Соломатин, email: solomatin.cs.vsu.ru@gmail.com

Воронежский Государственный Университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается подход к сбору данных с помощью YouTube API. Приведенные в данной работе фрагменты кода написаны на языке Python.*

Ключевые слова: *сбор данных, YouTube API, Python, фреймворк Django.*

Введение

Процесс сбора данных является важной частью разработки программного обеспечения, машинного обучения, анализа данных и т. д. Из-за своей широкой распространенности и большого значения данный процесс постоянно совершенствуется.

В настоящее время данный процесс по большей части автоматизирован. Написание программ по сбору данных может производиться с использованием различных языков программирования. В данной работе данный процесс рассматривается в рамках языка программирования Python.

Python предоставляет простой и понятный синтаксис, а также большое количество библиотек, которые постоянно обновляются. Для создания веб-приложений на языке Python существует современный и удобный фреймворк Django, который также значимо упрощает работу с базами данных.

Поскольку Django разрабатывался в быстро развивающейся среде новостных отделов, он был спроектирован для быстрого и простого выполнения общих задач веб-разработки [1].

Процесс сбора данных в данной работе будет рассматриваться в рамках задачи, постановка которой будет произведена в следующем пункте.

1. Постановка задачи

В связи с развитием платформы YouTube, многие рекламодатели начали выделять бюджет для рекламы своих товаров и услуг на данной платформе. Так как на YouTube присутствует большое количество блогеров, то рекламодателям очень трудно подобрать походящих

© Полещук Х. А., Соломатин Д. И., 2019

исполнителей для своих рекламных заказов. По той же причине блогерам затруднительно находить рекламные заказы, которые они могут выполнить.

При принятии решений о выборе наилучшего способа и средства достижения намеченной цели возникает проблема их оценки по нескольким частным критериям и корректного учета их оценок.

Для нахождения ключевых критериев, которые оказывают значительное влияние на процесс подбора исполнителей рекламных заказов, а также коэффициентов их важности необходимо провести анализ большой подборки данных.

Этапом, предшествующим этому является процесс поиска и сбора данных. В качестве основных методов сбора данных можно выделить эксперимент, опрос и наблюдение.

В рамках эксперимента трудно создать приближенные к реальности условия и собрать достаточное количество субъектов исследования, также данный метод имеет большие издержки.

Опрос рекламодателей предполагает раскрытие закрытых данных, что для большинства является неприемлемым.

В рамках данной задачи наиболее эффективным будет использовать наблюдение. Данный подход позволяет собрать данные о выборах рекламодателей в естественных условиях.

Так как предметная область связана с платформой YouTube, то в качестве инструмента поиска и сбора данных продуктивно будет использовать YouTube API.

2. Выделение необходимых для исследования данных

Перед проведением процесса сбора данных необходимо определиться с тем, какие данные представляют интерес для исследования. Т.е. в первую очередь необходимо определиться с необходимыми сущностями. В приведенной выше задаче основными сущностями являются Video и Blogger.

Далее необходимо изучить структуру данных представляемых в результате наблюдения и в соответствии с ней определится с атрибутами сущностей Video и Blogger.

Модель базы данных, подходящей для данного исследования, можно увидеть на рисунке.

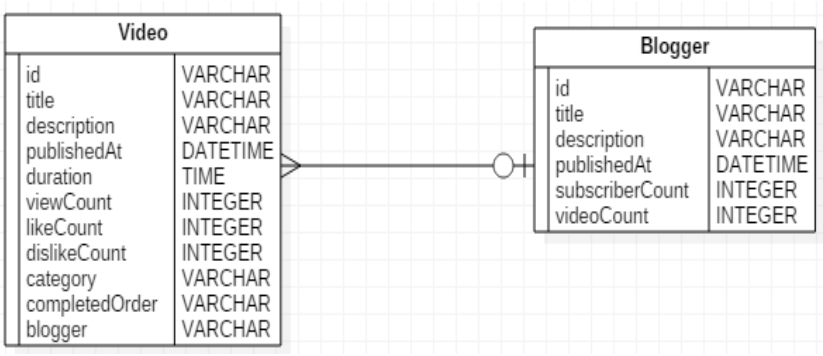


Рисунок. ER-модель данных

3. Подготовка приложения

После создания приложения необходимо настроить подключение к базе данных. При использовании фреймворка Django таблицы в базе данных можно создать путем миграции моделей, созданных в соответствии с моделью данных на *рисунке*.

Применение YouTube API требует авторизации при помощи аккаунта Google. Для авторизации необходим файл, который содержит OAuth 2.0 информацию для авторизующегося приложения, включающую идентификатор и секретный ключ.

После авторизации необходимо сохранить учетные данные для дальнейшего использования. Для веб-приложений учетные данные сохраняются в сессии.

Листинг

```
request.session['credentials'] = {
      'token': credentials.token,
      'refresh_token': credentials.refresh_token,
      'token_uri': credentials.token_uri,
      'client_id': credentials.client_id,
      'client_secret': credentials.client_secret,
      'scopes': credentials.scopes
}
```

Учетные данные применяются при создании объекта сервиса YouTube API. Объект сервиса предоставляет набор ресурсов, необходимых для процесса поиска и сбора данных.

```
c = google.oauth2.credentials.Credentials(**request.session['credentials'])
client = googleapiclient.discovery.build('youtube', 'v3', credentials = c)
```

4. Поиск и сбор данных

В первую очередь необходимо найти подходящие под параметры поиска данные с помощью YouTube API. Результат поиска содержит информацию о YouTube видео, каналах и плейлистах. В то время как результат поиска указывает на уникально идентифицируемый ресурс, он не содержит его постоянных данных (например, длительности для видео и т. п.) [2].

Ниже представлен пример запроса:

Листинг

```
response = client.search().list(
      q = q,
      type = 'video',
      part = 'id',
      maxResults = maxResults,
      order = 'viewCount',
      pageToken = pageToken
).execute()
```

Указанные выше параметры поискового запроса имеют следующее значение:

- *q* : термин запроса для поиска;
- *type* : тип ресурса по которому надо искать (video, channel или playlist);
- *part* : указанные через запятую свойства, которые API ответ на поисковой запрос должен вернуть;
- *maxResults* : максимальное количество результатов на странице;
- *order* : метод сортировки результатов поискового запроса;
- *pageToken* : идентифицирует конкретную страницу набора результатов поискового запроса.

После нахождения подходящих по условию задачи параметров необходимо произвести сбор данных. Как указывалось ранее, результаты поиска не содержат постоянные данные о ресурсах (в данном случае, видео).

В результате приведенного выше запроса были найдены идентификаторы видео, которые подошли по параметрам поиска. Эти идентификаторы необходимо собрать, разделив запятыми, и получить данные соответствующих видео.

Листинг

```
search_videos = []
for video_item in response.get('items', []):
      search_videos.append(video_item['id']['videoId'])
search_videos = ','.join(search_videos)
video_response = client.videos().list(
```

```
        id = search_videos,
        part = 'snippet, statistics, contentDetails'
    ).execute()
```

Далее проводится обработка данных, полученных в результате запроса и сохранение в базу данных.

Данные шаги повторяются до накопления достаточного объема необходимых для исследования данных.

Заключение

YouTube API является удобным инструментом для сбора данных, связанных с платформой YouTube. Он быстро развивается и хорошо подходит для решения подобных задач.

В данной работе был рассмотрен процесс поиска и сбора данных в приложении, написанном на языке программирования Python с использованием YouTube API. Были показаны основные шаги данного процесса и места, на которые необходимо обратить особое внимание.

Список использованной литературы

1. Django Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://media.readthedocs.org/pdf/django/2.1.x/django.pdf

2. YouTube Data API Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://developers.google.com/youtube/v3/getting-started

Об одном подходе к описанию вариантов использования программных средств

Е. А. Рубцов, email: rea@inistek.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), кафедра 319

Аннотация. *Предложен подход и программное обеспечение для выявления и описания вариантов использования программных средств.*

Ключевые слова: *концептуальное проектирование, варианты использования, сценарии использования, элементы интерфейса, хранилища данных, архитектура программного обеспечения.*

Введение

Вариант использования компьютерный программы – это спецификация последовательности действий, которые может выполнять пользователь, взаимодействуя с программой. Варианты использования применяются для выявления и анализа функциональных требований, а также при проектировании, кодировании, тестировании и в процессе обучения пользователей работе с программой. Унифицированный подход к описанию вариантов использования в рамках одного проекта позволит повысить эффективность обмена данными между участниками проектной группы, заказчиком и пользователями. Применение специального программного обеспечения для описания вариантов использования может увеличить скорость работы, скорость обмена информацией и наглядность предоставляемой участникам проекта информации.

1. Основы подхода

При описании вариантов использования для каждого варианта использования создается один основной сценарий и несколько альтернативных [1]. Основной сценарий разбивается на шаги. Альтернативные сценарии записываются без разбивки по шагам. Структура описания варианта использования в рамках предлагаемого подхода выглядит так:

Основной сценарий
Шаг 1
…
Шаг N

© Рубцов Е.А., 2019

Альтернативные сценарии

Альтернативный сценарий 1

…

Альтернативный сценарий M

При описании основного и альтернативных сценариев явно указывается что делает пользователь и что делает программа [2]. Пример описания одного шага: *«Пользователь запускает программу. Программа отображает окно приветствия»*.

Варианты использования размещаются в каталоге вариантов использования. Каждому варианту использования присваивается уникальное название. В описании сценария одного варианта использования можно использовать название других вариантов использования.

Для того, чтобы связать последовательность действий, описываемую в сценарии, с пользовательским интерфейсом и хранилищами данных [3] создаются каталог элементов пользовательского интерфейса и каталог хранилищ данных. В каталоге элементов пользовательского интерфейса хранятся элементы интерфейса проектируемой системы. Каждый элемент интерфейса характеризуется названием и графическим изображением (эскизом в начале процессе проектирования и актуальным изображением, в конце процесса разработки). Каждое хранилище данных характеризуется названием и перечнем атрибутов тех сущностей, которые в этом хранилище будут храниться.

Для привязки сценария к элементам интерфейса, хранилищам данных и другим вариантам использования внутри текста сценария используются заключенные в кавычки названия элементов интерфейса, хранилищ данных и других вариантов использования. Пример сценария с использованием названий элемента интерфейса и хранилища данных: *«Пользователь нажимает "Сохранить". Система добавляет новую запись в хранилище "СОТРУДНИКИ"»*.

Таким образом, при создании сценария можно выделить три ключевые роли:

1. Аналитик – пишет сценарий.
2. Специалист по интерфейсу – работает с каталогом элементов интерфейса.
3. Специалист по данным – работает с каталогом хранилищ данных.

Работу со сценарием можно разбить на несколько этапов:

1. Аналитик создает черновой вариант сценария без явной привязки к элементам интерфейса и хранилищам данных.

2. Совместно со специалистом по интерфейсу аналитик явно прописывает в сценарии элементы интерфейса.

3. Совместно со специалистом по данным аналитик явно прописывает в сценарии хранилища данных.

4. В процессе реализации программы специалист по интерфейсу заменяет в каталоге элементов интерфейса эскизы элементов на их внешний вид в действующей версии системы и, если необходимо, добавляет новые элементы.

5. В процессе реализации программы специалист по данным, если необходимо, корректирует в каталоге хранилищ данных атрибуты и/или добавляет новые хранилища данных.

6. В процессе реализации программы аналитик корректирует сценарий для поддержания его состояния в актуальном виде.

Далее будет рассмотрен пример использования предлагаемого подхода.

2. Описание варианта использования программы «Hello, Word!!!»

Предположим, что нужно создать простую программу, которая при запуске запрашивает у пользователя языки, на которых пользователь хочет увидеть сообщение «Hello, World!!!» и выводит на экран сообщения «Hello, World!!!» на выбранных пользователем языках.

Шаги основного сценария будут выглядеть следующим образом:

1. Пользователь запускает программу. Программа обращается к хранилищу "ЯЗЫКИ" и отображает "Экран выбора языка".

2. Пользователь устанавливает "Галочка выбора языка" возле тех "Метка Язык", которые нужны пользователю. Пользователь нажимает "Продолжить". Программа обращается к хранилищу "ТЕКСТЫ СООБЩЕНИЙ" и отображает на "Основной экран" "Сообщение Hello, World!!!" на каждом выбранном пользователем языке.

3. Пользователь нажимает "Выйти". Программа выводит "Сообщение Вы действительно хотите выйти?". Пользователь нажимает "Да". Программа закрывается.

Альтернативные сценарии будут выглядеть следующим образом:

1. Если хранилище "ЯЗЫКИ" не найдено, программа отображает "Сообщение Отсутствует доступ к хранилищу языков!!!". Пользователь нажимает «Ок». Программа закрывается.

2. Если хранилище "ТЕКСТЫ СООБЩЕНИЙ" не найдено, программа отображает "Сообщение Отсутствует доступ к хранилищу текстов сообщений!!!". Пользователь нажимает "Ок". Программа закрывается.

3. Если на "Экран выбора языка" пользователь передумал работать с программой, он нажимает "Выйти". Программа выводит "Сообщение

Вы действительно хотите выйти?". Пользователь нажимает "Да". Программа закрывается. Если пользователь нажмет "Нет", программа закрывает "Сообщение Вы действительно хотите выйти?" и отображает "Экран выбора языка".

4. Если на "Экран выбора языка" пользователь не установил ни одну "Галочка выбора языка" и нажимает "Продолжить", программа отображает "Сообщение Выберите хотя бы один язык!!!". Пользователь нажимает "Ок". Программа закрывает "Сообщение Выберите хотя бы один язык!!!" и отображает "Экран выбора языка".

5. Если после нажатия "Выйти" на "Основной экран" в "Сообщение Вы действительно хотите выйти?" пользователь нажимает "Нет", программа закрывает "Сообщение Вы действительно хотите выйти?" и отображает "Основной экран".

Каталог элементов интерфейса будет содержать следующие позиции (в алфавитном порядке):

- Выйти
- Галочка выбора языка
- Да
- Метка Язык
- Нет
- Ок
- Основной экран
- Продолжить
- Сообщение Hello, World!!!
- Сообщение Вы действительно хотите выйти?
- Сообщение Выберите хотя бы один язык!!!
- Сообщение Отсутствует доступ к хранилищу текстов сообщений!!!
- Сообщение Отсутствует доступ к хранилищу языков!!!
- Экран выбора языка

Каталог хранилищ данных будет содержать следующие позиции (в скобках после названия хранилища указаны атрибуты):

- ТЕКСТЫ СООБЩЕНИЙ (Текст, Язык)
- ЯЗЫКИ (Название)

3. Программное обеспечение

Для повышения эффективности работы с вариантами использования была разработана компьютерная программа, позволяющее вести каталог элементов интерфейса, каталог хранилищ данных и каталог вариантов использования в электронном виде.

При отображении текста варианта использования программа выделяет отдельным цветом все названия элементов интерфейса. При

наведении указателя мыши на название элемента интерфейса программа отображает графическое изображение этого элемента.

При отображении текста варианта использования программа отдельным цветом выделяет все названия хранилищ данных. При наведении указателя мыши на название хранилища данных программа отображает список атрибутов, связанных с этим хранилищем данных.

Отдельным цветом программа выделяет в тексте варианта использования названия других вариантов использования. При нажатии мышью на название варианта использования программа открывает текст этого варианта использования.

Так же программа выделяет отдельным цветом в тексте варианта использования те названия, которые отсутствуют в каталогах.

Заключение

Был предложен подход к описанию вариантов использования программных средств. Был приведен пример применения предложенного подхода и представлено краткое описание программы, разработанной для повышения эффективности применения данного подхода.

Список литературы

1. Rosenberg, D. Use Case Driven Object Modeling with UML. A Practical Approach. / D. Rosenberg, S. Kendall. – Reading, Massachusetts: Addison–Wesley, 1999. – 192 p.

2. Rosenberg, D. Use Case Driven Object Modeling with UML. Theory and Practice. / D. Rosenberg, M. Stephens. – New York : Apress L. P., 2008. – 440 p.

3. Gane, C. Structured Systems Analysis: Tools and Techniques / C. Gane, T. Sarson. – New York: Improved System Technologies, 1977. – 373 p.

Исследование алгоритмов компрессии в составе программно-аппаратной системы передачи и обработки видеопотока

Р. И. Струков, e-mail: strukov-r-i@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Проводится сравнительный анализ общих характеристик отдельных алгоритмов сжатия видео на основе набора оптимальных критериев. Осуществляется выбор алгоритма компрессии как одной из значимых составляющих в процессе построения программно-аппаратной системы передачи и обработки видеопотока.*

Ключевые слова: *программно-аппаратная система; алгоритм компрессии; видеопоток.*

Введение.

В настоящее время подавляющее большинство программно-аппаратных систем передачи и обработки видеопотока имеют в своем составе тот или иной алгоритм компрессии видеоданных. Алгоритм позволяет конфигурировать размер видеоданных для соответствия требованиям системных ресурсов, в том числе пропускной способности, количеству доступной памяти и т. д.

Целью данного исследования является определение одного или нескольких наиболее оптимальных алгоритмов сжатия видеоданных для программно-аппаратной системы передачи и обработки видеопотока посредством сравнительного анализа их характеристик по выбранному набору критериев.

1. Структура исследуемых алгоритмов.

MJPEG является одним из первых стандартов ISO/ITU-T сжатия видео [1]. MJPEG дает хорошие результаты сжатия как с потерями, так и без потерь, имея минимальную сложность. В MJPEG применяется схема исключительно внутрикадрового сжатия.

Процесс сжатия кадра состоит из следующих элементов:

1. Преобразования цветовой модели (чаще всего в YCbCr) для цветных изображений.
2. Дискретно-косинусное преобразование (работа происходит с блоками 8x8 пикселов):

© Струков Р. И., 2019

$$G_{u,v} = \frac{1}{4}\alpha(u)\alpha(v)\sum_{x=0}^{7}\sum_{y=0}^{7} g_{x,y}\cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right]\cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right] \quad (1)$$

где u — горизонтальная пространственная частота, для целых чисел $0 \le u < 8$. ν — вертикальная пространственная частота, для целых чисел $0 \le v < 8$.

$$a(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, u = 0 \\ 1, u \ne 0 \end{cases}$$

нормирующий коэффициент масштабирования.

$g_{x,y}$ — значение пикселя в точке с координатами (x, y), $G_{u,v}$ — коэффициент ДКП в точке с координатами (u, v).

3. Квантование.
4. Зигзагообразный обход матрицы пикселов.
5. Энтропийное кодирование с использованием таблиц Хаффмана [2].

Формат MJPEG2000 [3] - это стандарт сжатия изображений, который поддерживает сжатие с потерями и без потерь полутоновых или цветных изображений. Данный алгоритм является наследником MJPEG, основан на преобразовании, но использует вейвлет-декомпозицию. Вейвлет-преобразование имеет преимущество в 3дБ по сравнению со сжатием на основе дискретно-косинусного преобразования. Сжатие без потерь в данном алгоритме достигается в результате преобразований и энтропийного кодирования.

Алгоритм поддерживает построение вейвлетов как с помощью свертки (convolution), так и с помощью схемы лифтинга (Lifting Scheme). Формулы для фильтрации на основе схемы лифтинга приведены ниже:

$$y(2n+1) = x_{ext}(2n+1) - \left[\frac{x_{ext}(2n) + x_{ext}(2n+2)}{2}\right] \quad (2)$$

$$y(2n) = x_{ext}(2n) - \left[\frac{x_{ext}(2n-1) + x_{ext}(2n+1) + 2}{4}\right] \quad (3)$$

где x_{ext} — расширенный входной сигнал, y — выходной сигнал.

HEVC (H.265) - алгоритм сжатия видео, разработанный рабочей группой ISO / IEC MPEG (Moving Picture Experts Group) и ITU-T VCEG (Video Coding Experts Group) [4].

Алгоритм HEVC включает следующие этапы:

1. Разбиение каждого кадра на множество блоков.
2. Интерполяция каждого блока и вычитание предсказанной части из блока.
3. Преобразование и квантование остатка (разницы между исходным блоком изображения и предсказанным).
4. Вывод результата энтропийного кодирования, информации по предсказанию, информацию о режиме и заголовков.

2. Выбор критериев сравнительного анализа.

В качестве наиболее оптимальных критериев с точки зрения рассматриваемых типов программно-аппаратной системы передачи и обработки видеопотока, были выбраны пиковое отношение сигнал / шум (PSNR) и сложность реализации (Implementation complexity). Ниже приведено обоснование выбора критериев вместе с их кратким описанием.

1. Пиковое отношение сигнал / шум:
   Критерий пикового отношения сигнал / шум фактически определяет качество восстановленных кадров изображения, что является одним из ключевых параметров работы алгоритма сжатия видео.
   PSNR в Дб определяется как:

$$PSNR = 20\log_{10}\left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}}\right) \tag{4}$$

где MAX_I — это максимальное значение, принимаемое пикселем изображения, MSE — среднеквадратичная ошибка:

$$MSE = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}\left|I(i,j) - K(i,j)\right|^2 \tag{5}$$

где

I — исходное изображение,
K — зашумленное приближение исходного изображения,
m — количество строк пикселей.
n — количество столбцов пикселей.

2. Сложность реализации.

Вторым критерием сравнительного анализа является сложность реализации алгоритмов, которая представляет собой вычислительное время. Данный показатель критичен и для профессиональных, и для широковещательных систем передачи и обработки видео с технологией

Video over IP, так как подобные системы во многих случаях транслируют видеоданные в реальном времени по сетям IP. Соответственно, временные задержки любого масштаба повлияют на качество и целостность видеопотока.

3. Результаты сравнительного анализа исследуемых алгоритмов компрессии.

Для проведения сравнительного анализа алгоритмов HEVC, MJPEG и MJPEG2000 было использовано тестовое изображения в формате .yuv с разрешением 2560x1600 и fps 30 кадров/сек.

Результаты анализа:

1. Критерий: PSNR.

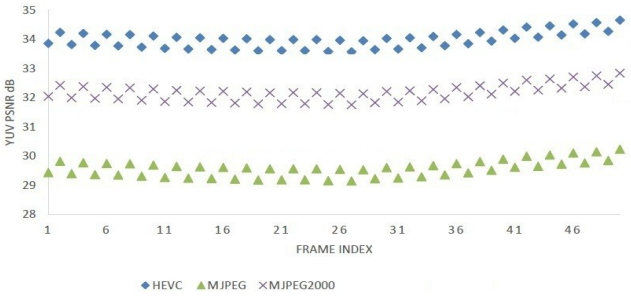


Рис. 1. График покадровой динамики PSNR для Crowd.yuv.

1Критерий: сложность реализации.

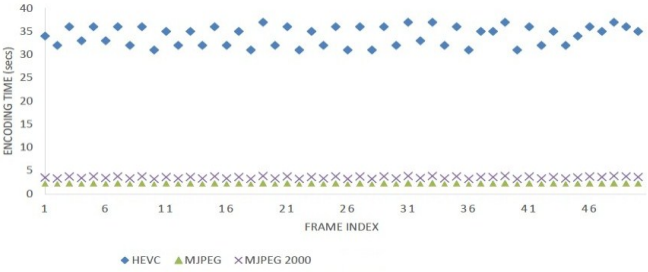


Рис. 2. График покадрового времени сжатия для Crow.yuv.

Заключение

Результаты исследования алгоритмов по критерию сложности реализации показали сравнительно низкую эффективность кодека HEVC в части затрачиваемого на кодирование времени. Однако согласно критерию отношения пикового значения сигнала к шуму, HEVC является наиболее оптимальным среди рассматриваемых алгоритмов.

Для кодирования видеоданных с применением MJPEG и MJPEG2000 затрачивается значительно меньше времени по сравнению с HEVC, что является существенным преимуществом для программно-аппаратных систем с прямой трансляцией видеопотока. При этом, с точки зрения качества восстановленных видеокадров, алгоритмы MJPEG и MJPEG2000 уступают алгоритму HEVC. Данный факт свидетельствует о предпочтении использования HEVC в системах, где высокое качество каждого кадра видеопотока является критичным параметром.

Литература.

1. Уоллес, Дж.К. The JPEG still picture compression standard / Дж. К. Уоллес // Communication of the ACM. – апрель 1991. – №4. – С. 31-44.

2. Топивала, П. Performance comparison of JPEG2000 and H.264/AVC high profile intra-frame coding on HD video sequences / П. Топивала // Proc. SPIE International Symposium, Digital Image Processing. – август 2006. – С. 67-72.

3. Сулливан, Дж. Дж. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard / Дж. Дж. Сулливан // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – декабрь 2012. – № 12. – С. 1649-1668.

Построение системы мониторинга технического состояния объектов трубопроводного транспорта

Н. Б. Ташпулатова, e-mail: nadira-ra@mail.ru [1]
В. Г. Лим[2]

[1] Ташкентский Университет информационных технологий им. Аль-Хоразмий
[2] Астраханский Государственный Университет

Аннотация. *Для обеспечения эффективного взаимодействия эксперта и компьютера при решении задачи необходимо наличие интеллектуального интерфейса в составе единой человеко-машинной системы. Интерфейс должен обеспечить эксперту возможность управления функционированием системы с использованием терминов и понятий из области его профессиональной деятельности, а также обмен информацией с компьютером в процессе решения задачи в естественной для него форме представления.*

Ключевые слова: *Контроль, техническое состояние, трубопроводный транспорт, объекты.*

Эффективность контроля за техническим состоянием магистральных трубопроводов в значительной степени связана с общим уровнем автоматизации [1,2]. Современные средства вычислительной техники, в частности, персональные компьютеры, позволяют не только автоматизировать сбор информации о техническом состоянии объектов, но и осуществлять моделирование исследуемых объектов, явлений и процессов, изучение которых традиционными средствами затруднено или невозможно. Решению этих вопросов служат интеллектуальные диалоговые системы анализа результатов наблюдений [2,3].

В настоящее время разработано большое количество программных средств для анализа технического состояния магистральных трубопроводов. В составе подобных систем решаются и такие задачи, как ведение баз данных сложной структуры, организация информационных, справочных и вычислительных систем, моделирование различных непрерывных и дискретных процессов и т.п.

Конечной целью системы анализа технического состояния является интерпретация получаемых результатов наблюдений за исследуемым объектом. Под интерпретацией результатов наблюдений мы подразумеваем сравнение их с существующей суммой эмпирических и

© Ташпулатова Н. Б., Лим В. Г., 2019

теоретических знаний с целью получения в результате такого сравнения новых знаний. Обобщенно-содержательная часть новых знаний, как правило, может быть выражена утверждениями следующих типов: совокупность полученных в результате наблюдения и контроля данных полностью согласуется с существующей совокупностью знаний об объекте; для согласования некоторой группы результатов наблюдения и контроля с совокупностью знаний об объекте наблюдений требуется внести в эти знания такие-то изменения; для того, чтобы понять причины расхождения некоторой группы результатов наблюдения и контроля за техническим состоянием объекта с совокупностью имеющихся знаний об объекте наблюдений, требуется провести такие-то дополнительные исследования.

Под существующей совокупностью знаний об объекте наблюдений и контроля подразумевается принятая к моменту интерпретации модель предметной области, включающая физическую и математическую модели, и настроенная на объект наблюдений, а также имеющийся набор констант, рассчитанных и измеренных параметров, необходимых для количественного описания свойств объекта и процессов, происходящих в нем.

Источником информации о константах и параметрах является база данных предметной области. В данной работе рассматривается концепция использования персональных компьютеров для автоматизации процедуры интерпретации результатов контроля за техническим состоянием объекта (количественных и качественных данных) и как результат, автоматизация организационно-технологического проектирования ремонтных работ на объекте трубопроводного транспорта.

С функциональной точки зрения под автоматизированной системой контроля технического состояния объекта мы понимаем систему, которая осуществляет анализ результатов наблюдений с целью их интерпретации, используя систему понятий некоторой конкретной узкоспециализированной предметной области и знания специалистов об этой предметной области. Применяемый в автоматизированной системе контроля технического состояния метод интерпретации может быть основан на определенной системе правил, близких по форме к правилам, используемым человеком-экспертом, что позволит обеспечить относительно подробное представление знаний и возможность объяснения полученных результатов на понятном пользователю языке.

На стадии проектирования автоматизированной системы контроля технического состояния необходимо построить систему концепций,

ввести необходимые определения, назначить метод интерпретации результатов наблюдений и контроля [4].

Моделью предметной области будем называть систему математического описания процессов и явлений, непосредственно исследуемых в процессе контроля за техническим состоянием объекта. Модель предметной области универсальна по отношению к различным конкретным однотипным объектам наблюдения и контроля, однозначно определяет множества констант и параметров, необходимых для описания объектов наблюдения и взаимодействует с базой данных предметной области.

Модель объекта наблюдений и контроля порождается из модели предметной области при конкретизации некоторых характерных параметров, описывающих объект, например, диаметр и толщина стенки трубопровода, характеристики грунта, теоретическое значение коэффициента гидравлического сопротивления и т.п. При этом модель предметной области взаимодействует с базой данных предметной области под управлением некоторой процедуры.

Под прямой задачей мы понимаем задачу расчета параметров, непосредственно получаемых в процессе наблюдения за объектом и контроля за его техническим состоянием, с использованием констант из базы данных предметной области и математической модели объекта исследований, а под обратной - задачу расчета переменных предметной области на основе наблюдаемых и некоторых специальных математических процедур.

Функциональная структура автоматизированной системы контроля технического состояния. В процессе интерпретации текущей информации о значении качественных и количественных показателей функционирования системы магистральных трубопроводов и обработки экспертных оценок различных параметров технического состояния объектов используется значительное количество трудоемких процедур: поиск различной справочной информации; пересчет справочных данных к условиям, адекватным объекту наблюдения и контроля; выполнение оценочных расчетов, необходимых для восполнения недостающих данных; использование различных форм представления информации (графики, матрицы, графы и т.д.); решение систем алгебраических и дифференциальных уравнений, операции с матрицами и векторами и т.п.; запоминание и сохранение полученных результатов для последующего использования.

Исходя из этого, могут быть намечены некоторые пути автоматизации расчетов систем трубоснабжения: создание проблемно-ориентированных баз данных и баз знаний; создание проблемно-

ориентированных пакетов прикладных программ; создание пакетов программ машинной графики; создание диалоговых систем для обеспечения эффективного взаимодействия с пользователем.

Однако перечисленные средства остаются разнорежимными компонентами, эффективность которых не будет достаточно высока, пока они не будут объединены в систему. Другими словами, должна быть создана некоторая ведущая процедура (не обязательно полностью автоматизированная), обеспечивающая формирование модели наблюдаемого объекта путем использования различных машинных процедур и знаний эксперта (специалиста) в соответствующей предметной области.

Для того чтобы использовать в процессе построения модели ту интуитивную информацию, которой располагают эксперты, необходимо включение в систему блока поддержки решений, который в процессе диалога компьютера с пользователем (обрабатывая его ответы на поставленные компьютером в продуманной и четкой форме вопросы) извлекает эту информацию косвенным путем и превращает ее в формализованную информацию (в так называемых базах знаний), учитывая свойственную человеку несогласованность суждений о сложных предметах.

Автоматизированная система интерпретации результатов наблюдения за объектом исследований должна уметь формировать альтернативные варианты согласования модельных и непосредственно измеряемых значений физических величин и осуществлять согласование посредством внесения корректирующих изменений в текущую или исходную модель объекта исследований или в базу данных предметной области.

Предполагается, что система должна работать в режиме диалога с экспертом, выполняющим анализ и интерпретацию результатов. При этом эксперт получает возможность вмешательства в работу системы на любой стадии (изменения в исходных данных, в любых промежуточных и конечных результатах, в процесс вычислений). Все действия системы по желанию пользователя должны комментироваться необходимыми сообщениями.

Таким образом, речь идет об интеллектуальных системах поддержки принятия решений экспертом.

Структура обобщенной системы анализа результатов наблюдения за объектом исследований и поддержки принятия решений экспертом и схема взаимодействия составляющих ее функциональных блоков приведена на рисунке.

Управление функционированием системы осуществляется экспертом - специалистом в соответствующей предметной области, который, выбирая из базы данных набор экспериментальных данных, инициирует формирование априорной текущей модели объекта исследований, модели наблюдаемых данных и организует их согласование с наблюдаемыми данными.

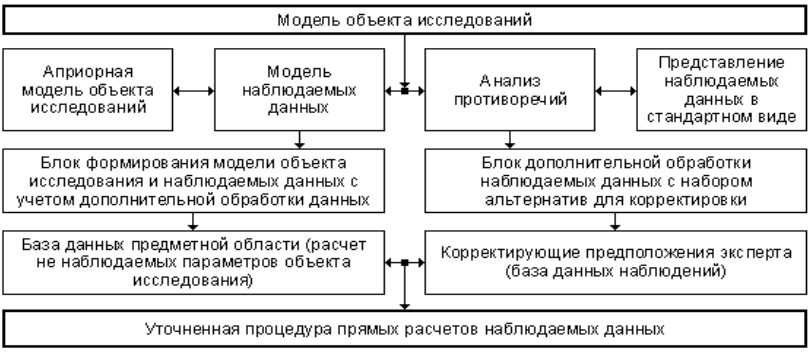


Рисунок. Структура системы интерпретации результатов наблюдений за объектом

Отметим, что процесс решения задачи интерпретации в общем случае является итеративным. Первоначально построенная модель 'наблюдаемых' данных сравнивается в блоке анализа противоречий с наблюдаемыми данными.

Сравнение в общем случае приводит к получению результатов, не удовлетворяющих эксперта, после чего он вырабатывает корректирующие предположения, используя предложенный системой набор альтернатив по корректировке, получает и оценивает новые результаты и т.д., пока не будет достигнуто согласование модели с наблюдаемыми данными. Согласованная подобным образом априорная модель объекта исследований (наблюдений) становится согласованной рабочей моделью объекта исследований (наблюдений).

Функционирование средств интеллектуального интерфейса основано на развитых методах работы со знаниями, обеспечивающих их представление, хранение, преобразование и т.д. При этом под термином <знания> понимается вся совокупность информации, необходимой для решения задачи, в том числе о системе понятий предметной области наблюдений, построенных теоретических моделях, методах решения задач, правилах принятия решений и т. д.

Литература

1. Кузнецов, П.А. Информационно-вычислительные технологии в организационно-технологическом проектировании. / П. А. Кузнецов, Ю. В. Колотилов, В. Г. Лим. – Москва: Изд-во "Энергоатомиздат", 2002. – 450 с.

2. Когаловский, М.Р. Перспективные технологии информационных систем. / М. Р. Когаловский. – Москва: Изд-во "ДМК Пресс", 2003. – 288 с.

3. Джексон, П. Введение в экспертные системы. / П. Джексон – Москва: Изд-во "Вильямс", 2001. – 624 с.

4. Орлов, С. А. Технологии разработки программного обеспечения: разработка сложных программных систем. / С. А. Орлов – Санкт-Петербург: Изд-во "Питер", 2004. – 526 с.

Реализация предметной и системной функциональности при разработке программных средств

В. Г. Хлебостроев, email: vgh2006@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются проблемы сквозной (системной) функциональности при проектировании, реализации и сопровождении программных средств, пути их решения в рамках аспектно-ориентированной методологии. Проведено сравнение нескольких популярных систем АОП, приведены оценки влияния модуляризации сквозной функциональности на метрики качества программ.*

Ключевые слова: *Сквозная функциональность, аспектно-ориентированное программирование, характеристики качества программных средств.*

Введение

Основой процесса разработки программных средств является реализация некоторого набора требований, которым должен удовлетворять конечный продукт. Это требования, определяющие его функциональность, а также требования, связанные с теми или иными характеристиками качества программного средства – надежностью, производительностью, безопасностью и т. д. Парадигма объектно-ориентированного программирования основана на моделировании сущностей предметной области классами, инкапсулирующими их функциональность в виде методов этих классов. Такого рода функциональность непосредственно связана с предметной областью, то есть является предметно-ориентированной (предметной). Существует, однако, и функциональность другого рода, которая обусловлена спецификой программного способа моделирования сущностей и процессов предметной области. Такого рода функциональность связана с реализацией требований к выше перечисленным характеристикам качества программного продукта и получила название системной. В качестве примеров системной функциональности можно отметить авторизацию при обращении к определенным ресурсам, ведение протокола (logging), обеспечение безопасности в многопоточной среде, обработку исключений и т.д.

© Хлебостроев В. Г., 2019

Важное различие между предметной и системной функциональностью проявляется в вопросе о возможности локализации тех или иных требований в пределах отдельного программного модуля.

Если для предметных функциональных требований такая возможность вполне реальна, то системные требования, по самой своей природе, могут быть реализованы только на уровне всей программной системы в целом. Каждое системное функциональное требование должно быть реализовано в нескольких или, даже, во всех программных модулях, По этой причине системную функциональность называют также сквозной (cross-cutting).

Наличие сквозной функциональности значительно усложняет программный код, делает его трудно модифицируемым, малопригодным для повторного использования, вызывает трудности при отладке и тестировании. Для решения проблем, порождаемых сквозной функциональностью было предложено расширить концепцию ООП, добавив в нее средства модуляризации системных требований. Данный подход, известный как аспектно-ориентированное программирование (АОП), основан на идее внедрения (weaving) кода, реализующего некоторую системную функциональность, в модули, связанные с бизнес-логикой программы. Описание множества точек внедрения (join point), связанной с ними функциональности – советов (advices) и условий ее реализации содержится в аспектах, расширяющих понятие классов ООП.

Концепция АОП разрабатывалась в 90-х годах прошлого века. Свое окончательное оформление она получила в рамках проекта компании Xerox PARC, над которым работала команда программистов во главе с профессором университета Британской Колумбии (Ванкувер, Канада) Грегором Кикжалесом (Gregor Kiczales). Ими был создан язык программирования AspectJ – аспектно-ориентированное расширения языка Java. Язык AspectJ включает синтаксические средства описания аспектов в виде сущностей, аналогичных классам и содержащих элементы сквозной функциональности и условия внедрения этой функциональности в основной код, так называемые срезы(pointcuts). Группой Кикжалеса был разработан инструментарий для AspectJ на основе среды программирования Eclipse. Java-компилятор Eclipse был дополнен средствами компиляции аспектов, а также подсистемой внедрения (weaver), обеспечивающей статическое встраивание советов в Java–код на этапе компиляции [1].

В последующем появился ряд других инструментальных средств аспектно-ориентированного программирования на языке Java. Среди них, в первую очередь, стоит упомянуть фреймворк Spring, который был

дополнен компонентом АОП [2]. Принципиальное отличие от AspectJ заключается в использовании динамического встраивания с помощью JDK/CGLIB прокси-объектов, создаваемых на этапе выполнения (рис.1). Это позволяет использовать для внедрения уже имеющийся в Spring механизм реализации инверсии зависимостей (Inversion of Control – IoC). Для описания аспектов в Spring AOP используется XML–файлы, аналогичные файлам конфигурирования Java-бинов. Однако допускается и применение традиционного для AspectJ описания в виде аннотированных классов.

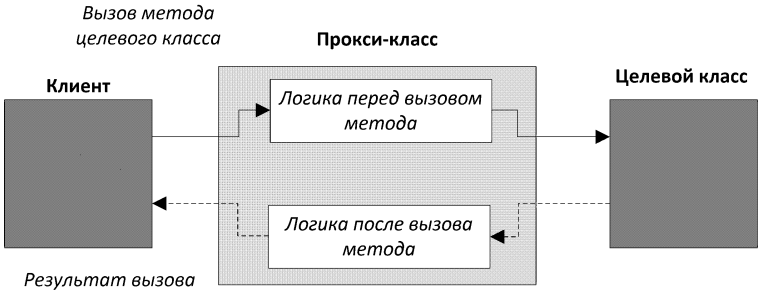


Рис. 1. Динамическое внедрение на основе прокси-объектов

Наиболее известными инструментами разработки аспектно-ориентированных .NET-приложений являются системы PostSharp и Aspect.NET. Система PostSharp начала разрабатываться в 2004 году чешским программистом Гаэлем Фрэто (Gael Fraiteur), а в 2007 году была выпущена ее первая полноценная версия. Аспекты в PostSharp представляются как объекты классов-наследников от некоторого набора базовых абстрактных классов, каждый из которых определяет некоторый набор способов включения сквозной функциональности относительно точки внедрения [3]. В классах-наследниках переопределяются методы соответствующих базовых классов и внутри специальных аннотаций прописываются правила формирования срезов. Изначально PostSharp поддерживает статическое внедрение аспектов, причем оно может производиться как на уровне исходных кодов, так и во время компиляции. При применении аспектов во время компиляции производится модификация MSIL-кода. Функционал, реализованный в рамках аспектов, добавляется в бизнес-модули специальным пост-процессором. В последние версии добавлена возможность динамического встраивания аспектов в бинарные файлы с использованием как прокси, так и перехвата моментов загрузки этих файлов в память.

Система Aspect.NET разработана в Санкт-Петербургском университете командой под руководством профессора В.О. Сафонова [4]. Разработчики ставили своей целью добиться максимального использования преимуществ платформы Microsoft.NET. В отличие от PostSharp, привязанного к языку C#, описание аспектов в Aspect.NET можно производить на любом из языков платформы .NET с использованием аннотированных классов. Аннотации записываются на специально разработанном для этой цели метаязыке Aspect.NET ML. В состав инфраструктуры Aspect.NET (рис.2) входит препроцессор (ML-converter), переводящий ML-аннотации в специализированные атрибуты в описаниях классов. Эти атрибуты помечают классы и методы как части определения аспектов. Далее компилятор с соответствующего языка преобразует специализированные атрибуты в метаданные аспектов, которые хранятся в сборке вместе с ее кодом на промежуточном языке MSIL.

Вторым компонентом инфраструктуры Aspect.NET является подсистема внедрения. Правила внедрения могут быть определены либо в самом аспекте, либо в отдельном модуле. Подсистема внедрения сканирует целевую программу, находит в ней точки внедрения и добавляет в них действия аспектов в соответствии с указанными для них правилами. Тем самым выполняется статическое объединение библиотек аспектов и кода целевой программы в единую сборку.

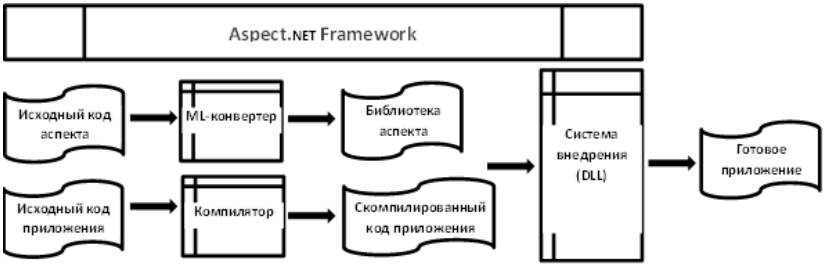


Рис. 2. Инфраструктура системы Aspect.NET.

Применение аспектно-ориентированной методологии на различных этапах жизненного цикла программ позволяет заметно улучшить многие из их качественных характеристик. В работе [5] проведено сравнение ОО и АО реализаций для ряда проектов с использованием 16 метрик топологической и информационной сложности, в частности, метрик Холстеда и Маккейба. В качестве интегральной характеристики влияния аспектно-ориентированной реализации на качество проекта

использовалась метрика адаптируемости, определяемая следующим образом:

$$A = (Q – P) / Z,$$

где Q – размер программы в варианте ОО-реализации, P – размер «чистых» бизнес-модулей при АО-реализации, Z – размер аспектных модулей

Для этапа проектирования системы тестировались примеры реализации таких сквозных требований как проверка протокола взаимодействия объектов, контроль прав доступа, ведение журнала событий. В этих тестовых примерах метрические характеристики АО-реализаций в среднем составляли от 55% до 80% от значений соответствующих метрик при ОО-реализации без выделения сквозной функциональности в аспекты. Среднее значение адаптивности составило 1.98. Это означает, что после модуляризации сквозной функциональности объем кода, потраченного на ее описание, сократился вдвое.

Для этапа разработки актуальны системы такие задачи как соблюдение проектных соглашений, профилирование и трассировка, управление объектами в многопоточной среде, организация пользовательского интерфейса. Тестирование проектов, решающих эти задачи, дало следующие результаты: в случае АО-реализации значение метрик составило от 45% до 85% от их значений при ОО-реализации, а среднее значение адаптивности оказалось равным 2,25.

Наконец, для оценки возможностей аспектно-ориентированного подхода к решению задач этапа сопровождения было проведено сравнение двух вариантов решения задачи об управлении пулом ресурсов на примере потоков управления. В этом случае также наблюдается некоторое уменьшение метрик при АО-реализации (до 70% от случая ОО-реализации). Для метрики адаптивности получено значение 1,11. На этом этапе жизненного цикла аспектный подход существенно упрощает решение задачи обработки ошибок, а также локальной модификации кода, связанной с их устранением.

Список литературы

1. An overview of aspect / G. Kiczales [et al.] // European Conference on Object-Oriented Programming (ECOOP). – 2001. – P. 327-354.

2. Aspect oriented programming with Spring. 2017, [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.spring.io/spring/docs/current/springframework-reference/html/aop.html

3. Postsharp documentation. 2017, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://doc.postsharp.net/

4. Safonov, V. O. Using Aspect-Oriented Programming for Trustworthy Software Development / V. O. Safonov. – John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2008. – 352 p.

5. В. Павлов. Аспектно-ориентированное программирование. 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://k-press.ru/CS/2003/4/AOP2/AOP.asp

Лингвистические системы на основе семантики естественного языка

Ш. И. Ходиев, email: ilch1@rambler.ru[1]
Т. Б. Болтаев, email: tbbmail@mail.ru[2]
С. С. Кобилов, email: kobsam@yandex.ru[3]

[1]Ташкентский университет информационных технологий
[2]Бухарский государственный университет
[3]Самаркандский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются вопросы реализации конкретных программных систем на основе алгоритмов семантического анализа и преобразований.*

Ключевые слова: *Преобразования программ, формальные методы, адаптируемый интерфейс, лингвистика, трансляция.*

Введение

Программирование как вид деятельности состоит в основном из нижеследующих различных видов обработки программ. Это выполнение программ, трансляция, построение программ (рассматриваемый как систематический процесс преобразования теоремы существования решения задачи), оптимизация программ, перевод программ, комплексирование программ, генерация программных комплексов. Все эти процессы обработки программ в значительной степени опираются на сравнительно малое число элементарных преобразований программного текста. Эти *преобразования* (базовые трансформации)- носят фундаментальный характер [1,3]. Методы формальных преобразований заключаются в автоматическом построении программы на основе ее формального описания.

Приводимая работа написана на опыте участия в реализации систем построения трансляторов БЕТА, окружений программирования встроенных систем СОКРАТ, преподавания курсов по технологиям и языкам программирования соответственно [1].

1. Формальные методы разработки программ

Формальными методами называется группа техник, основанных на математическом аппарате для спецификации, разработки и верификации программного и аппаратного обеспечения. Формальные методы

© Ходиев Ш. И., Болтаев Т. Б., Кобилов С. С., 2019

занимаются приложением довольно широкого класса фундаментальных дисциплин теоретической информатики: разные исчисления логики, формальных языков, теории автоматов, формальной семантики, систем типов и алгебраических типов данных.

Преобразование T - это отображение, заданное на некотором классе программ и сопоставляющее каждой программе P_1 из этого класса некоторую программу P_2, называемую результатом применения преобразования T к программе P_1. Большинство процессов обработки программ требует сохранения некоторого инварианта, определенным образом связанного с семантикой преобразуемой программы.

Проверке сохранения функциональной семантики исходной и преобразованной программ посвящены, много работ. Предложены точные и явные методы априорной проверки преобразований, встраиваемых в компиляторы или другие системы, на нарушение ими семантической корректности преобразуемых программ. Развитием вышеописанных являются, в частности, работы, где объектом исследования являются методы семантической обработки поисковыми системами естественно-языковых запросов, а предметом исследования: методы применения формальных средств для семантического анализа и преобразования поисковых запросов на естественном языке, проектирования лингвистической базы знаний, а также баз знаний для поддержки преобразования запросов и поиска.

2. Изучение языка методами формальной логики

Одно из основных понятий современной логики и теоретической лингвистики, используемое при исследовании языков различных логико-математических исчислений, естественных языков, для описания отношений между языками различных «уровней» и для характеристики отношений между рассматриваемыми языками и описываемыми с их помощью предметными областями - понятие метаязыка. Относительная простота языков, изучаемых логиками, позволяет им выяснять структуры этих языков более четко, чем это достижимо для лингвистов, анализирующих исключительно сложные естественные языки [2].

В качестве приложений к вышеописанным приведём описания алгоритмов решения задач лингвистики, реализованных в виде соответствующих систем.

3. О подходе применения математических аппаратов для морфологического анализа аналитических языков

Объектом исследования данной работы является морфологический анализ естественных языков аналитического типа [2,4], в число которых входит узбекский и таджикские языки. В частности, рассматриваются

именные части речи в этих языках: имя существительное и имя прилагательное. Из-за того, что для аналитических языков очень сильно развиты словообразования и словосложения в области именных частей речи, морфологический анализ этих частей речи требует глубокого знания методов анализа.

Можно ставить задачу автоматизации (т.е. компьютерной обработки) такого анализа. Одним из подходов решения этой задачи является применение математического аппарата анализа формальных языков [2] в процесс проектирования языкового процессора. Такие аппараты широко используются для формальных языков, в частности языков программирования, а также при построении языковых преобразователей (компиляторов, анализаторов, спецификаторов и т.д.) для языков программирования высокого уровня. Наша реализация является результатом работы в области исследований по моделированию процесса автоматического (компьютерного) анализа именных частей речи аналитических языков. Исследование охватывает такую большую общую задачу, как применение методов теории формальных языков для анализа текстов.

4. Подход к созданию программных систем с адаптируемым интерфейсом

Как было сказано, программное обеспечение может создаваться и развиваться путём локализация существующего. Здесь под *локализацией* программного обеспечения подразумеваются любые изменения и компоновки, которые не меняют его сущности.

Как правило, локализация программ начинается после их разработки. Для этого решаются вопросы обоснования необходимости локализации, согласования с разработчиками продукта и модификации программного обеспечения. Возникает вопрос: нельзя ли создать программные продукты, изначально предназначенные и готовые для дальнейшей локализации? Здесь же появляется задача системного программирования – это проектирование программного обеспечения с адаптируемым интерфейсом. Её решение на порядок упрощает процесс локализации и применения программ. В качестве таких продуктов рассматриваются современные интегрированные системы программирования.

Эта часть приводимой работы состоит из двух разделов. В первом разделе описана структура программного обеспечения с адаптируемым интерфейсом на примере системы программирования. Второй раздел посвящен вопросам технологии реализации таких программных продуктов. Обсудим структуру, особенности и некоторые технологические аспекты реализации таких продуктов.

Структура программного обеспечения с адаптируемым интерфейсом. Для описания структурных программных продуктов с адаптируемым интерфейсом мы рассмотрели современные интегрированные системы (среды) программирования (ИСП).

Известно, что обычно ИСП состоит из множества подсистем и стандартных модулей. Основными подсистемами являются транслятор, экранный редактор, отладчик, компоновщик и подсистема помощи. Среда имеет определенную (базовую) лексику общения. Она состоит из двух типов: лексика общения пользователя со средой и лексика входного языка программирования. Поэтому в систему с адаптируемым интерфейсом были включены дополнительные подсистемы (утилиты):

Таким образом, эти подсистемы обеспечивают интерфейсную локализацию среды программирования.

Пути реализации программного продукта

Процесс локализации ИСП можно упростить, т.е. на первом этапе локализовать не всю среду, а только её систему программирования. Поэтому для решения своих задач был использован автономный компилятор среды программирования. При реализации системы программирования с адаптируемым интерфейсом были приняты нижеследующие обоснования и технологические решения.

Лексика общения. Система программирования имеет базовую лексику общения и входного языка программирования. Если нет необходимости адаптации интерфейса, то система используется как обычная. Иначе эта лексика может быть изменена пользователем с помощью вышеуказанных программных утилит.

Входной язык. В качестве входного языка программирования разрабатываемой системы был выбран язык типа С, который имеет русскую нотацию.

Техника трансляции. Транслятор системы был разработан в виде *конвертора.* Такой выбор сделан для упрощения его реализации и использования готовых подпрограмм стандартных моделей промежуточного языка и среды программирования. Поэтому система работает в двухэтапном режиме. На первом этапе конструкции входного языка переводятся в соответствующие правильные конструкции промежуточного языка в виде готовой программы. На втором этапе выполняется эта программа.

Технология программирования. Известно, что одним из классических подходов к созданию трансляторов является *метод синтаксических подпрограмм*. Общая идея этого метода заключается в разделении программы транслятора на две части. Одна часть содержит набор синтаксических подпрограмм. Каждая подпрограмма

соответствует определенной синтаксической конструкции входного языка и предназначена для обработки именно этой конструкции [3].

5. О проблемах решения задач Узбекской компьютерной лингвистики

Актуальность решения этих задач усиливается тем, что большинство проблем алгоритмизации узбекской компьютерной лингвистики пока не решены. Соответственно, это определяет те слабые возможности, которые предоставляют существующие на сегодняшний день поисковые системы типа Google и прочих, в отношении нахождения и использования тюркоязычной информации. Нами были предложены и обоснованы создание программной среды решения таких задач.

Структурно и функционально такая среда – это аналог автоматизированного места программиста (АРМ) лингвиста, т. е. совокупность аппаратного, программного и лингвистического (lingware) обеспечения. Здесь под lingware подразумеваются разнообразные лингвистические компьютерные ресурсы, касающиеся родного (узбекского), и возможно других аналогичных иностранных языков.

Заключение

Процесс создания программного обеспечения – это множество взаимосвязанных процессов и результатов их выполнения, которые ведут к созданию программного продукта. Процесс создания ПО может начинаться с разработки программной системы "с нуля", но чаще новое ПО разрабатывается на основе существующих программных систем путем их модификации, который явился основой рассмотренных реализаций.

Список литературы

1. Касьянов, В. Н. Методы построения трансляторов. / В. Н. Касьянов, И. В. Поттосин. – Новосибирск: Наука, 1986. – 344 с.

2. Большакова, Е. И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика / Е. И. Большакова. – М. : МИЭМ, 2011. – 272 с.

3. Арипов, М. М. Методы трансляции и преобразования программ. Учебное пособие для ВУЗов. / М. М. Арипов, Ш. И. Ходиев. – Т. : Университет, 2008. – 134 с.

4. Кобилов, С. С. Некоторые алгоритмы решения задач узбекской компьютерной лингвистики. / С. С. Кобилов, И. М. Раббимов // Abstracts of the Uzbek-Israel International Scientific Conference. Contemporary Problems in Mathematics and Phisics. – Tashkent, Uzbekistan, October 06-10, 2017. – P. 183-184.

Об использовании виртуальной сетевой лаборатории EVE-NG в качестве средства моделирования компьютерных вычислительных сетей

М. К. Чернышов, e-mail: mkch69@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Данная работа посвящена обсуждению вопросов, связанных с изучением внутренней структуры, процесса установки, настройки и эксплуатации одного из ведущих программных продуктов в области моделирования компьютерных сетей — виртуальной сетевой лаборатории EVE-NG.*

Ключевые слова: *компьютерная вычислительная сеть, средства моделирования компьютерных и сетевых процессов, администрирование компьютерных сетей.*

Введение

Благодаря стремительному развитию информационных технологий, в настоящее время сильно возросла потребность в подготовке высококвалифицированных специалистов в области системного и сетевого администрирования. При этом для подготовки данных специалистов учебным заведениям необходимо современное оборудование, позволяющее с его помощью создавать сетевые комплексы. К сожалению, приобретение подобных устройств для использования их в учебном процессе зачастую невозможно, поскольку современное сетевое оборудование является весьма дорогостоящим. Тем не менее, одним из способов решения данной проблемы стало использование достижений в области виртуализации, а именно применение виртуальных лабораторий для создания и конфигурирования полноценных сетевых комплексов в рамках работы одной виртуальной машины, запущенной на персональном компьютере пользователя. В данной статье речь идет об одном из ведущих продуктов в области построения виртуальных программных комплексов — виртуальной сетевой лаборатории EVE-NG (Emulated Virtual Environment — Next Generation).

© Чернышов М. К., 2019

1. Описание общей структуры сетевой лаборатории EVE-NG

EVE-NG представляет собой виртуальную машину, основу которой составляет операционная система Linux Ubuntu x64. Эмулируемая сетевая среда доступна через Web-интерфейс.

EVE-NG включает три подсистемы эмуляции:

– Dynamips;
– QEMU;
– Cisco IOL.

Каждая из них предоставляет свои уникальные возможности, и в целом они дополняют друг друга.

Рис. 1. Архитектура EVE-NG

Список системных требований, инструкцию по установке EVE-NG и добавлению в лабораторию дополнительных устройств можно найти на официальном сайте продукта: http://www.eve-ng.net/. Системные требования к используемому центральному процессору и оперативной памяти напрямую зависят от того, сколько узлов требуется для запуска виртуальной сети.

Доступ к подключенному оборудованию можно получить как через встроенные консоли — HTML5 Console и Native Console, так и через дополнительно установленное клиентское программное обеспечение — Telnet, VNC Viewer, RDP.

Виртуальная лаборатория EVE-NG, являясь достаточно сложным программным продуктом, имеет некоторые особенности в установке и

использовании, которые следует учесть перед началом работы с нею. Для быстрой и комфортной работы со средой EVE-NG может понадобиться дополнительное программное обеспечение. Например, для получения доступа к виртуальной машине по протоколу SSH (что, в частности, необходимо для добавления различных образов сетевых устройств), может быть использована программа WinSCP, при условии, что в качестве базовой операционной системы применяется одна из операционных систем семейства MS Windows. Для подключения к тому или иному виртуальному устройству по протоколу VNC понадобится программное обеспечение, являющееся VNC-клиентом (например, программа VNC Viewer, работающая под одной из операционных систем семейства Mac OS X). Внутренними средствами виртуальной лаборатории уже предусмотрена возможность подключения к виртуальным устройствам, используемым в EVE-NG, через Web-интерфейс (напомним, для этого существует два режима — HTML5 Console и Native Console). Тем не менее, сторонние клиенты могут оказаться удобнее при работе конкретного пользователя.

Стоит обратить внимание на использование некоторых браузеров в процессе работы с EVE-NG. При тестировании работоспособности лаборатории было обнаружено, что при использовании браузеров Mozilla Firefox и Opera все виртуальные устройства работали штатно, в то время как при использовании браузера Google Chrome возникли ошибки в работе с образом маршрутизатора pfSense (https://www.pfsense.org/), а в браузере Microsoft Edge виртуальная среда загружалась настолько медленно, что нормальная работа с ней не представлялась возможной. В браузере Internet Explorer Web-интерфейс виртуальной машины и вовсе оказался не доступен.

Как уже было отмечено, EVE-NG поддерживает работу множества виртуальных сетевых устройств различных производителей. Для создания сети к виртуальной машине EVE-NG необходимо добавить образы виртуальных устройств — операционных систем, коммутаторов, маршрутизаторов. Образы устройств можно получить двумя способами: во-первых, найти готовые образы устройств на специализированных сайтах и форумах. Во-вторых, создать образы самостоятельно. Данный подход имеет как ряд существенных достоинства, так и некоторые недостатки. Очевидное преимущество данного подхода заключается в том, что при создании образа можно самостоятельно задать желаемую конфигурацию устройства: количество процессоров, объем памяти, характеристики дисков и так далее. Главным недостатком метода является некоторая сложность процесса подготовки и временные затраты на создание образа.

Суть данного подхода состоит в следующем: с помощью дистрибутива той или иной операционной системы или программного маршрутизатора вначале необходимо создать отдельную виртуальную машину на используемом пользователем компьютере. При этом в настройках виртуальной системы необходимо указать тот минимальный уровень системных требований, который является достаточным для нормального ее функционирования. После развертывания данной виртуальной системы файл, представляющий собой образ ее виртуального жесткого диска, потребуется преобразовать в формат, используемый в сетевой лаборатории EVE-NG, а затем разместить его в требуемой директории. Все образы размещаются либо в каталоге /opt/unetlab/addons/dynamips/, либо в каталоге /opt/unetlab/addons/qemu/ в подкаталогах, именованных по правилам, указанным в документации (http://www.eve-ng.net/documentation/images-table).

Отметим, что для каждого устройства можно добавить несколько образов. Впоследствии, при присоединении сетевого устройства к виртуальной сети в меню добавления нового узла будет предложено выбрать один из этих образов. После добавления образов устройств необходимо выполнить команду, которая настроит нужные права доступа к вновь добавленным файлам:

```
/opt/unetlab/wrappers/unl_wrapper -a fixpermissions
```

2. Создание фрагмента сети с использованием EVE-NG

В качестве примера, иллюстрирующего некоторые возможности EVE-NG, рассмотрим фрагмент локальной сети, состоящей из компьютеров с установленными на них операционными системами семейств Windows и Linux, подключенных через управляемый коммутатор компании Cisco к маршрутизатору pfSense, выполняющему роль прокси-сервера и предоставляющему устройствам в локальной сети доступ в Интернет.

В рассматриваемой структуре компьютерной сети по умолчанию доступ в Интернет имеет только маршрутизатор pfSense, используя для этого свой внешний (WAN) сетевой интерфейс. Остальные устройства, подключенные через коммутатор к внутреннему (LAN) сетевому интерфейсу pfSense, могут получить доступ в Интернет только после установки и настройки на последнем прокси-сервера, в роли которого выступает прокси-сервер Squid, устанавливаемый в систему pfSense в качестве одного из дополнительных пакетов. Структура сети представлена на рис. 2.

Для доступа к каждому из устройств по протоколу VNC использовался сторонний клиент (VNC Viewer), обеспечивающий доступ к каждому устройству по его IP-адресу с указанием требуемого

порта. В ходе выполнения данной лабораторной работы всем компьютерам, находящимся в локальной сети, был предоставлен доступ в Интернет. При этом на компьютеры были установлены требуемые обновления операционных систем.

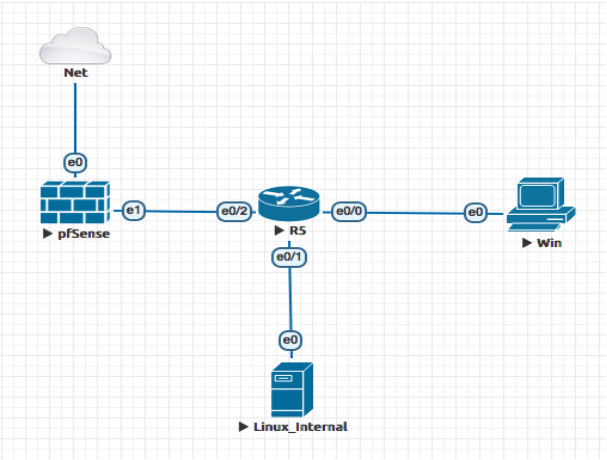


Рис. 2. Структура простейшей сети с маршрутизатором

Заключение

В заключение еще раз отметим, что EVE-NG может быть полезна специалистам, желающим повысить свой уровень знаний в области сетевых технологий. С помощью виртуальной сетевой лаборатории организации могут устраивать предварительное тестирование кандидатов при приеме на работу или же моделировать сетевые комплексы для дальнейшего внедрения в производство. Кроме того, EVE-NG позволит значительно облегчить процесс обучения студентов, специализирующихся в сфере сетевых технологий и администрирования сетей, углубив их знания в данной области.

Литература

1. EVE-NG Emulated Virtual Environment. Next Generation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eve-ng.net

2. QEMU. The fast processor emulator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.qemu.org

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00037.

Применение 3D Max при визуализации процесса распространения и переноса вредных веществ в атмосфере

Д. К. Шарипов, email: qushqor@mail.ru[1]
О. Я. Хафизов, email: prince0102@mail.ru[2]
А. А. Расулев, email: qushqor@mail.ru[3]

[1]Научно-исследовательский цент информационно-коммуникационных технологий при ТУИТ
[2]Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства
[3]Ташкентский университет информационных технологий

Аннотация. *В данной работе рассмотрена визуализация процесса распространения и переноса вредных веществ в атмосфере.*

Ключевые слова: *субстанция, диффузия, фазовый переход, модель.*

Введение

С Вопросам моделирования процессов, связанных с загрязнением окружающей среды, посвящен большой цикл исследований, выполненных в нашей стране и за рубежом. Для исследования, прогнозирования, анализа данного процесса разработаны математические модели с учетом регионального характера.

Анализ проведенных исследований показал, что при учете в математической модели объекта какого-нибудь физического параметра и соотношения требуется дополнительно проводить численные расчеты на ЭВМ для определения меры их воздействия на процесс.

Как показали результаты, на практике при разработке и проведении ВЭ на ЭВМ необходимо: во–первых, учитывать изменение скоростей перемещения аэрозольных выбросов в атмосфере по трем направлением, то есть по вертикали, по двум направлениям скорости потока в горизонтальной плоскости во временем; во-вторых, изменение коэффициента диффузии и коэффициента турбулентного перемешивания по вертикали при устойчивой и неустойчивой стратификации; в-третьих, изменения розы ветров со временем и в зависимости от орографии местности и климатических факторов; в-четвертых, учет фазового перехода субстанций при распространении в атмосфере за счет изменения температурного режима в слоях атмосферы и место нахождения аэрозольных источников.

© Шарипов Д. К., Хафизов О. Я., Расулев А. А., 2019

1. Визуализации процесса распространения и переноса вредных веществ

Для исследования, прогнозирования и анализа процесса распространения аэрозольных выбросов в атмосферу с учетом указанных выше факторов разработана математическая модель распространения вредных веществ в атмосфере, описываемая уравнением переноса и диффузии, основанное на законе сохранения массы, количества движения [1,2]:

$$\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial t}+u\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial x}+v\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial y}+ \tag{1}$$
$$+\left(w-w_g\right)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}+\sigma\theta(x,y,z,t)=$$
$$=k_d\left(\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial y^2}\right)+$$
$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(k(z)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}\right)+\delta(x,y,z)P(x,y,z,t)$$

с начальными и краевыми условиями:

$$\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial t}+u\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial x}+v\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial y}+ \tag{2}$$
$$+\left(w-w_g\right)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}+\sigma\theta(x,y,z,t)=$$
$$=k_d\left(\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\theta(x,y,z,t)}{\partial y^2}\right)+$$
$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(k(z)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}\right)+\delta(x,y,z)P(x,y,z,t)$$

$$\theta(x,y,z,t)\big|_{x=0,x=a}=\theta(x,y,z,t)\big|_{y=0,y=b}=0 \tag{3}$$

$$k(z)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}=\beta(x,y)\theta(x,y,z,t),\qquad z=0, \tag{4}$$

$$k(z)\frac{\partial\theta(x,y,z,t)}{\partial z}=0,\qquad z=H \tag{5}$$

Задача (1)-(5) решается в области

$$D = (0 < x < a,\ 0 < y < b,\ 0 < z < H,\ t > 0)$$

Здесь

$\theta(x, y, z, t)$ – канцентрация распространяющегося вещества;

t – время;

x, y, z – координаты;

u, ϑ, w – составляющие скорости ветра по направлениям x,y,z соответственно;

w_g – скорость осаждения частицы;

k - коэффициент турбулентного перемешивания;

k_d – коэффициент диффузии;

σ – коэффициент поглощения;

β – коэффициент взаимодействия с подстилающей поверхностью;

$P(x, y, z, t)$ - мощность источников.

Из краевого условия (3) следует, что при достаточном удалении от источников загрязнения концентрация взвешанных частиц в атмосфере равняется нулю, а граничное условие (5) означает, что за пределами высоты $z = H$ не происходит перенос и диффузия аэрозольных выбросов в атмосфере.

Обмен аэрозолем между приземным слоем и атмосферой реализуется условием (4). Источник аэрозольных выбросов зависит от времени и пространственных координат.

В математической модели процесса распространения вредных веществ в атмосфере коэффициент турбулентности зависит от высоты и времени протекания рассматриваемого процесса[3].

Анализ метеонаблюдений показал, что как правило, ночью и подутренное время наблюдается устойчивая и безразличная стратификация в атмосфере, а в дневное время – неустойчивая стратификация атмосферы за счет неравномерного нагревания слоев атмосферы и подстилающей повехности земли.

Как видно из постановки задачи (1)-(5), она описывается с помощью дифференциальнных уравнений в частных производных со сосредоточенными параметрами. Получить точное или аналитическое решение данной задачи затруднительно и необходимо разработать эффективний, легко реализуемый численный алгоритм ее решения.

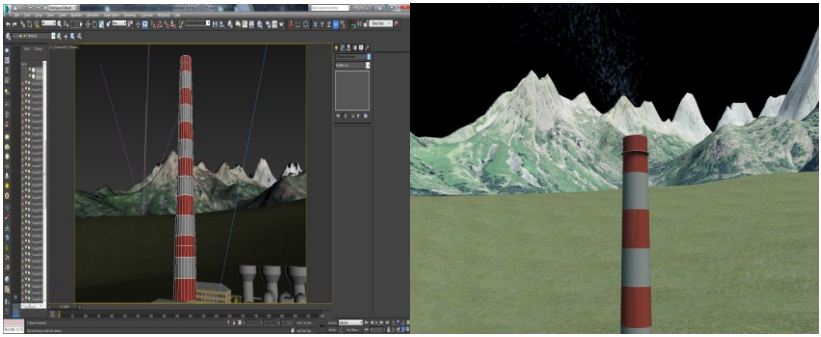
Распространения вредных веществ, технических отходов и примесей, выбрасываемых из промышленных объектов и площадок, описывается с помощью квазилинейных уравнений в частных производных с соответствующими ему начальными и краевыми условиями[4].

Как следует из постановки задачи, получить аналитическое решение их затруднительно. Поэтому, для решения задачи будем использовать конечно-разностный метод, заменив область изменения искомых переменных на сеточную. Для интегрирования задачи (1)-(2) используем конечно-разностный метод и построим вычислительный алгоритм с применением метода дробных шагов.

Решение задачи (1)-(2) сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений N_1, N_2, K порядков в сеточной области D_h на каждом шаге момента времени $t^n = n \cdot \Delta t$. В результате приводится в матрицу AX_i, AY_j, AZ_l представляют трехточечную матрицу с диагональным преобладанием, т.е. удовлетворяют условию устойчивости и для ее решения можно применять метод прогонки.

По предложенным выше алгоритмам разработан программный комплекс, проведены вычислительные эксперименты и на основе полученных цифровых результатов смоделирован трехмерное представление[2].

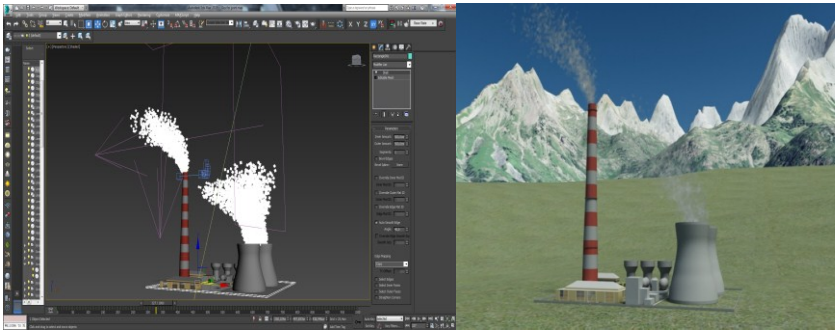
При помощи программы 3D Max визуализирован процесс распространения вредных веществ в атмосфере. Процесс визуализации представлен в рисунках (1а,1б,2а,2б).



а б

а – дымовая труба (высота=330 м.), б – выброс вредных веществ

Рис. 1. Создание источник выброса



а б

а – трёхмерное моделирование источника загрязнения в 3D Max, б – Окончательное представление распространения вредных веществ в атмосфере

Рис. 2. Создание источника выброса

Заключение

Используя разработанную математическую модель, численные методы, программный продукт было получены цифровые данные распространения вредных веществ в атмосфере. При помощи программы 3D Max был смоделирован промышленный объект-источник загрязнения вредных веществ и получена динамическая визуализация трёхмерного представления распространения вредных веществ в Атмосфере.

Список литературы

1. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды: – Учебное пособие / Г. И. Марчук. – М. : Наука, 1982. – 319с.

2. Knisel, W. G. CREAMS – a Field Scale Model for Chemical Runoff and Erosion From Agricultural Managements. / W. G. Knisel // USDA Conservation Research Report. – N 26. – 640 p.

3. Равшанов, Н. Программный комплекс с использованием онлайн сервисов для моделирования распространения вредных веществ в атмосфере / Н. Равшанов, Д. К. Шарипов. – Воронеж, 2016. – № 1(97). – С. 4-12.

Шарипов, Д. К. Разработка модели и веб-приложения для прогнозирования экологического состояния атмосферы: / Д. К. Шарипов // Theoretical & Applied Science : International Scientific Journal. – 2016. – № 8(40). – С. 58-69.

Секция № 7
Интеллектуальные информационные системы

Построение модели чат-бота с использованием нейронной сети

Л. А. Амаева, email: achaevala@yandex.ru
В. М. Макаркин, email: mak.nk16rus@gmail.com

Нижнекамский химико-технологический институт

Аннотация. *В данной работе рассматриваются алгоритм реализации простого чат-бота для поддержки пользователей.*

Ключевые слова: *чат-бот, нейронная сеть, обучение нейронной сети.*

Введение

Сегодня повсеместное использование информационных технологий стало объективной необходимостью. Спектр областей, в которых применяются информационные технологии, чрезвычайно широк [1].

Чат-бот – это компьютерная программа, способная проводить почти естественную беседу с человеком. В настоящее время эти системы набирают большую популярность, особенно в бизнес-секторе, поскольку они имеют потенциал для автоматизации обслуживания клиентов без использования человека. Чат-бот должен идеально подражать человеку и вести диалог. Для этого он должен проанализировать входной сигнал, который поступил от потребителя и правильно сформулировать уместный и адекватный ответ.

1. Построение модели чат-бота

В процессе создания чат-бота разработчик должен решить две основные задачи:

– понимание введенного текста пользователем;
– генерация ответа ботом.

Для решения этих задач вполне удобно и просто применяются математические модели. На вход в модель подается текст вопроса. Математическая модель определяет класс вопроса и генерирует ответ. Для простоты реализации каждому классу можно заранее определить текст ответа (табл. 1).

© Амаева Л. А., Макаркин В. М., 2019

Таблица 1

Ответы

Класс	Текст ответа
1	Для решения данной проблемы обратитесь к сотрудникам отдела закупок
2	Для решения данной проблемы обратитесь к сотрудникам отдела сбыта

Таким образом, модель должна привести вопрос пользователя к определенному ранее ответу, т.е. классифицировать модель. Например, на вопрос «Как создать заявку на закупку?» модель должна присвоить ему класс ответа 1.

Для классифицированных ответов, сгенерированных на основе вопросов пользователей, введем таблицу вопросов (табл. 2).

Таблица 2

Вопросы

Текст вопроса	Ожидаемый класс ответа
Как создать заявку на закупку?	1
Как создать закупочный контракт?	1
Не получается найти заказ на закупку?	1
Не могу присвоить номер заявке.	1
Помогите указать поставщика в заказе!	1
Заявка не утверждается!	1
Не создается сбытовой контракт!	2
Не могу указать в заказе рынок сбыта!	2
Как указать номер покупателя в заказе?	2
Не виден заказ в точке отгрузки, что делать?	2
Как указать покупателя в контракте на сбыт?	2

С задачей классификации отлично справляются нейронные сети. В отличие от жестко программируемых моделей (например, поиск ключевых слов) нейронная сеть способна найти скрытые закономерности, неочевидные для человека.

Нейронная сеть, как и любая другая модель, понимает только числовые значения на входе, и выдает числовые значения на выходе. Для решения этой проблемы необходимо преобразовать текст вопроса в вектор входных переменных, а ожидаемый класс ответа в вектор выходных результатов, при этом приведя все значения в числовые значения в промежутке от 0 до 1.

Для преобразования текста в вектор входных переменных используется следующий алгоритм.

Из массива предложений/вопросов создается словарь.

1. Ввод всех предложений/вопросов в среду разработки.
2. [`Как создать заявку на закупку?`],
3. [`Не получается найти заказ на закупку?`].
4. Разделение всех предложений/вопросов на отдельные слова.
5. [`Как`], [`создать`], [`заявку`], [`на`], [`закупку?`], [`Не`], [`получается`], [`найти`], [`заказ`], [`на`], [`закупку?`].
6. Перевод всех слов в нижний регистр и исключение недопустимых знаков.
7. [`как`], [`создать`], [`заявку`], [`на`], [`закупку`], [`не`], [`получается`], [`найти`], [`заказ`], [`на`], [`закупку`].
8. Обработка слов таким образом, чтобы остались только основы слов (исключив окончания, суффиксы и т.п.), для этой цели используется алгоритм стемминга – стеммер Портера, специально для русского языка.
9. [`как`], [`созда`], [`заявк`], [`на`], [`закупк`], [`не`], [`получа`], [`найт`], [`заказ`], [`на`], [`закупк`].
10. Ввод слов в словарь (исключая слова, имеющиеся в словаре) под каждым уникальным порядковым номером, в результате словарь имеет вид:

[1, `как`],
[2, `созда`],
[3, `заявк`],
[4, `на`],
[5, `закупк`],
[6, `не`],
[7, `получа`],
[8, `найт`],
[9, `заказ`].

Система, имея словарь в своем распоряжении, создает вектор из входящего предложения/вопроса, подаваемый на вход модели нейронной сети.

Алгоритм преобразования текста в вектор:

1. вводится текст в программу: «Не удается создать заказ на закупку, что делать?»;

2. из текста вопроса формируется массив слов, предварительно пройдя предварительную обработку и стеммер: [`не`],[`уда`],[`созда`],[`заказ`],[`на`],[`закупк`], [`что`],[`дела`];

3. на основе словаря и текста вопроса генерируется вектор:

– размер входного вектора устанавливается равному размеру словаря, все значения которого равны 0: [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0].

– каждое значение во входном векторе имеет определенную позицию и устроено таким образом, что если слово из словаря с конкретным номером найдено в веденном тексте вопроса, то значение в позиции в генерируемом векторе, равной номеру слова в словаре, будет равна 1, в противном случае значение остается равным 0 (табл. 3).

Таблица 3

Преобразование текста в вектор

	`не`	`уда`	`созда`	`заказ`	`на`	`закупк`	`что`	`дела`
1, `как`	0	0	0	0	0	0	0	0
2, `созда`	0	0	1	0	0	0	0	0
3, `заявк`	0	0	0	0	0	0	0	0
4, `на`	0	0	0	0	1	0	0	0
5, `закупк`	0	0	0	0	0	1	0	0
6, `не`	1	0	0	0	0	0	0	0
7, `получа`	0	0	0	0	0	0	0	0
8, `найт`	0	0	0	0	0	0	0	0
9, `заказ`	0	0	0	1	0	0	0	0

4. Вектор сгенерирован: [0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 0, 1].

Алгоритм преобразования ожидаемого класса ответа.

5. генерируется вектор размером равным количеству классов, все значения вектора устанавливаются равным 0:[0, 0];

6. в векторе значение в позиции равной ожидаемому номеру класса ответа устанавливается 1: [1, 0] – т.к. вопрос «Не удается создать

заказ на закупку, что делать?» относится к 1-ому классу ожидаемого ответа.

После определения входных и выходных параметров требуется настроить модель, в данном случае рассматривается модель нейронной сети прямого распространения.

Основным элементом любой нейронной сети является нейрон. Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием [2]. Таким образом, необходимо определить:

– количество входных нейронов равно размеру входного вектора;

– количество выходных нейронов равно размеру выходного вектора, соответственно;

– число слоев и количество нейронов в скрытом слое: 3 внутренних слоя по 8 нейронов;

– коэффициенты связей между нейронами (синапсами) определятся во время обучения нейронной сети.

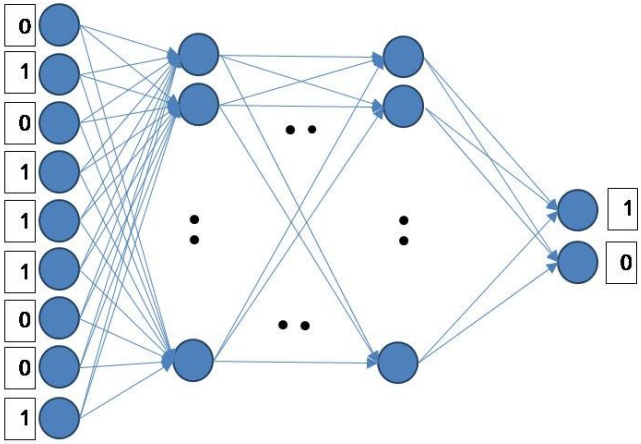


Рисунок. Нейронная сеть для создания чат-бота

Обучение нейронной сети трудоемкий и долгий процесс. В качестве метода обучения в данной случае принимается обучение с обратным распространением ошибки. Скорость и количество эпох обучения выбираются самостоятельно разработчиком.

В качестве данных для обучения используются тексты вопросов (в виде входного вектора) с указанием ожидаемого класса ответа (в виде

выходного вектора) для корректировки результатов, т.е. наблюдается процесс обучения нейронной сети с учителем.

После обучения проводится тестирование модели.

1. Ввод текста вопроса.
2. Преобразование текста во входной вектор.
3. Подача сгенерированного входного вектор в модель.
4. Вывод выходного вектора с указанием точности соответствия данному классу.

Таким образом, если качество обучения удовлетворяет, то данную модель можно использовать в готовом продукте. Соответственно, выходной вектор преобразуется в номер класса, сопоставляемый с ответом бота.

Если качество обучения не удовлетворяет разработчика, необходимо переобучить нейронную сеть с новыми параметрами обучения (указание новых значений скорости и эпох обучения). В случае если обученная модель продолжает не удовлетворять заданным требованиям, необходимо выбрать новую конфигурацию нейронной сети. Соответственно, процесс повторяется до тех пор, пока не будут достигнуты заданные условия.

Заключение

В ходе работы разработана модель построения чат-бота с использованием нейронной сети. Предложенная нейросетевая модель позволяет эффективно решать задачу классификации вопроса к определённому классу.

Список литературы

1. Еремина, И. И. Методологические основы разработки автоматизированной системы управления очередью для банка / И. И. Еремина, Т. Г. Макусева // Вестник технологического университета. – 2017. – №18 (20). – С. 101-104.

2. Амаева, Л. А. Использование методов интеллектуального анализа данных для моделирования пользователя / Л. А. Амаева // Вестник технологического университета. – 2015. – №1 (18). – С. 320-322.

Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн

Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Данная работа посвящена вопросам введения качественной меры в дополнении к количественным характеристикам для оценки сложности системы и возможности сравнения звуковых образов, представленных в виде структурных матриц. Такая мера позволяет упорядочить структурные матрицы и определять числовое значение их качественного различия.*

Ключевые слова: *качественная мера, качественная мера, интегральная качественная характеристика, структурная матрица, сложность образа.*

Введение

При рассмотрении задачи распознавания "**смысла**" анализируемой волны или иначе её **информационного содержания** уместно не рассматривать весь поток количественных показателей, а с учетом экономичности нашего мышления прийти к какому-то идеализированному представлению, концентрируя свое рассмотрение на поведении физической системы относительно некоторых **характерных точек**. Переходя к характерным точкам, мы в какой-то степени переходим на **качественный уровень** рассмотрения, т.е. идеализируем **физическое поведение** звуковой волны относительно промежуточных значений между характерными точками, которые отбрасываются ввиду предсказуемости своего поведения относительно этих точек. "Поведение**"** на уровне характерных точек является следующим уровнем идеализации, когда совокупность этих точек, как некоторая единая система, воспринимается нами как особый знак, соответствующий, например, фонеме, ноте и т. д.

Этот уровень характеризуется **качественными характеристиками**, основанием для которых являются совокупность отношений, которые обеспечивают сравнение. Качественная оценка такой совокупности дается исходя из качественных характеристик отношений, а введение качественной меры позволяет упорядочить эти

© Балакирев Н. Е., 2019

качественные оценки и определять степень различия и близости качественных оценок.

Когда вопрос, в общем, касается измерений, то, как правило, такие измерения относятся к вопросам количественного измерения стационарного физического объекта определяющие такие характеристики как размерность, вес, энергию и другие величины. Вопрос содержательного характера как устроен физический объект и какова его структурная сущность носит описательный характер или ограничивается рассмотрением **оценкой** сложности системы [1].

1. Качественная оценка и мера

Вопросы **качественной оценки,** как правило**,** предполагают некоторую словесную оценку, связанную с систематизацией предметной области. А систематизация связана со структуризацией или разбиением на классы. Такое разбиение связано с большой степенью свободы количественных показателей, когда абстрагируются от их конкретного содержания, а переходят к границам их возможного содержания. В фундаментальной работе [2], пожалуй, впервые употреблен термин «качества» относительно всей совокупности волн и представлена качественная характеристика поведения колебательных процессов. Качественная картина, носящая общий характер, в работе подкрепляется **качественной** структурой, которая охватывает широкий спектр поведения фазовых траекторий динамических систем. Математический аппарат доказательства основан на топологических отображениях динамических систем с одной или несколькими степенями свободы и целиком базируется на количественных мерах и оценках, завершаемых графическими образами целого класса функций.

По аналогии с этим можно было бы рассматривать и звуковой поток, пытаясь разбить звуковой поток распознаваемых фонем или слов на множество классов представлений и в соответствии с получаемым конкретным речевым участком относить его к одному из них. Но по целому ряду причин, таких как оптимизация путей получения результата человеком, ограниченности человеческой памяти, дискретности восприятия, человеческое распознавание должно исходить из более простых установок построения образа.

Звуковая волна, представляющая собой информационное содержание об окружающей среде и с информационной точки зрения выступающая как знаковая система, а в процессе восприятия и распознавания имеет множество степеней свободы в рамках определенной топологического пространства, но в каждый момент времени имеет конкретную топологическую структуру. Но совокупное изменение, выводящее за пределы топологического пространства

существования такой топологической структуры, приводит к переходу к другому образу или знаку. Таким образом грубо можно представить всё звуковое пространство, как набор топологических пространств существования множества структур, как прообразов, воспринимаемых нами, как одиночное топологическое пространство, либо как ограниченная их совокупность. другого содержания (сущности).

Рассмотрим не непрерывную функцию, связанную с волнами такую, как $\psi = \lambda \sin x$, а некоторую функцию, образованную в процессе дискретизации входного сигнала, в виде вектора значений $y_i = F(t_i)$, где значения функций непрерывной $\psi(x)$ и дискретной $F(t)$, в точках x_i и t_i совпадают.

Предполагая, что, если $\forall t_i \,\&\, \forall x_i \Rightarrow \exists \psi_i$, вообще говоря, непрерывная функция, и такая, что $\left|F(t_i) - y_i\right| \le \varepsilon$. Тогда для любого промежуточного значения $x_j \in \left[i, i+1\right]$, мы можем получить значение y_i относительно функции ψ. Т.е.

$$y = \psi\left(x\right) \text{ где } x \in \left[i, i+1\right] \tag{1}$$

Это гарантирует нам при игнорировании промежуточных значений их восстановление, при наличии значений в точках t_j и t_{j+1}. Точность такого приближения будет выше при уменьшении шага дискретизации.

Точно так же возможно обеспечить приближение, увеличив интервал между рассматриваемыми точками в разумных пределах. В .качестве таких точек мы возьмем точки перегиба $\{t_k^1, t_m^2, \ldots, t_m^n\}$, которые мы назовем **характерными точками,** хотя бы потому, что по ним легко проглядывается характер поведения волны и их можно сравнивать, в отличие от любой промежуточной точки, находящейся между двумя перегибами.

Более того, мы будем формировать отношения в пределах существующих **характерных точек**, интересуясь только тем, что

$$\forall k \,\&\, \forall m\left(F(t_k^i) > F(t_m^j)\right) \vee \left((F(t_k^i) < F(t_m^j)\right) \vee \left((F(t_k^i) > F(t_m^j)\right) \tag{2}$$

Таким образом, мы интересуемся точками перегиба, в которых $F(t_i)$ меняет свое содержание с точки зрения отношений, а с количественной точки зрения мы улавливаем границы изменения определенной длины волны с точностью до её половинки..

Интуитивно понятно, что множество функций, которые отражают распознаваемое звучание, будут проходить через эти характерные точки,

повторяя изменение отношений по всему потоку амплитуд, и эти точки являются опорными точками. Вокруг этих точек образуется топологическое пространство возможностей представления одного и того содержания звука, которое с человеческой точки зрения рассматривается как фонема.

С необходимостью при рассмотрении отношений между значениями характерных мы приходим к представлению **матрицы отношений** (рис. 1 и 2), которой в отличие от математической логики в представлении графа [3], в котором фигурирует факт наличия связи 0 или 1 или, переходя на язык отношений – отношение принадлежности, рассматриваются отношения «равно», «больше», «меньше» [4]. Переход на такое представления позволяет абстрагироваться от значения амплитуды и получить конфигурацию изменения поведения волны на всем интервале выбранных отсчетов [5].

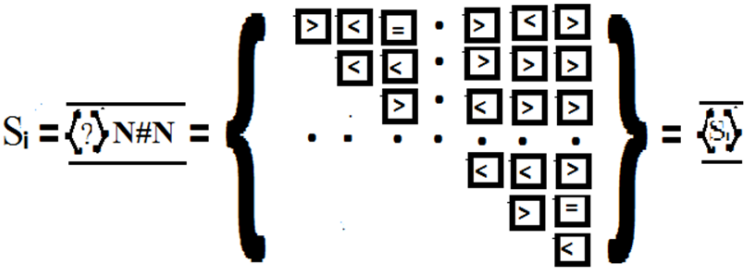


Рис. 1. Матричная качественная оценка объекта в терминах отношений

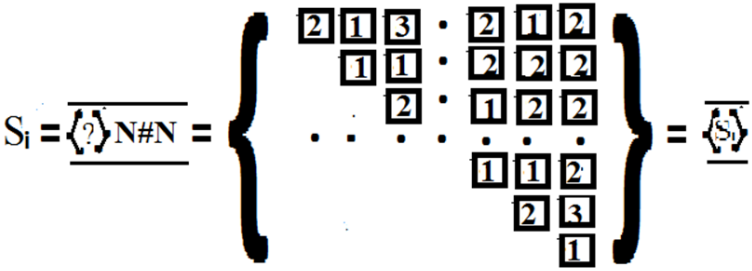


Рис. 2. Матричная качественная оценка объекта в числовом представлении

Такое представление мы называем качественной оценкой (представлением) волны, так она отражает качественную картину поведения волны без относительно числовых показателей, так как в таблице числа означают показатели качественного характера и число соответствует алфавиту такого представления. Хочется отметить, что отношения могут нести не только триаду выше указанных отношений, а иметь большее число градаций. Следуя терминологии Заде [6] мы можем устанавливать расширенные качественные показатели, которые именуются в его работах как лингвистические переменные. Дело в том, что их правильнее называть именно отношениями, которые фигурируют как таковые в качестве заменителя конкретной размерности и которые отражают факт соотношения одного предмета по отношению к другому. А что касается лингвистической переменной, то это идентификатор имени такого отношения. Видимо, с этой позиции может начаться дорога замены эмпирического использования нейронной сети (обучения) [7] на использование вполне определяемых законов формирования образа на базе качественных характеристик и мер.

Заключение

В ходе исследования было установлено, что для выше представленной матрицы возможны комбинаторные вариации указных знаков отношений, соответствующих определенной конфигурации (фигуре) волны. Они составляют вполне ограниченное множество таких матриц $S_{i-j} \in \{S_1, S_2 \ldots S_k\}$ для фиксированного числа характерных точек в интервале от i до j. А с учетом связанности определенными отношениями Но не все вариации корректны с точки зрения рассмотрения свойств отношений $1-6$, а число реальных возможных отношений существенно меньше и это множество можно обозначить как $S_{i-j} = \{S_1, S_2 \ldots S_m\}$, где $m < k$.

Вполне закономерно, что разные матрицы будут соответствовать разному содержанию, которое уточняется с привлечением численного значения количества отсчетов. Тогда сразу возникает необходимость сравнения этих матриц и это вполне посильная задача. Но как оценивать результат такого сравнения, и в какой мере одна матрица отличается от другой? На начальном этапе исследований было желание упорядочить эти матрицы отношений эмпирически. Но опять возникла проблема, как оценить степень различия одной матрицы, от другой матрицы и по какому критерию?

Решение было весьма нетривиальным, через введение качественной меры или так называемой меры сложности. Название

качественная мера более правильное, исходя из принятого философского понятия меры. И это отражает не количественную составляющую рассматриваемого объекта, а его конфигурационную структуру, что должно быть присуще любому распознаваемому объекту.

Введение качественной меры позволило решить, прежде всего, задачу упорядочивания матриц и соответственно определить степень отличия конфигурации одной волны от другой. А это в совокупности с количественными показателями составляет основу для формирования звуковых образов.

Список литературы

1. Босов, А. А. Структурная сложность систем / А. А. Босов, В. М. Ильман // В Журнале Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна. – 2012. – №40. – С. 173-179
2. Андронов, А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин // Издательство физико-математической литературы. – 1958. – 915 с.
3. Уилсон, Р. Введение в теорию графов / Р. Уилсон. – М. : Наука, 1977. – 207 с.
4. Балакирев, Н. Е. Количественная и качественная оценка исследуемых объектов на примере простейших отношений / Н. Е. Балакирев // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 65-72.
5. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Балакирев Н. Е. [и др.] // Программные продукты и системы. – Тверь: НИИ «Центрпрограммсистем», 2018. – Т. 31. – №4. – С. 768-776.
6. Zadeh, L. A. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes / L. A. Zadeh // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1973. – Vol. SMC 3. – P. 28-44.
7. Каплан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каплан // The Essence of Neural Networks First Edition. – М.: Вильямс, 2001. – 288 с.

Обзор технологий Game-аналитики для исследования поведения игроков в on-line играх

Т. С. Гаршин email: timur.garshin@gmail.com
А. Ю. Иванков email: ivankov@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассматриваются задачи и направления развития DataMining в области game-аналитики, приводится обзор инструментов и технологий, применяемых для исследования активности пользователей игровых on-line ресурсов и тренировки команд в киберспорте.*

Ключевые слова: *game-аналитика, on-line игра, Multiplayer Online Battle Arena (MOBA), Massively Multiplayer Online Game, (MMO), gaming, аналитические сервисы, игровое поведение.*

Введение

Индустрия компьютерных онлайн игр активно развивается, по оценкам специалистов-экспертов доля программного обеспечения этого направление к 2020 г достигнет 27% от всех проектов IT в области виртуальной реальности [1]. Анализ процессов в game-индустрии, задачи построения аналитических отчетов являются все более актуальными инструментами для маркетологов, разработчиков (продюсеров и геймдизайнеров), инвесторов, пользователей, исследователей. Ряд статистических ресурсов, представляет данные по основным отраслевым показателям: доходы основных игроков, занятость, объем продаж и доли рынка для различных компаний; статистика по продажам программного и аппаратного обеспечения; количество активных и зарегистрированных игроков для онлайн-игр и социальных игр. Также существует ряд аналитических платформ сбора и анализа данных для исследования игрового поведения пользователей – информация о потреблении видеоигр: демография игроков (распределение по возрасту и полу); данные о распространении игр среди населения; времени, проведенном за играми, платформах и устройствах, используемых для игр; рейтинге самых продаваемых игр, по предпочитаемым жанрам игр, ММО-играм; местам, где люди играют в игры; расходам потребителей на игры; использование онлайн и видеоигр в образовательных целях и др.

© Гаршин Т. С., Иванков А. Ю., 2019

Кроме стандартных статистических исследований данной отрасли появилось молодое направление в области аналитики данных – Game Analytics. Одной из главных ее задач которой является отслеживание интересов онлайн игроков, выявление типов поведения, классификация групп игроков для понимания тенденций в динамике игры [2]. Исследования в этой области подразумевают сегментацию игроков по психологическим типам поведения (одна из первых классификаций — психотипы Алана Бартла [3]) применяются для оптимизации каталога игр под каждого пользователя. Целью аналитики является адаптация игровых ситуаций, сценариев в разных ракурсах проектирования игр для поддержки лояльности игроков, сохранения баланса в игре. Могут отслеживаться шаблоны “токсичного поведения” игроков.

1. Обзор аналитических инструментов

Игровая аналитика может быть ориентирована:

1) на игроков, команды (гильдии) с целью тренировок и повышения своего уровня в игре;

2) на разработчиков on-line игр для анализа игровых процессов и улучшения качества игры.

Онлайн инструменты, ориентированные на аналитику личного или командного поведения в игре часто напрямую связаны с конкретной игрой. Так для World of Warcraft существует ряд онлайн сервисов аналитики: Warcraft Logs (https://ru.warcraftlogs.com/) – сервис, на котором после авторизации и установки клиентского приложения, пользователь может загружать логи своих игр (или своей гильдии) для последующего анализа. Аналитика представлена набором мониторов и статистикой по различным отслеживаемым параметрам (нанесенный урон, полученный урон, исцеление, прерывания, очищение и т.д.). Есть возможности сравнения своих боев с поведением других игроков, можно выявить механику, на которой гильдия терпит неудачи, выявить их причины. Можно провести визуализацию в динамике загруженных фрагментов игры и провести анализ совместного поведения игроков. Однако данный класс аналитических инструментов является узко-направленным на конкретную игру и предоставляет графический анализ и описательные статистики. Примеры: World of logs (Worldoflogs.com), WowAnalyzer (https://wowanalyzer.com/) – анализаторы боевых логов, позволяющие геймерам сохранять, делиться и анализировать опыт рейдов в World of Warcraft.

Game-аналитика также используется в киберспорте [4,5]. Проводятся крупные турниры в различных дисциплинах, среди которых: CS:GO, DOTA 2, World of Tanks, HearthStone. Для тренировок команд и игроков Dota2 используют: MoreMMR

(https://moremmr.com/ru) – обучающий сайт с видеороликами и заданиями. Feedless – программа-компаньон, которая даёт игроку советы на английском языке. Во время игры программа делает скриншоты экрана, отправляет их на сервер, анализирует и даёт советы, используя алгоритмы машинного обучения на опыте 500 тыс. матчей. Используются также: Pvgna – сайт с видеогайдами и сервис по анализу игроков и матчей; Gosu.ai – сайт для анализа матчей. К задачам анализа поведения игроков применяются методы искусственного интеллекта и машинного обучения. Так компания OpenAI (openai.com) с 2016 г ведет проект по обучению команды из пяти нейросетей-ботов (OpenAI Five) играть в стратегию Dota 2. OpenAI Five летом 2018 г. на соревнованиях с командами людей показала хорошие результаты [6,7] и активно применяется для тренировок.

Существуют также интегрируемые аналитические решения BI (Business intelligence) для Game Analytics – платформы, предоставляющие разработчикам онлайн игр свои сервисы. Через регистрацию игры BI платформа получает доступ к игровым логам пользователей, проводит аналитику (продуктовая аналитика, маркетинговая и бизнес-аналитика, рыночная аналитика, атрибуция пользователей), предоставляет результаты разработчикам и игрокам для понимания проблем и улучшения качества игры. Среди распространенных, мощных и активно используемых веб-платформ для мобильной аналитики и анализа поведения пользователей приложений в режиме реального времени можно указать: DevToDev (https://www.devtodev.com/), MixPanel (https://mixpanel.com/), Amplitude (https://amplitude.com/), GoogleAnalytics (https://marketingplatform.google.com/). Для задач мобильной атрибуции пользователей и маркетинговой аналитики, используют платформы: Tune (https://www.tune.com/), AppsFlyer (https://www.appsflyer.com), AppMetrica (https://appmetrica.yandex.ru/) – бесплатная аналитика от Яндекса [8]. Также, выделим платформу – GameAnalytics (https://gameanalytics.com) предоставляющую аналитику разного уровня: от настраиваемых пользователями мониторов отслеживания параметров игры в динамике до расширенной многомерной фильтрации, позволяющие понять поведение пользователей в процессе от установки игры, взаимодействия и до монетизации.

2. Технологии анализа в Game-аналитике

Платформы BI для анализа online-игр обычно поддерживают различные аналитические инструменты и генераторы отчетов, позволяющие делать выводы об игровых процессах [9,10]. Для этого исследуется, как игра привлекает и удерживает игроков: метрики CPI,

CPA – Cost Per Install, Cost Per Action, стоимость привлечение (за инсталл, за некое оговоренное действие); CAC – Customer Acquisition Cost – сумма, которую платят для привлечения нового клиента); оценка сколько игроков участвует в игре в различные периоды времени (метрики MAU, DAU – объем активной аудитории в месяц и день); объем платящей аудитории (метрики PU, PPU– Paying Users, Percentage of Paying Users доля платящей аудитории относительно DAU; APRU, ARPDAU – Average Revenue per User, количество денег в среднем, которое приносит активный пользователь).

Проводится анализ, с каких устройств и географических точек игроки входят в игру (применяется показатель возврата инвестиций ROI – Return On Investment для каждого канала, чтобы иметь возможность принять решение о наращивании закупки и рекламы по данному каналу, Day by day Retention by channels – удержание по сегментам и различным каналам привлечения).

Важным является исследование насколько игроки заняты с точки зрения сессий и времени игры, как сложно пройти уровни, как они заканчивают уровни в игре, какую оценку получают по завершении (анализируется попытки прохождения уровней – рассчет конверсии по уровням сложности в игре, метрики Classic Retention – процент людей, которые начали игру в определенный день, Rolling Retention – доля людей, вернувшихся в игру в выбранный день или любой последующий (отражает удержание) и др). Метрики Retention могут зависеть от часового пояса, погоды, технических проблем и др.

Широко используются визуализации и измерения того, как игроки проходят через серию заранее определенных событий (воронки), для сравнения поведения разных групп игроков (анализ игровых циклов core loop).

Часто применяется метод выявление когорт – групп пользователей, которые выполнили определенное действие в течение определенного периода времени. При когортном анализе пользователи делятся на сегменты и отслеживается поведение каждого сегмента.

Исследование конверсии в покупки позволяет сбалансировать поток внутри игровых ресурсов (виртуальной экономики: виртуальные валюты, жизни т.д.), проанализировать, как игроки зарабатывают и тратят ресурсы в игре, проводить отслеживание транзакций на реальные деньги.

Системы Game-аналитики имеют большой функционал для организации аналитических отчетов, в которых используются также геймдизайнерские метрики, выявляется их связь с игровым балансом, экономикой и восприятием игры пользователями, поддерживаются

форматы данных, обеспечивающие интеграцию результатов анализа в другие приложения (csv, json).

Интересным является представляемые возможности хранения виджетов анализируемых игр, а также проведение анализа видео-фрагментов игры.

В публикациях по game аналитике присутствуют тенденции развития аналитических подходов в сочетании с анализом социальных связей участников игры [11, 12, 13]. Они позволяют отследить процесс формирования социальных связей в играх и вокруг них, а также их связь с игровой деятельностью, демографическими данными и данными о предпочтениях, это дает разработчикам понимание роли технологий и процессов для создания и поддержки базы игроков.

Заключение

Направление game-аналитики является востребованным и активно развивающимся в области DataMining. Разработчики online игр – от крупных до “Indie game” (созданием которых занимаются отдельные разработчики, небольшие коллективы или маленькие независимые компании) понимают его важность. Создаются новые метрики оценок, аналитические сценарии и подходы, однако, область смыслового понимания и интерпретации игрового поведения людей требует привлечения знаний из областей психологии, лингвистики, социологии, а также технологий искусственного интеллекта и машинного обучения.

Литература

1. STATISTA- The statistics portal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.statista.com/topics/1680/gaming/]
2. Аналитика для геймдизайнеров и продюсеров. Часть I. Блог компании ВШБИ – Менеджмент игровых интернет-проектов, Разработка игр, Разработка мобильных приложений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/company/miip/blog/309444/
3. Bartle, R. Designing Virtual Worlds / R. A. Bartle. – New Riders Games, 2003 – 741 с.
4. Анализ развития киберспорта за последние годы (инфографика) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://logincasino.com/article/kak-razvivalsya-kibersport-v-poslednie-neskolko-let38908.html
5. Портал о киберспорте cybersport.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cybersport.ru/news/shest-servisov-kotorye-mozhet-byt-nauchat-vas-igrat-v-dotu

6. OpenAI is a non-profit AI research company [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://blog.openai.com/the-international-2018-results/

7. Tom Simonite CAN BOTS OUTWIT HUMANS IN ONE OF THE BIGGEST ESPORTS GAMES? Сайт Wired [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.wired.com/story/can-bots-outwit-humans-in-one-of-the-biggest-esports-games/

8. Devtodev – Education center on-demand resources to become an analytics guru. 100 BEST LINKS FOR GAME ANALYSTS (IN RUSSIAN) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.devtodev.com/education-center/articles/119/100-best-links-for-game-analysts-in-russian-/

9. Seif El-Nasr, M.; Drachen, A. and Canossa, A. (eds): Game Analytics. Springer Publishers. 800 pp. ISBN: 978-1-4471-4769-5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.springer.com/computer/hci/book/978-1-4471-4768-8

10. Drachen, A.; Mirza-Babaei, P. & Nacke, L. (Eds): Games User Research. 560 pp. Oxford University Press. ISBN-10: 0198794843 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://global.oup.com/academic/product/games-user-research-9780198794844?cc=gb&lang=en&

11. Bauckhage, C. Clustering Game Behavior Data / C. Bauckhage, A. Drachen, R. Sifa // IEEE Transactions of Computational Intelligence and AI in Games, Special Issue on Game Analytics. – 2015. – Vol 7. – issue 3. – P. 266-278. DOI: 1109/TCIAIG.2014.2376982.

12. Inside the Group: Investigating Social Structures in Player Groups and Their Influence on Activity / M. H. Schiller [et al.] // IEEE Transactions on Games. – 2018. – P. 1-1. DOI: 10.1109/TG.2018.2858024.

13. Analyzing Player Networks in Destiny. In: Entertainment Computing / J. Pirker [et al.]. – Elsevier, 2018. – Vol. 25. – P. 71-83. – Режим доступа: https://doi.org/10.1016/j.entcom.2017.12.001

Разработка контекстно свободных грамматик с использованием Томита-парсера для задач извлечение фактов из неструктурированных текстов

В. В. Гаршина, email: garshina.veronika@gmail.com
В. Е. Панин, email: jordan_dalv@gmail.com
И. В. Коротких, email: ikorotkikh95 @gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Статья посвящена проблемам TextMining - извлечению из неструктурированных текстов семантических данных: фактов (понятий) предметной области и отношений между ними - для последующей семантической аналитики.*

Ключевые слова: *Контекстно свободные грамматики, TextMining, Томита-парсер, семантический парсинг, неструктурированный текст.*

Введение

Обработка естественного языка всегда вызывала большой интерес в области информационных технологий, однако в последнее время, в связи со стремительным развитием таких направлений, как машинное обучение, Data Mining и Data Science вопросы, связанные с NLP становятся особенно актуальны. Тем не менее попытки автоматической обработки неструктурированного текста нельзя назвать новыми веяниями науки: отечественная лингвистика имеет под собой прочный фундамент в виде многочисленных исследований в области морфологического анализа и разрешения случаев лексический многозначности.

Впервые разработки такого рода проводились ещё в пятидесятых годах прошлого столетия в области машинного перевода. Неоценимым вкладом в подобных исследованиях можно назвать создание грамматического словаря А.А. Зализняка в 1977 году, где была представлена формальная модель морфологии русского языка, важной особенностью был системный подход к описанию грамматических парадигм. Несмотря на то, что в нашей стране была заложена внушительная теоретическая база, вычислительных мощностей было недостаточно для реализации большинства идей.

© Гаршина В. В., Панин В. Е., Коротких И. В., 2019

1. Ознакомление с существующими решениями

Сейчас, когда технологии развиваются со стремительной скоростью, IT-компании тратят большие суммы на исследования, в той или иной степени посвящённые компьютерной лингвистики. Многие крупнейшие корпорации, наподобие Google, Amazon, ABBYY, Oracle уже имеют продвинутые инструменты для анализа текстовых данных. Существует немалое количество и открытых некоммерческих решений. Однако значительная часть подобных продуктов успешно справляется лишь с задачей обработки англоязычных текстов и, зачастую, изначально ориентирована на них. Что касается русского языка, то в этой области дела обстоят несколько хуже, но в разработке имеются также парсеры, способные обрабатывать и его. Прежде всего это Gate – один из самых известных и старых инструментов, язык LSPL, Томита-парсер от Яндекс (вместе с входящим в него морфологическим анализатором MyStem), набирающая популярность библиотека для языка программирования Питон Pymorphy2 и классический OpenNLP.

Gate – популярный ранее, ныне почти заброшенный проект для парсинга естественных языков посредством построенных на специальном языке Jape правил, на основе контекстно-независимой среды, поддержка русского языка опциональна, присутствует в качестве отдельного модуля, Gate считается универсальным и гибким средством, что является как его положительной чертой, так и отрицательной, поскольку это предполагает сложные настройки. LSPL – язык описания шаблонов, который был создан специально для обработки русскоязычных текстов, также основан на правилах, за счёт которых удобно выделять именованные сущности и указывать условия грамматического согласования. Томита-парсер – разработка Яндекс, ныне является абсолютно открытым продуктом, предназначенным для извлечения фактов (структурированных данных) из предложений, в основе лежит алгоритм GLR-парсинга. Pymorphy2 - библиотека для Python, в первую очередь являющаяся морфологическим анализатором для русского языка, кроме этого крайне полезна для процесса лемматизации, может послужить достаточно мощным инструментом в сочетании с другими библиотеками питона. OpenNLP – один из самых популярных инструментов в области обработки естественного языка, важной особенностью является возможность обучить собственную модель, русский язык доступен в виде отдельного модуля.

2. Процесс извлечения данных из неструктурированного текста на примере Томта-парсера

Большой интерес представляет Томита-парсер, полностью открытый инструмент, созданный специально для русского языка,

несложен в освоении, имеется достаточно подробная документация, активно поддерживается весьма отзывчивым сообществом. Наш выбор остановился на этой технологии, поскольку она лучше всего подходит для решения таких прикладных задач, как извлечение определённой информации из текстов, например – ФИО сотрудника, его должность и компания, в которой он работает, отношения между компаниями, время, даты, адреса. Об этом парсере хотелось бы поговорить поподробнее. В качестве основы системы был взят расширенный LR алгоритм – GLR-парсер, выведенный японским математиком Масару Томита. Позволяет извлекать факты из неструктурированного текста по средствам описанных специальным формальным языком контекстно-свободных грамматик, которые реализованы в виде правил (шаблонов). Шаблоны представляют из себя универсальную, собирательную типовую фразу, конструкцию, которая будут извлекаться. Предположим, что необходимо получить данные об имени сотрудника, где он работает и какую должность занимает, тогда шаблон будет выглядеть приблизительно так: Сотрудник — Должность — Компания. Все инварианты будут относится к этой шаблонной фразе и описываться за счёт правил. Факт является важным понятием для всего процесса, представляет собой определённую информацию, которую требуется извлечь из неразмеченного текста, для последующей обработки, например, название фирмы или страна. Грамматики – отдельные модули, файлы, состоящие из множества правил, которые, в свою очередь являются шаблонами, написанными на особенном языке, имеющем следующий вид:

$$S \rightarrow S1 \ldots Sn \{ Q \}; \quad (1)$$

Сначала, в левой части (перед знаком →) указывается нетерминальный набор символов, что является по-своему некой переменной, к которой в дальнейшем можно будет обращаться из основного правила, он является своего рода «названием» описанного далее правила, который может состоять из терминалов – зарезервированных сущностей (например, прилагательное, глагол, числительное, нераспознанное морфологией слово, знак препинания и т.д.) и нетерминалов (других правил или лемм). На каждый символ правой части могут налагаться пометы ограничения (например, род, число, падеж, тип согласования, регистр и т.д.). В грамматике всегда присутствует корневое правило, которое необходимо задать в начале файла в качестве директивы, если это не единственное правило. Таким образом в корневом правиле осуществляется процесс интерпретации – описания способа извлечения конкретного факта посредством применения созданных ранее правил - нетерминалов и терминалов. На

рис. 1 приводится пример с фрагментом упомянутого ранее шаблона Сотрудник - Должность - Компания.

Рис. 1. Корневое правило

Корневое правило – Result, в его правой части идёт описание, при котором вызывается нетерминал – описанное ранее правило извлечения позиции должностного лица, должности сотрудника (рис. 2.).

```
- */
Pos      -> AnyWord<kwtype="Позиция">;
Position -> Adj<gnc-agr[1]>* Adj<gnc-agr[1]> Pos<gnc-agr[1], rt>
```

Рис. 2. Правило извлечения позиций

Position - правило состоит из зарезервированных терминалов прилагательное + прилагательное, согласованные с нетерминалом Pos, объявленным ранее, где сообщается, что терминалом Pos может быть любое слово, входящее в специальный словарь, на которой ссылается помета «kwtype».

Словари - это отдельные файлы, в которых посредством перечисления различных лемм, создаются статьи, на которые впоследствии можно будет ссылаться из файлов грамматик.

Упоминание отдельных файлов, таких как например словари, предполагает наличие определённых дополнительных компонентов, необходимых для работы парсера. В действительности для корректного запуска процесса парсинга с целью извлечь определённые факты необходим набор определённых файлов помимо грамматики. Среди обязательных должен быть конфигурационный файл - config.proto в формате Protobuf; газзетир – файл с расширением .gzt – содержит в себе информацию обо всех подключаемых модулях, а также, по совместительству, содержит упомянутые ранее словарные статьи в едином формате; грамматики – файлы с расширением .cxx, в которых содержатся правила написанные на специальном языке описания грамматик; facttypes.proto – здесь описываются поля фактов, то, в каком виде факты будут подаваться на вход, и каким образом их организовать на выходе.

В процессе парсинга предложений, написанных на естественном языке, часто могут возникнуть различные проблемы и трудности, начиная от обычной омонимии и заканчивая случаями многозначности.

Для их разрешения разработчики предлагают ряд методов и инструментов. Специальные пометы помогают уточнить многие грамматические категории, которые должны содержать извлекаемые данные. Помета no_hom, к примеру, может помочь избежать ситуаций, когда извлекаются слова, которым можно приписать сразу несколько грамматических значений (стол - всегда существительное, а столовая - может быть, как существительным, так и прилагательным, поэтому последнее не извлечётся). Возможность указать согласование способствует более качественному нахождению словосочетаний, а для особенных случаев создано специальное согласование, одно из таких - согласование с женскими именами и фамилиями, для случаев, когда они употребляются с существительными мужского рода, например, директор по персоналу - Светлана Кузьминых. Иногда необходимо несколько инвариантов-шаблонов, некоторые из которых в большем приоритете, для такого случая предназначена специальная операция присвоения веса правилам, так, известно, что названия фирм типа «Организационно-правовая форма + Название компании» (ОАО «Промсвязьбанк») встречается чаще в юридическом дискурсе, чем просто название с большой буквы, для того, чтобы не извлекалось ничего лишнего, для правила, описывающего первый случай ставится более высокий вес. Из недостатков парсера от Яндекс следует отметить проблемы с иностранными словами и полное отсутствие поддержки английской морфологии, а также слабо развитая синтаксическая составляющая.

В целом Томита-парсер - многофункциональный и мощный инструмент для работы с русскоязычными данными, хорошо подходит для задач морфологического анализа и извлечения фактов из текстов,. Главными достоинствами этого продукта являются: доступность, открытость программного кода, удобное и подробное руководство разработчика, простота в использовании, продвинутая технология семантического парсинга. Большим недостатком является слабо развитый синтаксический уровень.

Заключение

Описания структуры работы файлов, необходимых для осуществления процесса парсинга при помощи инструмента от Яндекс, представленного выше, достаточно для понимания основ извлечения фактов для различных целей. Условно можно подвести к тому, что для извлечения определённой информации, например, имени сотрудников, их должности и фирмы, где они работают, нужны текстовые файлы, которые подаются на вход, требуется составить шаблоны, которые соответствуют той информации, которую необходимо извлечь, затем эти шаблоны описываются правилами при помощи специального

формального языка, далее следует организовать структуру основных и вспомогательных компонентов, в итоге на выходе мы получаем размеченный файл с той информацией, которую предполагалось извлечь для дальнейшей обработки, в нашем случае выходной файл создаётся размеченном формате JSON, а после полученные факты используются для своих целей, в нашем случае, для наполнения базы знаний в онтологическом виде. Кроме того, важным этапом, предшествующим анализу текстов, является их накопление, для этого применяются различные средства: скраперы, краулеры и поисковые движки.

Большое количество данных, с которым сейчас каждый сталкивается в сети, делает вопрос анализа текстов особенно актуальным. Обработка естественного языка - перспективное направление для исследований. Если для английского языка имеется уже немало разработок в этой области, то для русского это направление программирования ещё только предстоит развить.

Список литературы

1. Большакова, Е.И. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных / Е.И. Большакова, К. В. Воронцов Н. Э. Ефремова. – НИУ ВШЭ, 2017. – 268 с.
2. Яндекс – Томита-парсер [Электронный ресурс] : Руководство разработчика. Версия 1.0 / Яндекс 2018. – 41.с. – документ формата PDF
3. Большакова, Е.И. Лексико-синтаксические шаблоны для автоматического анализа научно-технических текстов / Е.И. Большакова, Н. Э. Васильева, С. С. Морозов // Десятая Национальная конференция по искусственному интеллекту. Труды конференции в 3-х томах. – М.: Физматлит, 2006. – 506-524 с.
4. Лексико-синтаксические шаблоны в задачах автоматической обработки текстов / Е.И. Большакова [и др.] // Компьютерная Международной конференции Диалог’2007. – М.: Издательский центр РГГУ, 2007. – 70-75 с.
5. Серебряков, В.А. Проблемы семантической интеграции библиотечных данных / В.А. Серебряков, О. Н. Шорин. – Библиотековедение, 2014. – С. 45-51.
6. Сулейманова, Е. А. О подходе к отождествлению сущностей в рамках задачи извлечения информации из текстов / Е. А. Сулейманова, И. В. Трофимов // Текст научной статьи по специальности «Автоматика. Вычислительная техника» . – 2012. – С. 15-30.

Системы распознавания речи, их задачи и классификация

В. В. Гончарова, email: vlntngoncharova@gmail.com
В. В. Гаршина, email: garshina@cs.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены задачи и области применения систем распознавания речи. Проведена их классификация по различным признакам.*

Ключевые слова: *система распознавания речи, голосовое управлении, словарь, речь.*

Введение

Область применения систем распознавания речи постоянно расширяется. Это связано с повышением качества распознавания и несомненным удобством для пользователя.

В настоящее время применение технологии распознавания речи можно встретить в системах диктовки текстов или же в интерактивных системах самообслуживания, которые предоставляют справочную информацию, осуществляют анкетирование, позволяют заказать товары или услуги. Также голосовые команды позволяют управлять бытовой техникой, такими системами как «Умный дом» или бортовым компьютером автомобиля.

Чтобы наиболее эффективно решить задачу создания системы распознавания речи, необходимо определиться, какая именно система требуется и как будет осуществляться распознавание.

В данной работе будут рассмотрены основные способы классификации систем распознавания речи.

1. Архитектура системы распознавания речи

Задачей распознавания речи является восстановление слова естественного языка по речевому сигналу, который является звуковым представлением этого слова.

В общем виде можно определить следующую архитектуру системы распознавания речи: входные данные (звуковой сигнал), анализ входных данных, принятие решения, выходные данные (распознанная речь). Обычно принятие решения осуществляется на основе языковых и синтаксических правил, а также языковой статистики.

© Гончарова В. В., Гаршина В. В.,2019

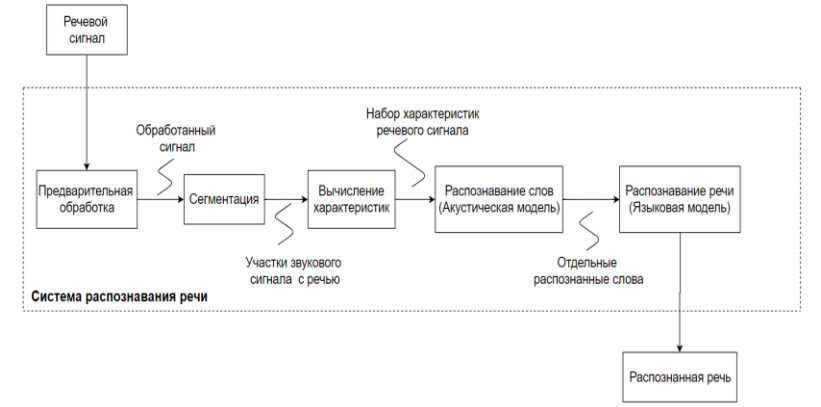


Рис. 1. Общая схема системы распознавания речи

Основными элементами такой архитектуры являются:

- Модуль шумоочистки и отделение полезного сигнала;
- Акустическая модель – распознавание речевого сегмента на звуковом уровне;
- Языковая модель – определение наиболее вероятных словесных последовательностей;
- Декодер – программный компонент системы распознавания, который совмещает данные, получаемые в ходе распознавания от акустических и языковых моделей, и на основании их объединения, определяет наиболее вероятную последовательность слов, которая и является конечным результатом распознавания слитной речи. [1]

Архитектуры систем распознавания речи отличаются в зависимости от ряда факторов. При построении такой системы необходимо ясно понимать, какую задачу и как именно будет решать система.

2. Классификация систем распознавания речи

Классификацию систем распознавания речи можно осуществить по следующим признакам.

По размеру словаря:

- ограниченный набор слов;
- словарь большого размера.

Системы, использующие маленький словарь (<100 слов), позволяют пользователю вводить только ограниченный набор команд.

Для диктовки текста необходим словарь гораздо большего размера (десятки тысяч слов).

Однако увеличение словаря влечет за собой увеличение количества ошибок. Чем больше слов обладают морфемной схожестью, тем больше будут потери в точности. Чтобы избежать таких последствий используют системы с переключением подсловарей в зависимости от контекста. Обычно такой подсловарь содержит около нескольких тысяч слов, наиболее употребляемых в определенной предметной области.

По зависимости от диктора:

– дикторозависымые системы;
– дикторонезависимые системы;
– системы, автоматически настраивающиеся на голос диктора.

Дикторозависимые системы предварительно настраиваются на голос диктора. Они учитывают индивидуальные особенности речи пользователя. Такие системы распознавания работают с гораздо большей точностью, чем дикторонезависимые.

Дикторонезависимые системы готовы к работе сразу же, без предварительных настроек. Они не учитывают особенностей речи и должны работать с любым пользователем. Но в таких системах обычно точность распознавания гораздо меньше. На практике довольно трудно достичь по-настоящему дикторнезависимой системы, так как при обучении она автоматически настраивается на голос диктора, на котором обучается.

Системы, автоматически настраивающиеся на голос диктора, адаптируются во время использования. Такой системе необходимо знать, когда пользователь произнес слово правильно, а когда допустил ошибку. Однако после длительного использования такой системы одним диктором, существует большая вероятность некорректной работы с другим диктором.

По типу речи:

– слитная речь;
– раздельная речь.

Слитная речь – естественно произносимый поток слов. Раздельная речь – слова, отделенные друг от друга заполненными паузами. Распознавание слитной речи более предпочтительно, так как пользователь общается с системой на своем естественном языке. Однако такое распознавание требует гораздо больших вычислительных мощностей, или же результаты будут иметь меньшую точность в сравнении с распознаванием раздельной речи.

По назначению:

– системы диктовки;

– командные системы.

Командная система – система поиска слова-маркера в речи. Такое распознавание происходит по распознаванию единого образа команды.

Системы диктовки при распознавании не только распознают образы слов, но и учитывают предыдущие результаты распознавания – контекст.

По степени детализации при задании эталонов распознавания.

При построении системы распознавания речи необходимо выбрать базовую единицу анализа речи. Это могут быть целые слова или же отдельные фонемы или аллофоны.

Сравнение целых слов дает большую точность и скорость чем работа с элементами слова, однако требует большого словаря, а значит большого объема памяти.

По используемому алгоритму:

– сравнение с эталоном;
– нахождение общих свойств;
– скрытые марковские модели.

При использовании алгоритма сравнения с эталоном в памяти системы для каждого класса хранится множество образцов. При поступлении в систему нового образца он поочередно сравнивается с уже имеющимися. Так определяется принадлежность входящего образца к определенному классу.

Такой метод хорошо работает с эталонными образцами. Если же образцы сильно отличаются по длительности или искажены помехами, то данный метод будет работать некорректно. Метод сравнения с эталоном подходит для распознавания команд из небольшого словаря. Однако организовать распознавание слитной речи будет довольно затруднительно.

Примером реализации данного метода является метод динамического выравнивания времени (Dynamic Time Warping – DTW). Этот алгоритм позволяет найти оптимальное соответствие между временными последовательностями.

При применении алгоритма нахождения общих свойств за основу берется предположение о том, что образы, принадлежащие одному классу, должны обладать рядом общих свойств.

Сначала у всех образов класса выделяются общие свойства. Когда на вход системы поступает неклассифицированный образ, то для него выделяются характеризующие признаки. Затем система сравнивает выделенные признаки и уже имеющиеся признаки классов. Если после сравнения найден класс со схожими характеристиками, то система причисляет входной образ к данному классу.[4] Данный метод

значительно экономит память в сравнении с методом сопоставления образов. Однако проблема различия образов по длительности или зашумленности данных сохраняется.

Представителем данного класса является искусственная нейронная сеть (Artificial Neural Networks – ANN). На вход она принимает вектор свойств речевого образа, а на выходе выдает принадлежность к классу.

В скрытых марковских моделях отдельные фонемы языка моделируются с помощью цепочки состояния СММ. Затем фонемы объединяют в слова, а слова в предложения.[3]

Для распознавания слитной речи строится одна большая СММ. С помощью определенного алгоритма находится наиболее вероятная цепочка состояний, через которые должна пройти СММ для порождения рассматриваемой последовательности.

В данных моделях речевой сигнал рассматривается как случайный процесс. Таким образом, происходит учет времени и появляется возможность распознавания слитной речи.

Рис. 2. Классификация систем распознавания речи

Заключение

Для построения эффективной системы распознавания речи необходимо четко знать, какая именно решается задача: распознавание команд или слитной речи или же это будет верификация человека по голосу. Исходя из задачи, осуществляется выбор типа системы и ее архитектуры. От адекватности выбора будет зависеть качество распознавания.

В данной работе была рассмотрена классификация систем распознавания речи и приведены способы их применения.

Список литературы

1. Распознавание речи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание_речи

2. Гусев, М. Н. Методы и модели распознавания русской речи в информационных системах / М. Н. Гусев. – СПБ. : Геликон Плюс, 2014. – 376 с.

3. Гефке, Д. А. Применение скрытых марковских последовательностей для распознавания звуковых последовательностей [Электронный ресурс] / Д. А. Гефке, П. М. Зацепин. – Режим доступа: http://izvestia.asu.ru/2012/1-2/info-comp/TheNewsOfASU-2012-1-2-info-comp-03.pdf

4. Фролов А. В. Синтез и распознавание речи. Современные решения [Электронный ресурс] / А. В. Фролов, Г. В. Фролов. – Режим доступа: http://www.frolov-lib.ru/books/hi/index.html

Разработка информационной системы оценки распределения внимания пользователя и эргатических систем управления на ее основе

С. А. Зайцев, email: kondroshsergiano@gmail.com
А. И. Боронников, email: boronnikov_a_i@mail.ru
А. В. Алексеев, email: a_v_alekseev@bk.ru
Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.ru

ФГБОУ ВО «ВГУ»

Аннотация. *В работе рассматриваются аспекты и методология создания систем оценки распределения внимания, основанных на оптикоэлектрических методах отслеживания взгляда, гравитационно-акселерометрических и магнитных методах отслеживания движений головы, также рассматриваются вопросы востребованности и интеграции готовой системы оценки внимания пользователя в различные системы управления.*

Ключевые слова: *эргатические системы, информационные системы, человеко-машинные интерфейсы, отслеживание внимания, трекинг, окулография.*

В настоящее время все большее применение в производстве и быту находят человеко-машинные интерфейсы, фактически трудно представить отрасль человеческой деятельности, где применение данных систем не улучшило бы производительность труда и эффективность использования ресурсов. Динамичное развитие и относительная новизна данных технологий открывают перед исследователями множество путей развития. Системы оценки распределения внимания пользователя – один из видов человеко-машинных интерфейсов, они призваны использовать взгляд как средство управления или орудие труда, в тех случаях, когда использование стандартных средств может быть невозможно или неэффективно. В данной работе пойдет речь о создании и аспектах функционирования человеко-машинного интерфейса, основанного на окулографической системе с оптоэлектронными датчиками.

В настоящее время существует множество окулографических систем, остановимся на некоторых из них:

– Системы трекинга глаз от немецкой компании SensoMotoric Instruments GmbH (SMI). Технология, используемая SMI, основана на

© Зайцев С. А., Боронников А. И., Алексеев А. В., Туровский Я. А., 2019

методе тёмного зрачка в сочетании с отражением света от сетчатки глаза: Видеокамеры, встроенные в трекеры, регистрируют лицо, глаза, зрачки, а также отражение инфракрасного света от сетчатки, и вычисляют направление взгляда и движение глаз, благодаря сложному математическому аппарату, что обеспечивает высокую точность. Однако зачастую перед конечным пользователем встают гораздо менее сложные задачи и использование столь сложных и дорогостоящих систем нецелесообразно. Также для использования необходим высокий уровень квалификации и система не отслеживает движения головы;

– “Eye tracking system having an array of photodetectors aligned respectively with an array of pixels”. (патент US5331149A) В данной модели используется дисплей, сопряженный с массивом фотодетекторов, чувствительных к отражению излучения, проецируемого дисплеем на глаз через стекло очков. Недостатки данной модели: использование неэффективной и неэргономичной в использовании оптической системы, использование дорогих и высокотехнологичных электронных компонентов, дороговизна производства ввиду использования высокотехнологичной оптоэлектронной системы;

– “Информационная система дополнительного канала обратной связи для видеоокулографических интерфейсов человек-компьютер”. В данной модели используется инфракрасная видеокамера в совокупности с маломощной инфракрасной светодиодной подсветкой. Система конструктивно проста и обладает обширным функционалом при небольшой себестоимости. К недостаткам данной модели можно причислить перекрытие поля зрения.

Исходя из анализа предметной области, можно сделать следующие выводы:

– Рынок окулографических систем оценки распределения внимания пользователя в большинстве своем в настоящее время представлен зарубежными продуктами (SMI, Tobii, Eye Research (Eyelink));

– В данных решениях отсутствуют системы слежения за головой;

– Системы обладают хорошими техническими характеристиками, но представляют собой сложное дорогостоящее оборудование;

– Функционал представленных систем может быть избыточен для решения повседневных задач;

– Сложность математического аппарата и необходимость многократной фильтрации исходных данных предопределяет использование мощной вычислительной платформы и ограничивает использование во встраиваемых системах;

– Системы построены на сложной и высокотехнологичной элементной базе.

Таким образом, встает задача создания программно-аппаратного комплекса для слежения за вниманием пользователя со следующими свойствами:

– Аппаратная база должна быть основана на единичных оптоэлектронных датчиках, как более доступная альтернатива видеокамерам, благодаря этому будут улучшены эксплуатационные и эргономические характеристики с одновременным удешевлением конечного продукта;

– Система должна иметь интегрированные средства для слежения за движениями головы, основанные на методах гравитационно-акселерометрического или магнитного трекинга;

– Математический аппарат должен быть максимально отвечать требованиям легковесности и быстродействия, благодаря этому исчезнет необходимость в тяжелых вычислениях, и следовательно, появится возможность использования маломощных вычислительных платформ;

– Система должна обладать внешним интерфейсом, обеспечивающим ее встраивание в прикладные приложения для персонального компьютера и иные средства реализации человеческой деятельности технического или иного рода;

– Система должна обладать высокой эргономичностью и низким порогом вхождения, простотой обслуживания.

Для выполнения задачи необходимо разработать аппаратно-программный комплекс и соответствующий математический аппарат.

Обратимся к подсистеме отслеживания взгляда, в качестве датчиков предлагается использовать массив маломощных оптоэлектронных элементов, представляющих собой светодиоды, излучающие в инфракрасном или ином недоступном для восприятия человека диапазоне, и фотодиоды, или иные светочувствительные элементы, восприимчивые к диапазону, излучаемому светодиодом.

Смысл такого расположения заключается в том, что электромагнитный сигнал, подаваемый светодиодом, отражается от тканей глаза на светочувствительный сенсор, таким образом, можно судить об отражательной способности участка ткани глаза, расположенной под датчиком.

Как известно, наибольший коэффициент отражения имеют ткани склеры, а наименьший – ткани радужной оболочки и зрачка, следовательно, максимальное значение отраженного сигнала будет соответствовать максимальному удалению взгляда в направлении от датчика. При достаточном количестве датчиков по уровню отраженного

сигнала можно определить положение зрачка, а следовательно и положение взгляда.

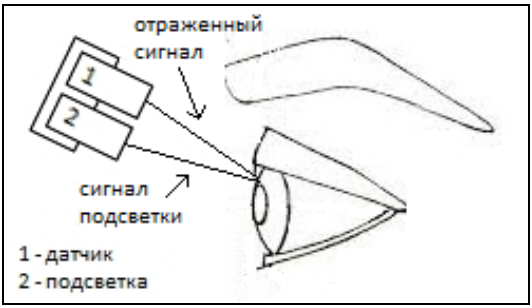


Рисунок. Расположение отдельного датчика относительно глазного яблока

Так как значения отраженного сигнала представляют собой рациональные числа, имеет смысл представление оного в виде в вектора, каждая компонента которого представляет собой значение сигнала определенного датчика в определенный момент времени. Для большей точности и устойчивости работы системы предлагается использовать алгоритмы усреднения по нескольким векторам. Такое представление результатов измерений позволяет свести задачу определения направления взгляда к задаче классификации векторов.

Таким образом, работа с окулографической подсистемой будет производиться следующим образом: сначала пользователю с помощью программного обеспечения предлагается сопоставить команды, используемые в его текущей задаче, определенному направлению взгляда (т.н. этап калибровки), затем, в процессе работы система автоматически будет определять соответствие команды и текущего направления взгляда. Данная схема обеспечивает простоту и удобство работы с системой.

Обратимся к подсистеме отслеживания перемещений головы, средства, применяемые здесь, не должны вызывать дискомфорта у пользователя, поэтому применение механических систем неприемлемо. К использованию предлагается два варианта:

– гравитационно-акселерометрический трекинг, в данном случае чувствительный сенсор монтируется на тот же конструктив, что и массив оптоэлектронных датчиков (к примеру оправа очков)

– магнитный трекинг (с использованием датчиков Холла), в данном случае система будет состоять из достаточного количества

электромагнитов, расположенных вблизи пользователя, и чувствительного сенсора на датчиках Холла.

В качестве математического аппарата предлагается использовать диаграмму Вороного, данный классификатор обеспечивает минимальное использование вычислительных мощностей.

В ходе работ по данному проекту был создан прототип окулографического интерфейса, внешний вид представлен на рис.4. В данном прототипе используются маломощные инфракрасные светодиоды TSAL4400 производства Vishay Semiconductors, данные светодиоды отвечают нормам безопасности IEC 60825-12 и могу быть использованы в системах данного рода без вреда для здоровья. Для дискретизации уровня сигнала фотодатчиков используется 16-битный сигма-дельта АЦП ADS1115 производства Texas Instruments.

В данной реализации массив датчиков состоит всего из двух элементов, однако этого вполне достаточно для качественного распознавания 5 основных пространственных команд, таких как: направо, налево, вперед (вверх), назад (вниз) и стоп.

Также, на тестовом стенде изучения магнитного трекинга была достигнута точность измерения поряда 1мм при расстоянии между датчиком и электромагнитами 25мм.

С результатами работы можно ознакомиться на видеохостинге Youtube по краткой ссылке https://bit.ly/2Prg54v

Список литературы

1. Туровский, Я. А. Информационная система дополнительного канала обратной связи для видеоокулографических интерфейсов человек-компьютер / Я. А. Туровский, А. В. Алексеев, Ю. А. Ипполитов. – ВНМТ, 2017. – №2. – С. 152-157.

2. Eye tracking system having an array of photodetectors aligned respectively with an array of pixels : Пат. US5331149A : https://patents.google.com/patent/US5331149A/

3. Свидетельство о гос. регистрации программы 2018616826. Российская Федерация. RABT laboratory module / Я. А. Туровский, С. А. Зайцев, А. С. Коновской, Н. В. Хороших, С. В. Шамарин. – № 2018614597 заявл. 25.04.2018; зарегистр. 07.06.2018; опубл. 07.06.2018, М. : ФИПС, 2018. – 1 с.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-29-08342-офи_м).

Система визуализации распределения потенциалов электродов в моделях, имитирующих тонкие срезы нервной ткани

М. А. Карпова, email: masha-balagnese@yandex.ru
В. Ю. Алексеев, email: quindecim413@mail.com
Я. А. Туровский, email: yaroslav_turovsk@mail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе моделируется пространственное распределение электрического поля, создаваемого системой электродов на поверхности нервной ткани. Было разработано программное решение, предлагающее расчет и визуализацию распределения потенциала в среде, имитирующей тонкий срез нервной ткани. Результаты могут быть применены для разработки гибридных бионических систем*

Ключевые слова: *визуализация, распределение потенциалов, моделирование, нервная ткань.*

Введение

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений IT является синтез биологических и информационных технологий, позволяющий решать самые разнообразные задачи. При разработке гибридных бионических систем, в которых нервная ткань интегрирована с твердотельными чипами, необходимым является моделирование тонких срезов нервной ткани, взаимодействующих с подложкой с электродами, и моделирование взаимодействия нервной ткани с различными стимулами.

Для расчета и визуализации распределения потенциалов на тонком срезе нервной ткани был разработан программный продукт, основной задачей которого является получить изображение (видеопоток), на котором видно расположение электродов, в зависимости от этого разместить виртуальные электроды, совместить на них потенциал с физически существующим и рассчитать потенциал в каждой точке на срезе.

© Карпова М. А., Алексеев В. Ю., Туровский Я. А., 2019

1. Модель, описывающая распределение потенциалов на модели, имитирующей тонкий срез нервной ткани

Разработанный программный комплекс моделирует следующее решение:

На диэлектрическую пластинке толщиной d расположены N электродов E_1, E_2, …, E_N в форме малого круга радиуса a. Электроды расположены по окружности радиуса R. Каждый из электродов $E_i^{(0)}$, $1 \le i \le N$, поддерживается при постоянном потенциале $\phi_i^{(0)}$.

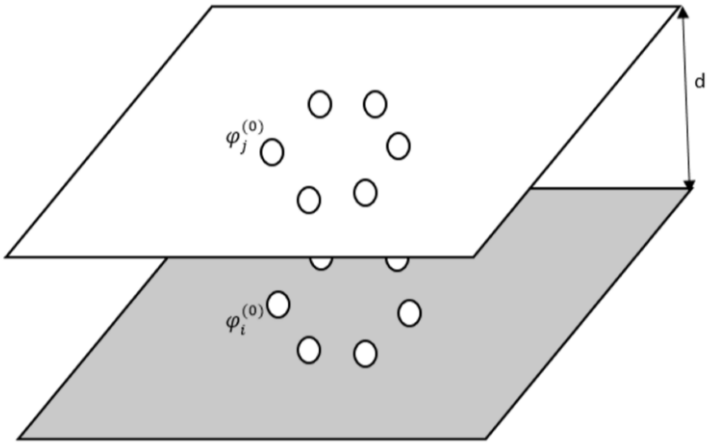


Рис. 1. Диэлектрическая пластинка с электродами, расположенными по кругу

На другой стороне диэлектрической пластины расположены N электродов-приемников. Найдем электростатический потенциал $\phi_j^{(0)}$, в местах расположения электродов-приемниках.

Будем считать, что электрод E_i представляет собой проводящий диск с радиусом a и малой толщиной x.

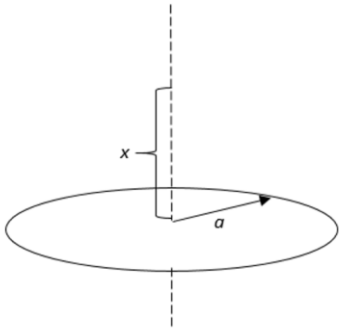


Рис. 2. Модель электрода

Емкость электрода $C = 8\varepsilon_0 a \phi_i^{(0)}$ - заряд, накопленный на i-м электроде.

В декартовой системе координат с центром, совпадающим с центром окружности радиуса R, координаты электродов E_i равны $(x_i, y_i, 0) = (R\cos\alpha_i, R\sin\alpha_j, 0)$, приемников – $(x_j, y_j, -d) = (R\cos\alpha_j, R\sin\alpha_j, -d)$, где $\alpha_i = \frac{2\pi}{N}(i-1)$.

Согласно принципу суперпозиции потенциал в точке $(x_j, y_j, -d)$ равен

$$\phi_j = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{N}\frac{q_i}{r_{ij}} \qquad (1)$$

где $r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + d^2}$, ε – диэлектрическая проницаемость пластинки, $\varepsilon_0 = 8.85 * 10^{-12} Ф/м$ – диэлектрическая постоянная.

Окончательно,

$$\phi_j = \frac{2a}{\varepsilon}\sum_{i=1}^{N}\frac{\phi_i^{(0)}}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + d^2}} \qquad (2)$$

или

$$\phi_j = \frac{2a}{\varepsilon}\sum_{i=1}^{N}\frac{\phi_i^{(0)}}{\sqrt{R^2(\cos\alpha_i-\cos\alpha_j)^2+R^2(\sin\alpha_i-\sin\alpha_j)^2+d^2}} \quad (3)$$

На данной модели электроды расположены по кругу, в данной реализации этот факт является необязательным условием. Одна сторона диэлектрической пластинки – подложка с электродами, вторая – нервная ткань. Расчет потенциала происходит в каждой точке нервной ткани.

2. Реализация программного продукта

Программа написана на языке C# с помощью фреймфорка Visual Studio. Программный продукт работает с видеопотоком (для работы с видеопотоком была использована библиотека AForge), на котором видно расположение электродов. Пользователь может добавить виртуальные электроды и разместить их так же, как в видеопотоке. В программе есть возможность добавлять, удалять, менять расположение виртуальных электродов, менять на них напряжение, указывать значение расстояния между нервной тканью и подложкой, радиуса электрода, диэлектрической проницаемости.

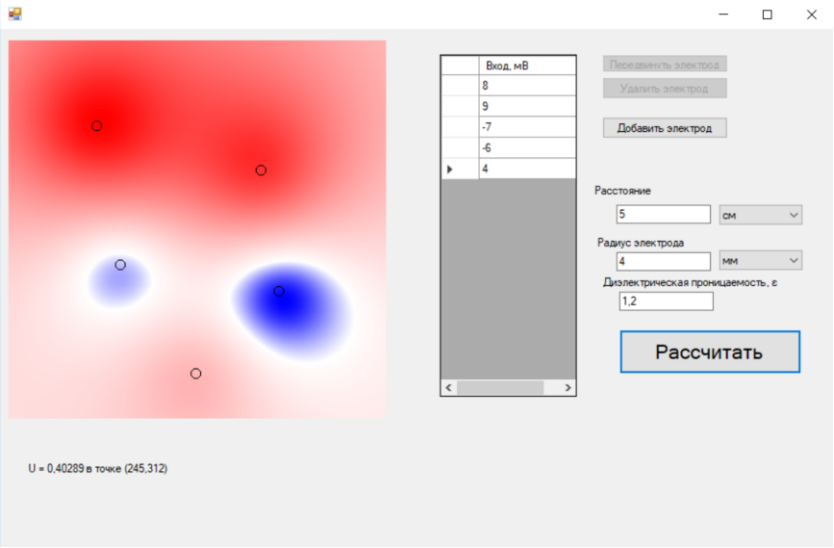


Рис. 3. Пример формы программного продукта

В зависимости от напряжения на виртуальных электродах происходит расчет потенциала в каждой точке на модели, имитирующей нервную ткань. Для визуализации распределения потенциалов

используется градиент, в котором синий цвет обозначает отрицательное значение потенциала, красный – положительное, белый – нулевое.

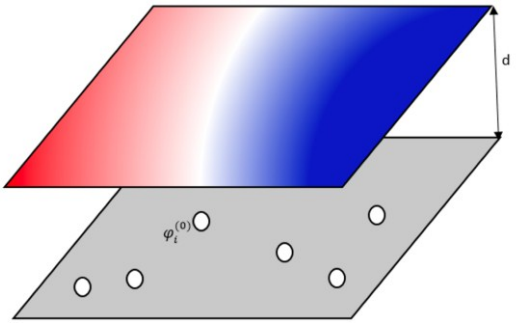


Рис. 4. Градиент распределения потенциалов на нервной ткани

Заключение

Был разработан программный продукт, позволяющий моделировать взаимодействие нервной ткани с подложкой с электродами. Программа включает в себя работу с виртуальными электродами, которые располагаются в зависимости от размещения реальных электродов, расчет потенциала в каждой точки модели, имитирующей тонкий срез нервной ткани, и визуализацию распределения потенциалов в модели с помощью градиента.

Список литературы

1. Библиотека AForge [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа : http://www.aforgenet.com/framework/

2. Руководство по программированию на C# [Электронный ресурс]: документация. – Режим доступа : https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/programming-guide/

Нейросетевой подход к комплексированию экологической информации на основе кластерной структуризации данных

И. Л. Каширина, email: kash.irina@@mail.ru
К. А. Федутинов, email: fedutinovv@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности кластеризации мониторинговой экологической информации с помощью обобщенной модели нейронной сети семейства ART. Сформулирован подход к получению комплексной оценки экологического состояния региона (на примере Воронежской области) с использованием сети Fuzzy ART. Предлагаемый метод способствует выявлению структурных связей между мониторинговыми показателями исследуемой экологической системы, что позволяет создать основу для логического и последовательного подхода к проблеме принятия решений. Построенная модель анализа экологического состояния и разработанное программное обеспечение позволяют экспертам отслеживать тенденции изменения экологической ситуации в регионе.*

Ключевые слова: *нейронная сеть, машинное обучение, экологический мониторинг, теория адаптивного резонанса, кластеризация данных.*

Введение

Традиционным методом комплексирования результатов оценки экологического состояния является усреднение значений мониторинговых показателей. Однако существующие исследования свидетельствуют о том, что такой подход не только не способствует ранжированию территорий по степени напряжённости экологических проблем, но скорее способствует нивелированию различий между отдельными зонами [1]. Наличие современной информационно - мониторинговой среды обеспечивает возможность проведения кластерной структуризации экологической информации по всей совокупности частных показателей. Кластерная структуризация данных позволяет выделить на карте региона области со схожей экологической ситуацией. Результаты комплексирования альтернативных подходов к кластерному разделению экологической информации позволяют на следующем этапе математического моделирования перейти к разработке обоснованной модели интегрированной оценки экологического

© Каширина И. Л., Федутинов К. А., 2019

состояния региона. Такая модель должна схожим образом оценивать наборы показателей, попавшие в один кластер. Кроме того, методы кластеризации экологической информации ориентированы на следующие цели:

– «понимание» данных путём определения их кластерной структуры: разбиение региона на кластеры дает возможность усовершенствовать дальнейшее принятие решений и выработку стратегий реагирования на изменения в экологической ситуации за счет применения к каждому кластеру своего метода анализа;

– обнаружение новизны – в этом случае определяются нетипичные территории, которые не попадают ни в один из кластеров и требуют отдельного анализа.

Одним из направлений использования технологий искусственного интеллекта при разработке программных комплексов, предназначенных для экологического мониторинга, является применение нейронных сетей в задачах анализа и прогнозирования экологических ситуаций. На сегодняшний день при решении задач кластеризации наилучшим образом себя зарекомендовали нейронные сети семейства ART (Adaptive Resonance Theory) [2-3]. Поэтому для решения задачи кластерной структуризации региона на основе набора мониторинговых показателей предлагается использовать нейронную сеть Fuzzy ART [4], в соответствии с предложенной в [5] обобщенной моделью сетей семейства ART.

1. Применение сети Fuzzy ART к оценке экологического состояния региона

Архитектура и особенности обучения сети Fuzzy ART подробно рассмотрены в [4,6]. Исходные данные задачи оценки экологического состояния региона представляют собой ряд мониторинговых показателей, снятых в Воронежской области с разрешением 500x500 метров или интерполированных из карт более крупного масштаба.

Список используемых показателей включает четыре экзогенных показателя: районирование территории по степени опасности развития процессов овражной эрозии, оползней, суффозионно-просадочных явлений, заболачивания; три показателя по гидросфере: естественная защищенность от загрязнения основных эксплуатационных горизонтов подземных вод, модуль эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод (л/с*км2), величина местного поверхностного стока в тыс. (м3/км2); а также ряд других показателей: почвенно-агроландшафтная группа, ландшафтный тип местности, количество выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников (тыс. тонн), интегральный критерий климатической комфортности, интегральный показатель

здоровья населения, степень изменения морфологических признаков высших растений (%), уровень техногенной нагрузки.

Набор обрабатываемых данных составил 206 тысяч 676 значений для каждого из исходных показателей. Значение каждого показателя измеряется в целочисленной шкале. Общее число показателей – 17 (включая географические координаты точки сбора значений показателя). Данные предоставлены кафедрой геологической экологии Воронежского государственного университета, где накоплен большой фактический материал для анализа природно-техногенных показателей Воронежской области.

Для решения задачи кластерной структуризации мониторинговой информации был разработан программный комплекс, реализующий сеть Fuzzy ART, а также ее модификацию Fuzzy ART C, позволяющую ограничивать максимальное число создаваемых кластеров (параметр C задает это максимальное число). Разработанный комплекс позволяет осуществлять в процессе интерактивной работы с пользователем выбор любого набора из имеющегося списка 17-ти показателей и оценку на их основе состояния окружающей природной среды.

На рис. 1 приведен пример кластеризации по 4 отдельно выбранным техногенно-климатическим факторам (уровень техногенной нагрузки, интегральный критерий биоклиматической комфортности, интегральный показатель здоровья населения, степень изменения морфологических признаков высших растений).

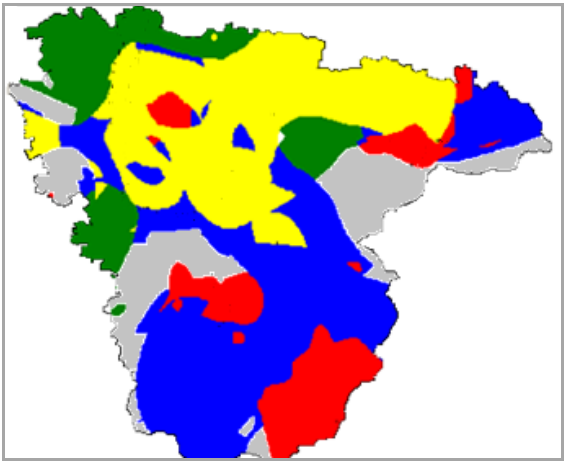


Рис. 1. Пример разбиения территории Воронежской области на 5 кластеров по выбранным 4 показателям

В качестве метрики качества кластеризации использовался коэффициент силуэта *s* [8], который показывает, насколько среднее расстояние между объектами внутри кластеров отличается от среднего расстояния до объектов других близкорасположенных кластеров. Чем ближе величина коэффициента к единице, тем качественнее проведена кластеризация. Значения коэффициента силуэта для результатов кластеризации, приведенных на рис. 1 равно *s=0.91*

Для сравнения на рис.2. приводятся результаты кластеризации по тем же 4 техно-генно-климатическим факторам, что и на рис.1, полученные с использованием стандартного метода k-средних. Кластеризация была реализована в среде Jupyter notebook с использованием модуля KMeans библиотеки Scikit-learn для языка Python.

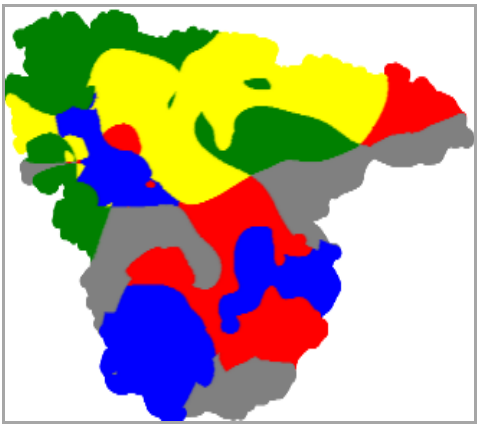


Рис. 2. Результаты кластеризации области на 5 кластеров с использованием метода k-средних по тем же 4 показателям

Как можно заметить, результаты кластеризации на рис.4 и рис.5 получились довольно похожими, однако некоторые отличия все же присутствуют. Значения коэффициента силуэта для метода k-средних оказалось равным *s=0.75*, что говорит о том, что сеть Fuzzy ART смогла более точно определить границы кластеров.

Рассмотрим схему работы с предлагаемым программным комплексом.

1. Определение цели анализа экологического состояния и отбор нужных критериев.

2. Проведение с помощью ПО кластеризации массива данных по выбранным компонентам. Первичная визуализация результатов в

проекции на модель местности.

3. Корректировка искомого числа кластеров и повторение п. 2.

4. Проведение экспертной оценки полученных прототипов кластеров и разработка стратегий действий для каждого из них.

5. Возможное дообучение сети при поступлении новых данных и повторение п. 4.

Заключение

В результате проведённого исследования разработан и апробирован на примере Воронежской области научно-методический аппарат нейросетевого подхода к комплексированию экологической информации на основе кластерной структуризации данных по всей совокупности мониторинговых показателей. В целом, подобная методика применима для произвольного набора данных геологического, гидро-геологического, геофизического, экологического характера. Она позволяет исследовать пространственное взаимодействие элементов изучаемой системы и выявлять ведущие факторы, воздействующие на эту совокупность.

Список литературы

1. Иванов, Д. Взаимодействие компонентов природной среды на территории Воронежской области / Д. Иванов // ArcReview. – 2005. – №3 (34). – С.1-3.

2. Carpenter, G. Adaptive Resonance Theory / G. Carpenter., S. Grossberg // The Handbook of Brain Theo-ry and Neural Networks. – Second Edition. – Cambridge, MA: MIT Press, 2003. – P. 87-90.

3. Grossberg, S. Adaptive Resonance Theory: How a brain learns to consciously attend, learn, and recognize a changing world / S. Grossberg // Neural Networks. – 2013. – № 37. – P. 1-47.

4. Keskin, G. A. An Alternative Evaluation of FMEA: Fuzzy ART Algorithm / G. A. Keskin, C. Ozkan // QUality and reliability engineering international. – 2009. – V. 25 (6). – P. 647-661

5. Каширина, И.Л. Нейросетевое моделирование формирования кластерной структуры на основе сетей ART / И.Л. Каширина, Я.Е. Львович, С.О. Сорокин // Информационные технологии. – 2017. – Т. 23. – № 3. – С. 228-232.

6. Каширина, И. Л. Применение сети FUZZY ARTMAP в интеллектуальных системах обнаружения вторжений / И. Л. Каширина, К. А. Федутинов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 3 (22). – С. 243-257.

7. Rousseeuw, P. Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis / P. Rousseeuw // Computational and Applied Mathematics. – 1987. – № 20. – P. 53-65.

Идентификация ключевых произведений в жанре фантастической литературы с использованием теории графов

В. А. Ковун, e-mail: sidav94@gmail.com[1]
И. Л. Каширина, e-mail: kash.irina@mail.ru[1]

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Успех книг чаще всего измеряют её тиражом, количеством проданных копий, переизданий, наличием экранизаций и т.п. Такие метрики могут быть недостаточно объективны, так как они подвержены внешним факторам – таким, как маркетинг и актуальность в момент выхода. Более того, эти метрики подвержены искажению с течением времени. Настоящая статья посвящена использованию теории графов для поиска наиболее влиятельных произведений мировой фантастической литературы через построение графа влияния и вычисления различных метрик для такого графа. Также произведён анализ влияния отдельных авторов.*

Ключевые слова: *теория графов, книги, анализ графов, центральность, литература.*

Введение

Определить самые влиятельные произведения мировой фантастической литературы непросто. Показатели, лежащие на поверхности - количество проданных копий, переизданий, оценки критиков, наличие экранизаций и т.п. - подвержены таким внешним факторам, как маркетинг и актуальность в момент выхода. Для более объективного анализа успеха книги можно использовать метрики, применяемые в анализе социальных сетей. В настоящем исследовании используется измерение успешности произведения через вычисление метрик центральности для построенного из собранных данных графа связей. Для сбора данных использовался популярный русскоязычный сайт с рецензиями на литературные произведения (в основном, из жанра фантастики), для построения графа связей использовались предоставляемые пользователями ссылки на похожие произведения. Используется сочетание четырёх наиболее часто используемых метрик: степень вершины, центральная близость вершины, гармоническая центральность и алгоритм ссылочного ранжирования PageRank.

© Ковун В. А., Каширина И. Л., 2019

1. Сбор данных

Для формирования графа влияния использовались данные, собранные с сайта FantLab.ru. Для сбора данных был написан парсер сайта, перебирающий идентификаторы книг и использующий XPath для сбора данных со страниц, также использовалось получение JSON с данными по похожим книгам через API сайта с его последующим парсингом. Был собран набор данных по 41838 различных книг 783 авторов.

По каждой книге были собраны следующие данные: идентификатор, название, автор, год выхода книги и массив идентификаторов похожих произведений.

2. Анализ собранных данных

На сайте, с которого собран набор данных, используется рейтинговая система похожести произведений. Для любого произведения пользователи сайта могут предложить одно или несколько похожих произведений, в то время как остальные пользователи могут голосовать за или против предложенных вариантов. Варианты со слишком низким рейтингом исключаются из выдачи списка похожих произведений. Настоящее исследование исходит из предположения, что указанная пользователями похожесть некоторого произведения на другое вышедшее ранее произведение обозначает, что раннее произведение оказало влияние на более позднее. Однонаправленная связь такого влияния позволяет построить ориентированный граф, вершины которого соответствуют произведениям, и вычислить характеристику центральности вершин для получения оценки исторической важности произведений из набора данных. С другой стороны, нередки ситуации, в которой два или более произведений созданы независимо друг от друга, но при этом под влиянием некоторого третьего. Пользователи могли отметить такие произведения как похожие, что может повлечь за собой ошибочный учёт двух книг с общим источником вдохновения как влияющих одна на другую. Для того, чтобы минимизировать действие таких ситуаций на общую оценку произведений, вычисляется сразу несколько различных метрик центральности, исходя из которых вычисляется итоговая общая оценка.

Пусть $G=(V,E)$ – ориентированный граф, состоящий из множества вершин V и множества рёбер E, представляющих собой упорядоченные пары $(u,v):u,v\in V$, обозначающие наличие направленной связи из u в v. Расстоянием $d(u,v)$ будем называть длину кратчайшего существующего пути из вершины u в вершину v, при отсутствии такого пути расстояние считается бесконечным. Пусть

также $N(v) = \{u \in V : (u,v) \in E\}$ – множество всех рёбер, направленных в заданную вершину, а $O(v) = \{u \in V : (v,u) \in E\}$ – множество всех рёбер, направленных из заданной вершины. Каждое из произведений в наборе собранных данных соответствует вершине u графа V, и каждое указание похожего и вышедшего раньше произведения v соответствует ребру (u,v). Для вычисления показателей влияния одних произведений на другие используется комбинация четырёх метрик центральности вершины графа.

Степень вершины для любой заданной вершины v – это количество входящих в вершину v рёбер графа:

$$I(v) = N(v) \tag{1}$$

Центральная близость вершины [1, 2] – величина, обратная сумме всех конечных расстояний между данной вершиной и всеми остальными вершинами графа:

$$C(v) = \frac{1}{\sum_{\mathrm{u} \in \mathrm{V},\, \mathrm{d(u,v)} \neq \infty} d(u,v)} \tag{2}$$

Гармоническая центральность вершины [1, 2] – величина, равная сумме обратных конечных расстояний от каждой из вершин до заданной:

$$H(v) = \sum_{u \in V,\, d(u,v) \neq \infty} \frac{1}{d(u,v)} \tag{3}$$

Метрика PageRank [3] основана на подсчёте количества возможных путей, существующих из всех вершин графа до заданной вершины. Для заданной вершины v её PageRank вычисляется следующим образом:

$$P(v) = d \sum_{u \neq v} a_{uv} \frac{P(u)}{O(u)} + \frac{1-d}{n}, \tag{4}$$

где $d \in [0,1]$ – коэффициент затухания, обычно принимаемый равным 0.85, и a_{uv} – элемент матрицы смежности A графа G, то есть:

$$a_{uv} = \begin{cases} 1, (u,v) \in E \\ 0, (u,v) \notin E \end{cases} \tag{5}$$

Каждая из указанных метрик вычисляется отдельно и нормализуется, принимая значение между 0 и 1. Общий рейтинг влиятельности для каждого произведения из набора данных вычисляется как среднее арифметическое всех четырёх вычисленных метрик после нормализации:

$$MeanCentrality(v) = \frac{I(v) + C(v) + H(v) + P(v)}{4} \quad (6)$$

3. Результаты анализа данных

Результаты анализа приведены на рис. 1. Можно заметить, что большая часть произведений была выпущена в начале-середине XX века, что является частью ожидаемого результата для выбранного метода анализа.

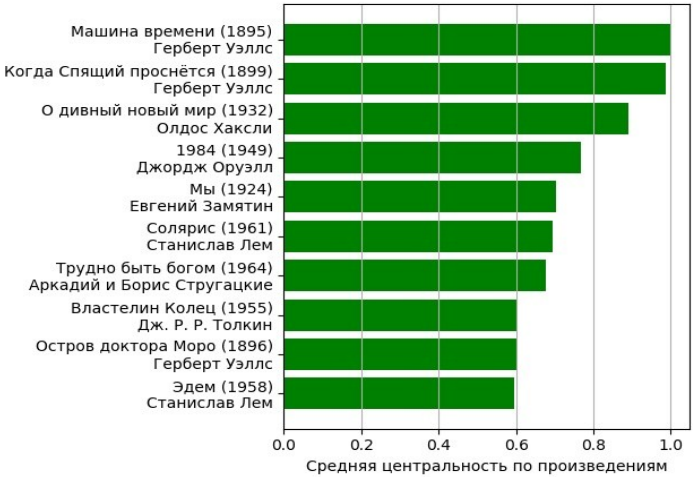


Рис. 1. 10 произведений, соответствующих вершинам графа связей с наивысшей средней центральностью

Возможно также использование этого метода для оценки влиятельности отдельных авторов на жанр фантастической литературы. В таком случае необходимо построить новый граф, в котором каждой вершине соответствует определённый писатель, а рёбрами графа являются связи произведений автора с другими вышедшими ранее произведениями. Характеристики центральности далее вычисляются тем же образом. Результаты анализа влиятельности авторов приведены на рис. 2.

Анализ данных был произведён при помощи программы, написанной на языке Python 3 с использованием библиотек networkx, matplotlib и numpy.

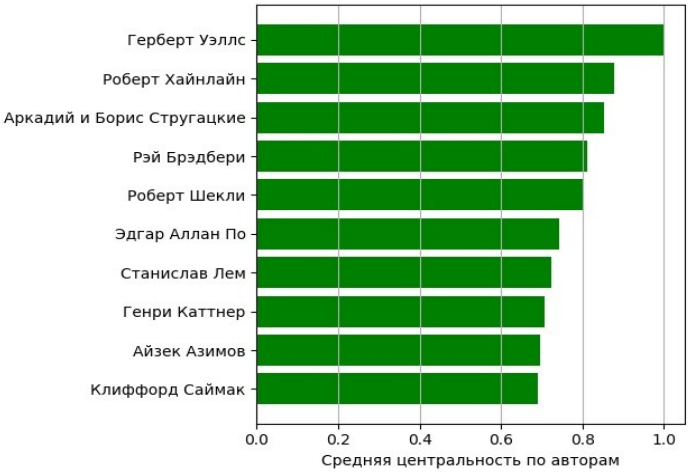


Рис. 2. 10 авторов, соответствующих вершинам графа связей с наивысшей средней центральностью

Заключение

Проведённый анализ взаимосвязи произведений позволяет получить результаты, которые можно считать сравнительно объективными критериями влиятельности произведений на мировую культуру. Данный метод возможно использовать не только на литературных произведениях, но и на любых наборах данных со ссылками – таких, как фильмы, научные статьи и т.п.

Литература

1. Freeman, L. C. A set of measures of centrality based upon betweenness / L. C. Freeman // Sociometry. – 1977. – №40. – С. 35-41

2. Щербакова, Н. Меры центральности в сетях. / Н. Щербакова // Проблемы информатики. – Новосибирск, 2015. – № 2. – С. 18-30.

3. Brin, S. The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. / S. Brin, L. Page // Computer Networks and ISDN Systems. – Amsterdam, 1998. – №30(1). – С. 107-117.

4. Bioglio, L. Identification of key films and personalities in the history of cinema from a Western perspective. [Электронный ресурс] / L. Bioglio, R. G. Pensa // Applied Network Science – Dijon, 2018. – Электрон. журн. – Режим доступа: https://doi.org/10.1007/s41109-018-0105-0

Использование технологии машинного обучения CatBoost для планирования сервисного обслуживания грузовой спецтехнки

А. С. Колесников
С. В. Сапегин e-mail: svsapegin@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются проблемы планирования сервисного обслуживания спецтехники с учетом минимизации затрат и потерь на этот процесс. В качестве инструмента решения задач ранжирования, предсказания и построения рекомендаций выбора эффективного решения описывается библиотека CatBoost, реализующая алгоритм построения моделей машинного обучения на основе градиентного бустинга.*

Ключевые слова: *машинное обучение, градиентный бустинг, категориальный бустинг, решение логистических задач.*

Введение

Крупные холдинги, занимающиеся масштабными территориальными производственно-сырьевыми операциями, часто имеют в своем составе специализированные логистические структуры, обеспечивающие бесперебойную доставку сырья, материалов и готовой продукции между различными сегментами кампании. Поскольку кампания желает достичь оптимального распределения уровня запасов и отгрузок, сбалансировать время на полный производственный цикл и увеличить прозрачность и предсказуемость решения логистических задач, возникает необходимость в создании эффективных инструментов поддержки принятия решений.

В данной работе анализируется деятельность логистического подразделения большой российской кампании, в ресурсе которого находится около 6 000 единиц подвижного состава и более 19 000 единиц подвижного состава подчинено управлению в перевозках. В рамках проекта рассматривается часть логистического ресурса, относящаяся к железнодорожным перевозкам. При этом необходимо решить задчи управления сервисным и ремонтным обслуживанием, для сокращения экономических затрат на эти процессы.

В настоящее время в кампании осуществляется проект цифровизации логистических операций, в основе которого лежит

© Колесников А. С., Сапегин С. В., 2019

оптимизация задач управления железнодорожной спецтехникой. Это влечет необходимость обработки огромных объемов информации, включающей данные о типах грузовых составов, их позиционировании в пространстве относительно ремонтных депо, графике перевозок. На основе анализа принимаются сложные логистические решения.

Для решения задач необходимо разработать эффективный инструмент поддержки принятия решений, который будет рекомендовать выбор подвижного состава для конкретной перевозки, определять график движений и прогнозировать сроки доставки груженых и порожних вагонов, управлять сервисным обслуживанием и ремонтов без потери экономического потенциала.

В рамках проекта разрабатывается специализированный оптимизатор маневровых операций в сервисных депо. Оптимизатор сортирует составы для экономии времени прохождения сервисного обслуживания с целью постоянного поддержания требуемого уровня загруженности вагонов. Для этого необходимо оптимизировать затраты на маневровые операции и время нахождения вагона под погрузкой.

Целью проекта является сократить, а в конечном итоге добиться полного прекращения перегона порожних вагонов к месту сервисного обслуживания. При этом экономические затраты на маневренные операции в депо и на станциях, укрупнение отгрузок и решение логистических задач при организации сервисного и ремонтного обслуживания составов должны значительно сократиться. Кроме того, компетенции, сформированные в ходе проекта, планируется использовать для цифровизации других направлений в работе кампании. Масштабная цифровизация сложных процессов обеспечит выход на новый уровень всех бизнес-процессов.

В кампании уже активно применяются инструменты Big Data, виртуальная реальность, интеллектуальные роботы и другие достижения четвертой промышленной революции. Поэтому скорейшая разработка и внедрение новых цифровых инициатив выделено в приоритетное направление исследований и реализации.

1. Метод градиентного бустинга

Для оптимизатора сервисного обслуживания грузовой железнодорожной спецтехники необходимо разработать аналитический модуль, который будет работать с большими объемами разнородных данных. Он должен строить эффективные модели для принятия решений при распределении подвижного состава на ремонты. В этом случае целесообразно применять методы машинного обучения.

Бустинг (или усиление) относится к композиционным методам машинного обучения и в основном применяется для уменьшения

смещения, а также дисперсии в обучении с учителем[1]. Метод бустинга появился как ответ на необходимость получения из большого количества слабых моделей одну сильную. В данном контексте, под слабыми моделями понимаются простые произвольные алгоритмы машинного обучения, которые дают небольшую точность, лишь немногим превышающую значения случайного выбора.

Для построения такой более сильной модели был использован подход, заключавшийся в жадном построении линейной комбинации простых алгоритмов на основе перевзвешивания данных на входе. Как правило в качестве модели использовались деревья решений, и каждая последующая модель строилась так, чтобы задавать больший вес и предпочтение предшествующим некорректно предсказанным наблюдениям.

Исходя из этого подхода был разработан алгоритм машинного обучения Adaboost. Он давал хорошие рабочие результаты, однако оказался неустойчив на данных с мощным выбросом. Это объяснялось жесткой переподгонкой (overfitting), и накладывало существенные ограничения на применимость алгоритма.

Развитием данного подхода стало обобщение наработок алгоритмов бустинга в виде GBM - Gradient Boosting (Machine). Была создана полноценная методология построения алгоритмов машинного обучения на концептуальном уровне.

С математической точки зрения этот подход так же накапливает ансамбль моделей добавлением (бустингом) слабых алгоритмов. Те участки данных, где предыдущие модели давали недоработанные прогнозы, улучшаются за счет увеличение набора моделей. Однако при новом подходе в процессе построения следующей простой модели используются не просто перевзвешанные наблюдения, а наилучшее приближение общего градиента целевой функции.

Рассмотрим классический алгоритм градиентного бустинга подробнее.

Пусть необходимо решить задачу обучения с учителем. На вход алгоритма необходимо собрать следующие составляющие:

– набор данных $\{(x_i,y_j)\}_{i=1,\dots n}$;
– число итераций M;
– выбор функции потерь $L(y,f)$ с выписанным градиентом;
– выбор семейства функций базовых алгоритмов $h(x,\theta)$, с процедурой их обучения;
– дополнительные гиперпараметры $h(x,\theta)$, например, глубина дерева у дерева решений.

Начальное приближение $f_0(x)$ упрощают и используют для инициализации константное значение γ и оптимальный коэффициент ρ. Оба эти параметра ищутся бинарным поиском или прямым перебором, причем относительно исходной функции потерь, а не градиента целевой функции.

Далее перейдем непосредственно к алгоритму градиентного бустинга:

Шаг 1 – Инициализация константным значением

$$\hat{f}_0 = \arg_{\gamma} \min \sum_{i=1}^{n} L(y_i, \gamma)$$

Шаг 2 – Для каждой итерации t=1,…,M повторять:

1. Посчитать псевдо- остаток:

$$r_{it} = -\left[\frac{\partial L(y_i, f(x_i))}{\partial f(x_i)} \right]_{f(x)=\hat{f}(x)}, \text{ for i=1,…,n}$$

2. Построить новый базовый алгоритм $h_t(x)$ как регрессию на псевдо- остатках $\{(x_i, r_{it})\}_{i=1,\ldots,n}$

3. Найти оптимальный коэффициент ρ_t при $h_t(x)$ относительно исходной функции потерь

$$\rho_t = \arg_{\rho} \min \sum_{i=1}^{n} L(y_i, \hat{f}(x_i) + \rho \cdot h(x_i, \theta))$$

4. Сохранить

$$\hat{f}(x) = \rho_t \cdot h_t(x)$$

5. Обновить текущее приближение

$$\hat{f}(x) \leftarrow \hat{f}(x) + \hat{f}_t(x) = \sum_{i=0}^{t} \hat{f}_i(x)$$

Шаг 3 – Скомпоновать итоговую модель градиентного бустинга

$$\hat{f}(x) = \sum_{i=0}^{M} \hat{f}_i(x)$$

Следует понимать, что GBM представляет собой не отдельный конкретный алгоритм, а является общей методологией построения ансамбля моделей. Эта методология предоставляет возможность обучать большое количество моделей с учетом различных функций потерь, причем присваивая им весовые функции различного рода. Это гибкий и расширяемый инструмент машинного обучения.

Практика показывает, что во многих задачах, где нет сильно разреженных данных (кроме аудио и картинок), градиентный бустинг является одним из немногих эффективных алгоритмов машинного обучения. При этом он часто входит в состав сложных ансамблей в качестве основной части.

2. Инструмент категориальный бустинга CatBoost

В рамках разработки проекта по созданию оптимизатора сервисного обслуживания грузовой спецтехники метод градиентного бустинга применяется для решения задач ранжирования, предсказания и построения рекомендаций выбора эффективного решения логистических задач.

Для его реализации применяется open source библиотека CatBoost от Яндекса. Она обобщает накопленный опыт кампании в области машинного обучения и предоставляет возможность эффективно обучать модели на разнородных данных. В частности она позволяет обучатся на данных, представленных в виде категорий или в виде облака, т.е. тех, которые сложно формализуемы в числовом виде.

В основе CatBoost лежит метод машинного обучения на градиентном бустинге. Этот инструмент дает хорошие рабочие показатели при построении рекомендаций для решения прогностических задач и задач ранжирования. Предпосылками разработки этого новой прогрессивной технологии стала необходимость для Яндекса качественно ранжировать поисковую выдачу.

CatBoost происходит от сокращения Categorical Boosting (категориальный бустинг). В общем случае классификаторы на основе градиентного бустинга работают с числовыми данными. Однако есть класс слабо формализуемых данных, сведение которых к числовой форме искажает их суть и снижает точность модели. Даже если задействовать интеллектуальные методы приведения исходных данных к числовой форме, потеря некоторой части информации неизбежна.

Поэтому очень востребованным является метод машинного обучения, работающий, непосредственно с категориями, без ручной помощи человека. Таким методом и являлется категориальный бустинг.

Catboost позволяет строить классификационные модели. Для этого используется класс CatBoostClassifier. В процессе работы необходимо создать обучающую выборку и однозначно расставить указатели в этой выборке для Catboost. Т.е. указать в выборке, какие элементы относятся к нашему классификатору, а какие нет. В том числе для мультиклассового классификатора.

При обучении классификатор Catboost может принимать на вход списки и массивы. Метки, обозначающие принадлежность к классу (или мультиклассу) так же задаются списком (или массивом). На выходе получаем прогностический результат классификации. Исходя из этого, задав обучающий массив и классифицирующие метки можно обучить Catboost на любые данные, чтобы он одинаково хорошо работал как с числовыми признаками, так и с категориальными.

Описанный подход делает библиотеку Catboost наиболее эффективным инструментом при работе с разнородными данными. Пропадает необходимость сведения их к числовой форме с потерей эффективности моделей сортировки подвижных составов.

Заключение

Планирование сервисного обслуживания грузовой спецтехники как задача, решаемая методами машинного обучения, требует использование надежных и мощных технологий. Поскольку анализу подвергается большой массив разнородных данных, которые описывают сложную логистическую систему, к выбору инструментов анализа предъявляются соответствующие требования. Категориальный бустинг в данном контексте позволяет строить более точные модели классификации, ранжирования и прогнозирования при выборе решений.

Использование библиотеки Catboost при разработке аналитического модуля системы поддержки принятия решений при управлении ремонтами подвижного состава для сокращения экономических потерь позволяет реализовать необходимые требования. Открытый доступ и гарантии многолетнего опыта использования градиентного бустинга в технологиях машинного обучения от Яндекс делают применение этого инструмента не только обоснованным, но и наиболее привлекательным.

Литература

1. Флах, П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / П. Флах. // пер. с англ. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 400 с.

Моделирование онтологии предметной области: инструменты и технологии заполнения онтологической модели.

И. В. Коротких
В. Е. Панин
В. В. Гаршина, email: garshina.veronika@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *в статье представлен обзор программных инструментов и технологи*[1]*й для задачи наполнения онтологии фактами, а также приводится примеры их практического применения.*

Ключевые слова: *онтологическое моделирование, Cellfie, Java OWL API.*

Введение

Вектор развития современной науки во многом направлен на создание и использование интеллектуальных систем, базирующихся на знаниях, получаемых при помощи средств вычислительной техники. Одна из наиболее интересных, при этом молодых и стремительно развивающихся сфер в данной области – работа с семантическими данными. Это означает, что при наличии определенного набора данных и правил логического вывода мы можем получить абсолютно новую для нас информацию, которую в дальнейшем возможно обрабатывать, анализировать и использовать для последующих выводов.

Для описания структуры и свойств знаний, а также связей между ними, используются онтологии предметной области. Онтология же, в свою очередь, это спецификация концептуализации. Говоря простым языком, онтология – это спецификация предметной области, которая включает в себя набор понятий данной сферы деятельности, связи между ними, их характеристики, а также как данные понятия соотносятся.

Процесс создания онтологии начинается с моделирования онтологии предметной области. На данном этапе необходимо описать классы (термины и экземпляры в выбранной сфере деятельности), связи между ними (Object Properties) и их характеристики (Data Properties). Наиболее удобный инструмент для такого рода задач – Protege, редактор онтологий. В нем имеется возможность присваивать экземплярам и связям свойства транзитивности, симметричности/асимметричности, функциональности и т.д.

© Коротких И. В., Панин В. Е., Гаршина В. В., 2019

После этапа проектирования необходимо проверить модель семантическим механизмом рассуждений. Он позволяет выявить несоответствия и конфликтные ситуации. В редакторе онтологий Protege для этого используется вкладка *Reasoner -> Start reasoner*. Если в модели присутствуют несогласованности, используются внутренние алгоритмы для объяснения причины проблемы. Способы рассуждений варьируются в зависимости от выбранного механизма. Наиболее популярные – Pellet (и его open-source аналог – Openllet), HermiT, FaCT++, Elk, Drools.

Следующий этап не менее важный – наполнение модели фактами. К сожалению, на данный момент представлено ограниченное количество инструментов для выполнения подобных задач. Наиболее удобные в использовании варианты это:

Cellfie – плагин для редактора онтологий и фреймворка для построения баз знаний Protege.

OWL API – библиотека для языка программирования Java, позволяющая производить манипуляции с онтологической моделью.

У каждого из предложенных вариантов есть свои преимущества и недостатки. Рассмотрим их детально.

1. Наполнение онтологической модели при помощи Cellfie.

Как уже было сказано ранее, Cellfie – это плагин для редактора онтологий Protege. Начиная с версии 5.0.0 он включен в стандартный набор и расположен во вкладке *Tools*. Данный вариант обладает низким порогом вхождения и подойдет для большинства целей.

Разберемся, какие данные и компетенции нам необходимы для начала работы с плагином.

1. Готовая, согласованная онтологическая модель.
2. Excel-таблица с экземплярами (сущностями, которые будут располагаться внутри наших классов).
3. Базовые знания языка разметки MappingMaster для формирования правил трансформации.

Итак, для начала необходимо сконструировать тестовую онтологию.

Создадим классы «Car» и «CarOwner», между которыми имеется связь (Object Property) isOwnedBy. Также зададим для объекта класса «Car» характеристики (Data Properties) – «Year» и «HorsePower».

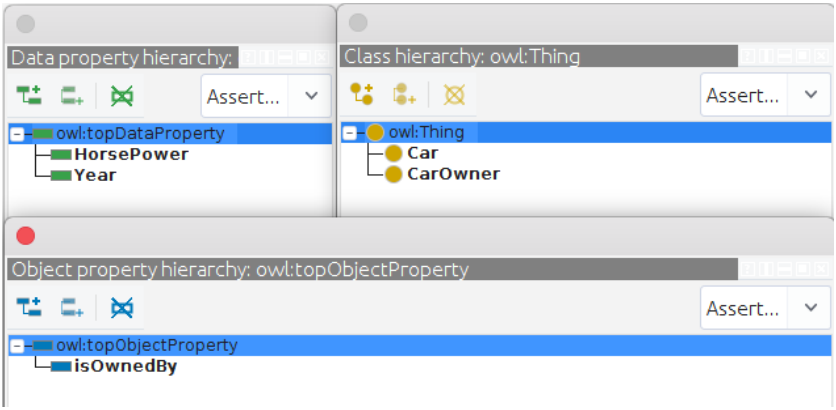


Рис. 1. Структура онтологии

В качестве материала для заполнения создадим небольшой датасет в виде таблицы Excel.

	A	B	C	D
1	**CarOwner**	**Car**	**Year**	**HorsePower**
2	Dmitriy	Chevrolet	2008	109
3	Mark	Audi	2014	225
4	Helen	Suzuki	2010	98
5	Paul	Pontiac	2002	141
6	Ann	Mini Cooper	2005	122

Рис. 2. Датасет с фактами

Для того, чтобы попасть в Cellfie, необходимо зайти во вкладку *Tools -> Create axioms from Excel workbook* и открыть наш датасет в появившемся диалоговом окне. Здесь мы получим доступ к рабочей области в нижней части окна (рис. 3), в которую следует записывать правила трансформации. Для того, чтобы описать наши факты, будет достаточно всего двух правил. Первое определит владельца автомобиля, второе – даст автомобилю название, создаст связь с владельцем, а также запишет характеристики. Перенесем предложенную логику в Cellfie при помощи языка разметки MappingMasterDSL. Не стоит забывать, что первая строчка в каждом столбце является его названием, так что разметку следует начинать со второй строки.

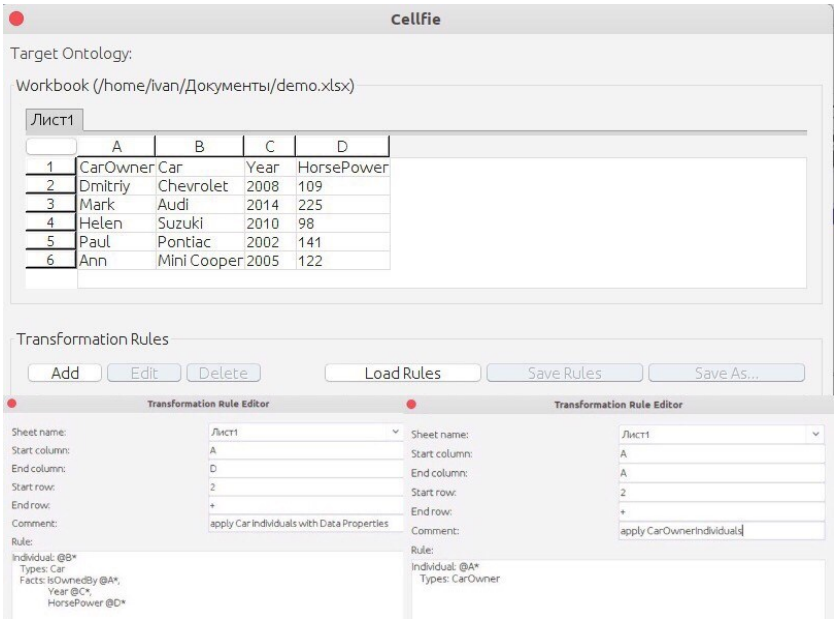


Рис. 3. Рабочая область Cellfie

После процесса формирования правил необходимо применить изменения к текущей онтологии. В результате преобразования получим полностью соответствующий информации из датасета результат.

2. Наполнение онтологической при помощи OWL API.

Для того, чтобы начать наполнение онтологии с помощью библиотеки для языка программирования Java – OWL API, необходимо подготовить:

1. Установленную среду разработки на Java (также понадобятся базовые навыки программирования).
2. Готовую онтологическую модель.

Источником фактов в данном случае может выступать любой формат передачи данных (JSON, XML и т.д.), для наглядности, мы явно укажем факты внутри кода.

Главное отличие этого способа популяции онтологической модели от Cellfie – более гибкие и продвинутые возможности описания фактов в OWL терминах, а также возможность предобработки данных.

Стоит отметить, что плагин Cellfie написан как раз с использованием данной библиотеки. Однако, он базируется на

четвертой версии, несмотря то, что на данный момент доступна пятая. Таким образом, используя непосредственно библиотеку, мы можем получить новые возможности и исправление прошлых ошибок.

Итак, создадим проект. В качестве фреймворка для автоматизации сборки используем Maven, в зависимости к которому сразу добавим необходимые нам библиотеки OWL API и Junit. Для удобства использования и наглядности будем использовать онтологическую модель, созданную в прошлой части. Ее необходимо положить в ресурсы проекта.

На следующем шаге необходимо создать Java-класс. В главном методе инициализируем менеджер онтологий, который используем для создания “Фабрики данных”. Первая структура необходима для загрузки и сохранения онтологий, вторая содержит все необходимые типы данных, необходимые для работы с OWL-форматом. Загрузим онтологию и получим её IRI (Internationalized Resource Identifier, интернационализированный идентификатор ресурса). Он понадобится на этапе создания новых сущностей.

```
// инициализируем менеджер онтологий
OWLOntologyManager manager = OWLManager.createOWLOntologyManager();
// создаем "фабрику"
OWLDataFactory factory = manager.getOWLDataFactory();
// загружаем нашу онтологическую модель
OWLOntology ontology = manager.loadOntologyFromOntologyDocument(new File( pathname: "./src/main/resources/demo.owl"));
// задаем IRI нашей онтологии
IRI iri = null;
if(ontology.getOntologyID().getOntologyIRI().isPresent()){
    iri = ontology.getOntologyID().getOntologyIRI().get();
}
```

Рис. 4. Загрузка онтологии

Технику внесения изменений можно описать в виде следующей последовательности:

1Описание классов, связей и характеристик, используемых в онтологической модели. (Можно получить быстрый доступ, выгрузив словарь сущностей из Protege).

3. Описание экземпляров, свойств и характеристик через соответствующие типы данных. (OWLIndividual – экземпляры классов, OWLDataProperty – характеристика класса).
4. Занесение экземпляров в классы, установка свойств связности и присваивание характеристик с помощью аксиом.
5. Применение изменений, используя менеджер онтологий.
6. Сохранение наполненной модели.

На практике это должно выглядеть следующим образом (рис. 5).

```
// инициализируем необходимые нам классы
OWLClass car = factory.getOWLClass( iri: iri + "#Car");
OWLClass carOwner = factory.getOWLClass( iri: iri + "#CarOwner");

// инициализируем необходимые нам характеристики и связи
OWLObjectProperty isOwnedBy = factory.getOWLObjectProperty( iri: iri + "#isOwnedBy");
OWLDataProperty year = factory.getOWLDataProperty( iri: iri + "#Year");
OWLDataProperty horsePower = factory.getOWLDataProperty( iri: iri + "#HorsePower");

// добавляем экземпляр класса CarOwner - Helen
OWLIndividual carOwnerIndividual = factory.getOWLNamedIndividual( iri: iri + "#Helen");
OWLIndividualAxiom carOwnerAxiom = factory.getOWLClassAssertionAxiom(carOwner, carOwnerIndividual);

// добавляем экземпляр класса Car - Suzuki
OWLIndividual carIndividual = factory.getOWLNamedIndividual( iri: iri + "#Pontiac");
OWLIndividualAxiom carAxiom = factory.getOWLClassAssertionAxiom(car, carIndividual);

// добавляем связь между экземплярами
OWLAxiom link = factory.getOWLObjectPropertyAssertionAxiom(isOwnedBy, carIndividual, carOwnerIndividual);

// добавляем Data Properties для Car
OWLDataPropertyAssertionAxiom yearAxiom = factory.getOWLDataPropertyAssertionAxiom(year, carIndividual,  value: "2009");
OWLDataPropertyAssertionAxiom hpAxiom = factory.getOWLDataPropertyAssertionAxiom(horsePower, carIndividual,  value: "150");

// вносим изменения в модель
manager.applyChange(new AddAxiom(ontology, carAxiom));
manager.applyChange(new AddAxiom(ontology, carOwnerAxiom));
manager.applyChange(new AddAxiom(ontology, yearAxiom));
manager.applyChange(new AddAxiom(ontology, hpAxiom));
manager.applyChange(new AddAxiom(ontology, link));

// сохраняем модель
try (OutputStream outputStream = new FileOutputStream( name: "./src/main/resources/populated.owl")) {
    manager.saveOntology(ontology, outputStream);
}
```

Рис. 5. Наполнение онтологии новыми фактами

После запуска программы мы должны получить сохраненную онтологию с новыми фактами.

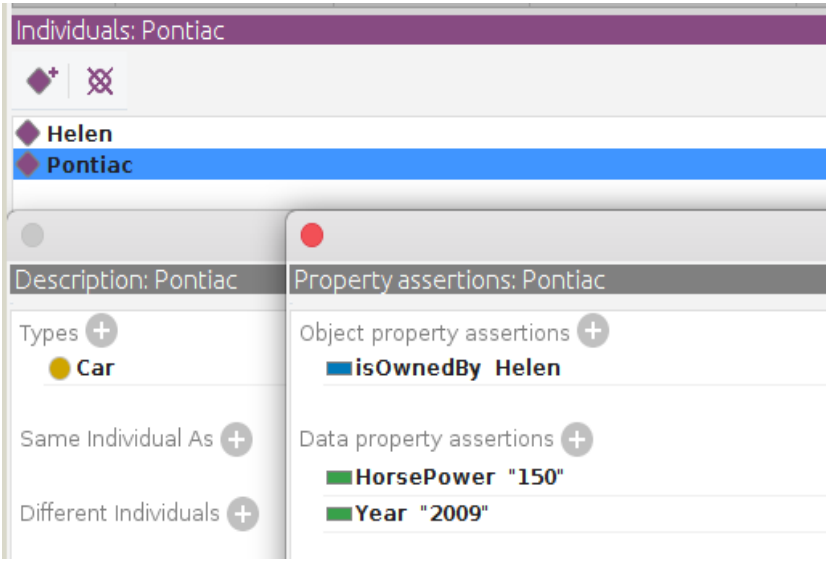


Рис. 6. Онтология с заполненным фактом

Заключение

В рамках данной работы были рассмотрены инструменты заполнения фактами готовой онтологической на этапе моделирования. Также была рассмотрена техника корректного использования библиотеки для языка программирования Java – OWL API. В итоге проделанной работы у читателя должно сформироваться понимание о том, какой из инструментов лучше использовать в конкретном случае, а также как его использовать.

Список литературы

1. N. Matentzoglu, I. Palmisano An Introduction to the Owl Api [Электронный ресурс] / University of Manchester. – Режим доступа: http://syllabus.cs.manchester.ac.uk/pgt/2017/COMP62342/introduction-owl-api-msc.pdf

2. Cellfie-plugin: User’s guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/protegeproject/cellfie-plugin/wiki/User's-Guide

3. Ontology Population and Enrichment: State of the Art / G. Petasis [et al.] // Multimedia Information Extraction. – 2011. – LNAI 6050. – P. 134-166.

4. Amardeilh, F. Document annotation and ontology population from linguistic extractions / F. Amardeilh, P. Laublet, J.-L. Minel // 3rd international conference on Knowledge capture. – New York. – 2005. – P. 161-168.

Моделирование сложных компьютерных сетей на основе многоальтернативной оптимизации

Я. Е. Львович
А. П. Преображенский, e-mail: app@vivt.ru

Воронежский институт высоких технологий

Аннотация. *На основе методологии многоальтернативной оптимизации проведено моделирование сложной компьютерной сети.*

Ключевые слова: *Компьютерная сеть, моделирование, многоальтернативная оптимизация.*

Введение

Компьютерные сети в настоящее время используются в различных сферах человеческой деятельности. Во многих случаях они характеризуются сложной структурой. Для их моделирования необходимо использовать аппарат, связанный с многоальтернативной оптимизацией.

1. Разработка модели компьютерной сети

Предположим, что в сложной компьютерной сети можно выделить две подсети: $\gamma_1 \in \overline{1,\Gamma_1}$ и $\gamma_2 \in \overline{1,\Gamma_2}$. Здесь $\gamma_i \in \overline{1,\Gamma_i}$ – является совокупностью номеров вариантов, каким образом может быть реализована i -я подсеть.

Одна из подсетей будет управлять другой подсетью. Пусть определены требования потому, какие показатели эффективности $W_i^{пр}, i = \overline{1,\mathrm{I}}$, а также необходимый ресурс $P^{необ}$, который требуется для работы подсистем.

Управление подсистемой основывается на том, что применяется оптимизационная модель. В ней помимо ограничивающих условий $W, p^{необ}$ есть и критерий оптимизации u.

Применяется оптимизационное моделирование, которое в себя включает 2 этапа:

для первого этапа важно сделать оптимальное распределение ресурса $P^{доп}$ между γ_1 и γ_2 по двум компонентам $P_1^{необ}$ и $P_2^{необ}$; для

© Львович Я. Е., Преображенский А. П., 2019

второго – осуществить выбор требуемых построений γ_2, основываясь на $P_2^{необ}$ и том, какие есть ограничения по показателям $W_{2i}^{пр}, i = \overline{1,I}$.

Для того, чтобы построить оптимальную модель, относящуюся к первому этапу, необходимо проводить распределение ресурса $P^{необ}$, основываясь на схеме, которая указана на рис. 1 [1].

Для такой схемы f_1 и f_2 можно рассматривать как управляющие воздействия, на их базе определяется, какая из частей необходимого ресурса $P^{необ}$ применяется для того, чтобы были построены подсистемы γ_1 и γ_2. По значениям величин f_1 и f_2 можно указать такие ограничения:

$$f_1 + f_2 = 1,$$
$$f_1 = f_{11}, \dots \quad \dots$$
$$f_2 = f_{21}, \dots \quad \dots$$

здесь f_{1j} и f_{2j} – являются совокупностью дискретных значений, с которыми можно соотнести управляющие воздействия f_1 и f_2 внутри интервала $[0,1]$. При выборе некоторого воздействия f_{2j} полным образом будет определено значение $f_{1j} = 1 - f_{2j}$.

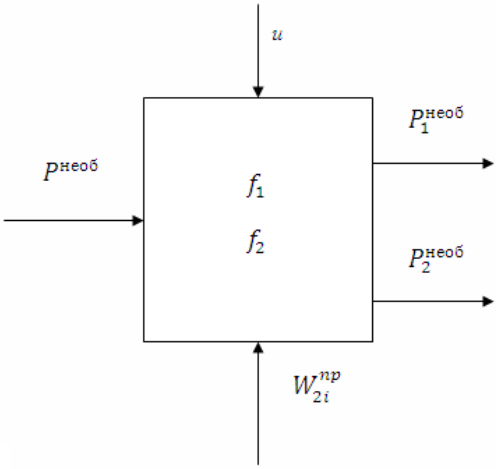


Рис. 1. Иллюстрация структурной схемы по распределению требуемого ресурса в формируемой компьютерной сети

Сделаем в таком выборе связь с альтернативными переменными

$$f_s = \begin{cases} 1, & \textit{когда } f_2 = f_{2s} \\ 0, & \textit{иначе} \end{cases}, \quad s = \overline{1,S}$$

Чтобы осуществить оптимизационное моделирование будем применять критерий по первой подсистеме d – показатель готовности к выполнению соответствующих функций.

В нашем случае для него будет наблюдаться зависимость от двух совокупностей альтернативных переменных $y_{1j}, j = \overline{1,J}$ и $f_s, s = \overline{1,S}$:

$$d = \zeta_1\left(\zeta_l\left(v_{1n}\left(y_{1j}, f_s\right)\right)\right), \zeta_2\left(\zeta_l\left(v_{1n}\left(y_{1j}, f_s\right)\right)\right),$$

здесь v_{1n} – являются параметра первой подсистемы γ_1.

В тоже время, для второй подсистемы требуется осуществить выделение такого ресурса, который даст возможности для того, чтобы преодолеть некоторый порог, после достижения которого подсистема будет выполнять требуемые функции:

$$P^{необ} f_{2j}(f_s) \;\; P^{порог}$$

где $P^{порог}$ – является пороговым уровнем по формируемому ресурсу, запись $f_{2j}(f_s)$ демонстрирует, что управляющее воздействие f_{2j} зависит от того, какое значения альтернативной переменной f_s.

Тогда в итого для окончательной многоальтернативной оптимизационной модели имеем

$$\zeta\left(\zeta_1\left(v_{1n}\left(y_{1j}, f_s\right)\right), \zeta_2\left(v_{1n}\left(y_{1j}, f_s\right)\right)\right) \to \max,$$

$$P^{необ} f_{2s}(f_s) \;\; P^{порог},$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{J} p_{jm}\left(v_{1n}\left(x_{1j}\right)\right) P^{необ}\left(1 - f_{2s}\left(f_s\right)\right)$$

$$W_i\left(v_{1n}\left(y_{1j}\right)\right) W_i^{пр}, i = \overline{1,I},$$

$$y_{1j} = \begin{cases} 1, \\ 0 \end{cases}, j = \overline{1,J}, \qquad f_s = \begin{cases} 1, \\ 0 \end{cases}, \mathrm{s} = \overline{1,\mathrm{S}}.$$

Для второго этапа, при заданных $y_{1j}^*, j = \overline{1,J_1}$ и $f_s^*, s = \overline{1,S}$, идет формирование многоальтернативной оптимизационной модели выбора вариантов построения подсистемы системы γ_2.

Тогда критерием оптимизации будет показатель, который аналогичен u и характеризующий интенсивность использования nтребуемого ресурса.

$$y_{2j} = \begin{cases} 1, & \text{если делается выбор } j-\text{го ресурса} \\ & \text{подсистемы } \gamma_2 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad j = \overline{1, J_2}$$

Многоальтернативную оптимизационную модель по множеству переменных можно записать так

$$u_2 = \zeta\left(v_{2n}\left(y_{2j}\right)\right) \to \max,$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{J_2} p_{jm}\left(v_{2n}\left(y_{2j}\right)\right) \; f_s^* p^{необ},$$

$$W_i \; v_{2n}\left(y_{2j}\right) \; W_i^{пр}$$

$$y_{1j} = \begin{cases} 1, \\ 0 \end{cases}, j = \overline{1, J},$$

где v_{2n} – являются параметрами подсистемы γ_2.

Когда строится оптимизационная модель выбора вариантов построения компьютерных подсистем, то эффективным будет не применение многоступенчатых зависимостей среди показателей, а применение соответствующих зависимостей от альтернативных переменных, которые непосредственным образом дают выбор вариантов.

Структурная схема оптимизационного моделирования двух компьютерных подсистем приведена на рис. 2.

Заключение

Таким образом, в работе было показано, что для оптимизационного моделирования сложной компьютерной сети целесообразно использовать предложенную схему многоальтернативного выбора управляющих воздействий по распределению требуемого ресурса между компьютерными подсистемами.

Литература

1. Львович, Я. Е. Теоретико-множественная модель многоальтернативной агрегации технологических систем / Я. Е. Львович; под ред. Д. Б. Юдина и В. Н. Фролова // Моделирование и оптимизация сложных систем. – Воронеж : ВПИ, 1982. – С. 130-137.

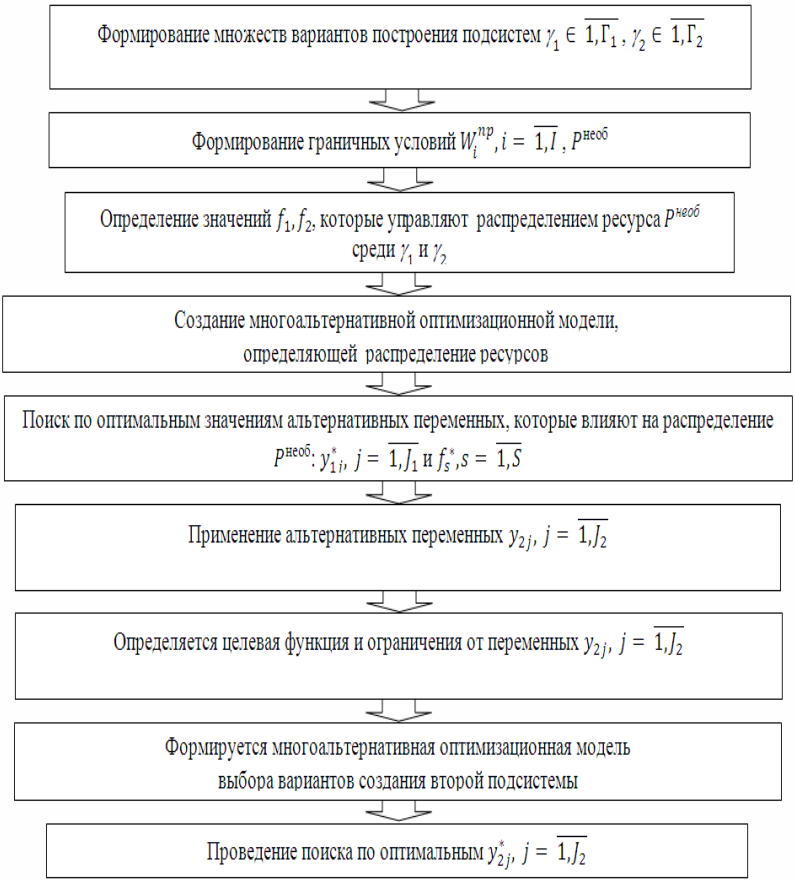


Рис. 2. Структурная схема оптимизационного моделирования двух компьютерных подсистем

Применение нечеткой логики для приоритизации требований к программному продукту

М.Ш. Муртазина, e-mail: murtazina@corp.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. *В работе представлена нечеткая модель по схеме Мамдани для приоритизации требований. Входными переменными модели являются критерии приоритизации требований.*

Ключевые слова: *инженерия требований, приоритизация требований, нечёткая логика.*

Введение

Приоритизация требований является очень важной составляющей процесса инженерии требований. Для достижения успеха при разработке программного продукта необходимо обеспечить в первую очередь реализацию наиболее значимых требований. Сложность приоритизации требований заключается в том, что требования и их приоритеты постоянно меняются. Эти изменения могут быть обусловлены, например, изменениями в бизнес-среде или изменениями технологий.

В настоящее время существует ряд подходов к приоритизации требований. Расстановка приоритетов основывается на одном или нескольких критериях. Распространённым критерием при однокритериальном подходе является ценность для бизнеса, при многокритериальном подходе наиболее распространены такие критерии, как ценность для бизнеса, риск, стоимость, волатильность требований, сложность реализации требований и т.д.[1,2]. К наиболее известным методам приоритизации требований можно отнести метод анализа иерархий (analytic hierarchy process, AHP), двоичное дерево поиска (англ. binary search tree, BST), минимальное остовное дерево (Minimal Spanning Tree, MST), метод игры в планирование (Planning Game), метод «100 долларов» (Hundred Dollar Method), метод приоритетных групп (Priority Groups). Одни предназначены для оценки приоритетов в условиях большого числа требований, другие – сравнительно малого [3]. Среди подходов, используемых и при большом, и при малом числе требований, можно выделить расстановку приоритетов требований на основе нечеткой логики (fuzzy logic based requirement prioritization, FLRP).

© Муртазина М. Ш., 2019

В данной работе будет рассмотрено построение трехфакторной нечеткая модель приоритизации требований по схеме Мамдани. Выбор входных параметров модели, которые представляют собой критерии приоритизации, сделан на основе исследования критериев, применяемых в наиболее популярных гибких техниках приоритизации. Построение и тестирование модели выполнено в среде Scilab 5.5.1.

1. Критерии приоритизации требований

В процессе планирования при гибком подходе к разработке программного продукта используется бэклог продукта, который представляет собой приоритизированный список требований. Приоритеты требований пересматриваются, и в очередную итерацию выбираются наиболее приоритетные требования. Для приоритизации требований должны быть определены критерии. Их количество может варьироваться от 2 до 9 в зависимости от используемой техники. Наиболее популярным является матричный подход с использованием двух наиболее значимых с точки зрения конкретного проекта критериев. На рис. 1 приведен пример матрицы для определения приоритетов требований по двум измерениям – ценность для бизнеса и срочность. При оценке необходимо выбрать одно из значений (1, 2, 3 или 4) для каждой шкалы. Этот способ удобен и не требует больших затрат времени.

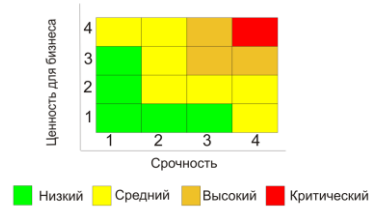


Рис. 1. Пример матрицы для оценки приоритетов

Другим популярным способом приоритизации требований при гибком подходе является приоритизация по технологическим рискам. Требования с меньшими рисками реализуются в первую очередь.

Требования в бэклог продукта зачастую записывают сначала в форме «тем». В таком случае может быть использован метод оценки «тем» (Theme scoring). При этом выбирается 5-9 критериев для сравнения тем. Определяется базовая тема относительно, которой ведется оценка других. Оценка базовой темы по каждому критерию равна нулю. Если по сравнению с базовой тема важнее по

рассматриваемому критерию, то для критерия устанавливается один балл, если она менее, то – минус один балл. Критерии могут рассматриваться как равнозначные. Если критерии считаются не равнозначными, то для них устанавливаются весовые коэффициенты. После оценки всех тем вычисляется сумма баллов. Максимальный балл соответствует наивысшему приоритету.

К недостаткам данных методов можно отнести, что не всегда легко отделить один критерий от другого, поскольку их границы могут быть нечеткими.

2. Описание модели

Для построения модели использовано три критерия:

1) важность для пользователей системы,

2) риск,

3) сложность реализации.

Для первого критерия оценка делается по шкале от 0,0 до 100,0. Для второго критерия – по шкале от 0,0 до 40,0. Для третьего критерия - по шкале от 0,0 до 20,0. Выходная переменная приоритет строится по шкале от 0,0 до 100,0. Для переменных используются треугольные функции принадлежности. Их графики приведены на рисунках 2 и 3.

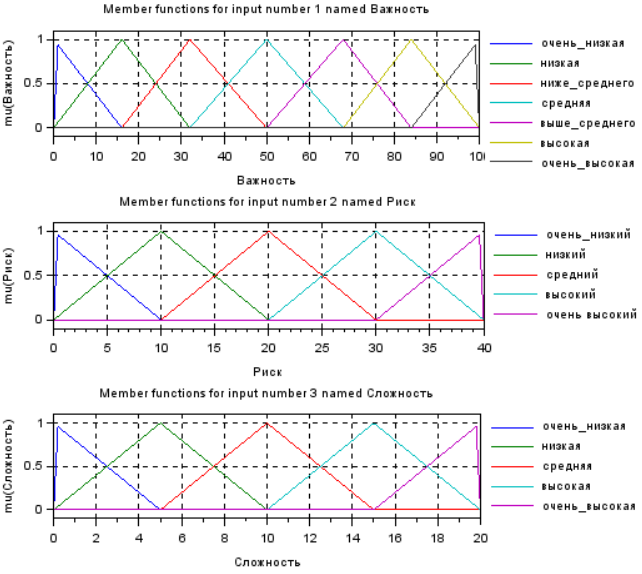


Рис. 2. Входные переменные «Важность», «Риск» и «Сложность»

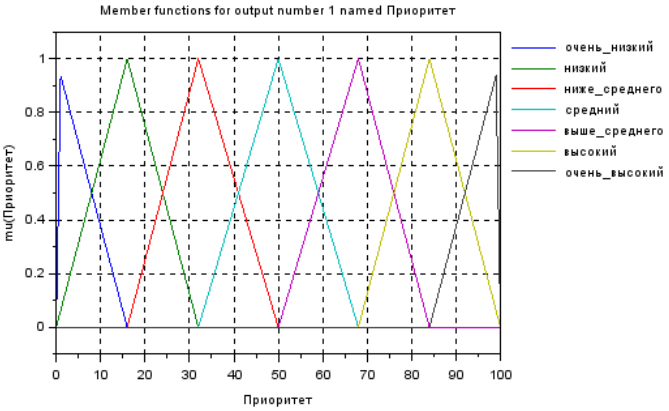


Рис. 3. Выходная переменная «Приоритет»

Модель построена с использованием редактора системы нечеткого вывода SciFLT пакета прикладных математических программ Scilab (см.рис.4).

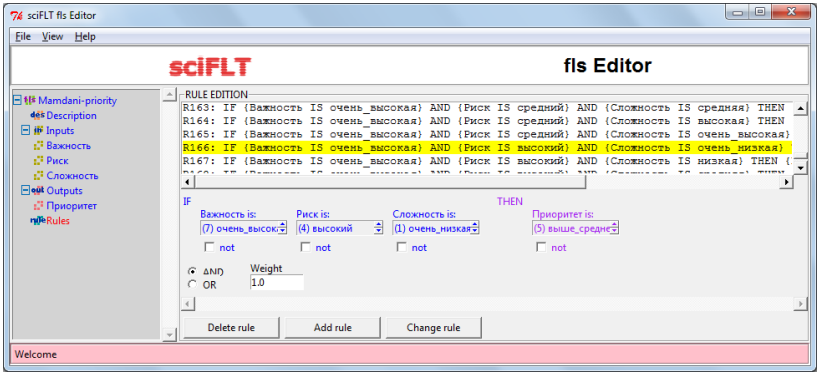


Рис. 4. Окно редактора системы нечеткого вывода SciFLT

Для демонстрации работы модели приоритизируем элемента бэклога продукта, записанные в форме пользовательских историй. В табл. Таблица приведены входные данные и полученные значения приоритетов. Как видно, из таблицы, хотя пользовательская история US08 с точки зрения важности более значимая, чем US03, ее приоритет по совокупности критерием оказался ниже, чем у US03.

Таблица

Тестовые данные

ID элемента бэклога продукта	Важность для пользователя	Риск	Сложность реализации	Приоритет
US01	56	17	10	55,88
US02	31	23	15	27,43
US03	78	8	4	76,91
US04	20	11	10	21,22
US05	90	3	2	85,06
US06	10	5	2	14,82
US07	15	36	7	15,97
US08	80	33	10	70,72

Заключение

В данной работе была предложена нечеткая модель для определения приоритетов требований к программному продукту. Нечеткий логический вывод по схеме Мамдани позволяет представить оценки требования по критериям в виде входных параметров и получить значение приоритета требования. Предлагаемый подход прост в реализации и использовании.

Благодарности

Работа поддержана грантом Министерства образования и науки РФ в рамках проектной части государственного задания, проект № 2.2327.2017/4.6 «Интеграция моделей представления знаний на основе интеллектуального анализа больших данных для поддержки принятия решений в области программной инженерии».

Литература

1. Ramzan, M. Value based intelligent requirement prioritization (VIRP): expert driven fuzzy logic based prioritization technique/ M. Ramzan, M. A. Jaffar, A. A. Shahid // International Journal of Innovative Computing, Information and Control. – 2011. – № 7(3). – P. 1017-1038.

2. Badhera, U. Test case prioritization using fuzzy logic based on requirement prioritizing / U. Badhera, D. Biswas // International Journal on Computational Sciences & Applications. – 2013. – № 3(2). – P. 23-29.

3. Qaddoura, R. Requirements Prioritization Techniques Review and Analysis / R. Qaddoura, A. Abu-Srhan, M. H. Qasem and A. Hudaib // 2017

International Conference on New Trends in Computing Sciences (ICTCS). – Amman, Jordan, 2018. – P. 258-263.

Информационная система поддержки принятия решений в области экологического мониторинга на основе интеллектуальных средств обработки информации

Н. Ю. Прокопенко, e-mail: prokopenko_nu@mail.ru[1]
М. С. Прокопенко. e-mail: masya_prokopenko@mail.ru[1]

[1]Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация. *Показана необходимость применения специализированного программного обеспечения и современных интеллектуальных методов анализа данных Data Mining для решения задач экологического мониторинга.*

Ключевые слова: *экологический мониторинг, Data Mining, аналитическая платформа Deductor.*

Введение

Экологический мониторинг представляет собой комплексную систему наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогнозирования изменений окружающей среды под воздействием различных, в том числе природных факторов. Чтобы обеспечить полноценный анализ и получить достоверные прогнозы, нужно собрать, сохранить, обработать и проанализировать огромное количество сведений из самых разнообразных источников, а для этого необходим инструмент, объединяющий в себе передовые информационные технологии и развитый математический аппарат.

Полноценная информационная система экологического мониторинга смогла бы консолидировать, систематизировать и анализировать информацию о состоянии окружающей среды, а также о различных причинах изменений ее состояния, т.е. источниках и факторах воздействия, а также о допустимости изменений и нагрузок на окружающую среду в целом. Для создания такой информационной системы необходимо использовать современные информационные технологии и новейшие программные продукты, например геоинформационные системы и предметно-ориентированные аналитические системы, которые приобретают в настоящее время всю большую и большую популярность.

© Прокопенко Н. Ю., Прокопенко М. С., 2019

В данной работе будет рассмотрена методика проведения анализа данных на основе технологий Data Mining [1], используя возможности аналитической платформы Deductor [2].

1. Сбор и хранение данных экологического мониторинга

Характер и механизм обобщения информации об экологической обстановке определяются с помощью понятия информационного портрета экологической обстановки. Информационный портрет представляет собой совокупность графически представленных пространственно распределённых данных, характеризующих экологическую обстановку на определённой территории. При разработке информационной системы поддержки принятия решений экологического мониторинга необходима следующая информация:

источники поступления загрязняющих веществ в окружающую природную среду – выбросы загрязняющих веществ промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами;

данные о состоянии антропогенных источников загрязнения – мощность источника загрязнения и месторасположение его, гидродинамические условия поступления загрязнения в окружающую среду.

Следует принять во внимание, что сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником, необходимым для принятия экологически значимых решений. Поэтому методы хранения, а также обработки данных должны быть максимально удобными.

Правильность и профессиональность оценки экологии окружающей среды определяется объемом и качеством собранной для обработки и анализа информации.

В настоящее время существуют две основные идеологии хранения информации: база данных и хранилище данных. Главное различие между ними – цель использования данных. Так, например, в обычных базах данных целью является быстрый поиск и простейшие алгоритмы обработки, а в хранилищах данных – аналитическая обработка данных с целью поиска скрытых закономерностей, построения прогнозов и моделей. Кроме того, в хранилищах данных обеспечивается хронологическая упорядоченность данных и сами данные представлены как в агрегированном, так и в детализированном виде.

В АП Deductor помимо полного набора технологий Data Mining имеется встроенный аппарат по созданию хранилища данных. Хранилище данных Deductor Warehouse – это специально организованная база данных, ориентированная на решение задач анализа данных и поддержки принятия решений, обеспечивающая

максимально быстрый и удобный доступ к информации. Хранилище данных содержит специальный семантический слой, обеспечивающий возможность работы с ним пользователю без необходимости вникать в особенности хранения данных – пользователь оперирует привычными терминами: «дата», «объект», «загрязнитель».

Структура хранилища данных для проведения мониторинга водных объектов Нижегородской области представлена на рис.1. При данной структуре ХД предполагается, что уникальность точки в пространстве определяется совокупностью измерений Номер записи + Дата + Код объекта + Код загрязнителя + Створ.

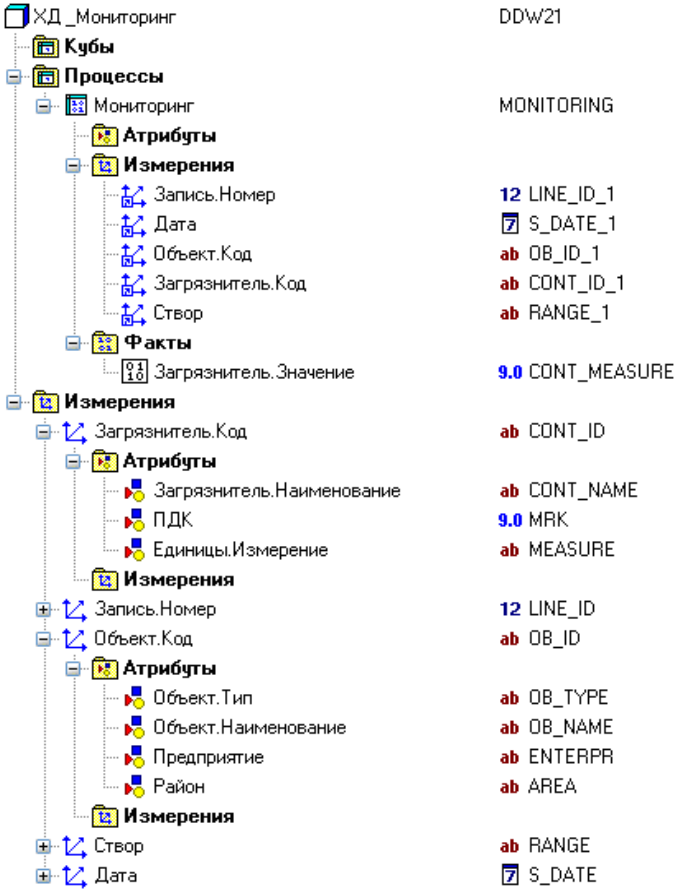


Рис. 1. Структура хранилища данных в АП Deductor

Созданное ХД позволяет обеспечить целостность и непротиворечивость данных, их централизованное хранение, возможность корректного построения прогнозных моделей на основе технологий Data Mining.

После создания структуры хранилища данных оно представляет собой «пустое» ХД Deductor Warehouse с настроенным семантическим слоем. В таком виде оно готово к загрузке в него данных из внешних структурированных источников. Для этого необходимо написать соответствующий сценарий в Deductor Studio, который должен выполнять следующие функции: импорт данных, опциональная предобработка данных, например, очистка или преобразование формата; загрузка данных в измерения и процессы хранилища Deductor Warehouse.

2. Анализ данных методами Data Mining в АП Deductor

В основной функциональный набор системы поддержки принятия решений экологического мониторинга входят:

формирование консолидированной отчетности;

многомерный анализ данных (OLAP);

выявление скрытых закономерностей (Data Mining);

статистический анализ и прогнозирование временных рядов;

формирование сложных вычисляемых запросов;

интеллектуальный поиск (по неполным данным и неформальным запросам).

В процессе анализа необходимо иметь механизмы, позволяющие удобно визуализировать данные с возможностью «на лету» выбирать способ отображения. OLAP – способ визуализации многомерных данных. Встроенное в Deductor OLAP-ядро поддерживает мощные механизмы манипулирования кубами. Механизмы многомерного анализа позволяют просматривать данные в виде кросс-таблиц и диаграмм, произвольным способом группировать и фильтровать данные, отображать итоги в любых комбинациях. Все это выполняется очень быстро и настраивается пользователем самостоятельно.

Для решения таких важных задач анализа как прогнозирование, кластеризация, оптимизация недостаточно механизмов визуализации. Для этих задач необходимо построение прогностических моделей, карт Кохонена, нахождение нетривиальных зависимостей.

Данные задачи решаются при помощи методов добычи данных, использование которых позволяет строить модели поведения, находить зависимости одних факторов от других.

Data Mining – процесс построения моделей и поиска закономерностей. Найденные при этом правила и закономерности

описывают новые связи, позволяют предсказывать значения одних признаков на основе других.

В Deductor реализовано множество Data Mining алгоритмов: деревья решений, нейронные сети, самообучающиеся карты, ассоциативные правила и многое другое. В Deductor все эти механизмы анализа реализованы, унифицированы и интегрированы. Вся обработка производится при помощи мастеров: импорт, экспорт, обработка, визуализация. Комбинируя эти действия, строятся сценарии анализа, позволяющие решать огромный спектр актуальных в настоящее время задач для экологического мониторинга.

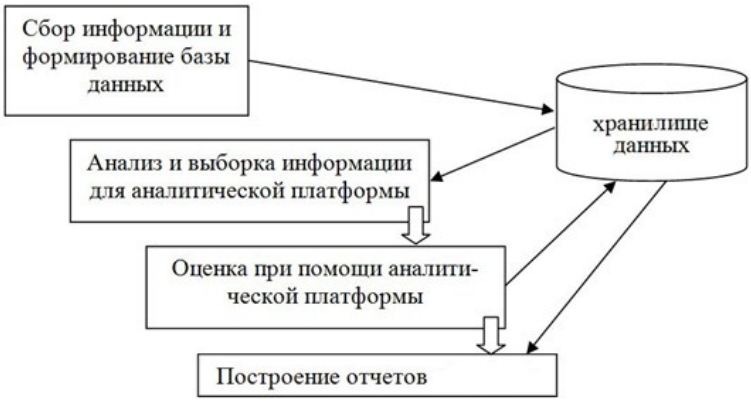


Рис. 2. Общая схема СППР для экологического мониторинга

Заключение

Внедрение системы принятия решений экологического мониторинга, представляющей собой геоинформационную систему с интегрированными в нее хранилищем и аналитической платформой Deductor, позволит оптимизировать технологический процесс манипулирования данными, а глубокий и всесторонний анализ данных методами Data Mining позволяет обнаружить проблемы на ранней стадии их возникновения и принять правильные решения по их устранению.

Список литературы

1. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов : учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, С. И. Елизаров. – 3-е изд., перераб и доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.

2. Аналитическая платформа Deductor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://basegroup.ru/deductor/description

Анализ подходов к разработке инструментов для сбора и исследования данных в социальной сети Instagram

Д. Н. Сенцова, e-mail: sencovadasha@mail.ru
А. В. Сычев, e-mail: sav@sc.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены структуры данных в социальной сети Instagram, существующие программные интерфейсы и сервисы для получения аналитики в Instagram, обсуждены подходы к разработке приложения для сбора и исследования данных этой платформы.*

Ключевые слова: *Instagram, социальные сети, API, аналитика, сервисы.*

Введение

На сегодняшний день [1] социальная сеть Instagram является самой популярной социальной сетью во всем мире. По состоянию на июнь 2018 года, имеется 1 миллиард ежемесячных активных пользователей в социальной сети Instagram (см. Рис. 1). Instagram опережает большинство наиболее популярных в мире социальных сетей, включая Twitter, который насчитывает 68 миллионов и Facebook - 250 миллионов активных пользователей. США является ведущей страной по количеству пользователей социальной сетью. Больше 120 миллион активных пользователей в США пользуются Instagram. Индия занимает второе место – больше 70 миллионов пользователей. Количество пользователей в России на 6 месте – больше 30 миллионов.

Принимая во внимание вовлеченность в эту сеть такого огромного количества пользователей по всему миру и их высокую активность, представляется практически значимой разработка приложения для получения разнообразных данных из этой платформы, таких как: подписки пользователей на различные профили, коммуникация между пользователями, связь с аккаунтом через хэштеги, комментарии, лайки и многое другое. Собранные данные в последующем могут быть эффективно проанализированы с помощью инструментов Data Mining.

1. Пользовательский функционал Instagram

В настоящее время платформа Instagram предоставляет зарегистрированным пользователям следующие функциональные возможности:

© Сенцова Д.Н., Сычев А.В., 2019

– IGTV (Instagram телевидение) – медиа-платформа, ориентированная на длинные, вертикальные видео.
– Instagram-темы каналов предлагают новый способ общаться с целевой аудиторией. Тематические каналы позволяют пользователям выделять такие категории как, например, искусство, фитнес и красота, основанные на активности пользователей.
– Видео чат. Аналогично FaceTime, эта функция поддерживает видео чаты до четырех человек.
– Истории. Позволяют вставлять музыкальные фрагменты, упоминания и хэштеги.

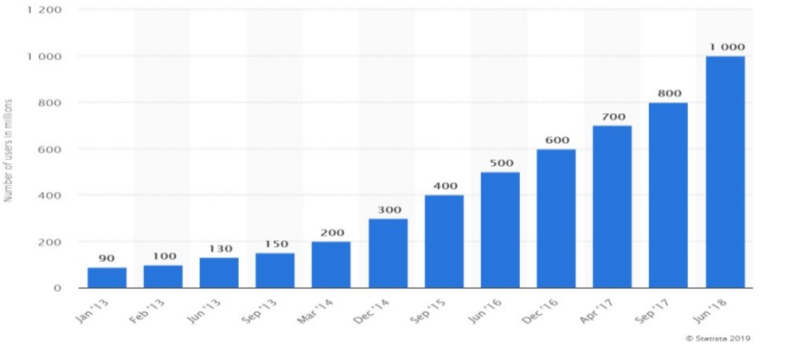


Рис. 1. Количество ежемесячных активных пользователей Instagram с января 2013 года по июнь 2018 года (в миллионах)

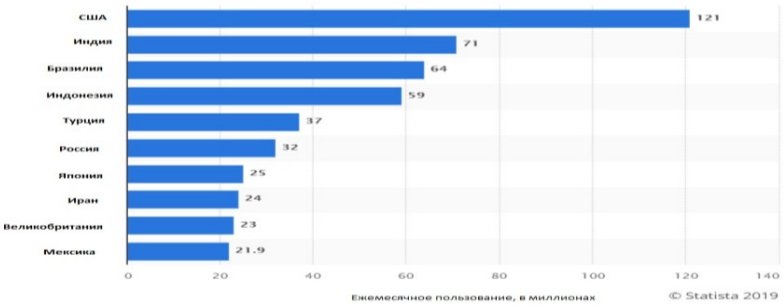


Рис. 2. Ведущие страны по количеству пользователей Instagram на октябрь 2018 года (в миллионах)

2. Аналитика Instagram и ее основные показатели

Платформа Instagram предоставляет своим пользователям возможность получения статистики по своему аккаунту. Это можно сделать двумя способами:

- путем подключения бизнес-профиля в Facebook;
- посредством сторонних сервисов.

Первый способ предоставляет в распоряжение пользователя статистику по контенту, опубликованному после подключения бизнес-профиля. Данная статистика дает информацию о количестве показов профиля, охвате аудитории, просмотрах аккаунта, а также о подписчиках по полу, возрастному диапазону, основным местам проживания и лучшему времени для публикаций.

Второй способ осуществляется с помощью подключения Instagram к сторонним сервисам.

Было рассмотрено множество доступных сервисов и из них выделены наиболее популярные: Appaction, Popsters, FlyStat, Ink361, Livedune, Minter.io, Picaton, Websta.me. Данные сервисы предоставляют пользователям следующие функции: измерение динамики роста аудитории, сбор статистики по активности подписчиков, аналитика персональных аккаунтов, аналитика конкурентов, поиск вирусных постов, сбор реакции на контент, сегментирование аудитории, привлечение рекламодателей, отслеживание конкурентов по хэштегу. Условия использования сервисов варьируются от бесплатных и пробных (с ограниченным периодом использования) до платных.

Рассмотрим основные показатели аналитики для социально-сетевых платформ.

Все доступные показатели делятся на категории:

- Показатели аналитики профиля: количество подписчиков, показы, охват, просмотры профиля, переходы по ссылкам, клики на звонки и электронную почту, публикации, упоминания, фирменные хэштеги.
- Показатели аналитики аудитории: пол, возраст, география, активность.
- Показатели аналитики публикаций: показы, охват, лайки, комментарии, сохранения, вовлеченность, просмотры.
- Показатели аналитики историй: показы, охват, выходы, ответы.
- Показатели прямых трансляций: количество зрителей в момент времени, зрители.

Очевидный недостаток приведенного выше инструмента аналитики — ограниченность собираемой статистики рамками одного Instagram-профиля. Обычно такая статистика представляет интерес для компаний,

организаций и частных лиц с точки зрения оценивания эффективности проводимых ими рекламных кампаний и совершенствования стратегии продвижения своих страниц в Instagram.

Для сбора исходных данных из Instagram и последующего исследования социального графа требуется другие инструменты, позволяющие получать аналитику по любым профилям, аудиториям, публикациям и др., общедоступным в данной сети.

Можно рассматривать два способа сбора данных из сети Instagram.

Первый способ – это разработка специальных программ-роботов, использующих авторизованные API самих социально-сетевых платформ и предоставляющих доступ к своим серверам для сторонних приложений. Данный способ не противоречит политике и ограничениям социально-сетевых платформ в отношении доступа и использования данных, которые аккумулируются на серверах этих платформ.

Второй способ – это прямое скачивание, то есть посредством прямых http(s)-запросов к платформе, которые, по-сути, повторяют запросы веб-браузера после авторизации пользователя и подключения его к серверу Instagram. Данный способ предоставляет практически неограниченное количество общедоступной информации. При этом он свободен от многих ограничений на получение и использование данных, которые характерны для авторизованных API социально-сетевых платформ. Конечно, такой способ сбора и использования данных может вступать в противоречие с интересами компаний-владельцев социально-сетевых платформ.

Для разработки сторонних сервисов компанией Facebook предлагается использовать Instagram API Graph [3].

Instagram Graph API был построен на базе Facebook Graph API и поддерживает все основные операции CRUD (create, read, update, delete). Он использует социальный граф для представления информации в Instagram так же, как и в Facebook, и который конструируется из следующих элементов:

- Узлы — это базовые объекты: отдельные пользователи, фотографии и комментарии (см. Таблица).
- Ребра — это связи между объектами, позволяющие получать все объекты, связанные с определенным объектом (узлом).
- Поля — это свойства объекта.

Во многих случаях вы можете указать, какие поля хотите получать от API.

Поскольку данный API создан в API Graph, все его конечные точки доступны через graph.facebook.com.

Для доступа к данным на базе Instagram Graph API необходим действительный маркер доступа пользователя с нужными разрешениями, а на операции распространяется ограничение количества обращений в единицу времени. Результаты запросов от приложений возвращаются с сервера в формате JSON [3].

Таблица

Типы узлов в графе

Узел	Действия
Comment	Прочитать комментарий и его метаданные. Скрыть комментарий. Удалить комментарий.
Hashtag	Прочитать хэштег и его метаданные. Получить медиаобъект, помеченный хэштегом.
Media	Создать медиаобъект и получить комментарии по нему. Получить все дочерние медиаобъекты из альбомов в формате кольцевой галереи. Получить метаданные по медиаобъекту. Получить статистику по медиаобъекту или истории.
Page	Получить ID аккаунта Instagram Business, который связан со страницей Facebook.
User	Получить метаданные, статистику и медиаобъекты аккаунта Instagram Business.

Заключение

Пользовательский функционал и доступные показатели аналитики наиболее популярной на сегодняшний день социальной сети Instagram подтверждают ее огромный потенциал для исследователей социальных графов в сети интернет. В работе были проанализированы возможные способы сбора данных из Instagram как посредством специально разработанных API, так и посредством прямых запросов к серверу и сделаны выводы об их применимости для исследования Instagram. Рассмотрены возможности API Graph для Instagram и наиболее популярных внешних сервисов для сбора аналитики сети.

Список литературы

1. Instagram - Statistics & Facts [Электронный ресурс] / The Statistics Portal. 2019. – Режим доступа : https://www.statista.com/topics/1882/instagram/

2. Instagrams History: A Timeline Of Success [Электронный ресурс] / Jtoelle // Social Proof. 2017. – Режим доступа : https://www.xyz/instagrams-history-timeline-success/

3. API Graph для Instagram [Электронный ресурс] // Facebook for developers. 2019. – Режим доступа : https://developers.facebook.com/docs/instagram-api/overview/

Создание инструмента идентификации мошеннических текстов в социальной сети «ВКонтакте»

Д. А. Тихонова, email: tihonowa.dasha@yandex.ru
Я. П. Петраш, email: petrashyana.pr@gmail.com

Московский авиационный институт

Аннотация. *Рассмотрены проблемы мошенничества в социальных сетях, алгоритмы идентификации мошеннических текстов и методов борьбы с ними.*

Ключевые слова: *киберпреступность, мошенничество, социальная сеть, машинное обучение, классификация.*

Введение

Несмотря на то, что борьба с киберпреступностью активно ведется, популярность мошенничества в области информационных технологий неуклонно растет. Компания Symantec, специализирующаяся на разработке программного обеспечения в области информационной безопасности и защиты информации, заявляет в своем отчете Norton Cyber Security Insights Report от января 2018 года, что от кибер-мошенничества в 2017 году пострадало 978 млн потребителей, а суммарные потери превысили 172 миллиарда долларов [1]. Кибер-преступники нацелены на получение доступа к финансовым средствам и персональным данным для дальнейшего их использования в мошеннической деятельности. К самым распространенным видам обмана в информационной сфере относятся фрод, фишинг, спам-рассылки, распространение зараженных файлов, кибервымогательство и финансовое мошенничество. В совокупности с методами психологии и социальной инженерии обманщики активно пользуются невнимательностью, наивностью или неосведомленностью пользователей для достижения собственных задач.

Проблема мошенничества со временем не теряет своей актуальности, так как мошенники изобретают новые схемы обмана, изучают инновационные технологии, отслеживают популярные тенденции общества, а также используют для своих целей наиболее распространенные каналы связи: телефонию, а также всю функциональность веб-ресурсов и средств общения (электронную почту, мессенджеры, сайты знакомств, блоги, социальные сети).

© Тихонова Д. А., Петраш Я. В., 2019

Одним из наиболее приоритетных каналов распространения мошеннического контента для киберпреступников являются социальные сети. Причина подобного интереса кроется в нескольких факторах. Аудитория социальных сетей на начало 2018 года по данным международного агенства We Are Social составляет 3,196 млрд человек, что делает социальные сети весьма выгодной платформой для обмана [2]. Также встроенные в почтовые сервисы механизмы обнаружения спама и фишинга хорошо зарекомендовали себя и обеспечили должную безопасность сообщений, отслеживая в среднем от 95% вредоносных и мошеннических сообщений [3], что вынудило мошенников сменить направление на более популярное и менее защищенное.

Также в социальных сетях имеется открытая личная информация пользователей, которая может быть легко использована для «целевого фишинга». Привлекают аферистов и малая эффективность фильтров в личных сообщениях пользователя, а также возможность создания мошеннических групп или магазинов для массового обмана и вымогательства денежных средств. Не редки случаи взлома аккаунтов пользователей и рассылки сообщений с просьбой о помощи и финансовой поддержке.

Разработчики социальных сетей с каждым годом внедряют новые инструменты обнаружения подозрительной активности, кроме того в каждой социальной сети можно пожаловаться на пост, сообщение, группу, отдельного пользователя и заблокировать собеседника. В социальных сетях используются фильтры на основе машинного обучения для обнаружения спама и нецензурных выражений в комментариях с учетом контекста. Аналогично алгоритмы машинного обучения используются в различных почтовых сервисах, антивирусных программах и различных антиспам-системах.

Несмотря на это, множество пользователей социальных сетей продолжают подвергаться мошенничеству, особенно посредством обмена личными сообщениями. Поэтому актуально создания инструмента идентификации мошеннических сообщений в общем потоке личных сообщений в социальных сетях.

1. Общий алгоритм работы инструмента идентификации мошеннических текстов в социальной сети «ВКонтакте»

Среди русскоязычной аудитории пользователей социальных сетей наиболее полулярной является «ВКонтакте». Для повышения безопасности обмена личными сообщениями в этой социальной сети создаваемый инструмент идентификации мошеннических сообщений должен поддерживать следующие функции:

1. Считывание входящих сообщений в «ВКонтакте».
2. Извлечение текста сообщения и атрибутов сообщения (дата, id отправителя и т. д.).
3. Подготовка текста для его анализа.
4. Проверка полученного текста с помощью классифицирующей системы на предмет мошенничества.
5. Вывод результата для пользователя.
6. Предоставление пользователю возможности добавления сообщения в обучающую систему классификатора.

Исходя из этого, инструмент идентификации мошеннических состоит из двух частей: сервиса классификации, в котором определяется степень безопасности полученных сообщений и плагина для взаимодействия с пользователем с возможностями считывания сообщений и их предобработки.

Общий алгоритм работы инструмента идентификации мошеннических текстов представлен на рисунке.

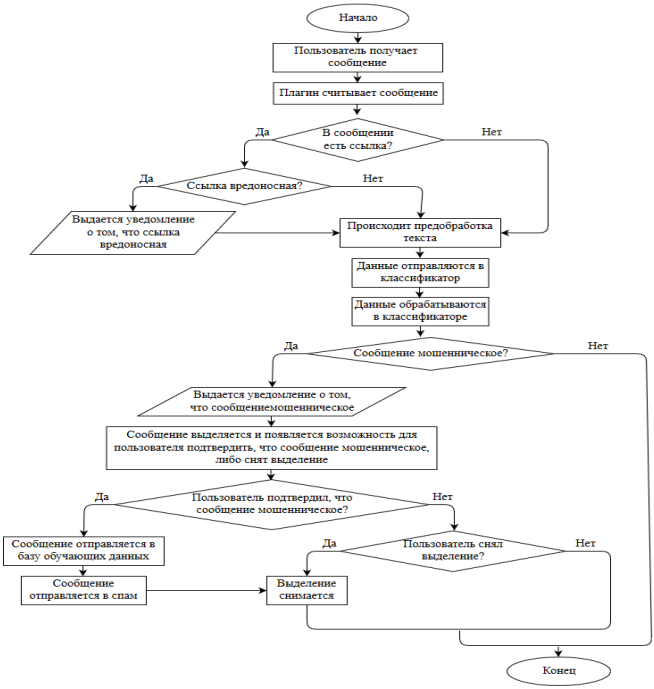


Рисунок. Общий алгоритм работы инструмента идентификации мошеннических текстов

2. Рассмотрение методов классификации для решения задачи идентификации мошеннических писем

Для идентификации мошеннических текстов необходимо решение задачи классификации. Задачей классификации является разделение множества объектов или ситуаций на классы. Существует конечное множество объектов, и известно, к каким классам они принадлежат. Такое множество называется выборкой. Для остальных объектов классовая принадлежность неизвестна. В задаче классификации необходимо построить алгоритм, который был бы способен классифицировать какой-либо произвольный объект из исходного множества. Результатом решения задачи классификации является метка класса, к которому принадлежит вход [4].

В машинном обучении данная задача решается различными методами. Для этого используется «обучение с учителем», то есть у алгоритма изначально есть ответ, какие данные к какому классу относятся, так как существует набор размеченных тренировочных данных.

Наиболее распространенным случаем формирования входных данных для дальнейшей классификации является создание признакового описания. Оно заключается в том, что каждому объекту присваивается набор собственных характеристик, называемых признаками, на основе которого классификатор и определяет, к какому классу относится конкретный объект. Признаки могут быть как числовыми, так и нечисловыми [5].

На эффективность любых алгоритмов в итоге влияет множество факторов (размер данных, их структура), поэтому в машинном обучении существует множество методов и алгоритмов их реализации. Наиболее популярными из тех, что используются для классификации являются Байесовский классификатор, деревья решений, логистическая регрессия, k-ближайших соседей, метод опорных векторов (SVM) [4].

Среди всех вышеперечисленных методов для классификации текстов обычно используют наивный байесовский классификатор и метод опорных векторов [6]. Изначально первый метод широко применялся для отслеживания спам-писем, однако со временем фильтры на его основе научились обходить. По этой причине сегодня наиболее часто для выявления спама или классификации документов можно встретить классификаторы, использующие именно второй метод – метод опорных векторов.

При использовании метода опорных векторов применяется гиперплоскость – линия, которая разделяет пространство входных переменных. Она выбирается так, чтобы наилучшим образом разделять

точки входных переменных в плоскости по их классу (0 или 1). Во время обучения этот алгоритм ищет коэффициенты, помогающие более эффективно разделять классы гиперплоскостью.

Расстояние между гиперплоскостью и ближайшими к ней точками называется разницей. Линия с наибольшей разницей является оптимальной гиперплоскостью, разделяющей два класса. Именно эти точки называются опорными векторами. Для определений значений коэффициентов, которые максимизируют разницу, используют специальные алгоритмы оптимизации (например, множители Лагранжа) [6].

Поскольку данный метод классификации одновременно относительно прост и эффективен в использовании при работе с текстами и документами, он будет использоваться при реализации сервиса классификации мошеннических текстов.

3. Описание работы инструмента и подготовки текстов на этапе плагина

В плагине реализуется получение входящих сообщений, проверка вредоносности ссылок с помощью внешних сервисов, проведение подготовки текстов к дальнейшей классификации, взаимодействие с пользователем.

После получения разрешения на доступ к сообщениям и спискам друзей от пользователя плагин обрабатывает входящие сообщения и выделяет атрибуты (признаки) сообщения, проверяет безопасность вложенных ссылок и документов при их наличии для предотвращения вирусного заражения или фишинга и подготавливает текст для дальнейшей обработки классификатором. Реализация этих функций возможна при использовании программного интерфейса «ВКонтакте».

После выделения текстовой части сообщения текст проходит следующую обработку для более эффективной работы классификатора:

1. Из текста исключаются ссылки, графические эмодзи, знаки препинания.
2. Все символы приводятся к нижнему регистру.
3. Проводится проверка символов сообщения на принадлежность к одной кодировке и к одному алфавиту.
4. Для оптимизации размера текста из него убираются союзы и предлоги («а», «и», «но», «за», «к», «от» и т.д.).
5. Исправляются слова с орфографическими ошибками

Далее выделяются следующие признаки сообщений в социальных сетях и особенности их содержания:

1. Статус отправителя (друг/ незнакомец/ отправлена ли заявка).
2. Дата последнего сообщения (разность между датой полученного нового сообщения и последним сообщением).
3. Наличие вложений и их вид.
4. Наличие вредоносных вложений.
5. Указание номера телефона в сообщении.
6. Указание номера банковской карты в приложении.

В результате работы плагина формируется массив преобразованных сообщений, каждый элемент которого содержит информацию о каждом отдельном сообщении и его текст. Полученный массив передается на обработку в сервис классификации, затем результат отображается пользователю в виде подсветки потенциально опасных сообщений.

Заключение

На основании проведенного анализа проблемы и видов мошенничества в социальных сетях с учетом специфики сообщений в социальных сетях и возможностей использования программного интерфейса «ВКонтакте» определены важные атрибуты сообщений, на основе которых будет производиться классификация текстов. Разработан общий алгоритм работы инструмента идентификации мошеннических текстов и его архитектура. Реализация инструмента позволит даже неподготовленным пользователям видеть подозрительные сообщения, что существенно снизит количество случаев мошенничества в популярной социальной сети «ВКонтакте».

Список литературы

1. 2017 Norton Cyber Security Insights Report Global Results [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/about/2017-ncsir-global-results-en.pdf
2. Digital in 2018: World's Internet Users Pass The 4 Billion Mark [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wearesocial.com/blog/2018/01/global-digital-report-2018
3. Google: теперь Gmail распознает спам и фишинг в 99,9% случаев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xakep.ru/2017/06/01/gmail-security-enhancements
4. Вьюгин, В. В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования / В.В. Вьюгин – М.: 2013. – 387 с.
5. Бринк, Х. Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф – СПб. : Питер, 2017. – 336 с.
6. 10 главных алгоритмов машинного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.datasides.com/code/algorithms-machine-learning/

Создание технологического комплекса исследований волн для извлечения их информационного содержания

М. М. Фадеев, email: fadeev_mix@bk.ru
М. В. Евсеева, email: m.euseeva2010@yandex.ru
Н. Е. Балакирев, email: balakirev1949@yandex.ru
Х. З. Нгуен, email: nguyenhoangzuy@gmail.com

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Доклад посвящён разработке программного комплекса для обеспечения распознавания речи с возможностями гибкого дополнения и изменения функционала. Такие возможности не требуют изменений в основной системе, а дополняют её параметрическим введением кнопок управления и таким же способом производится подключение необходимых процедур. Подобный подход с гибкой системой дополнения функционала позволяет использовать разработанный редактор в различных областях науки.*

Ключевые слова: *информационные системы, визуализация, редактирование, цифровые потоки сигналов, структура цифровых сигналов, концептуальная модель.*

Введение

Характерной чертой любого вида исследований является невозможность очерчивания необходимого набора инструментальных средств, которые могут потребоваться, хотя бы в ближайшей перспективе, в таких исследованиях. Такое положение дел является прямым следствием непредсказуемости самих исследований, которые прокладывают свой путь через громадное количество проб и экспериментов при проявлении эффективных решений для поставленных задач. Идеальным вариантом для исследователей было бы наличие группы поддержки инструментария и по любому запросу исследователя они в кротчайшие сроки дорабатывали бы инструментарий по запросу исследователя. Для одиночного исследования такой вариант решения на практике вполне могло бы быть приемлемым, но при наличии коллектива исследователей и с учетом взаимосвязанности самих исследований такой вариант организационно и экономически не выгоден. Можно ли найти какое-то решение или

© Фадеев М. М., Евсеева М. В., Балакирев Н. Е., Нгуен Х. З., 2019

компромисс в этом вопросе? Именно это и предлагается в предлагаемом инструментарии Редакторе Информационных Волн (РИВ).

1. Анализ требований к разработке

Несмотря на туманность перспективы исследований, всё же, всегда можно выделить некоторые интуитивно осязаемые контуры или границы направления исследований с одной стороны и в тоже время определить предполагаемые средства достижения поставленных целей. Таким образом, должна быть выработана некоторая концептуальная модель, отражающая (очерчивающая) область исследования и выбран инструментарий.

Безусловно, коллектив исследователей должна объединять общая цель, общая «идеология», переходящая в методологию исследований, и общая теоретическая основа, с одной стороны и с другой стороны, общий, открытый для расширений и подстраиваемый под конкретные требования исследователя инструментарий, который включал бы и научный документооборот – графики, статистику, протоколы проведения эксперимента.

Спиралевидный характер исследований предполагает всё более сложный характер обобщения в виде структур, который с необходимостью должен быть поддержан многоуровневостью инструментальной системы.

При работе со звуком, включая речь, присутствуют два направления:

- Распознавание речи, которое фактически соответствует специфической форме анализа, приводящего к образу;
- Синтез речи от образа к физическому воспроизведению.

Объединение этих двух направлений замыкает процесс исследований по звуку относительно получаемых формальных образов. Отсюда последовала представленная концептуальная модель процесса исследования (рис. 1). Она и явилась основой «идеи» и отправной точкой данного редактора. Создавая редактор, сопоставлялись процессы человеческого распознавания и воспроизведения речи с техническими возможностями. Безусловно, создавая техническое воплощение, учитывалась ограниченность качества распознавания по отношению к человеку – по причине несовершенства существующих как технических, так и алгоритмических возможностей. Программно-техническая пропасть между анализом и синтезом речи восполняется человеческим интеллектом исследователя. Главный вывод из этого состоит в том, что контролером качества распознавания и синтеза речи так или иначе будет человек, и, по мере достижения приемлемых значений качества,

функции человека будут заменяться техническими средствами в нашем дополняться отлаженным функционалом.

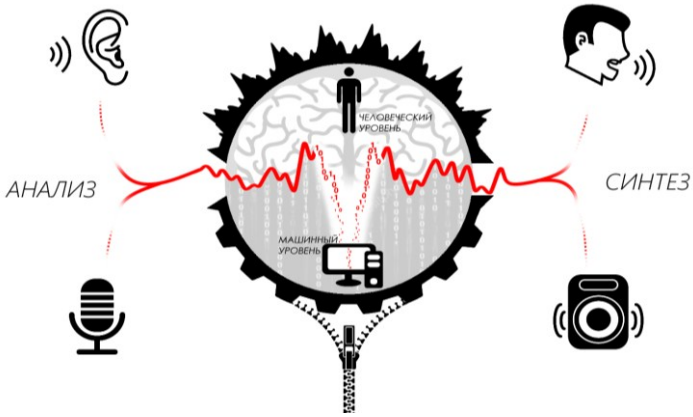


Рис. 1. Концептуальная модель процесса исследования

2. Программная структура системы редактора

Рассматривая уже сам редактор с позиций того окружения, в котором он будет проявлять свой функционал пришли к триединой структуре векторов взаимодействия и их внутреннего содержания: через дополнение по линии программного анализа, программного синтеза и человеческого воздействия в процессе исследования.

Структура функционала представляется:

- Функциями ядра;
- Расширяемыми функциями преобразования структур;
- Функциями взаимодействия с базой хранения структурного представления звука;
- Функциями физического воспроизведения и восприятия сигналов (звуков) и их графического представления в виде осциллограммы.

С точки зрения программной структуры вся редакторская система поделена на четыре основных модуля (рис. 2):

1. Модули ядра – исполняемые объекты (библиотеки, DLL), содержащие всю логику по работе с данными;
2. Модуль центрального ядра – центральный узел, связывающий работу всех модулей. Ядро обеспечивает взаимодействие преобразовывающих волны функций модуля, являясь, по сути своей работы – коммутатором;

3. Модуль API – закладывает интерфейс взаимодействия ядра и сторонних программ, оформленных как API функции;
4. Модуль-редактор – подразумевает наличие некоторой программы-оболочки ядра, которая обеспечивает «ручное» вмешательство в обработку потока данных для исследователей.

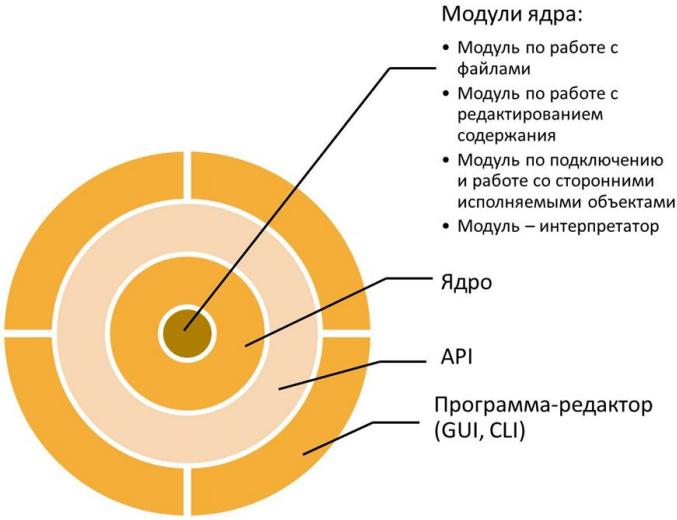


Рис. 2. Программные модули системы

Благодаря подобной системе разбиения модулей появляется возможность подключать сторонние библиотеки и программы и использовать их в едином процессе редактирования как функцию одного или нескольких последовательных преобразований. Сопрягая различные исполняемые объекты в зависимости от задач исследования и предметной области, получаются самобытные и уникальные по своему функционалу подсистемы, решающие различные подзадачи и подчиненные общему теоретическому подходу и общей методологии исследований на основе общего инструмента.

Пользовательский интерфейс редактора не имеет строгого фиксированного исполнения, предоставляя возможность индивидуальной настройки рабочего пространства под любого пользователя. Добавляя, убирая и располагая элементы в требуемых местах, пользователь имеет возможность достаточно просто и информационно-содержательно подстроить под себя «рабочий стол» редактора.

Заключение

Предложенный редактор имеет большое количество возможных направлений применений. Часть направлений можно отнести по степени их близости к исследованиям по изучению и извлечению информационного содержания звуковых волн, но имеется также возможность обрабатывать информацию, относящиеся к сейсмике, медицине, экономике, в которых характер изменения характеристик близок к волновому типу.

Таким образом, редактор РИВ в перспективе имеет средства и интерфейс, которые обеспечат возможность изучения не только звуковой информации, но и других типов физических, экономических и социальных явлений.

Список литературы

1. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход по распознаванию содержания физических волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XV Международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». (Воронеж, 12-13 февраля 2015 г.) – Воронеж. – Т. 1. – С. 31-36.

2. Балакирев, Н.Е. Создание системы визуализации и редактирования цифрового потока сигналов на основе их структурного представления Информатика: проблемы, методология, технологии / Н. Е. Балакирев, М. А.Малков, М. М. Фадеев // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции (Воронеж, 8-9 февраля 2018) – Воронеж. – С. 3-7.

3. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев [и др.] // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства. Сборник статей II всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. В. В. Губарева. – Новосибирск, 2018 – С. 22-28.

Применение нейронных сетей в банковской деятельности

Е. А. Фоломеев, e-mail: folomeev-egor@mail.ru[1]
Р. Н. Федюнин, e-mail: frn_penza@mail.ru[1]

[1]ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Аннотация. *В настоящее время нейронные сети находят широкое применение в решении целого ряда задач в различных областях деятельности человека. В статье рассматриваются понятие и особенности искусственных нейронных сетей, принципы их построения и функционирования. Описываются основные области их применения, в том числе и банковская деятельность. Приведен перечень основных финансовых задач, где применение нейронных сетей имеет большую эффективность в сравнении с традиционными методами. Рассматриваются причины популярности нейронных сетей на современном этапе.*

Ключевые слова: *нейронные сети; банк; финансы; банковская деятельность; финансовые задачи.*

Введение

Искусственные нейронные сети были разработаны с целью имитации работы человеческого мозга, а именно, его способности обучаться и исправлять ошибки. Умение самостоятельно обучаться и анализировать результаты предыдущего опыта, постепенно сокращая количество ошибок, и есть главная особенность любой нейронной сети [1].

Искусственные нейронные сети включают в себя нескольких узлов, которые имитируют биологические нейроны человеческого мозга. Нейроны соединены между собой и взаимодействуют друг с другом. Узлы способны принимать входные данные и осуществлять простейшие операции над ними. В результате этих операций данные передаются другим нейронам. Каждое звено сети имеет вес. Значение веса корректируется в зависимости от полученного результата [1].

Возможность обучения является одним из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщения. Это означает, что в случае успешного обучения

© Фоломеев Е. А., Федюнин Р. Н., 2019

сеть сможет создать верный результат на основании данных, которые или отсутствовали в обучающей выборке, или были неполными, зашумленными и частично искаженными. Главным их отличием от других методов является то, что нейросети в принципе не нуждаются в заранее известной модели, а строят ее сами только на основе предъявляемой информации [2].

1. Основания использования нейронных сетей

Во-первых, нейронные сети необходимо обучать. Но это очень трудоёмкая и длительная работа, так как в отличие от большинства алгоритмов нейронные сети очень восприимчивы к объему обучающей выборки и требуют большого количества тренировочных примеров. Но в последние 15 лет в мире наблюдается экспоненциальный рост данных, а значит, выше сказанное уже не является серьёзным недостатком [3].

Во-вторых, для обучения и применения нейронной сети требуются огромные вычислительные ресурсы. И в настоящее время человек располагает такими ресурсами. Кроме того, под влиянием научно-технического прогресса, развития инженерии были придуманы и новые алгоритмы, следовательно, теперь человек лучше понимает, как обучать структуры, подобные нейронным сетям [3].

В настоящее время нейронные сети применяются во многих областях: медицине, экономке, робототехнике, авионике, в системах связи, автоматизации производства. Они лежат в основе алгоритмов защиты информационных систем от атак злоумышленников, помогают выявлять незаконный контент в сети. Не исключение — банковская и финансовая деятельность [1].

2. Нейронные сети в финансовой сфере деятельности

Одной из наиболее актуальных областей применения нейронных сетей в последние годы стала именно финансовая сфера деятельности. Успех работы любого банка во многом зависит от эффективной системы управления. Необходимым условием эффективности управленческого подхода является своевременное предвидение перемен, выработка альтернативных путей развития. Такой подход опирается на необходимость прогнозирования возможных ситуаций, проблем и целей развития для принятия оптимальных решений. Как правило, в основе стандартных прогнозных методик заложены статистические методы обработки данных (построение динамических рядов, оценка темпов роста, выявление трендов и т. д.). Но использование таких методик целесообразно только при наличии хорошо развитых, зарекомендовавших себя рынков. В общем случае, особенно в периоды возрастающей нестабильности, следует применять более сложные

математические модели прогнозирования, способные брать в расчет нестандартные ситуации и кризисные явления. В качестве основы таких моделей широко используются нейронные сети [4].

Основными причинами такого выбора являются следующие достоинства нейросетей:

– возможность построения прогнозов с использованием неограниченного количества входящих данных;

– возможность решения неформализуемых задач;

– возможность построения прогнозов неограниченного числа интересующих показателей.

Нейронные сети ценны тем, что способны обучаться на множестве примеров в тех случаях, когда неизвестны закономерности развития ситуации и какие бы то ни было зависимости между входными и выходными данными. В таких обстоятельствах (а к ним можно отнести до 80% задач финансового анализа) проигрывают как традиционные математические методы, так и экспертные системы [5].

К основным финансовым задачам, решаемым посредством нейронных сетей, относят:

– снижение потерь за счет выявления признаков мошенничества;

– страхование банковской деятельности;

– прогнозирование банкротств на основе нейросетевой системы распознавания;

– применение нейронных сетей к задачам биржевой деятельности;

– предотвращение оттока клиентов;

– прогнозирование экономической эффективности финансирования инновационных проектов [4].

До использования нейронных сетей в банковской сфере эти задачи решались вручную, так как они с трудом поддавались алгоритмизации. Использование нейронных сетей позволило автоматизировать подобные операции.

Работа любого банка сочетает в себе как деятельность людей, так и использование компьютеров. Некоторые процессы постепенно автоматизируются, в то время как другие неизменно требуют ручного труда. Одним из процессов, которые с трудом поддаются алгоритмической автоматизации, является, например, открытие счета и снятие со счета крупных сумм. При открытии счета сотрудники – верификаторы проверяют подлинность и корректность предоставленных юридическим лицом документов. Алгоритмов, которые могут разобрать неструктурированные документы произвольного формата, учесть все параметры и автоматически сверить их без человека, не существует.

Этим в банковской сфере занимается достаточно большое количество людей. Но использование искусственного интеллекта дало возможность частично автоматизировать подобные операции, тем самым, во-первых, сократить издержки банка путем снижения потерь за счет выявления признаков мошенничества, а во-вторых - существенно ускорить данный процесс [6].

В числе российских банков, активно применяющих нейронные сети, стоит выделить Тинькофф банк и Сбербанк. В декабре 2016 года в Тинькофф банке для обеспечения безопасности была внедрена платформа VisionLabs LUNA, которая позволила проводить анализ клиентской базы с целью выявления признаков мошенничества и верификацию клиентов по фотографии. Сбербанк еще к началу 2014 года начал использовать систему идентификации клиентов, которая сравнивает фотографий из базы с реально полученными с помощью веб-камер изображениями – АС САФИ. В результате потери от получения средств по поддельным документам физических лиц сократились в 10 раз [7].

Банк «Ренессанс страхование» использует нейронные сети с целью прогнозирования вероятности кросс-продаж страхования имущества и от несчастного случая. Система «понимает», кто из клиентов обратит внимание на дополнительную страховку, а кто наверняка ей не воспользуется. С помощью такой системы было установлено, что при покупке полиса каско клиенты старше 50 лет на 50% чаще покупают дополнительно страховку имущества, в отличие от клиентов младше 30 лет. С другой стороны, владельцы автомобилей стоимостью до 1 млн рублей на 50% реже приобретают страхование имущества, чем владельцы машин стоимостью от 4 млн рублей [7].

За рубежом турецкий банк Garanti выпустил приложение — IGaranti, которое анализирует транзакции пользователя, предлагая способы экономии средств, расчет остатка денежных средств на конец месяца. В первые полгода после выхода приложение было скачано более 150 000 раз, что принесло дополнительные 30 млн долларов на расчетные счета. Канадский банк CIBC с целью прогнозирования банкротств и контроля рисков установил программу KnowledgeSeeker фирмы Angoss. Она позволила выделить категорию клиентов, склонных к задержке выплат по закладным, куда вошли те, кто на фоне регулярных выплат иногда якобы забывали заплатить. Однако, первоначально предполагалось, что в этот круг лиц войдут те, кто часто задерживал выплаты на несколько дней. Chemical Bank использует нейросетевую систему фирмы Neural Data для решения задач биржевой деятельности, предварительно обрабатывая транзакции на валютных

биржах ряда стран и отслеживая подозрительные сделки. Компания American Express в Австралии, используя сложные прогнозные модели, смогла идентифицировать более 24% счетов, которые без вмешательства были бы закрыты в течение следующих 4 месяцев, принять по отношению к ним предупредительные меры и предотвратить отток клиентов [8].

Заключение

Таким образом, нейронные сети способны весьма эффективно решать интересующие банки задачи, а их сегодняшняя популярность объясняется достаточно эффективным использованием информационных и вычислительных ресурсов. Многочисленные эксперименты показывают, что нейронные сети на коротком промежутке времени всегда лучше предсказывают результаты, чем стандартные модели. Традиционные финансовые экспертные системы и прогнозные методики используют довольно прямолинейные статистические методы обработки данных. Нейронные же сети, наоборот, по своей основе нелинейны, не требуют глубокого понимания связей между исходными данными и результатами и демонстрируют большие преимущества перед традиционными методиками.

Литература

1. Портал искусственного интеллекта. Нейронные сети. Искусственный интеллект. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://neuronus.com/stat/1295-nejronnye-seti-iskusstvennyj-intellekt.html

2. Зенов, А. Ю. Применение нейросетевых алгоритмов в системах охраны периметра / А.Ю. Зенов, Н.В. Мясникова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 3 (23). – с. 15-24.

3. Бум нейросетей: Кто делает нейронные сети, зачем они нужны и сколько денег могут приносить. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://vc.ru/16843-neural-networks

4. Портал искусственного интеллекта. Применения нейрокомпьютеров в финансовой деятельности. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://neuronus.com/stat/176-primeneniya-nejrokompyuterov-v-finansovoj-deyatelnosti.html

5. Uchebnik.Online. Использование нейронных сетей для финансовых прогнозов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uchebnik.online/knigi-kontrolling/457-ispolzovanie-neyronnyih-setey-dlya-57697.html

6. The question. Как можно применить нейронные сети в банковской сфере. [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

https://thequestion.ru/questions/183141/kak-mozhno-primenit-neironnye-seti-v-bankovskoi-sfere

7. Forbes. Нейросети для транзакций: как на деле работают «большие данные» в российских банках. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.forbes.ru/tehnologii/341517-neyroseti-dlya-tranzakciy-kak-na-dele-rabotayut-bolshie-dannye-v-rossiyskih-bankah

8. Компьютер пресс. Нейронные сети: на пороге будущего. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://compress.ru/article.aspx?id=9663

Технологии сбора, мониторинга и анализа данных в пчеловодстве

Р. В. Шмальц, e-mail: roman.shmalts@gmail.com
В. В. Гаршина, e-mail: garshina.veronika@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *На основе программно-аппаратного решения собираются ключевые данные о жизнедеятельности пчелиной семьи, которые позволят принимать пчеловоду важные решения.*

Ключевые слова: *пчёлы, микроконтроллеры, интеллектуальные системы.*

Введение

На данный момент медоносная пчела распространена на всех континентах, исключая Антарктиду. По всему миру большое количество хозяйств занимается пчеловодством. Обратимся к цифрам: один из основных поставщиков продуктов пчеловодства – КНР производит в год порядка 250 тыс. тонн мёда, в то время как Российские пчеловоды получают только 75 тыс. тонн, несмотря на существенно бóльшие возможности, такие как более благоприятная экологическая ситуация и бóльшая площадь цветущей растительности. В данной статье мы не будем затрагивать риторический вопрос: «почему мы добываем меньше?», – а, напротив, опишем, как можно помочь нашим пчеловодам принимать важные решения, собирать статистику и получать необходимую информацию для оптимизации количества и качества получаемых продуктов с помощью современных технологий.

Сегодня информационные технологии входят во все сферы жизни, в том числе сельское хозяйство и пчеловодство. С появлением различных программируемых микроконтроллеров и недорогих высокоточных датчиков немало пчеловодов озадачились тем, какие технологии могли бы помочь упростить процессы на пасеке. На данный момент наиболее часто встречаются решения на Raspberry Pi или более простом и дешёвом контроллере Arduino. Преимущества использования таких контроллеров очевидны: как правило это бесплатная среда программирования, один из популярных языков (C++ в случае с Arduino), большое количество тематических форумов, открытая архитектура, которая позволяет видоизменять и дополнять устройства

© Шмальц Р. В., Гаршина В. В., 2019

плат и периферию к ним. Однако в случае с пчеловодами чаще всего устройства не системно решают лишь какую-либо одну конкретную проблему.

Столкнувшись с некоторыми из подобных вопросов, мы попытались описать своё программно-аппаратное решение, которое бы благодаря комплексному системному подходу помогало бы решить ряд задач.

1. Задачи и разработка устройства

Необходимо уточнить, почему необходимо создавать устройство в этой сфере, ведь ранее пчеловодство успешно велось без какой-либо автоматизации. В России более 90% всех пчелиных семей держат пчеловоды-любители, это означает, что у большинства из них есть основная работа, на которой они проводят большую часть времени. Это влечёт за собой то, что пчеловод может упустить некоторые важные моменты процесса из-за недостатка времени. Кроме того, часто ульи находятся на существенном удалении от пасечника во время его отсутствия или же пасека является не стационарной, а мобильной. Все эти факторы могут осложнить контроль над процессом пчеловодства.

Разрабатываемое устройство должно выполнять следующие задачи:

1) Измерять температуру и влажность в улье
2) Определять вес улья с его содержимым
3) По возможности определять количество пчёл в улье
4) Определять роение пчёл
5) Определять вторжение пчел или других насекомых
6) Определять попытку кражи улья или мёда человеком
7) Передавать телеметрию
8) Сигнализировать о любых нештатных ситуациях

Среди прочих побочных задач можно включить своевременное оповещение о времени и районе цветения тех или иных медоносных растений и предоставление различной справочной информации в мобильном приложении.

Коротко опишем, почему необходимо следовать пунктам данного технического задания и как их можно выполнить.

Оговоримся, что относительно температуры и влажности в улье пчёлы полностью автономны, то есть регулируют эти параметры самостоятельно, с помощью движенья крыльев. Однако во время зимовки выход за референсные значения может оказаться не только губительным для здоровья пчёл. Датчики температуры и влажности стоят на порядок дешевле потери сформированной пчелиной семьи.

Определение веса улья с помощью тензометрического датчика полезно для понимания степени наполнения рамок мёдом. Для более точного определения этого параметра служит следующий пункт.

Определение примерного количества пчёл в улье необходимо для понимания уровня здоровья пчелиной семьи, но также для более точного определения веса мёда и побочных продуктов пчеловодства путём вычисления из веса пустого улья, среднего веса всех пчел и веса полного улья. Осуществить данный подсчёт можно несколькими способами: с помощью компьютерного зрения (наиболее сложный и дорогой метод), с помощью установки инфракрасных датчиков или фоторезисторов (наиболее безопасный для пчёл, но не самый точный способ). Кроме того, существует версия, что роение можно заранее предугадать по характерным частотным характеристикам звука улья, однако данный параметр может сильно отличаться от семьи к семье. Для решения с фоторезисторами или инфракрасными датчиками необходимо проредить леток пластиковой накладкой так, чтобы пчёлы (вплоть до крупных маток и трутней) могли бы проходить сквозь ячейки, однако, без возможности пройти более чем одной крупной пчеле за раз. Это даст возможность подсчёта пчел с относительно небольшой погрешностью (схематично показано на рисунке ниже).

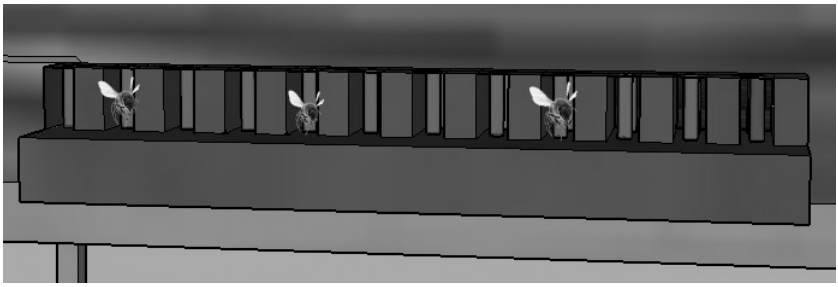


Рисунок. Схематическое изображение летка с датчиками и проходящими через инфракрасные лучи пчёлами

Роение – это нормальный процесс жизни пчелиной семьи, который тем не менее не всегда является позитивным с точки зрения пасечника, особенно когда последний не находится рядом с ульями. В таком случае резкое падение значения веса улья в совокупности с нетипично высоким значением покидающих улей пчел на инфракрасных датчиках будет означать роение, и при своевременном оповещении у пасечника будет порядка получаса для принятия необходимых мер по возвращению пчёл. Обратным методом можно определить нетипичную активность на влёт в

улей, что косвенно может быть показателем атаки на улей и быть поводом для проверки.

Попытку кражи улья или мёда определить сравнительно просто: любые нетипичные колебания на акселерометре укажут на механическое воздействие, а, следовательно, на несанкционированный доступ к ульям.

Собранные контроллером телеметрические данные необходимо передать на клиентское устройство или сервер. Сделать это можно с помощью массы различных способов в зависимости от типа пасеки, наличия поблизости Wi-Fi соединения и электрификации. Наиболее выигрышным методом будет передача с помощью модуля LoRa или Long Range – радиомодуля, вещающего на частотах 433 или 868МГц до нескольких километров. Передача может происходить как на само клиентское устройство, так передаваться далее на сервер из точки, где есть стабильное интернет соединение. При необходимости модуль можно вынести на небольшое расстояние от улья, чтобы не подвергать пчёл непосредственному электромагнитному излучению.

Помимо побочных задач, описанных выше, можно выделить одну наиболее важную, но пока трудновыполнимую: выявление клещей на теле пчёл с помощью «компьютерного зрения». Это требует не только высокой вычислительной мощности контроллера или быстрого соединения в случае передачи видеопотока, но и дорогих камер, которые в условиях низкой освещенности могли бы давать достаточно чёткую картинку, чтобы определить клеща диаметром чуть более 1мм.

Заключение

Комплексный подход к сбору различных показателей улья позволит частично упростить управление пасекой и принимать решения удаленно. Модульность, дешевизна и простота контроллера Arduino оставляет возможности для расширения и добавления функций в устройство, что позволит решать большее количество проблем, связанных с пчеловодством. Кроме того, показатели телеметрии могут быть интересны не только пчеловодам-любителям, но и учёным, в России по меньшей мере две организации, профессионально изучающие жизнь пчёл: в г. Рыбное и в г. Уфа.

Важность пчёл не стоит недооценивать: почти все употребляемые в пищу человеком растительные продукты опыляются пчёлами во время их цветения. Грамотное и технологичное управление пасеками, решение подобных проблем пчеловодства через некоторое время могут оказаться полезными в условиях вымирания пчёл, недостатка пищи и перенаселения планеты человеком.

Литература

1. Матюшин, А.О. Программирование микроконтроллеров: стратегия и тактика / А. О. Матюшин // ДМК Пресс. – 2017. – 358 с.

2. Суворин, А.В. Современный справочник пчеловода: биология пчелиной семьи. Организация пасеки. Болезни пчел. Пчеловодство в вопросах и ответах. Основные пчеловодческие термины и определения / А. В. Суворин // Ростов-на-Дону: Феникс. – 2010. – 383 с.

Секция № 8
Суперкомпьютерные вычисления и BigData

Исследование алгоритмов обработки распределенных данных

А. В. Боева, email: anettytiki@gmail.com

Воронежский институт высоких технологий

Аннотация. *Рассматривается архитектура распределенных вычислений, заключающаяся в параллельной обработке заданий. Проанализирована модель системы с параллельно работающими узлами и обрабатывающая большие объемы данных.*

Ключевые слова: *большие данные, hadoop, HDFS, MapReduce, кластер.*

Введение

На сегодняшний день в сетевых информационных технологиях распределённая обработка данных имеет ключевое значение. При использовании данного метода, повысить эффективность удовлетворения информационных потребностей пользователей, обеспечить гибкость и оперативность принимаемых им решений и др. Под распределённой обработкой данных понимают обработку приложений несколькими территориально разделенными. При этом пользователь получает возможность работать с сетевыми службами и прикладными процессами, расположенными в нескольких взаимосвязанных абонентских системах.

Информационные системы, связанные с обработкой больших объемов информации, используют для хранения информации базы и банки данных. При этом в приложениях, связанных с обработкой данных, собственно управление базой данных может выполняться централизованно. Параллельный доступ к одной БД нескольких пользователей, в том случае если БД расположена на одной машине, соответствует режиму распределенного доступа к централизованной БД. Такие системы называются системами распределенной обработки данных.

Распределенная обработка данных имеет следующие преимущества:

– Возможность увеличения числа удаленных взаимодействующих пользователей, выполняющих функции сбора, обработки, хранения и передачи информации;

© Боева А. В., 2019

– Снятие пиковых нагрузок с централизованной базы путем распределения обработки и хранения локальных баз на разных персональных компьютерах;
– Обеспечение доступа пользователей к вычислительным ресурсам ЛВС;
– Обеспечение обмена данными между удаленными пользователями.

При распределенной обработке производится работа с базой данных, т.е. представление данных, их обработка. При этом работа с базой на логическом уровне осуществляется на компьютере клиента, а на сервере осуществляется поддержание базы в актуальном состоянии.

Распределенная обработка данных имеет следующие недостатки:
– Зависимость от характеристик и доступности сети;
– Программа не сможет работать, если сеть повреждена;
– Если сеть перегружена, эффективность уменьшается, а время реакции систем увеличивается;

1Проблемы безопасности, так как при использовании нескольких систем увеличивается риск, так как появляется зависимость от наименее надежной машины сети.

1. Исследование распределенной обработки данных на примере системы Hadoop

Большие данные (Big Data) в информационных технологиях – серия подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов [1].

Обычно набор данных приходится распределять по нескольким разным машинам. Поскольку эти машины работают в сети, администратору системы приходится учитывать все сложности сетевого программирования. Одной из проблем работы с большими объемами данных является трудность их передачи между серверами для последующей обработки. Также из-за большого числа узлов возможны частые сбои отдельных узлов, поэтому вопрос надежности также является очень важным. Данную проблему можно решить с помощью технологий Hadoop Distributed Filesystem (HDFS) и MapReduce.

HDFS – распределенная файловая система Hadoop. Кластер HDFS состоит из двух типов узлов, работающих по схеме «управляющий – подчиненный»: узел имен (управляющий) NameNode-сервер и несколько узлов данных (подчиненные) DataNode-серверы.

Узел имен управляет пространством имен файловой системы. NameNode поддерживает дерево файловой системы и метаданные всех файлов и каталогов. Для увеличения производительности передача данных осуществляется только между клиентом и DataNode-сервером.

Для обеспечения отказоустойчивости используется механизм репликации данных, то есть один и тот же блок данных хранится на нескольких DataNode-серверах в виде последовательности блоков фиксированного размера (рис. 1). Копии блоков (реплики) хранятся на нескольких серверах, по умолчанию – трех. Их размещение происходит следующим образом:

- Первая копия находится на локальном DataNode;
- Вторая копия на другом DataNode данной стойки (Rack);
- Третья копия на любой DataNode другой стойки;
- Остальные копии распределяются произвольным способом.

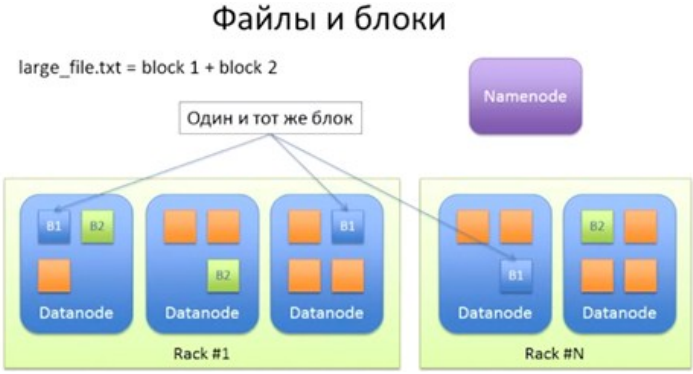


Рис. 1. Строение файловой структуры HDFS

При чтении данные выбираются таким образом, чтобы клиент находился как можно ближе к серверу DataNode. Размер Блоков HDFS по умолчанию равен 64 Мбайт. Это сделано для того, чтобы уменьшить количество операций позиционирования. При достаточно большом размере блока доля времени, затрачиваемого на передачу данных с диска, на несколько порядков больше, чем время, затрачиваемое на позиционирование на начало следующего блока.

Таким образом, время передачи большого файла, состоящего из многих блоков, определяется только скоростью передачи данных, так как временем, затрачиваемым на позиционирование, можно пренебречь. MapReduce – это платформа для вычисления некоторых наборов распределенных задач с использованием большого количества компьютеров (называемых «нодами»), образующих кластер [2]. Работа платформы заключается в использовании двух функций – Map и Reduce. Каждая фаза использует в качестве входных и выходных данных пары «ключ – значение», типы которых выбираются программистом.

Функция Map осуществляет предварительную обработку, этот этап хорошо подходит для исключения нежелательных записей: здесь отфильтровываются отсутствующие, сомнительные или ошибочные значения. Входные данные обрабатываются следующим образом: главный узел (Master node), получая входные данные задачи, разделяет данные на части и распределяет их между рабочими узлами (Worker node).

Параллельно на каждом рабочем узле происходит обработка сырых данных. Результат работы функции Map передается функции Reduce в виде пар «ключ – значение». Reduce-функция производит свертку данных, обработанных функцией Map. Master node получает ответы от рабочих узлов и формирует решение поставленной задачи. Для демонстрации работы программы были взяты текстовые наборы данных общим объемом 1,20 Гб.

Функция Map формирует массив данных «ключ – значение», где ключом является слово, а значением – количество его повторений. Функция Reduce принимает массивы от рабочих узлов и формирует итоговый массив на основе полученных данных, т. е. значения элементов массива с одинаковыми ключами суммируются и записываются в выходной файл.

В таблице представлены результаты тестирования.

Таблица

Результаты тестирования

Количество узлов	**Объем данных**	**Затраченное время**
3	10 Гб	8 минуты 30 секунд
4		5 минуты 30 секунд
5		2 минуты 30 секунд

Заключение

При исследовании была рассмотрена архитектура распределенных вычислений, заключающаяся в параллельной обработке заданий. Был произведен анализ модели системы с параллельно работающими узлами и обрабатывающей большие объемы данных.

Список литературы

1. Уайт, Т. Hadoop: подробное руководство / Т. Уайт. – 2-е изд., испр. – СПб. : Питер, 2013. – 672 с

2. Hadoop: Документация [Электронный ресурс] : Hadoop : офиц. сайт. – Режим доступа: http://hadoop.apache.org/docs/

3. Лэм, Ч. Hadoop в действии / Ч. Лэм. – 2-е изд., испр. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 424 с.

Реализация программы по созданию отчетов просмотра IP-телевидения

И. М. Брусенцев, email: brusentsev@amm.vsu.ru
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработана программа, реализованная с помощью фреймворка Spark и СУБД Hive для распределенного вычисления данных.*

Ключевые слова: *Big Data, Apache Hadoop, Apache Hive, Apache Spark, распределенные вычисления.*

Введение

За последние несколько лет в высокопроизводительных вычислительных системах произошли значительные изменения. Сегодня все больше бизнес-процессов генерирует огромное количество данных, не говоря уже о больших и сложных системах из таких сфер как медицина, анализ и моделирования физических процессов, криптография, и т. д. В связи с тем, что масштабы данных и сложность современных алгоритмов анализа данных и машинного обучения растут несоизмеримо быстрее, чем вычислительные мощности компьютеров, то неизбежно появляются библиотеки и фреймворки для распределённого анализа данных, такие как Apache Hadoop, Apache Spark, Apache Hive и другие.

Apache Spark — это фреймворк, с помощью которого можно создавать приложения для распределенной обработки данных. Со своей стороны Spark предоставляет программное API для работы с данными, в которое входят: загрузка, сохранение, трансформация и агрегация.

Конкретным примером использования распределенных систем является область цифрового телевидения. Анализ данных в этой области помогает понять интересы пользователей и улучшить эффективность оказания услуг.

В данной работе будет рассмотрена реализация части проекта по аналитике IP-телевидения для одного из операторов данной технологии.

Программа должна формировать отчеты в различных форматах по просмотрам IP-телевидения с помощью вышеперечисленных систем.

© Брусенцев И. М., Матвеева М. В., 2019

1. Постановка и анализ задачи

Разработать программу, которая будет с заданной периодичностью высчитывать статистику по просмотру IP-телевидения. Она должна вычислять статистику для каждого правообладателя и его конкурентов по просмотру телепередач.

Функциональные возможности приложения должны обязательно включать в себя:

– загрузку данных из СУБД Hive;
– обработку полученных данных;
– сохранение полученной статистики в формате .xlsx;
– перезапуск расчета через определенный период с помощью планировщика Oozie Coordinator.

Для удобства внутри проекта можно будет выделить несколько классов и пакетов: для загрузки данных, преобразования данных(маппинга) к объектам, обработки данных, для сохранения данных, а также ряд вспомогательных классов. Задача будет включать в себя набор unit тестов.

Главный класс будет принимать аргументы, необходимые для первичной инициализации ряда переменных, и реализовывать один метод для перехода по стадиям вычислений(stage) и сохранения результата.

Также для удобства необходимо создать набор вспомогательных функций, которые будут совершать следующие действия:

– разбиение периода на временные отрезки(слоты);
– операции для работы с временными слотами;
– операции для создания файлов в формате .xlsx.

2. Реализация

Для реализации проекта качестве языка программирования был выбран язык Scala. Возможности данного языка предоставляют все необходимые средства для реализации поставленных в данной работе целей и задач, а также хорошо подходит для работы с фреймворком Spark.

Проект состоит из классов, отвечающих за логику выполнения задачи, классов, необходимых для сохранения данных в формате .xlsx, и файлов конфигурации Oozie. Диаграмма классов представлена на рис. 1.

К списку файлов, отвечающих за логику выполнения задачи, то есть за загрузку, обработку и сохранение данных, относятся:

– Main – точка входа в приложение;
– Parameters –инициализация параметров задачи;
– DataLoad – этап загрузки данных из БД;

– DetailMigration – формирование данных детализации перехода пользователя на другую телепередачу;

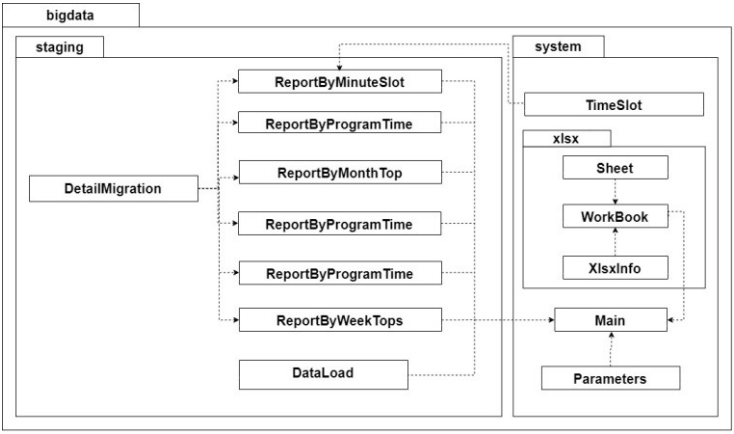


Рис. 1. UML-диаграмма классов программы

– ReportByMinuteSlot – формирование данных по минутному промежутку времени;
– ReportByMonthTops – формирование данных по топам за месяц;
– ReportByProgramTime – формирование данных по передачам;
– ReportByWeekTops – формирование данных по топам за неделю;
– ReportSlotMonthChannel – формирование данных статистики по телеканалам за месяц;
– ReportSlotMonthProgram – формирование данных статистики по передачам за месяц.

В данной задаче используется 2 сущности СУБД Hive:
– DimIptvChannelRightholders – сущность соответствия канала и правообладателя;
– DmIpTvViewingDetail – сущность детализации факта просмотра телепередачи.

Для сохранения данных в формате таблиц Microsoft Excel (.xlsx) предусмотрены два класса:
– Sheet – описывает логику создания листа таблицы;
– WorkBook – логика формирования файла .xlsx.

Для запуска координатора заданий Oozie необходимы следующие файлы:
– start_task – стартовый скрипт, необходимый для формирования директорий, создания таблиц в СУБД Hive, и запуска задания

Oozie job, непосредственно управляющего планированием задания;

- job.properties – файл конфигурации Oozie job;
- coordinator – файл описывает логику работы координатора
- workflow – необходим для передачи параметров исполняемому файлу.

Фрагмент реализации класса ReportSlotMonthProgram представлен в листинге 1.

Листинг 1

```
def apply(implicit spark: SparkSession, parameters:
Parameters, viewingDetailMonth: Dataset[Row]): DataFrame = {
    import spark.implicits._
    val dimIptvChannelRightholders =
DataLoad.dimChannelRightholders
    val aggCoverageAll = getAggCoverageAll(viewingDetailMonth)
    val detailMigration =
DetailMigration.applyWithFilter(viewingDetailMonth)
    val aggPrimary = getAggPrimary(detailMigration)
    val aggSumDurationChannel =
calcAggSumDurationChannel(viewingDetailMonth,
dimIptvChannelRightholders)
    finalJoin(
      aggPrimary,
      aggCoverageAll,
      aggSumDurationChannel
    ).filter('view_date ===
Constants.DATE_PATTERN.print(parameters.DATE_FIRST_DAY_MONTH))
    .coalesce(1)
    .orderBy("channel_name", "program_name")
  }

  def getAggCoverageAll(dmViewingDetail: DataFrame)(implicit
spark: SparkSession): DataFrame = {
    import spark.implicits._
    dmViewingDetail
      .select(
        'deviceid,
        trunc(to_date('view_start_time), "MM").as("view_date")
      )
      .groupBy(
        'view_date
      )
      .agg(
        countDistinct('deviceid).as("coverage_all")
      )
  }
```

Заключение

В результате работы была создана программа, которая формирует отчетные данные по просмотру IP-телевидения. Программа поэтапно выполняют действия:

- загрузка данных из СУБД Hive;
- обработка полученных данных;
- сохранение полученной статистики в формате .xlsx;
- периодический перезапуск расчета через определенный период с помощью планировщика Oozie Coordinator.

Список литературы

1. Хостманн, К. Scala для нетерпеливых / К. Хостманн. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 408 с.: ил.

2. Изучаем Spark: молниеносный анализ данных / Х. Карау Х. [и др.]. – М.: ДМК-Пресс, 2015. – 304 с.: ил.

3. Уайт, Т. Hadoop: Подробное руководство / Т. Уайт – СПб.: Питер, 2013. – 672 с.: ил.

4. The Apache Spark Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://spark.apache.org/docs/2.2.0/

5. The Apache Oozie Workflow Scheduler for Hadoop Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://oozie.apache.org/docs/4.2.0/

Параллельный алгоритм расчета объема молекул в модели твердых сфер

А. В. Данилова, email: danilova-anyav@mail.ru
С. В. Борзунов

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Разработана параллельная программа, позволяющая вычислять объем молекул в модели твердых сфер. Проведен анализ работы алгоритма при использовании технологии программирования систем с распределенной памятью MPI.*

Ключевые слова: *модель твердых сфер, метод Монте-Карло, статистическое моделирование, технология MPI.*

Введение

Для решения актуальных научно-технических задач в области моделирования физических и химических процессов в настоящее время все чаще используются суперкомпьютерные технологии. С помощью высокопроизводительных вычислительных систем удается добиться требуемой точности расчетов за приемлемое время выполнения программы, что является труднодостижимым при работе с традиционными последовательными компьютерными системами.

В частности, суперкомпьютерные технологии находят применение для расчета физико-химических свойств сложных соединений. Существуют базы данных, которые содержат информацию о строении молекул и их характеристиках. Цель работы заключается в том, чтобы по трехмерным моделям структур химических соединений, находящихся в этих базах, вычислять объем молекул.

Для выполнения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить один из способов расчета объема сложных химических соединений;
- Применение метода параллельного программирования, наиболее оптимального для поставленной цели;
- Создать программу, которая позволит вычислять объем сложных химических соединений;
- Проанализировать эффективность выбранного алгоритма.

© Данилова А. В., Борзунов С. В., 2019

1. Способ расчета объема молекул

В рамках нашей работы молекулы рассматриваются в модели твердых сфер [1], основными достоинствами которой служат простота и возможность находить численные значения макроскопических параметров системы.

Для вычисления объема молекулы применяется статистическое моделирование. Такой подход позволяет находить объем молекулы с известными радиусами атомов, формирующих эту молекулу, и координатами их центров. В основе статистического моделирования лежит метод Монте-Карло [2]. В качестве испытания рассматривается принадлежность произвольно выбранной точки заданной молекуле [3]. Фиксируется область пространства, которую занимает молекула, затем в полученной области случайным образом выбираются пробные точки, и вычисляется количество тех, которые принадлежат атомам. После проведения n испытаний объём молекулы рассчитывается как произведение объёма ограничивающей области на вероятность попадания пробных точек внутрь атомов. Согласно центральной предельной теореме, при большом числе пробных точек распределение вычисляемой случайной величины стремится к нормальному, что приводит к оценке погрешности вида $n^{-1/2}$. Следовательно, с увеличением числа пробных точек повышается точность вычислений.

2. Реализация параллельного способа вычислений

В связи с достаточно высокой вычислительной сложностью задачи, для ее решения будем использовать методы параллельного программирования. Так как статистические испытания являются независимыми, метод Монте-Карло легко реализуется на многопроцессорной вычислительной системе. Одной из наиболее распространенных технологий параллельного программирования является технология MPI, ориентированная на вычислительные системы с распределенной памятью [4].

Рассмотрим более подробно особенности программы, реализующей вычисление объема молекул в модели твердых сфер. Входными данными является текстовый файл, в котором построчно записана информация (радиус, координаты) о каждом атоме, принадлежащем рассматриваемой молекуле. Выходными данными является файл, в котором содержится вычисленный объём молекулы с указанием погрешности. Для поддержки межпроцессорного взаимодействия используются операции широковещательной рассылки MPI_Bcast() и редукции MPI_Reduce().

Программа имеет следующую структуру:

1. Считывание данных из текстового файла и их рассылка всем процессам с использованием операции MPI_Bcast().

2. Вычисление граничных координат и объёма ограничивающей области (операция производится на каждом процессе).

3. Проведение случайных испытаний на каждом процессе. В рамках программы используется генератор псевдослучайных чисел, встроенный в язык программирования С (линейный конгруэнтный ГПСЧ), который гарантирует нормальное распределение сгенерированной случайной величины. Количество испытаний, которые проводятся на каждом процессе, равно отношению необходимого числа испытаний к количеству процессов. Для каждого атома пробная точка проверяется на принадлежность данному атому и ведется подсчет точек, находящихся в молекуле.

4. Полученные на каждом процессе данные о количестве пробных точек, принадлежащих молекуле, собираются в виде суммы на главном процессе с помощью операции MPI_Reduce().

5. На главном процессе вычисляется объём молекулы и погрешность. Полученный результат записывается в текстовый файл.

В Листинг 1Листинг 1Листинг 1 представлена часть программного кода, отвечающая за проведение случайного испытания, сбор данных и вычисление объёма молекулы.

Листинг 1

Программный код

```
//Perform rejection sampling
long Count = 0;
for (unsigned long i = 0; i < n/numProc; i++)
{
   double* point = (double *)malloc(d * sizeof(double));
   for (int j = 0; j < d; j++)
      point[j] = CreateRand(space[j][0], space[j][1]);
      for (int j = 0; j < numAtoms; j++)
      {
      if (DistBetweenPoints(point, &coordinates[j*3]) <= \
radius[j] * radius[j])
         Count ++;
      }
      free(point);
}
//Receive results from processes and compute volume
MPI_Reduce(rank ? &Count : MPI_IN_PLACE, & Count, 1,\
MPI_LONG, MPI_SUM, 0, MPI_COMM_WORLD);
if (rank == 0)
{
  double volume = volSpace * (double) Count / (double)n;
  printf("(%lf +- %lf) 1e-30 m^3\n", volume, volume/sqrt(n));}
```

3. Анализ эффективности алгоритма

Технология MPI основана на передаче сообщений между процессами. С ростом числа процессов, с одной стороны, уменьшается время расчетов, а с другой стороны, увеличивается количество передач сообщений. В связи с этим при запуске программы необходимо выбрать оптимальное количество процессов для эффективного решения задачи.

Мы исследовали зависимость времени выполнения программы от количества процессов и числа пробных точек. При числе пробных точек, равном 1000 и 10 000, наблюдался следующий эффект: при небольшом количестве процессов было получено ускорение программы, большее единицы, но с увеличением числа процессов оно уменьшалось (Рис. 1.).

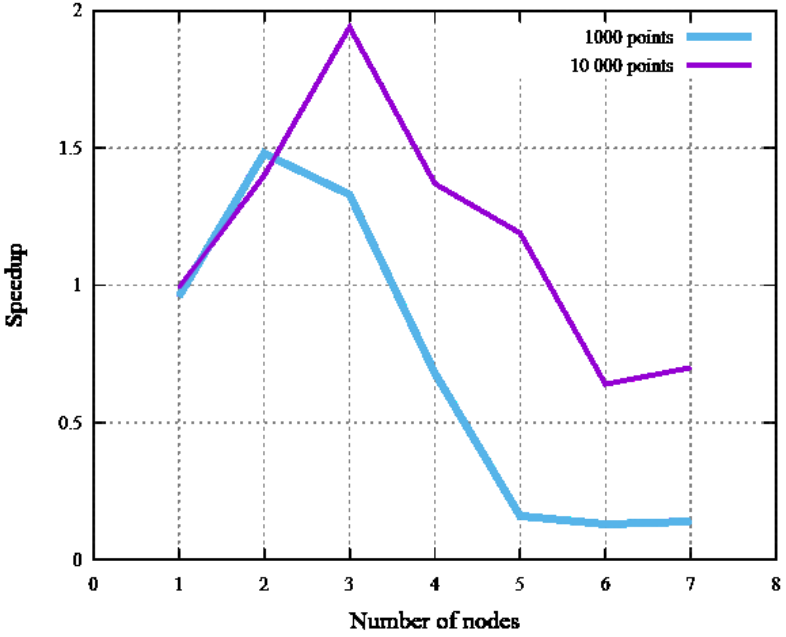


Рис. 1. График зависимости ускорения работы программы от количества используемых узлов

Это связано с тем, что время, затрачиваемое на пересылку данных, превосходит время вычислений (Рис. 2.).

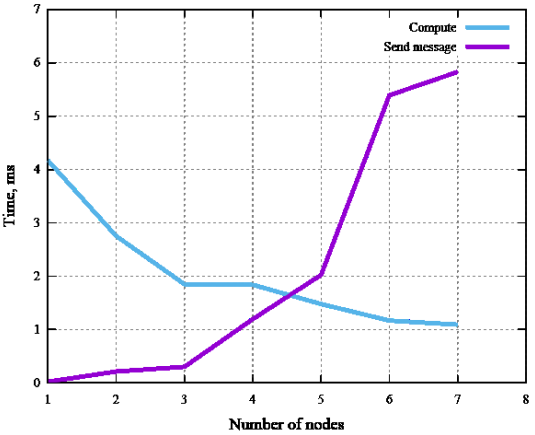


Рис. 2. График зависимости времени расчета и пересылки от количества узлов

Если увеличивать количество пробных точек, то время, необходимое для вычислений, также увеличивается, и как следствие, доля затрат на пересылку сообщений уменьшается. Так, если рассматривать миллион пробных точек, то время, необходимое для вычислений, превосходит время на пересылку, поэтому при увеличении числа процессов было получено ускорение работы, больше единицы (Рис. 3. и Рис. 4.).

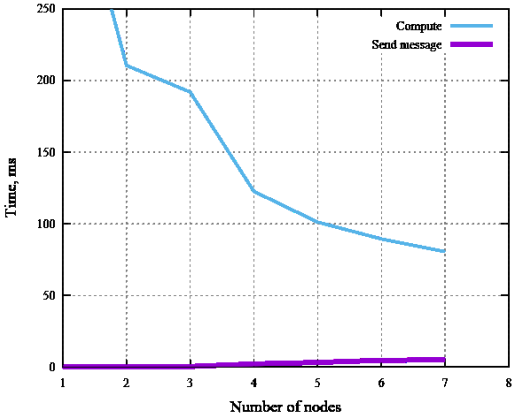


Рис. 3. График зависимости времени расчета и пересылки от количества узлов (10^6 пробных точек)

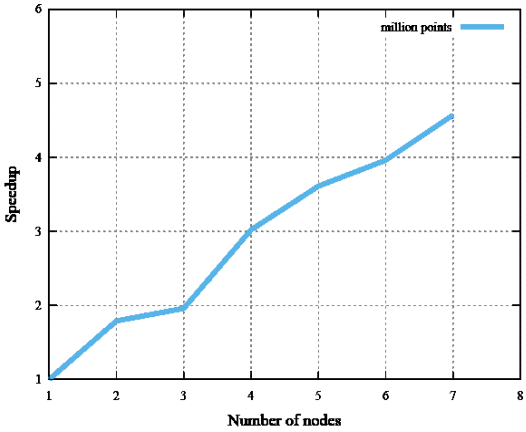


Рис. 4. График зависимости ускорения работы программы от количества используемых узлов (10^6 пробных точек)

Когда количество пробных точек достигает порядка 10^9, то ускорение работы программы оказывается близко к теоретическому максимуму, равному количеству вычислительных узлов (Рис. 5.).

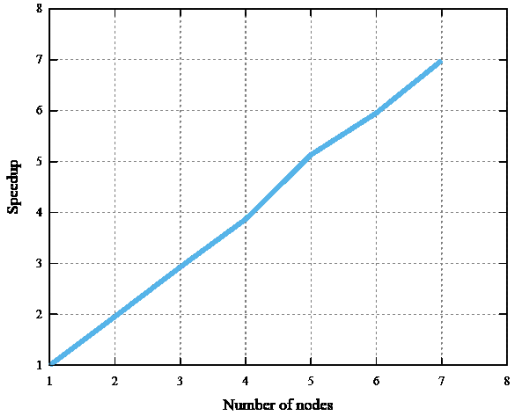


Рис. 5. График зависимости ускорения работы программы от количества используемых узлов (10^9 пробных точек)

Заключение

Разработана параллельная программа, позволяющая вычислять объем молекул в модели твердых сфер. Ускорение работы на

многопроцессорной системе по сравнению с последовательным случаем оказывается близко к теоретическому максимуму. Работа была выполнена с использованием высокопроизводительного компьютерного кластера Воронежского государственного университета [5].

Список литературы

1. Смирнов, Б.М. Модель твердой сферы в физике плазмы и газа / Б.М. Смирнов // Успехи физических наук. – 1982. – Т. 138. – № 3. – С. 517-533.

2. Kroese, D.P. Statistical Modeling and Computation / D.P. Kroese, J.C.C. Chan. – Springer, 2014. – 400 p.

3. Nielsen, F. Introduction to HPC with MPI for Data Science / F. Nielsen. – Springer International Publishing AG, 2016. – 282 p. – (Series: Undergraduate Topics in Computer Science).

4. Борзунов, С.В. Суперкомпьютерные вычисления: Практический подход / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. – СПб. : БХВ, 2019. – 256 с. – (Учебная литература для вузов).

5. Кургалин, С.Д. Суперкомпьютерные технологии в Воронежском государственном университете / С.Д. Кургалин, С.В. Борзунов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – Воронеж, 2018. – № 3. – С. 183-187.

Методы и система облачного параллельного программирования

В. Н. Касьянов, email: kvn@iis.nsk.su
Е. В. Касьянова, email: kev@iis.nsk.su

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН

Аннотация. *Доклад посвящен проекту CPPS, выполняемому в Институте систем информатики СО РАН при поддержке Российского научного фонда и направленному на разработку методов и системы облачного параллельного программирования.*

Ключевые слова: *аннотированное программирование, графовое представление программ, параллельное программирование, функциональное программирование, язык программирования.*

Введение

Современные подходы к разработке параллельных программ в основном являются архитектурно-ориентированными, когда для достижения эффективной работы создаваемые программы тесно связаны с архитектурами параллельных вычислительных систем, на которых они выполняются и, как правило, разрабатываются. Поэтому требования к квалификации разработчиков параллельных программ весьма высоки, тем более, что протестировать и отладить параллельную программу намного сложнее, чем последовательную, а проблема верификации параллельных программ весьма далека от решения не только практически, но и теоретически. Причем, лишь у узкого круга отечественных пользователей есть доступ к высокопроизводительной вычислительной технике, которая по числу суперкопьютеров и их суммарной мощности весьма уступает имеющейся в развитых странах и сосредоточена в сравнительно небольшом числе мест, вне которых разработка параллельных программ не ведется, но работает основная масса прикладных программистов.

Более того, в современной вычислительной технике идет постоянная смена архитектурных парадигм, что, в свою очередь, ведет к проблеме переносимости уже разработанных параллельных программ. Приходится постоянно адаптировать уже созданный продукт под изменившиеся аппаратные средства. Это обуславливается тем, что различные параллельные вычислительные системы имеют свойственные только им ресурсные ограничения, которые необходимо

© Касьянов В. Н., Касьянова Е. В., 2019

учитывать во время разработки программы. Проведение таких адаптаций является весьма интеллектуальной задачей, требующей существенного переписывания параллельных программ и выполнения практически заново их верификации и отладки. В результате адаптированные параллельные программы зачастую содержат новые ошибки и не являются столь эффективными, как хотелось бы и могло быть.

Доклад посвящен облачным методам и системе параллельного программирования CPPS, разрабатываемых в лаборатории конструирования и оптимизации программ Института систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН за счет гранта Российского научного фонда (проект 18-11-00118). Цель проекта — разработка языковых и программных средств, поддерживающих создание, верификацию и отладку архитектурно-независимых параллельных программ и их корректное преобразование в эффективный код параллельных вычислительных систем различных архитектур с помощью семантических преобразований.

1. Система параллельного программирования CPPS

Система CPPS разрабатывается как интегрированная облачная расширяемая интегрированная визуальная среда для параллельного программирования на языке Cloud Sisal [2], которая содержит как интерпретатор, поддерживающий диалоговое взаимодействие с пользователем при построении и отладке Cloud Sisal программы, так и оптимизирующий кросс-компилятор, осуществляющий построение параллельной программы по ее функциональной спецификации, заданной в виде Cloud Sisal программы.

Язык Cloud Sisal продолжает традицию предыдущих версий языка SISAL [1], оставаясь функциональным потоковым языком, ориентированным на написание больших научных программ, и расширяет их возможности средствами поддержки облачных вычислений. Функциональная семантика языка Cloud Sisal гарантирует детерминированные результаты для параллельной и последовательной реализации — то, что невозможно гарантировать для традиционных императивных языков, подобных языкам Фортран или С. Более того, неявный параллелизм языка Cloud Sisal снимает необходимость переписывания исходного кода при переносе его с одного вычислителя на другой. Гарантировано, что Cloud-Sisal-программа, правильно исполняющаяся на персональном компьютере, будет гарантированно правильно исполняться на любом высокоскоростном параллельном или распределенном вычислителе (супервычислителе).

При этом, методы аннотированного программирования [3] и конкретизирующих преобразований [4], поддерживаемые системой CPPS, позволят в рамках декларативного стиля программирования настраивать процессы адаптации переносимых параллельных программ на классы задач и архитектуру вычислителя при сохранении их корректности, а также получать более эффективный параллельный код за счет использования при адаптации знаний пользователя о задаче, программе и вычислителе, выраженные в аннотациях.

В рамках системы CPPS прикладной программист будет иметь возможность через браузер создавать, верифицировать и отлаживать Cloud-Sisal-программу в визуальном стиле и без учета целевого вычислителя, а затем с помощью оптимизирующего кросс-компилятора производить настройку отлаженной Cloud-Sisal-программы на тот или другой супервычислитель, доступный ему по сети, с целью достижения высокой эффективности исполнения получаемой параллельной программы, а также передавать построенную программу супервычислителю на счет и получать результаты.

Система CPPS использует внутреннее теоретико-графовое представление функциональных Cloud-Sisal-программ, которое ориентировано на их визуальную обработку и основано на атрибутированных иерархических графах [5]. Система CPPS будет поддерживать построение наглядных изображений графовых внутренних представлений Cloud-Sisal-программ и их использование при конструировании корректных функциональных программ [6]. Она будет также поддерживать визуализацию внутренних структур данных, возникающих в компиляторе при построении параллельных программ, и построение визуальных представлений динамических процессов, возникающих при исполнении построенных параллельных программ, и их использование для управляемой оптимизации с целью повышения рабочих характеристик параллельных программ, получаемых с помощью компилятора по их функциональным спецификациям.

2. Язык Cloud Sisal

Язык Cloud Sisal обладает обычными преимуществами языков функционального программирования, такими, как, например, однократное присваивание (т. е. каждая переменная в программе определяется только один раз), но содержит массивы и циклы, которые не присуще функциональным языкам.

Рассмотрим следующий фрагмент Cloud Sisal программы:

Листинг

```
type OneDim = array [..] of integer;
type TwoDim = array of OneDim;
function generate( N : integer
                    returns TwoDim, OneDim )
             for i in 1, N cross j in 1, N do
             returns array [.., ..] of i*j array of i+j
             end for
end function
```

Первые два строчки определяют имена типов для массивов. Заголовок функции «generate» показывает, что ожидается один целочисленный аргумент, «N», и вычисляются (возвращаются) два неименованных значения: двумерный и одномерный массивы целых чисел. Имена могут быть привязаны к этим возвращенным значениям в месте вызова функции, если это потребуется программисту.

В языке Cloud Sisal вызов любой функции семантически эквивалентен воспроизведению кода функции на месте вызова с соответствующей заменой параметров. Эта эквивалентность, часто называемая «ссылочной прозрачностью», является фундаментальным свойством функциональных языков и представляет собой одно из достоинств языка Cloud Sisal. Данное свойство в частности упрощает процессы анализа, выполняемые оптимизирующим компилятором, поскольку функции не имеют побочных эффектов и являются детерминированными. Другими словами, две любые функции могут выполняться параллельно, если между функциями не существует зависимости по данным, а одна и та же функция с одинаковыми фактическими параметрами всегда возвращает одинаковые значения.

В языке Cloud Sisal используется семантика «всегда завершаемых вычислений», что означает, что поток выполнения Cloud Sisal программы никогда не останавливается и всегда возвращает результирующее значение (возможно, содержащее значения «ошибка»), даже если возникают какие-либо ошибочные ситуации. Для этого, в каждом типе существует выделенное ошибочное значение, например, булевский тип состоит из значений истины (true), лжи (false) и ошибочного значения (error[boolean]).

Язык Cloud Sisal позволяет пользователю описывать известные ему семантические свойства программы в виде формализованных комментариев (аннотаций). Например, перед каждым выражением могут располагаться прагма «assert = булевское условие», содержащее условие, которое должно быть истинным сразу после вычисления выражения. Разрешается на месте булевского условия в прагме «assert» также использовать так называемое расширенное булевское условие, которое

имеет вид «(all имя : булевское условие : расширенное булевское условие)» или вид «(is имя : булевское условие : расширенное булевское условие)» и определяет область действия для заданного в нем имени. Например, расширенное булевское условие (all i : i>2 : A[i]=0) истинно, если равны нулю в массиве или потоке A все те его элементы, у которых индекс больше двух, а условие (is i : i>2 : A[i]=0) истинно, если в A существует хотя бы один нулевой элемент с индексом больше двух.

Заключение

В докладе речь шла о разработке методов и средств, которые открывают для широкого круга прикладных программистов реальный мир супервычислений, не требуя больших инвестиций в новые компьютерные системы, и позволяют разгружать существующие супервычислители от их неэффективного использования для конструирования и отладки параллельных программ. Кроме того, они повышают надежность создаваемых параллельных программ, поскольку позволяет формулировать решения задач на абстрактном уровне в декларативном стиле и без привязки к конкретным вычислительным ресурсам, а также проверять создаваемые параллельные программы с помощью формальных методов. При их использовании также нет необходимости выполнять построение, верификацию и отладку программы для решения одной и той же задачи каждый раз заново при переходе с одного супервычислителя на другой.

Список литературы

1. Gaudiot, J.-L. The Sisal project: real world functional programming / J.-L. Gaudiot, T. DeBoni, J. X. Feo, et al. // Lecture Notices in Computer Science. – 2013. – Vol. 1808. – P. 84-72.
2. Касьянов, В. Н. Язык программирования Cloud Sisal / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова. – Новосибирск, 2018. – 45 с. – (Препринт/ РАН, Сиб. отд-ние, ИСИ; N181).
3. Касьянов, В. Н. Аннотирование программ и их преобразование // Программирование.– 1989. № 4. – С. 3-16.
4. Касьянов, В. Н. Трансформационный подход к конкретизации программ // Кибернетика. – 1989. № 6. – С. 28-32.
5. Касьянов, В. Н. Иерархические графы и графовые модели: вопросы визуальной обработки // Проблемы систем информатики и программирования. – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 1999. – С. 7-32.
6. Касьянов, В. Н. Визуализация графовых представлений потоковых программ / В. Н. Касьянов, Т. А. Золотухин // GraphiCon 2018: труды 28-й Междунар. конф. по компьютерной графике и машинному зрению. – Томск: Нац. исслед. Том. политех. ун-т, 2018. – С. 134-137.

Научные исследования с использованием ресурсов Суперкомпьютерного центра Воронежского государственного университета

С. Д. Кургалин, email: kurgalin@bk.ru
С. В. Борзунов, email: sborzunov@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Работа посвящена описанию суперкомпьютерных ресурсов Воронежского государственного университета, продемонстрировано их использование при проведении научно-технических расчетов.*

Ключевые слова: *научные исследования, суперкомпьютер, параллельные вычисления, подготовка IT-специалистов.*

Введение

Решение актуальных научно-технических и прикладных задач, в их числе моделирование физических, химических, биологических и иных сложных процессов и объектов, прогнозирование в экономике и финансовом секторе, управление большими промышленными и транспортными комплексами и т.п. не обходится без привлечения высокопроизводительных компьютерных систем. Решение таких задач не может быть проведено на традиционных последовательных компьютерах из-за слишком большого времени выполнения программ и ограниченного объема доступной памяти. В связи с этим наличие в крупном университете высокопроизводительной вычислительной системы – суперкомпьютера – является, без сомнения, обязательным условием организации научных исследований фундаментального и прикладного характера, а также поддержки учебного процесса для высококачественной подготовки выпускников, востребованных на рынке труда.

В 2016 г. в Суперкомпьютерном центре (СКЦ) Воронежского государственного университета (ВГУ) начал работу новый суперкомпьютер с пиковой производительностью 39 Tflops, по тесту LINPACK – 28 Tflops. Он состоит из 10 узлов, каждый из которых имеет по два 12-ядерных процессора (всего 240 процессорных ядер), в каждом по 128 Гбайт оперативной памяти и по SSD диску в 256 Гбайт. Из них 7 узлов содержат по 2 ускорителя Intel®Xeon Phi™, а 3 остальных — по 2 ускорителя NVIDIA Tesla. Все узлы объединены высокоскоростной

© Кургалин С. Д., Борзунов С. В., 2019

сетью InfiniBand 40 Гбит/с. Кроме того, в его состав входит управляющий узел, который также является и сервером для хранения файлов. Последний имеет два 6-ядерных процессора, 64 Гбайт оперативной памяти и дисковую подсистему объемом 48 Тбайт.

Начало этапа развития вычислительной техники в ВГУ, связанное с использованием параллельных вычислений и суперкомпьютерных технологий, было положено в 2002 г., когда на кафедре цифровых технологий факультета компьютерных наук был установлен первый в регионе 20-процессорный высокопроизводительный кластер с пиковой производительностью 28 Gflops. В то время компьютерный кластер по своим параметрам входил в Top50 кластерных установок России и СНГ.

В 2010 г. на основании достигнутого уровня вычислительной техники и суперкомпьютерных технологий ВГУ был принят в состав Суперкомпьютерного консорциума университетов России. В состав Суперкомпьютерного центра входят два компьютерных кластера:

- основной – новый суперкомпьютер;
- второй компьютерный кластер, который используется в учебных целях.

В настоящее время программное обеспечение СКЦ включает:

- набор компиляторов GCC и Intel, включающих в себя компиляторы C, C++, Fortran;
- средства параллельного запуска программ Intel®MPI;
- программу для расчета структуры и свойств молекулярных систем Gaussian 09;
- компилятор Python 2.7 и расширения NumPy, SciPy, Scikit-learn, Mathplotlib и др.

Также используется программное обеспечение: Abinit, ASE/GPAW, Quantum Espresso, ELK, Exciting, Siesta, Gromacs, а для квантово-химических расчетов – библиотеки обменно-корреляционных функционалов libxc и libvdwxc, программы для анализа распределения зарядов и электронной плотности Bader, Wannier90, имеющие поддержку скриптов языка программирования Python. Доля открытого программного обеспечения, распространяющегося по лицензии GPL и её производным, составляет около 90%.

Вычислительная система управляется ОС Linux CentOS 7, что позволяет устанавливать широкий спектр научных и прикладных программ. Доступ к ресурсам суперкомпьютера производится удаленно, через сеть ВГУ или по сети Интернет.

При выборе аппаратных средств и системного программного обеспечения суперкомпьютера учитывалось назначение системы (научно-технические разработки и использование в учебном процессе),

актуальность материально-технической части в среднесрочной перспективе, простота обслуживания. Поскольку многие из вычислительных систем, занимающих верхние строчки списка Top500 самых мощных суперкомпьютеров мира, относятся к гибридному типу, то есть совмещают в своем составе как классические центральные процессоры (CPU), так и графические подсистемы (GPU), было принято решение включить в состав суперкомпьютера графические подсистемы – ускорители NVIDIA Tesla и Intel®Xeon Phi™.

Для распределения ресурсов кластерных и суперкомпьютерных систем применяется специальное программное обеспечение промежуточного уровня. На суперкомпьютере ВГУ установлен один из популярных представителей такого программного обеспечения – Slurm Workload Manager – планировщик заданий для кластеров под управлением операционной системы Linux, ориентированный на работу с современными высокопроизводительными компьютерными системами. Основные функции Slurm: организация доступа пользователей к вычислительным ресурсам в соответствии с политикой предоставления ресурсов; исполнение параллельных задач на выделенных для работы узлах системы; формирование и поддержка очереди задач пользователей.

Научные исследования с использованием суперкомпьютерных технологий ведутся в ВГУ с момента начала работы в 2002 г. первого высокопроизводительного параллельного компьютерного кластера [1]. Сразу же на его основе был создан учебно-научный образовательный комплекс и разработана система защиты удаленного доступа к его ресурсам. С этого времени на факультете компьютерных наук ВГУ непрерывно ведется подготовка специалистов и повышение квалификации в области суперкомпьютерных технологий [2-4]. Одновременно проводились работы по освоению GRID-технологий и по включению параллельного кластера в сеть GRID. Создан комплекс параллельных программ для моделирования физических, химических и др. процессов, в особенности, для решения ядерно-физических задач, когда разработанные методы расчета [5-8] были реализованы с применением суперкомпьютерных технологий [9-11]. Так как ВГУ входит в состав Суперкомпьютерного консорциума университетов России, то при создании программного обеспечения для научных исследований был использован опыт других ведущих университетов.

Использование ресурсов СКЦ ВГУ для научных вычислений включает в себя в настоящее время решение круга важных проблем в области физики, химии, биологии, медицины и техники. Среди исследований такого рода можно выделить: изучение атомных

процессов, индуцированных полем интенсивного лазерного излучения; исследование генерации высоких гармоник оптического излучения, вызванного ионизацией атомов короткими лазерными импульсами; расчет статических электрических дипольных поляризуемостей и расчет деформации молекул лазерным излучением; моделирование адсорбции водорода на поверхности металлов; изучение динамических характеристик макромолекул линейного и звездообразного строения в расплаве методом молекулярной динамики; суперкомпьютерное моделирование пространственной и электронной структуры наносистем; моделирование в микрофотонике (фотонная зонная структура, плотности электромагнитных состояний в фотонно-кристаллических системах); моделирование колебательных мод и упругих характеристик в наномеханике; квантово-химическое моделирование переноса ионов в ионообменных мембранах; моделирование искусственных нейроподобных структур для создания систем искусственного интеллекта; реализацию методов моделирования формирования углеродных наноструктур в плазме. Проведен расчет деформации трехатомных молекул лазерным излучением и определено ее влияние на их туннельную ионизацию таким излучением, а также выполнен расчет поляризуемостей деформированных молекул многоконфигурационными методами. При этом колебательные параметры молекул получены многоконфигурационными методами при отсутствии экспериментальных значений. Исследованы геометрические характеристики и частоты колебаний молекул в сильном лазерном поле.

Использование ресурсов Суперкомпьютерного центра ВГУ позволило накопить значительный опыт в управлении высокопроизводительными системами, предоставило возможность решать важные ресурсоемкие задачи естественных наук и организовать на высоком научно-методическом уровне подготовку и повышение квалификации специалистов в области информационных технологий.

Список литературы

1. Кургалин, С. Д. Высокопроизводительный вычислительный кластер Воронежского госуниверситета / С. Д. Кургалин, В. С. Александров, С. В. Побежимов // Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах : материалы 2-го Международ. науч.-практ. семинара. – Нижний Новгород, 2002. – С. 174-176.

2. Борзунов, С. В. Практикум по параллельному программированию / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин, А. В. Флегель. – Санкт-Петербург : БХВ, 2017. – 236 с. – (Серия: Учебная литература для вузов).

3. Борзунов, С. В. Суперкомпьютерные вычисления: практический подход / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. – СПб. : БХВ, 2019. – 256 с. – (Серия: Учебная литература для вузов).

4. Kurgalin, S. A Practical Approach to High-Performance Computing / S. Kurgalin, S. Borzunov. – Cham : Springer, 2019.

5. Кадменский, С. Г. Облегченные α-переходы деформированных ядер / С. Г. Кадменский, С. Д. Кургалин // Известия Академии наук СССР. Серия физическая, 1980. – Т. 44. – № 9. – С. 1955-1963.

6. Кургалин, С. Д. Распределения 6q-флуктонов в ядрах и кварковое усиление жестких процессов с вылетом дейтрона / С. Д. Кургалин, Ю. М. Чувильский // Ядерная физика. – 1989. – Т. 49. – № 1. – С. 126-134.

7. Кадменский, С. Г. Оптические потенциалы составных частиц и классификация распадов с испусканием тяжелых кластеров / С. Г. Кадменский, С. Д. Кургалин, В. И. Фурман и др. // Ядерная физика. – 1990. – Т. 51. – № 1. – С. 50-61.

8. Замятнин, Ю. С. Где искать новые примеры кластерного распада? / Ю. С. Замятнин, С. Г. Кадменский, С. Д. Кургалин и др. // Ядерная физика. – 1994. – Т. 57. – № 11. – С. 1981-1994.

9. Кургалин, С. Д. Технологии высокопроизводительных параллельных вычислений в научных исследованиях и учебном процессе вуза / С. Д. Кургалин // Известия ОрелГТУ. Серия «Информационные системы и технологии». – 2004. – № 2(3). – С. 115-119.

10. Гнилозуб, И. А. Свойства альфа-частичных решений многонуклонной задачи / И. А. Гнилозуб, С. Д. Кургалин, Ю. М. Чувильский // Ядерная физика. – 2006. – Т. 69. – № 6. – С. 1043-1059.

11. Gnilozub, I. A. Few-cluster solutions of many-fermion problem / I. A. Gnilozub, Yu. M. Tchuvil'sky, S. D. Kurgalin // Nuclear Physics A. – 2007. – Т. 790. – № 1-4. – С. 687-690.

Интерфейс для взаимодействия с ресурсами Суперкомпьютерного центра ВГУ

Н. В. Пауков, e-mail: nic.paukov@yandex.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматривается разработка интерфейса для взаимодействия пользователей с Суперкомпьютерным центром ВГУ. Проведено исследование актуальных проблем, с которыми сталкиваются пользователи центра. Созданный интерфейс позволяет оптимизировать процесс запуска вычислительных задач, а также автоматизировать рутинные и наиболее частые действия.*

Ключевые слова: *Суперкомпьютеры, администрирование, кластер.*

Введение

Появление научных и технических задач, которые имеют крайне высокую вычислительную сложность и с трудом поддаются решению традиционными вычислительными системами, а также достигнутый прогресс в области компьютерной техники привели к возникновению новой отрасли – суперкомпьютерных технологий.

В настоящее время суперкомпьютерные технологии стремительно развиваются и находят все более широкое применение в различных сферах человеческой жизни. Благодаря их внедрению успешно решаются задачи обработки больших объемов данных, моделирования различных процессов, статистики, молекулярных расчетов, синтеза лекарственных средств. Использование суперкомпьютерных ресурсов также открывает большие перспективы для исследований и разработок в области искусственного интеллекта.

В целях соответствия современным технологическим тенденциям в Воронежском государственном университете в 2011 году был образован Суперкомпьютерный центр, а в 2017 году был введен в эксплуатацию новый вычислительный кластер с гибридной CPU/GPU архитектурой и производительностью до 39 Тфлопс (операций с плавающей запятой в секунду) [1].

Однако наличие соответствующей аппаратной базы является лишь одним из компонентов эффективной вычислительной системы. Немаловажную роль играет используемое программное обеспечение, включающее операционную систему, установленную на каждом из

© Пауков Н. В., 2019

узлов кластера, средства синхронизации и передачи сообщений между узлами, а также инструменты планирования и организации очереди задач с разделением доступа к ресурсам между пользователями.

В отличие от программ для рабочих станций, суперкомпьютеры часто проектируются для одновременного выполнения большого числа не интерактивных программ, то есть программ, для которых входные данные передаются в момент их запуска и не запрашиваются в процессе работы у пользователя. Перед непосредственным выполнением такие программы регистрируются в очереди задач. Для достижения максимальной эффективности вычислений операционная система суперкомпьютера и планировщик должны обеспечивать одновременную работу большого числа пользователей, а также оптимально определять порядок выполнения задач в очереди так, чтобы максимально сократить время их выполнения и избежать простаивания вычислительных узлов.

В качестве операционной системы используется дистрибутив Linux CentOS 7. Также установлено программное обеспечение для управления очередями задач – Slurm Workload Manager [2].

Можно выделить два основных направления деятельности пользователей кластера. Во-первых, исследовательская деятельность, связанная с высокопроизводительными вычислениями, а во-вторых – научно-методическая деятельность, ориентированная на изучение параллельных алгоритмов и способов администрирования суперкомпьютерных систем [3].

Многие пользователи, особенно те из них, кто не имеет профильного IT-образования, на первоначальном этапе работы с суперкомпьютером сталкиваются с проблемой наличия большого количества рутинных действий, которые регулярно необходимо выполнять в процессе работы с ресурсами кластера. Среди этих действий можно выделить создание программного кода, его компиляцию и создание объектных файлов, подготовку скриптов для системы Slurm, копирование файлов с входными данными, мониторинг очереди задач и получение результатов вычислений.

Наличие данных проблем приводит к необходимости разработки удобного пользовательского интерфейса, который облегчит доступ к ресурсам суперкомпьютера и позволит тратить большую часть времени именно на работу с алгоритмами вычислений, а не на организацию их выполнения.

Исходя из данной необходимости, был создан первоначальный вариант такой системы, которая поддерживала следующие функции: просмотр текущего состояния очереди вычислительных задач,

добавление в очередь новых задач. Система была реализована в виде Web-приложения с клиент-серверной архитектурой [4].

В данной работе рассматривается архитектура созданной системы взаимодействия пользователей с ресурсами Суперкомпьютерного центра ВГУ, повышается уровень безопасности и выполняется расширение функциональности по запросам пользователей, а также описываются дальнейшие пути её совершенствования.

Одним из основных требований пользователей является интуитивность и доступность созданного интерфейса, поэтому внимание уделяется совершенствованию клиентской части приложения. Также важным направлением развития становится разработка гибкой системы ограничений и прав доступа пользователей к ресурсам, настраиваемой администратором (ограничение максимального количества ресурсов, выделенных пользователю и их резервирование).

При добавлении новой функциональности также учитывается опыт подобных разработок в этой сфере [5,6].

1. Архитектура Web-приложения

Web-интерфейс к кластеру реализуется как клиент-серверная система, в которой сервер отвечает за взаимодействие с управляющим узлом кластера. Клиент посылает запросы серверу и не обращается к кластеру напрямую, при этом под клиентом понимается конечный пользователь системы, либо программное обеспечение, взаимодействующее с сервером. По умолчанию предполагается, что пользователь для обращения к создаваемому интерфейсу использует Web-браузер. Схема данной архитектуры продемонстрирована на рис. 1.

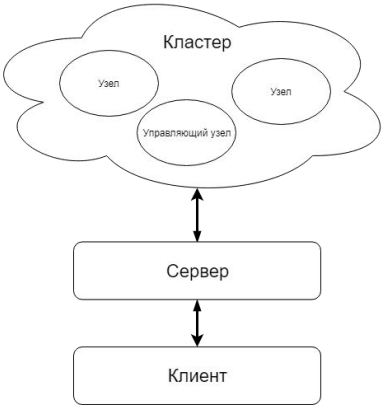


Рис. 1. Архитектура Web-приложения

На серверной стороне приложения в качестве основного языка программирования был выбран язык программирования PHP в сочетании с системой управления базами данных MySQL. На стороне браузера конечного пользователя используются языки разметки HTML, CSS, а также скриптовый язык JavaScript в сочетании с технологией AJAX.

2. Архитектура серверной части

Взаимодействие сервера с кластером реализуется с использованием протоколов SSH и SCP. SSH позволяет устанавливать соединение с управляющим узлом кластера, выполнять команды терминала, а также шифровать передаваемые данные. Протокол SCP служит для организации защищенного механизма обмена файлами между файловыми системами кластера и сервера.

Для авторизации на стороне управляющего узла кластера вместо SSH-ключей используются пары логин-пароль. Данное решение позволяет избежать необходимости хранения файлов ключей в файловой системе сервера и их возможной компрометации.

В процессе проектирования архитектуры серверной части было принято решение использовать паттерн MVC (Model-View-Controller), который позволяет отделить представление от данных и логики работы с ними [7].

Структура паттерна продемонстрирована на рис. 2.

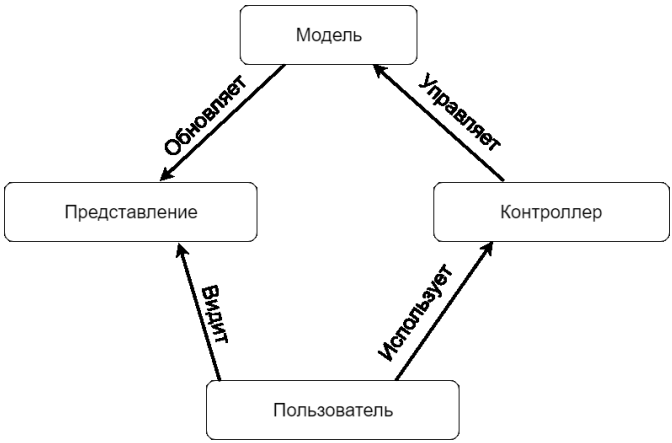


Рис. 2. Паттерн Model-View-Controller

В процессе реализации данного паттерна создаются модели, которые отвечают за логику обработки данных. В создаваемой системе в

качестве моделей были выделены модели для работы с данными пользователей, для анализа данных о состоянии кластера и общей очереди задач, для работы с задачами пользователя.

Контроллеры отвечают за обработку действий пользователя и в зависимости от них отправляют запросы о необходимости получения или изменения данных соответствующим моделям. Каждый контроллер может обрабатывать один или несколько типов запросов пользователей. Так, в процессе декомпозиции разрабатываемого приложения, в качестве основных контроллеров выделены: контроллер для работы с аккаунтом пользователя (авторизация, завершение сессии, просмотр и редактирование личных данных), контроллер для управления очередью задач, контроллер для создания вычислительных задач и управления ими. Также существуют контроллеры, отвечающие за раздел отправки вопросов администратору, за обработку запросов на несуществующие страницы.

Представление отвечает за отображение полученных и обработанных данных конечному пользователю. Для Web-интерфейса представление создаётся в терминах HTML-разметки с динамической вставкой данных на соответствующие им позиции. В качестве средств для шаблонизации используются встроенные средства языка программирования PHP (встраиваемый код и альтернативный синтаксис для управляющих конструкций).

Также для поддержания взаимной независимости логики и представлений при принятии стандарта оформления кода был сформулирован запрет на встраивание в файлы шаблонов кода, содержащего логику приложения или изменяющего отображаемые данные.

Листинг 1

Код, удовлетворяющий заданным ограничениям

```
<?php foreach ($queue as $task) : ?>
  <tr>
    <td><?php echo $task['id']; ?></td>
    <td><?php echo $task['name']; ?></td>
  </tr>
<?php endforeach; ?>
```

Благодаря независимости логики и представления существует возможность быстро заменять один вариант представления на другой, что позволяет при необходимости легко реализовать несколько различных интерфейсов, отличающихся только форматом отображения готовых данных. Таким интерфейсом может быть, к примеру, мобильное приложение, которое будет запрашивать необходимые данные у сервера.

Взаимодействие сервера и различных клиентов организуется с использованием архитектурного стиля REST (Representational State Transfer), в число основных особенностей которого входят:

– Отсутствие состояния, то есть сервер не хранит состояние клиента между запросами. Предполагается, что каждый запрос является самостоятельным и содержит все данные, необходимые серверу для составления ответа.

– Единообразный стиль запросов к различным компонентам системы, будь то необходимость получить список выполняемых задач на кластере или потребность изменить адрес электронной почты пользователя.

Применительно к Web-разработке и протоколу HTTP, при реализации REST API для приложения предлагается использовать типы HTTP-запросов POST, GET, PUT и DELETE, которые будут соответствовать операциям добавления, получения, изменения и удаления данных [7].

Также одним из преимуществ REST является то, что возврат ответа на такой запрос может быть реализован в произвольном формате. К примеру, можно организовать обмен данными между клиентом и сервером в форматах HTML, XML или JSON в зависимости от типа и требований клиента.

Для настройки правил переадресации, переопределения страниц с ошибками (404, 500 и т.д.) и установки других параметров применяется файл конфигурации Apache .htaccess.

Для организации ядра приложения был реализован набор основных и вспомогательных подсистем и классов в них. Так, были написаны классы, абстрагирующие работу с данными запроса пользователя, классы для маршрутизации запросов, обработки URL, работы с сущностями базы данных, авторизации и поддержания сессии, кэширования и работы с MVC-сущностями.

В MySQL базе данных создаваемого приложения хранятся различные вспомогательные данные, которые нельзя получить напрямую с кластера, которые были получены от пользователя или накоплены в результате подсчета статистических характеристик.

Обработка запроса пользователя производится в несколько этапов:

1. Производится анализ запроса, в результате которого выделяется название контроллера и выполняемого действия, а также создаётся список передаваемых в запросе параметров.

2. Происходит попытка загрузки контроллера, создания объекта и вызова метода, соответствующего выполняемому действию. В случае отсутствия заданного контроллера или действия происходит

переадресация на страницу ошибки 404. Если пользователь запрашивает доступ к элементам приложения, не пройдя процедуру авторизации, совершается переадресация на соответствующую страницу входа.

3. Выполняется метод контроллера, в котором происходит непосредственно обработка запроса.

4. Полученные в результате процесса обработки выходные данные отправляются клиенту в качестве ответа сервера.

При разработке системы также был использован ряд библиотек с открытым исходным кодом, которые выполняют различные вспомогательные задачи.

Одной из важнейших задач при обработке пришедших от пользователя данных является их валидация, то есть проверка на корректность, согласованность и соответствие возможным ограничениям. Для валидации данных в разрабатываемом приложении используется популярная PHP-библиотека Respect\Validation, которая позволяет удобным образом задавать сложные правила проверки данных и получать результаты этой проверки, в случае отрицательного результата которой пользователю предлагается исправить допущенные ошибки. Поддерживается задание составных правил проверки данных, обработка разных типов данных, включая массивы, время и дату, адреса электронной почты, номера телефонов и другое.

Листинг 2

Проверка допустимости логина пользователя

```
use Respect\Validation\Validator as v;

$loginValidator = v::alnum()->noWhitespace()->length(4,15);
$loginValidator->validate('testUser');
```

Так как в системе одной из необходимых возможностей является отправка электронной почты, например, в случае рассылки уведомлений или отправки вопроса администратору, для реализации данной возможности используется библиотека PHPMailer. Данная библиотека поддерживает рассылку писем на несколько адресов, задание текста письма в формате HTML, прикрепление файлов в качестве вложений, работу с кодировкой UTF-8 и другие полезные функции.

Для установки SSH-соединения на стороне сервера используется библиотека PHP Secure Communications Library.

3. Архитектура клиентской части

На стороне клиента в качестве основы для построения пользовательского интерфейса в браузере используется популярная библиотека Bootstrap, представляющая набор HTML, CSS и JavaScript

инструментов для быстрого построения удобных, отзывчивых и адаптивных Web-интерфейсов.

Вместе с Bootstrap применяется свободный шаблон для построения интерфейсов панелей управления Notika, который включает в себя набор стилей для наиболее часто используемых элементов интерфейса, таких как кнопки, поля ввода, таблицы и меню.

Для повышения эффективности написания исходного кода клиентской части используется потоковая система автосборки Gulp.JS с применением целого ряда различных плагинов и инструментов, среди которых можно выделить следующие:

– Pug (шаблонизатор, который позволяет генерировать HTML-код на основе минималистичного языка разметки).

– Stylus - CSS-препроцессор, имеющий упрощенный по сравнению с оригинальным CSS синтаксис и поддерживающий переменные, функции, наследование стилей и различные управляющие конструкции, такие как циклы и проверка условий.

– UglifyJS и CSSMin, используемые для сжатия и оптимизации JS и CSS кода.

Использование данных инструментов позволяет упростить процесс кроссбраузерной и адаптивной верстки, а также служит целям оптимизации, предоставляя в результате работы оптимизированные и сжатые файлы, что ускоряет процесс загрузки страницы и снижает количество обращений к серверу.

Очень удобной для конечного пользователя также является технология AJAX, которая позволяет выполнять запросы к серверу, получать ответы и обновлять содержимое страницы в браузере, не выполняя её перезагрузки, что делает интерфейс более дружественным (рис. 3).

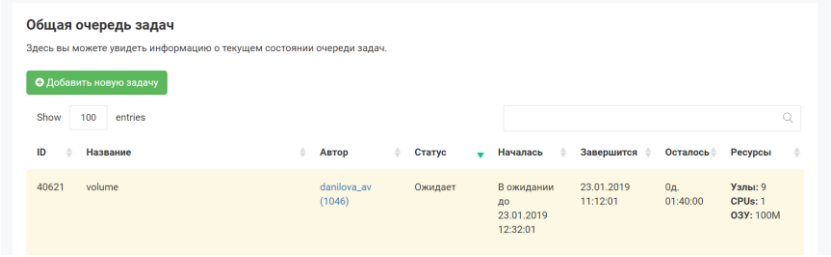


Рис. 3. Просмотр очереди задач

Заключение

В данной работе рассмотрена архитектура интерфейса для взаимодействия с ресурсами Суперкомпьютерного центра ВГУ, в которой проведена оптимизация кодовой базы и работа над повышением уровня безопасности. Исходя из запросов пользователей, выполнено расширение функциональности, заключающееся в добавлении новых параметров запуска задач и просмотра статистики загруженности кластера.

В ближайшее время планируется реализовать интерактивную справочную систему для пользователей суперкомпьютера, а также начать разработку собственного модуля распределения и резервирования ресурсов для системы Slurm.

Литература

1. Кургалин, С. Д. Суперкомпьютерные технологии в Воронежском государственном университете / С.Д. Кургалин, С.В. Борзунов // Вестник Воронежского госуд. ун-та. Сер.: Проблемы высшего образования. – 2018. – №. 3. – С. 183-187.
2. Борзунов, С.В. Суперкомпьютерные вычисления: практический подход / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. – СПб. : БХВ, 2019. — 256 с.: ил. – (Учебная литература для вузов).
3. Борзунов, С.В. Практикум по параллельному программированию / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин, А.В. Флегель. – СПб. : БХВ, 2017. – 236 с. – (Учебная литература для вузов).
4. Пауков, Н.В. Пути оптимизации взаимодействия пользователей с Суперкомпьютерным центром ВГУ / Н.В. Пауков, С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : Сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17-19 декабря 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. – С. 430-433.
5. Воеводин, В.В. Octoshell: система для администрирования больших суперкомпьютерных комплексов / В.В. Воеводин, С.А. Жуматий, Д.А. Никитенко // Суперкомпьютерные дни в России 2015: труды международной научной конференции (28-29 сентября 2015 г., г. Москва). – 2015. – С. 69.
6. Городничев, М. А. HPC Community cloud: эффективная организация работы научно-образовательных суперкомпьютерных центров / М.А. Городничев, В.Э. Малышкин, Ю.Г. Медведев // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2013. – №. 3. – С. 91-96.
7. Nixon, R. Learning PHP, MySQL & JavaScript: With jQuery, CSS & HTML5 (Learning PHP, MySQL, JavaScript, CSS & HTML5) / R. Nixon. – 2018. – 832 p.

Проверка теоретико-числовых гипотез на системах с распределённой памятью

М. А. Теплякова, email: temarales@gmail.com
В. А. Ушаков, email: aurel.vu@ya.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе представлен способ распараллеливания алгоритмов для проверки теоретико-числовых гипотез на системах с распределённой памятью с использованием технологии MPI.*

Ключевые слова: *MPI, гипотеза Коллатца.*

Введение

Исследование теоретико-числовых гипотез в современной математике играет важнейшую роль, как и, в целом, весь раздел математики, посвящённый теории чисел. Несмотря на кажущуюся простоту формулировок ещё не доказанных гипотез в этой области математики, их доказательство или же опровержение не является тривиальной задачей.

Для того чтобы предоставить исследователю возможность получить больше сведений о той или иной теоретико-числовой гипотезе часто применяются численные методы и привлекаются обширные вычислительные ресурсы. В настоящей работе представлен вариант подобного программного обеспечения, позволяющего производить проверку теоретико-числовых гипотез. В качестве примера была выбрана теоретико-числовая гипотеза «$3N + 1$».

Теоретико-числовая гипотеза «$3N + 1$», еще не получившая окончательного решения [1], заключается в следующем. Члены рекуррентной последовательности $\{a_n\}$ определены для всех $n > 1$ в соответствии с правилом: если предыдущий член последовательности $a_n - 1$ кратен двум, то $a_n = a_n / 2$, в противном случае $a_n = 3a_n + 1$. Гипотеза «$3N + 1$» гласит, что на некотором шаге этой процедуры с номером f неизбежно возникнет значение $a_f = 1$ или, другими словами, возникнет циклическое повторение членов последовательности 4, 2, 1. Сформированная таким образом последовательность $\{a_n\}$ известна под названием «последовательность Коллатца».

В представленной работе описан способ проверки указанной гипотезы на вычислительных системах с распределённой памятью.

© Теплякова М. А., Ушаков В. А., 2019

Проверка данной гипотезы с помощью вычислительных устройств подразумевает отыскание контрпримера, т.е. отыскание последовательности, заданной общим правилом, но не приводящей к циклу 4, 2, 1.

Гипотеза «3N + 1» была предложена венгерским математиком Л. Коллатцем в 1930 году, но его исследования были опубликованы лишь годы спустя. В семидесятых годах исследования проводились в Массачусетском технологическом институте. Именно там впервые были применены численные методы для изучения последовательность Коллатца, сводящиеся к отысканию контрпримера для данной последовательности и изучению её свойств. Значительный вклад в исследование данной проблемы внёс также Дж. Лагариас [1,2], он систематизировал все имеющиеся на середину 80-х годов сведения о последовательности Коллатца.

В настоящее время данная гипотеза всё ещё является недоказанной и представляет одну из интереснейших проблем современной математики.

1. Постановка задачи

1. Для создания параллельной версии алгоритма проверки теоретико-числовых гипотез для систем с распределённой памятью была использована технология MPI [3]. Работа была выполнена с использованием высокопроизводительного компьютерного кластера Воронежского государственного университета [4].

2. В самом алгоритме реализована возможность расчёта членов последовательности Коллатца для диапазона чисел из отрезка [L_1, L_2], а также возможность получения сведений о длинах данных последовательностей до величины $a_f = 1$.

2. Реализация алгоритма

Основная часть алгоритма продемонстрирована в листинге 1. Распараллеливание в данной области реализовано с помощью технологии MPI, а именно: при помощи функции MPI_Init() объявляется начало параллельной области, далее происходит выделение памяти для массива длин последовательности на главном узле. Длины последовательности считаются отдельно на различных узлах, каждый узел отвечает за свой промежуток заданных чисел. Заранее полагается, что длина delta задаваемого промежутка чисел от L1 до L2, для которого и рассчитывается последовательность Коллатца, будет кратен количеству используемых процессоров size, что упрощает разделение задач между процессорами. Каждый процессор, имеющий собственный индивидуальный номер, хранящийся в переменной rank,

сохраняет посчитанные длины в свой массив. Объединение данных массивов происходит после основной части вычислений с помощью функции MPI_Gather().

Листинг 1

```
for (p = rank * delta / size; p < delta; p++)
            {
                    a = p;
                    a += L1;
                    length = 0;
                    while (a != 1)
                    {
                            if (a%2 == 0) {
                                    a /= 2;
                            }
                            else
                            {
                                    a *= 3;
                                    a++;
                            }

                            length++;
                    }
                    local_length_array[i] = length;
                    i++;
            }


      MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD);
      MPI_Gather(local_length_array, delta/size, MPI_INT,
length_array, delta/size, MPI_INT, 0, MPI_COMM_WORLD);
```

Для проверки числовых гипотез на числах большого порядка необходимо было бы применить библиотеку GMP, либо же любую иную подобную ей, но в связи с тем, что пересылки сообщений между процессорами в MPI крайне дорогая операция, то использование библиотек длинных чисел в данном случае не является оптимальным решением. Т.е. полученный алгоритм может служить для сбора статистических данных лишь для конечного множества чисел, однако при этом нагрузка между узлами является равномерно распределённой, что более приемлемо в условиях ограниченных ресурсов на кластере, нежели большая нагрузка на единственный узел.

В приведённом выше листинге операции внутри цикла *for* могут быть заменены на любые иные, соответствующие прочим числовым последовательностям, требующим исследования, что не повлияет, в свою очередь, на эффективность распараллеливания программы.

Заключение

В ходе проделанной работы был создан параллельный алгоритм для проверки теоретико-числовой гипотезы Коллатца на системах с распределённой памятью. Полученные нами результаты численных экспериментов не выявили контрпримеров к данной гипотезе на исследованных подмножествах множества натуральных чисел.

Список литературы

1. Lagarias, J. The 3x+1 problem and its generalizations / J. Lagarias // American Mathematical Monthly. – 1985. – Vol. 92. – P. 3-23.
2. Хэйес, Б. Взлеты и падения чисел-градин / Б. Хэйес // «В мире науки» (Scientific American, издание на русском языке). – март 1984. – №3. – С. 102-107.
3. Борзунов, С.В. Практикум по параллельному программированию / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин, А.В. Флегель. – СПб. : БХВ, 2017. – 236 с.
4. Kurgalin, S.D. Using the resources of the Supercomputer Center of Voronezh State University in learning processes and scientific researches / S.D. Kurgalin, S.V. Borzunov // Труды международной конференции «Суперкомпьютерные дни в России», 24-25 сентября 2018 г. – Москва : Изд-во МГУ, 2018. – С. 972-977.

Сравнение производительности процессоров и сопроцессоров в задачах сортировки

В. А. Ушаков, email: aurel.vu@ya.ru
М. А. Теплякова, email: temarales@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе проведен сравнительный анализ производительности процессоров Intel® Xeon® CPU E5-2620 v3 и Intel® Xeon® Phi 7210 на примере реализации алгоритмов сортировки данных.*

Ключевые слова: *процессор, сопроцессор, MIC, алгоритмы сортировки данных.*

Введение

В современном мире задачи сортировки являются одними из важнейших. Существует большое количество различных алгоритмов сортировки, различающихся своей скоростью работы и количеством затрачиваемой оперативной памяти. В связи с бурным развитием многопроцессорных систем, было проведено исследование, в результате которого были сравнены возможности классического серверного CPU и ускорителя Intel® Xeon® Phi в задачах сортировки массивов классическими алгоритмами. Тесты были проведены на базе Суперкомпьютерного центра ВГУ, что позволило получить ценную информацию для разработки программного обеспечения под данный суперкомпьютер.

1. Алгоритмы сортировки

На сегодняшний день известно бесчисленное количество алгоритмов сортировки

На рис. 1 приведен лишь малый список сортировок. Нас будут интересовать наиболее классические сортировки: сортировка пузырьком (четно-нечетная сортировка), сортировка Шелла, сортировка слиянием и быстрая сортировка. Данный выбор обусловлен следующими причинами: быстрая сортировка является одной из простейших и самым ярким примером сортировки, имеющей асимптотическую сложность $O(N^2)$, сортировка Шелла находит применение в практической деятельности и также обладает асимптотической сложностью $O(N^2)$. Сортировка слиянием имеет довольно стабильный характер поведения вне зависимости от входных данных, что делает ее привлекательной в

© Ушаков В. А., Теплякова М. А., 2019

некоторых задачах, где велика вероятность получения упорядоченного массива. Также она работает за сложность $O(N\ log(N))$. Быстрая сортировка является самой распространенной на данный момент и работает за сложность $O(N\ log(N))$

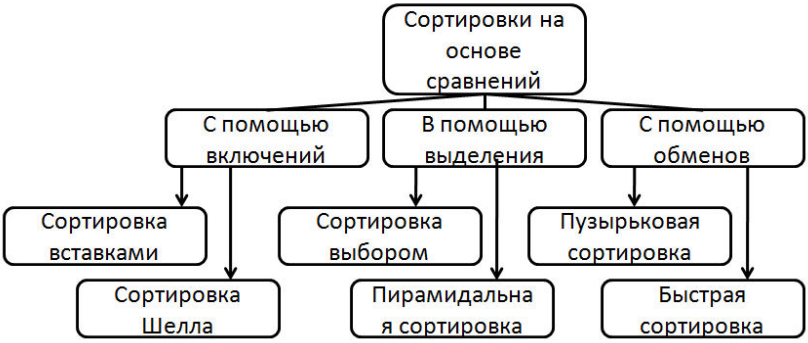


Рис. 1. Классификация сортировок[1]

Параллельные версии данных сортировок обладают различным ускорением. Этот параметр будет играть ключевую роль в поведении программы на данных вычислительных устройствах. График ускорения приведен на рис. 2.

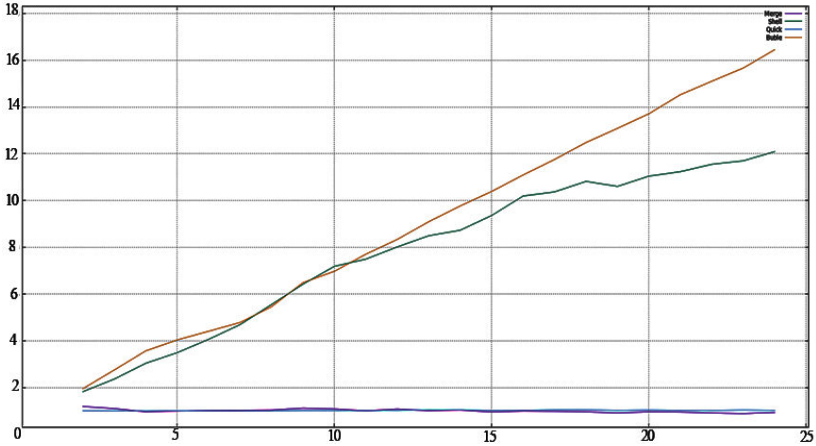


Рис. 2. Графики ускорения сортировок

2. Основные характеристики архитектуры вычислительной системы

В качестве исследуемых вычислительных единиц в данном исследовании выступают Intel® Xeon® CPU E5-2620 v3 и Inter® Xeon® Phi 7210. Первое устройство позиционируется компанией Intel как мощный серверный процессор, второе же – как сопроцессор, устанавливаемый в слот PCI-Express. В таблице приведено краткое сравнение характеристик [2, 3] :

Таблица

Сравнение характеристик

	Intel® Xeon® CPU E5-2620	**Intel® Xeon® Phi 7210**
Максимальная тактовая частота	2.50 GHz в режиме Turbo	1.50 GHz в режиме Turbo
Количество ядер	6	64
Количество потоков	12	244
Кэш-память	15 MB	32 MB L2

Как мы можем видеть, Xeon® Phi значительно превосходит процессор E5-2620 по количеству ядер, потоков и объему кэш-памяти, однако уступает в максимальной частоте. Из этого мы можем сделать первоначальный вывод, что для сопроцессора Xeon® Phi лучше всего подходят задачи, обладающие большими возможностями по распараллеливанию и требующие большой объем кэш-памяти. Также следует отметить, что Xeon® Phi обладает большими возможностями по векторизации, в том числе и с использованием инструкций AVX 512, однако в данном исследовании векторизация не применялась.

3. Используемый стандарт распараллеливания

Для распараллеливания программ был использован стандарт OpenMP, имеющий широкое распространение и применяемый для систем с общей памятью[4]. Выбор пал именно на этот стандарт по причине его открытости, простоты использования и эффективности в случае применения на данных системах. Распараллеливание кода происходит посредством использования специальных указаний компилятору – #pragma. Ниже приведен пример распараллеливания четно-нечетной сортировки посредством использования директивы для распараллеливания цикла:

```
for (int s = L - 1; s > 0; s--)
      {
            long H = h[s];
```

```
        #pragma omp parallel for
        for (int k = 0; k < H; k++)
        {
                int i, j, temp;
                for (int i = k + H; i < n; i += H)
                {
                        temp = list[i];
                        j = i;
                        while (list[j – H] > temp)
                        {
                                list[j] = list[j – H];
                                j -= H;
                                if (j <= H) break;
                        }
                        list[j] = temp;
                }
        }
}
```

Для рекурсивных вызовов применялись #pragma omp section и #pragma omp task. Пример использования в быстрой сортировке:

```
#pragma omp task shared(a)
    if (j > 0) quickSort(a, j);
  #pragma omp task shared(a)
    if (n > i) quickSort(a + i, n – i);
  #pragma omp taskwait
```

4. Результаты

Всего было проведено 4 теста, в которых в качестве входных данных были взяты массивы случайных величин в диапазоне от 10000 до 500000 элементов. Ниже, на Рис.3–6 приведены тесты для четно-нечетной сортировки, сортировки Шелла, сортировки слиянием и быстрой сортировки. Следует отметить, что код для Xeon® Phi не исполнялся в режиме Offload, в котором сопроцессор является подчиненным вычислительным узлом по отношению к CPU, на котором исполняется код, и все данные пересылаются только в момент вызова функции, рассчитанной для использования на MIC, и не исполнялся в режиме MPI, в котором процессор и MIC являются равноправными узлами в сети MPI. Запуск процесса происходил в операционной системе сопроцессора, чтобы снизить погрешности на пересылку данных и иное влияние данных режимов выполнения

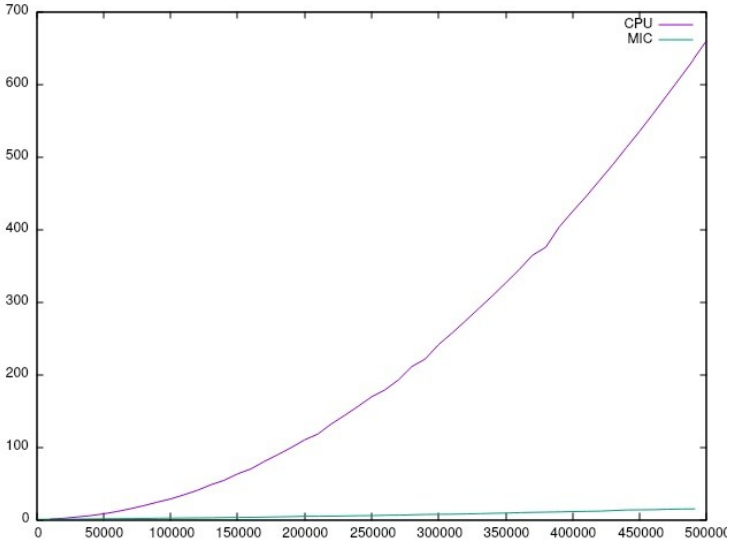


Рис. 3. Четно-нечетная сортировка

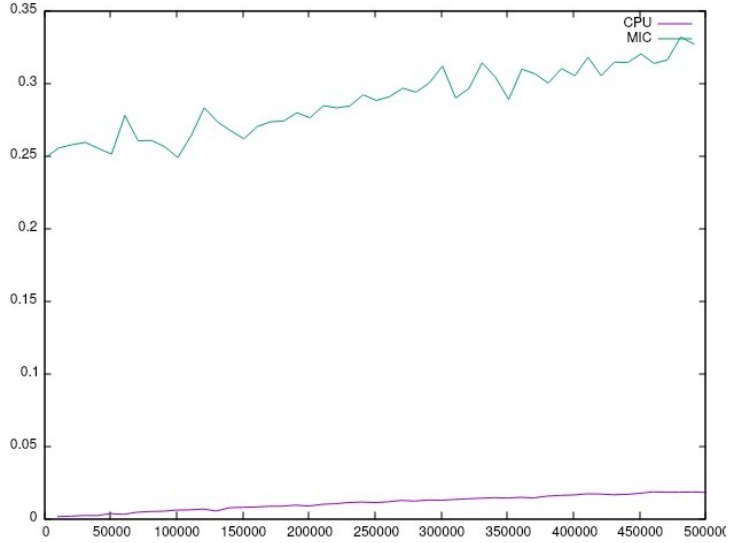


Рис. 4. Сортировка Шелла

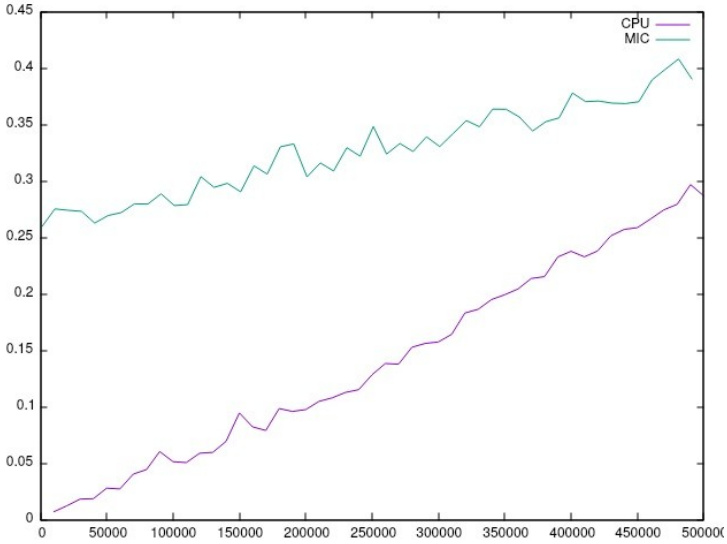


Рис. 5. Сортировка слиянием

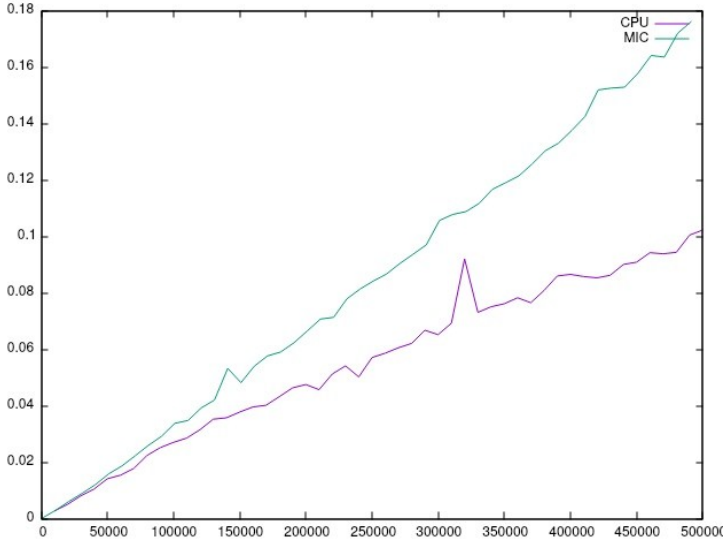


Рис. 6. Быстрая сортировка

В тестах использовалось максимальное количество потоков для каждого устройства. Как мы можем видеть, сопроцессор оказался эффективнее только лишь в четно-нечетной сортировке. Это связано с тем, что она обладает отличным ускорением, что делает эту задачу прекрасно подходящей для данного сопроцессора. В сортировке Шелла наблюдается различие во времени выполнения, что может быть вызвано затратами на порождение 244 потоков. Это же мы можем видеть и в сортировке слиянием, однако далее графики начинают сходиться, что говорит о повышении эффективности большого числа потоков. Для быстрой сортировки ситуация противоположная: разрыв по времени между CPU и MIC только растет, т.к. данный алгоритм имеет плохое ускорение, что повышает нагрузку на каждый поток, где CPU обладает большей тактовой частотой

Заключение

По результатам нашего исследования можно сделать вывод, что сопроцессоры Intel® Xeon® Phi недостаточно хорошо подходят для реализации известных алгоритмов сортировки данных, однако различие в производительности по сравнению с CPU не является значительным, что позволяет их использовать в качестве дополнительных вычислительных мощностей при исполнении программы на CPU. Также было подтверждено, что имеется зависимость между ускорением алгоритма и его эффективностью исполнения на различных ускорителях с низкой тактовой частотой и высоким количеством ядер. Работа была выполнена с использованием высокопроизводительного компьютерного кластера Воронежского государственного университета[5].

Список литературы

1. Борзунов, С.В. Задачи по дискретной математике / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 528 с.: ил. – (Учебная литература для вузов)
2. Официальная спецификация Intel по Сопроцессору Inter® Xeon® Phi 7120P [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://ark.intel.com/ru/products/75799/Intel-Xeon-Phi-Coprocessor-7120P-16GB-1-238-GHz-61-core-
3. Официальная спецификация Intel по процессору Intel® Xeon® Processor E5-2620 [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа : https://ark.intel.com/products/64594/Intel-Xeon-Processor-E5-2620-15M-Cache-2-00-GHz-7-20-GT-s-Intel-QPI-
4. Борзунов, С.В. Суперкомпьютерные вычисления: Практический подход / С.В. Борзунов, С.Д. Кургалин. – СПб. : БХВ, 2019. – (Учебная литература для вузов)
5. Кургалин С.Д. Суперкомпьютерные технологии в Воронежском государственном университете / С.Д. Кургалин, С.В. Борзунов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. – Воронеж, 2018. – № 3. – С. 183-187.

Секция № 9
Компьютерная лингвистика

Исследование алгоритмов сравнения текстов на русском языке

О. В Бандурина, email: merci1509@yandex.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *В данной работе приводятся результаты анализа существующих алгоритмов сравнения текстов на русском языке, на основании которых делается вывод о необходимости создания новых алгоритмов и программных средств для сравнения текстов, сочетающих в себе достоинства описанных алгоритмов и учитывающих синтаксические и семантические единицы текстов для получения новых результатов в области исследования произведений со спорным авторством и улучшения работы систем антиплагиата, поисковых систем, систем классификации и др.*

Ключевые слова: *алгоритм шинглов, сравнение текстов на русском языке, антиплагиат, сравнение стилей текстов, алгоритм выравнивания последовательностей.*

Введение

В настоящее время информационные технологии дают пользователям возможность создания, распространения и получения больших объемов данных. В современном обществе проблема определения оригинальности текста занимает значительное место. Например, раньше для написания доклада нужно было посетить библиотеку, взять книгу, выделить нужную информацию, сейчас достаточно ввести название темы и скопировать найденный материал, часто не оценивая или не имея возможности оценить достоверность и оригинальность, как исходного, так и созданного текста. Огромное количество текстов, обмен, копирование, в том числе и без указания первоисточника стали причинами возникновения плагиата. Как правило под плагиатом подразумевается установление нарушения авторских прав, однако это не единственная проблемная область: определение тематической принадлежности текстов, автора текста, эмоциональной окраски высказываний, возможность определения сходства текстовых документов, позволяющая улучшать качество работы поисковых систем за счет удаления избыточной информации, фильтровать поисковый и почтовый спам, разбить тексты по содержанию и др. - все это связано с

© Бандурина О. В., 2019

наличием большого объема обрабатываемых данных. Особенности автоматической обработки текстов, тем более большого объема текстов, делают задачу поиска похожих текстов алгоритмически сложной.

1. Задачи сравнения текстов

Существует ряд алгоритмов для нахождения и сравнения текстов на русском языке. Применение нужного алгоритма зависит от конкретной задачи, характера и объёма данных, других особенностей предметной области.

Одним из алгоритмов определения сходства документов на предмет заимствования и определения, является алгоритм шинглов [1]. Шинглы - выделенные для сравнения из текста отдельные части (подстроки), с определенным количеством слов в его последовательности для проверки на уникальность. Алгоритм шинглов предназначен для нечеткого поиска дубликатов текста. «Нечеткость» в данном случае подразумевает, что документ не является полной копией заданного, вхождение дублей ищется не точно, а частично: дубликат строки, отдельных словосочетаний, абзацев и т.д. Поиск нечетких дубликатов позволяет предположить, являются ли два объекта частично одинаковыми или нет.

Алгоритм может быть применен для решения следующих задач:

1. Сравнение текстов для определения тематической близости.
2. Сравнение текстов для определения нечетких дубликатов.
3. Автоклассификация текстовой информации.

Реализация алгоритма включает этапы:

Канонизация текстов - приведение оригинального текста к единой нормальной форме с помощью фильтрации вспомогательных единиц текста (предлогов, союзов, знаков препинания, тегов и прочее), которые не должны участвовать в сравнении. Часто предполагается также удаление имен прилагательных, поскольку они, несут эмоциональную, а не смысловую нагрузку. Канонизация текста обычно требует приведения имен существительных к начальной форме.

Разбиение текста на шинглы. Принцип алгоритма заключается в сравнении случайной выборки контрольных сумм шинглов (подпоследовательностей) двух текстов между собой.

Вычисление хешей шинглов. Существуют различные подходы к вычислению контрольных сумм [2], которые получают с помощью хеширования по различным алгоритмам (SHA1, SHA3, CRC32, MD5). Может использоваться несколько хешей, полученных по различным алгоритмам, и выборочно сравнивать их [1].

Сравнение и определение результатов – оценки степени сходства документов, определение нечетких дубликатов. Зависит от полученного результата на предыдущем этапе. Возможны следующие варианты:

нахождение пересечения (общих элементов) двух множеств хешей, и в зависимости от результата, оценка сходства или поэлементное сравнение полученных строк с хеш - суммами из обоих текстов, в случае использования нескольких алгоритмов хеширования [1].

2. Алгоритмы сравнения стилей текстов

Достоинство алгоритма шинглов в том, что он позволяет определить повторяющиеся фрагменты текстов, но это не позволяет решить задачу сравнения стилей текстовых произведений. Для этого может применяться алгоритм сравнения по частотному признаку на основе гипергеометрического критерия. Используются различные методы обработки текстов для сравнения стилей: метод опорных слов (В. П. и Т. Г. Фоменко [3]), метод накопительных сумм (А.К. Мортон [4]) и др.), продукционного вывода и т.п.

Частотный признак - любой признак стиля текста, допускающий возможность нахождения частоты его появления в тексте. Таким признаком может служить, появление предложений с заданным числом слов среди всех предложений исследуемого текста, появление той или иной части речи среди всех слов исследуемого текста и т.п. Выбранный признак может быть более или менее информативным в отношении рассматриваемого стиля. В ходе сравнения каждый текст, независимо от размера, преобразуется в ряд чисел m, выражающих количество событий, благоприятствующих выбранному признаку (появление предложений с определенным числом слов, появление той или иной части речи в исследуемом тексте и т.п.). При этом фиксируется также общее число n событий (предложений, слов в тексте и т.п.), определяющее объем выборки. Частота появления выбранного признака в исследуемом тексте есть $p = m/n$. Вероятность появления того или иного признака в тексте рассматривается как характеристика стиля текста. Для сравнения стилей текстов необходимо установить, значимо ли они отличаются друг от друга.

Достоинством сравнения стилей является математическая строгость полученных выводов. При этом учитывается информация о размерах рассматриваемых текстов (выборок), что позволяет сравнивать тексты разных размеров.

Сравнение стилей текстов осуществляется:

В исторических исследованиях, чтобы определить время написания того или иного исторического документа, установить личность его автора. Например, атрибуция писем и эпиграмм Платона, анализ двенадцати спорных статей из «Бумаг республиканцев» (Federalist papers), автором которых может быть как Дж. Мэдисон, так и А. Гамильтон [5].

В литературоведческой практике сравнение стилей также необходимо для установления спорного авторства литературных произведений. Широко известен спор об авторстве «Тихого Дона» [6], произведений Шекспира [7]. Не установлено точно авторство некоторых анонимных и псевдонимных публицистических статей, автором которых предположительно является Ф.М. Достоевский, ставится под сомнение авторство некоторых текстов М. Е. Салтыкова-Щедрина и т.д.

Алгоритмы сравнения стилей текстов важны также для информатики, поскольку с их помощью можно улучшить качество классификации и упорядочивания текстовых коллекций, что чрезвычайно актуально для постоянно расширяющейся сети Интернет.

Сравнение стилей текстов проводится на основе совокупности ряда признаков, отражающих свойства стилей текстов. Многие признаки (частоты появления определенных слов, знаков препинания, различных буквосочетаний) могут быть формализованы, что позволяет производить с их помощью количественный (частотный) анализ текстов.

3. Алгоритмы поиска похожих частей текста

Часто необходимо в результате решения задачи сравнения текстов не только определить схожесть текстов, но и выявить общие похожие части текстов.

Работа diff основана на нахождении наибольшей общей подпоследовательности (англ. longest common subsequence, проблема LCS).

Например, имеются две последовательности элементов:

– a b c d f g h q z
– a b c d e f g I j k r x y z

Нужно найти наиболее длинную последовательность элементов, которая представлена в обеих последовательностях в одинаковом порядке. Необходимо найти новую последовательность, которая может быть получена из первой последовательности удалением некоторых элементов или из второй последовательности удалением других элементов. В данном случае такой последовательностью будет являться:

– a b c d f g j z

После получения наибольшей общей последовательности остаётся только небольшой шаг до получения похожего на diff вывода:

e h i k q r x y
\+ -+ + -+++

Алгоритм используют в программах для сравнения файлов, например GNU diff.

Алгоритм для поиска всех совпадающих подтекстов в двух текстах позволяет найти все совпадающие последовательности слов в двух

текстах (за исключением тех, которые в обоих текстах входят в состав более крупных совпадающих последовательностей) и сравнивает их. Сначала из каждого текста извлекаются все биграммы и создается хэш-таблица, где для каждой биграммы указан ее порядковый номер. Затем берется более короткий текст, его биграммы перебираются в любом порядке, и если какая-то из них есть в словаре для второго текста, то в отдельно созданный массив добавляются все пары вида (№ биграммы из первого словаря, № биграммы из второго словаря). Например, если в тексте 1 биграмма «А Б» встречается на позициях 1, 2 и 3, а во втором тексте она же встречается на позициях 17, 24 и 56, в массив попадут пары (1, 17), (1, 24), (1, 56), (2, 17). Каждая пара цифр в массиве - это совпадение на уровне биграммы. Затем из множества первый элемент сохраняется во временный массив и к нему добавляютя такие элементы из множества, что у каждого следующего и первый и второй индексы на один больше, чем у предыдущего. Когда таких больше не оказывается, найденная параллельная последовательность добавляется в итоговый массив и действия повторяеюся заново. Все добавленные элементы тоже удаляются из множества. В конечном итоге получается массив массивов, где каждый подмассив - совпадающая последовательность слов. Можно отсортировать эти подмассивы по длине или по индексу начала (чтобы узнать все параллельные места к тому или иному фрагменту) или отфильтровать по минимальной длине [10].

Алгоритм выравнивания последовательностей был получен путем модификации одного из описанных в литературе алгоритмов выравнивания последовательностей биополимеров и реализован на языке Haskell редакции 2010 г. с использованием Haskell Platform 2013.2.0.0 в операционной системе OpenSUSE 13.1 на персональном компьютере с процессором Intel Core i5 (2,6 ГГц) и 4 Гбайт RAM. Разработанная программа включает в себя лексический анализатор, реализацию алгоритма выравнивания и средства вывода результата вычислений в виде HTML-файла, работающие последовательно. Тесты были выполнены на примерах фрагментов кода, написанных на ограниченном подмножестве языка Scheme 5-й редакции (R5RS). За основу был взят алгоритм парного выравнивания, предназначенный для нахождения непересекающихся участков наибольшего сходства в двух последовательностях биополимеров, причем необязательно следующих в одинаковом порядке в обеих последовательностях [7].

Отличительной особенностью такого алгоритма является возможность обнаружения наиболее похожих подпоследовательностей. При этом не исключаются случаи многократного вхождения одной подпоследовательности в какую-нибудь из последовательностей. К

другим достоинствам данного алгоритма относится возможность найти похожие фрагменты последовательностей и получить выравнивание за единственный проход по заполненной таблице, что позволяет сократить время вычислений.

Заключение

Проведенное исследование существующих алгоритмов показало, что существующие алгоритмы сравнения текстов позволяют определять стиль текста, совпадение на графематическом и морфологическом уровне, но практически не учитывают «смысл» текста, что делает актуальным создание новых алгоритмов и программных средств для сравнения текстов, сочетающих в себе достоинства описанных алгоритмов и учитывающих синтаксические и семантические единицы текстов. Это позволит получить новые результаты в области определения авторства спорных произведений, улучшить работу систем антиплагиата, поисковых систем, систем классификации и др.

Список литературы

1. Мешков. В.Е., Царев. А.П. Определение текстовых заимствований и нечетких дубликатов на основе алгоритма шинглов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://scienceforum.ru/2018/article/2018000618
2. Мешков, В.Е. Задача определения близости документов. / В.Е.Мешков, Е.А. Дьячкин // Материалы Всероссийской научно - практической конференции «Научный потенциал высшей школы - будущему России». – 2017.
3. Фоменко, В.П. Авторский инвариант русских литературных текстов. / В.П. Фоменко, А.Т. Фоменко, Т.Г, Фоменко // Новая хронология Греции: Античность в средневековье. – М.: Изд-во МГУ, 1996.
4. Шевелев, О.Г. Разработка и исследование алгоритмов сравнения стилей текстовых произведений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.inf.tsu.ru/library/Publications/2006/2006-22.PDF
5. Durbin, R. Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids / S.R. Eddy, A. Krogh, G. Mitchison, R. Durbin // Cambridge University Press. – 1998.
6. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие / Е.И. Большакова [и др.] – М.: МИЭМ, 2011.
7. Мбайкоджи, Э. Метод автоматической классификации коротких текстовых сообщений / А. А. Драль, И. В. Соченков, Э.

Майкобджи // Информационные технологии и вычислительные системы – 2012.

8. Суворов, Р.Е. Определение связанности научно-технических документов на основе характеристики тематической значимости / И.В. Соченков, Р.Е. Суворов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2013. – №1.

9. Александров, З.Е. Словарь синонимов русского языка 11-е изд. / З.Е. Александров. – М.: Русский язык. – 2001.

10. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и анализ данных : учеб. пособие / Е. И. Большакова [и др.] – М. : НИУ ВШЭ, 2017.

Формализация и визуализация маркемных отношений в английской художественной прозе первой половины XX века

О. Г. Артемова, email: olgaartemova65@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются способ формализации и визуализации маркемных отношений на материале английской художественной прозы первой половины XX века.*

Ключевые слова: *маркема, маркемный анализ, формализация, визуализация*

Введение

Использование математических методов дает различным наукам инструмент для выявления новых, более глубоких закономерностей. Но овладевать этим инструментом гуманитарные науки начали только в XX веке. Системность языка и взаимосвязь его элементов позволили лингвистике одной из первых в гуманитарных науках применить математический аппарат в своих исследованиях. Эта возможность обусловлена, в частности, еще и тем, что «в лингвистике влияние наблюдателя на объект наблюдения ничтожно мало: осознания явления наблюдателем недостаточно для того, чтобы его изменить. … Язык, следовательно, представляет собой социальное явление, не зависящее от наблюдателя и обладающее длинными статистическими рядами» [1: 62-63]. Квантитативная лингвистика нацелена на использование аппарата теории вероятности и математической статистики для исследования сущностных характеристик языка, поскольку «благодаря вероятностной природе языковой структуры, а также регулярности, упорядоченности языковых явлений, она легко поддается изучению математическим аппаратом теории вероятности и математической статистики» [2]. Математические методы, примененные первоначально для составления частотных словарей, стали применяться и для формализации изучения текста. Одним из способов формализованного подхода к содержательному анализу литературного текста является метод маркемного анализа, разработанный А.А. Кретовым [3]. Маркемный анализ – это метод компьютерного выделения ключевых слов – маркем, сопровождающийся визуализацией полученных данных в виде графиков, гистограмм, графов, кластеров, семантических сетей с последующей их содержательной интерпретацией. Данный метод лег в

© Артемова О. Г., 2019

основу одного из направлений «цифровой гуманитаристики» – Digital Humanities (DH) – маркемологии. Маркемологические исследования направлены на извлечение и содержательную интерпретацию маркем как отдельных авторов, так и групп авторов, принадлежащих одному или разным хронологическим периодам; изучение эволюции маркемной лексики на основе исследования динамики маркем в хронологических срезах, а также влияние на динамику маркем социокультурных процессов. Еще одно направление маркемологических исследований представляет установление взаимосвязи различных авторов и обнаружение преемственности в литературе [4-6].

Методология исследования

В предлагаемой статье **объектом** исследования являются доступные в электронном виде произведения 16 писателей: Арнольда Беннета (Бн), Вирджинии Вулф (Вф), Джона Голсуорси (Гс), Джерома К. Джерома (ДКДж), Редьярда Киплинга (Кл), Артура Конан Дойла (КД), Джозефа Конрада (Кн), Агаты Кристи (Кр), Дэвида Герберта Лоуренса (Лс), Сомерсета Моэма (Мо), Джорджа Оруэлла (Ор), Герберта Уэллса (Ус), Джефри Фарнола (Фн), Генри Райдера Хаггарда (Хг), Олдоса Хаксли (Хк), Гилберта Честертона (Чс) (в скобках указаны принятые в работе сокращенные наименования авторов). Тексты для исследования выбраны из коллекции «Проект Гутенберга». Общее количество словоформ – 36 676 450.

Предметом исследования выступают маркемные связи художественных текстов британских прозаиков первой половины XX века (далее – срез 20-1).

Для формализации и последующей визуализации возникающих в художественных текстах маркемных отношений применяется метод маркемного анализа. Основу метода составляет количественное представление информации с ее последующей статистической обработкой и содержательной интерпретацией. С этой целью для каждой словоформы вычисляется *Индекс Текстуальной Маркированности* (ИнТеМ), принимающий как положительные, так и отрицательные значения ИнТеМ выражает зависимость между весом словоформы по длине и частоте употребления в тексте (формулы вычисления Ч-веса, Д-веса, ИнТеМа см. в [7]). Именно положительные значения ИнТеМа указывают на превышение нормы относительной частоты для словоформы такой длины в тексте, что, в свою очередь, определяет меру существенности данной словоформы для конкретного текста. Однако положительное значение ИнТеМа еще не выделяет словоформу в качестве маркемы. Во-первых, в качестве потенциальной маркемы рассматриваются только не являющиеся онимами имена

существительные, прошедшие систему специальных фильтров – грамматический, грамматико-семантический, тематико-семантический, стилистический, диалогический, классификаторный (подробнее о системе фильтров см. в [7]). Пригодными для последующего анализа оказываются не имеющие стилистической окраски, а также не являющиеся обращениями и словами-классификаторами имена существительные в форме общего падежа преимущественно единственного числа, исключая онимы и одушевленные существительные, кроме слова *человек*, и не являющиеся компонентами конструкции «Сущ. в И.п. + Сущ. в Р.п.». Во-вторых, к числу маркем не относятся названия месяцев, дней недели, литературных жанров, названия артефактов, не являющихся символами, лексемы, специфичные для конкретного автора/жанра/направления или выполняющие обстоятельственную функцию. Представляется целесообразным выделение 50 маркем для одного автора. Следовательно, маркема – это одна из 50-ти прошедших все фильтры словоформ, ранжированных по убыванию ИнТеМа. Вычисление ИнТеМа производится на всем доступном в электронном виде корпусе текстов каждого автора, собранных в единый файл. Далее каждый обрабатывается программой тематического анализа английской лексики “ProTemAL-Engl” (автор – А.С. Гусельникова, научный руководитель – д. техн. наук. И.Е. Воронина, научный консультант – д. филол. н. А.А. Кретов).

Поскольку Ч-вес маркемы обусловлен, в частности, общим количеством словоформ в текстах каждого автора, что, в свою очередь, зависит как от количества созданных автором произведений, так и от их доступности в электронном виде, требуется проведение процедуры, позволяющей уравновесить значение ИнТеМов маркем каждого автора, обеспечив сопоставимость весов их маркем. В качестве такой процедуры предлагается *нормирование ИнТеМов* маркем в списке каждого автора, представляющего собой отношение ИнТеМа отдельной маркемы к суммарному ИнТеМу всех маркем автора. В результате нормирования ИнТеМов маркем значение НормИнТеМа каждой маркемы располагается в интервале от 0 до 1.

Содержательное исследование маркемных отношений в английской художественной прозе 1-ой половины XX века предполагает выделение и исследование *связующих маркем* (СвМ). СвМ обеспечивают маркемную связь двух и более авторов и характеризуют степень маркемной близости всех авторов среза. Выделение СвМ осуществляется в каждой паре авторов среза. К числу СвМ относятся только общие для двух авторов каждой пары маркемы.

СвМ выделяются из авторских маркемных списков.

Количественной характеристикой, позволяющей установить степень общности маркемной лексики двух авторов, является *Индекс Маркемной Близости* (ИМаБ), являющийся произведением суммарных нормированных ИнТеМов общих маркем двух авторов. Диапазон значений ИМаБа – от 0 до 1.

Маркемы той пары авторов, в которой ИМаБ является максимальным для одного или двух авторов пары, являются связующими данных авторов маркемами. Величина ИМаБа характеризует силу маркемной связи двух авторов. В том случае, когда величина ИМаБа максимальна для одного автора пары, мы получаем направленную, или ориентированную, связь максимальной силы. Если величина ИМаБа максимальна для двух авторов пары, между ними образуется взаимонаправленная связь.

Исследование

Для выявления связей максимальной силы была составлена таблица близости авторов, содержащая ИМаБы всех пар авторов. В таблице приведены значения ИМаБа для каждой пары авторов с коэффициентом 1000.

Таблица

Близость авторов

	Бн	Вф	Гс	ДК Дж	Кл	КД	Кн	Кр	Лс	Мо	Ор	Ус	Фн	Хг	Хк	Чс
Бн		255	216	204	150	182	232	245	179	266	144	229	116	151	171	154
Вф	255		383	284	200	281	368	348	267	245	355	286	132	220	253	238
Гс	216	383		180	124	233	294	199	242	290	217	250	088	143	201	224
ДК Дж	204	284	180		202	265	328	350	144	207	252	194	163	357	159	122
Кл	150	200	124	202		168	188	218	120	114	217	105	133	206	129	146
КД	182	281	233	265	168		415	454	117	240	262	264	150	359	195	178
Кн	232	368	294	328	188	415		364	168	231	266	197	162	298	198	135
Кр	245	348	199	350	218	454	364		156	252	282	217	136	292	233	165
Лс	179	267	242	144	120	117	168	156		191	194	165	056	121	133	127
Мо	266	245	290	207	114	240	231	252	191		164	198	088	164	263	148
Ор	144	355	217	252	217	262	266	282	194	164		326	114	195	234	266
Ус	229	286	250	194	105	264	197	217	165	198	326		107	181	228	213
Фн	116	132	088	163	133	150	162	136	056	088	114	107		310	074	048
Хг	151	220	143	357	206	359	298	292	121	164	195	181	310		172	090
Хк	171	253	201	159	129	195	198	233	133	263	234	228	074	172		248
Чс	154	238	224	122	146	178	135	165	127	148	266	213	048	090	248	

Установление предпочтительных связей авторов производится по максимальным значениям ИМаБа в каждой паре авторов. Для этого для каждого автора, размещенного на горизонтальной строке, определяется автор из вертикального столбца, с максимальным для него значением ИМаБа. Далее строится граф, отражающий основные векторные связи и их силу для авторов среза 20-1 (рисунок).

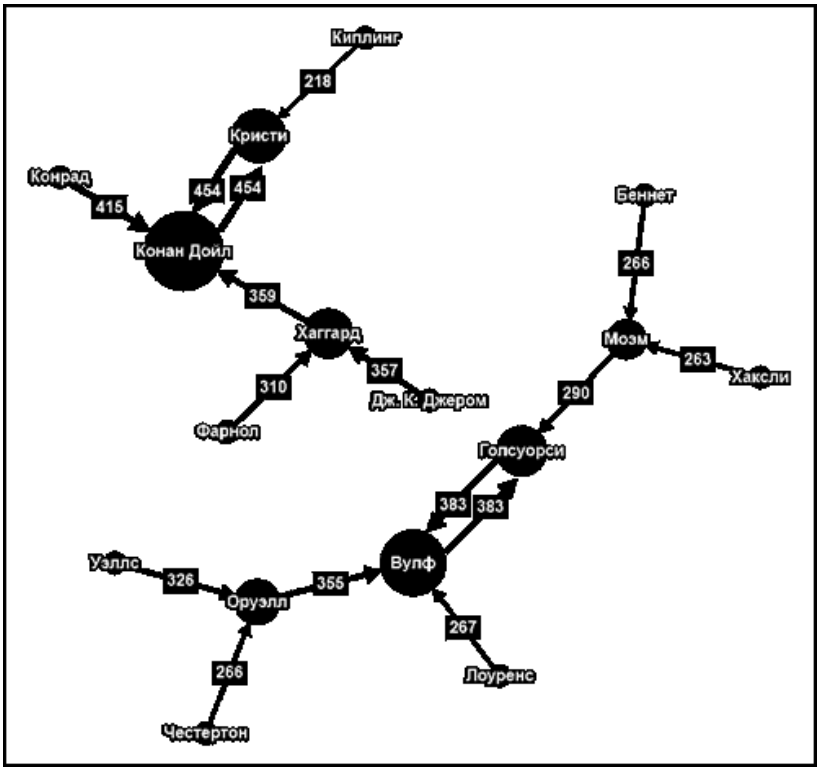


Рисунок. Граф предпочтительных связей английских авторов среза 20-1

Дальнейшее исследование основывается только на анализе тех маркем, которые связывают авторов среза в такие пары. Анализ связующей силы маркем осуществляется относительно *Центров Аттракции* (ЦА) – объединений авторов, имеющих взаимонаправленные связи. На полученном графе выделены 2 ЦА, связующими фигурами которых являются Конан Дойл-Кристи и Вулф-

Голсуорси. Связи, направленные к связующим фигурам ЦА, являются относительно него центростремительными. Связи, направленные от ЦА, считаются центробежными. Анализ графа показывает, что некоторые авторы имеют разнонаправленные связи – Оруэлл, Моэм, Хаггард. Авторы, имеющие разнонаправленные связи, образуют *Центры-Посредники* (ЦП). В нашем случае все 3 ЦП непосредственно связаны с ЦА, поэтому они образуют центры-посредники 1-ой степени. Связующие фигуры ЦА относительно друг друга являются ЦП 0-ой степени – Конан Дойл, Кристи, Вулф, Голсуорси.

На периферии графа находятся авторы, не имеющие центростремительных связей – Фарнол, Дж. К. Джером, Уэллс, Честертон, Беннет, Хаксли. Эти авторы именуются *терминальными* (максимально удаленными от ЦА). При проведении анализа используется *принцип «наследования» связей и их весов*, позволяющий установить маркемную связь терминальных авторов с ЦА.

Последующий содержательный анализ образованных связей позволяет выделить ядерные и периферийные маркемы, определить маркемную специфику каждого ЦП-0 и ЦА, осуществить семантическую классификацию связующих маркем, выделить маркемы, обеспечивающие связь центров аттракции.

Заключение

Применение метода маркемного анализа позволяет формализовать исследования больших корпусов текстов. Выделение маркем в авторских текстах дает возможность, в частности,

1. установить ценностные предпочтения авторов;
2. проследить эволюцию маркем, их динамику в различных хронологических срезах и влияние на нее социокультурных процессов;
3. установить взаимосвязи авторов одного и нескольких хронологических срезов и обнаружить преемственность в литературе;
4. проследить формирование языка художественной литературы;
5. определить место автора в современном ему литературном процессе.

Применяемый в исследованиях способ визуализации данных в виде графа обеспечивает наглядную интерпретацию полученных данных, позволяет выделить образуемые авторами центры аттракции, центры-посредники 0-ой, 1-ой и т.д. степеней. Содержательный анализ связующих маркем ЦП-0 каждого центра аттракции позволяет установить как их собственную специфику, так и специфику центра аттракции, а также выделить маркемы, обеспечивающие связь центров аттракции.

Список литературы

1. Леви-Строс, К. Структурная антропология / К. Леви-Строс; М. : Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. – 512 с.

2. Хроленко, А. Т. Основы лингвокультурологии [Электронный ресурс] : учебное пособие. – Режим доступа: https://culture.wikireading.ru/77016

3. Кретов, А.А. Метод формального выделения тематически нейтральной лексики (на примере старославянских текстов) / А. Кретов // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2007. – № 1. – С. 81-90.

4. Кретов, А.А. Динамика маркем в русской литературе XVIII – начала XX веков как отражение социокультурных процессов / А. Кретов //Политическая лингвистика. – ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т». – Екатеринбург. – 2010. – Вып. 3 (33). – С. 141-150.

5. Артемова, О.Г. Эволюция маркемной лексики на основе исследования маркем в хронологических срезах / О.Г. Артемова, Э. П. Комарова, А. А. Кретов // Язык и культура. – 2018. – № 42. – С. 19-38.

6. Артемова, О.Г. Исследование связующих маркем в британской прозе второй половины XVII века / О. Г. Артемова, А.А. Кретов // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. – 2018. – № 53. – С. 70-88.

7. Фаустов А.А. Понятие маркемы и предварительные итоги маркемного анализа русской литературы / А. А. Фаустов, А. А. Кретов // Вестник ВГУ. Серия Лингвистика и межкультурная коммуникация: Научный журнал. – 2017, № 4. – Октябрь-декабрь. – С. 16-31.

Экспериментальное исследование методов отбора признаков для решения задачи определения точки зрения автора текста

С. В. Вычегжанин, email: vychegzhaninsv@gmail.com
Е. В. Котельников, email: kotelnikov.ev@gmail.com

Вятский государственный университет

Аннотация. *В работе исследуются методы отбора признаков Chi-Square, Information Gain, Gini Index, ReliefF и SVM-RFE при решении задачи определения точки зрения автора текста.*

Ключевые слова: *определение точки зрения автора текста, методы отбора признаков.*

Введение

Социальные медиа, такие как социальные сети, блоги и микроблоги, форумы и сайты отзывов приобрели большую популярность среди интернет-пользователей. Ежедневно в социальных медиа генерируется огромное количество текстовых сообщений, которые являются потенциально полезным источником информации для государственных структур и коммерческих компаний. Большой объем данных требует разработки автоматических средств анализа.

Предметом настоящей статьи является задача определения точки зрения автора текстового документа (англ. *stance detection*), состоящая в выявлении позиции, которой придерживается автор текста, по отношению к объекту (или объектам) обсуждения [1]. Выделяют следующие основные классы позиций [2]:

1. «За» – по тексту можно определить, что автор высказывается в поддержку целевого объекта. Например, для целевого объекта *ЕГЭ в школе* позиция *за* выражена в тексте: «ЕГЭ в России однозначно принесло только пользу и более высокий уровень образования!»
2. «Против» по тексту можно определить, что автор высказывается против целевого объекта. Например, для целевого объекта *клонирование человека* позиция *против* выражена в тексте: «Любое клонирование – это большой риск, потому лучше вообще этим не пользоваться».

Также в литературе выделяют классы нейтрально, невозможность определения точки зрения, согласие с предыдущей точкой зрения.

В настоящей статье проводится экспериментальное исследование наиболее популярных методов отбора признаков для решения задачи определения точки зрения автора текстового документа.

© Вычегжанин С. В., Котельников Е. В., 2019

1. Обзор методов отбора признаков

Отбор признаков в машинном обучении используется на этапе предварительной обработки данных для удаления нерелевантных признаков. Рассмотренные в настоящей статье методы отбора признаков пользуются большой популярностью среди исследователей при решении задачи классификации текстовых документов. Для описания исследуемых методов введем следующие обозначения: N – общее количество документов в корпусе; N_i – количество документов в классе c_i; A_i – количество документов в классе c_i, содержащих слово w_k; B_i – количество документов, не принадлежащих классу c_i и содержащих слово w_k; C_i – количество документов в классе c_i, не содержащих слово w_k; D_i – количество документов, не принадлежащих классу c_i и не содержащих слово w_k.

1. Хи-квадрат (Chi-Square).

Метод хи-квадрат применяется для измерения степени корреляции между признаком w_k и классом c_i и вычисляется по формуле:

$$\chi^2(w_k, c_i) = \frac{N(A_i D_i - C_i B_i)^2}{(A_i + C_i)(B_i + D_i)(A_i + B_i)(C_i + D_i)}. \quad (2)$$

Чем выше значение хи-квадрат, тем больше корреляция между признаком w_k и классом c_i. Когда значение хи-квадрат равно нулю, признак w_k и класс c_i независимы друг от друга.

2. Прирост информации (Information Gain).

Данный метод используется для измерения количества информации, полученной для предсказываемого класса, основываясь на знании о присутствии или отсутствии слова в документе. Прирост информации вычисляется по формуле:

$$IG(w_k) = -\sum_{i=1}^{m} \frac{N_i}{N} \log \frac{N_i}{N} + \sum_{i=1}^{m} \frac{A_i}{N} \cdot \sum_{i=1}^{m} \frac{A_i}{A_i + B_i} \log \frac{A_i}{A_i + B_i} + \\ + \sum_{i=1}^{m} \frac{C_i}{N} \cdot \sum_{i=1}^{m} \frac{C_i}{C_i + D_i} \log \frac{C_i}{C_i + D_i}. \quad (3)$$

3. Индекс Джини (Gini Index).

Индекс Джини является статистической мерой способности признака разделять объекты из разных классов. Для некоторого признака w_k с r различными значениями обозначим через S и $\overline{S}$ множества объектов со значением признака меньшим или равным j-му

значению и большим *j*-го значения соответственно. Тогда индекс Джини для признака w_k вычисляется по формуле:

$$GI(w_k) = \min_S \left(P(S)\left(1 - \sum_{i=1}^{m} P(c_i \mid S)^2\right) + P(\overline{S})\left(1 - \sum_{i=1}^{m} P(c_i \mid \overline{S})^2\right)\right), \quad 4$$

где $P(\cdot)$ – вероятность. Меньшее значение индекса Джини соответствует большей релевантности признака.

4. ReliefF.

Метод ReliefF основан на методе ближайших соседей. Пусть из *n* объектов обучающего множества случайным образом выбираются *l* объектов, тогда оценка некоторого признака w_k вычисляется следующим образом:

$$\mathrm{Re}\,liefF(w_k) = \frac{1}{c}\left(\sum_{j=1}^{l} -\frac{1}{m_j} \sum_{x_r \in NH(j)} d\left(X(j,i) - X(r,i)\right) + \right.$$
$$\left. + \sum_{y \neq y_j} \frac{1}{h_{jy}} \frac{P(y)}{1 - P(y)} \sum_{x_r \in NM(j,y)} d\left(X(j,i) - X(r,i)\right)\right), \quad 5$$

где $NH(j)$ и $NM(j,y)$ – ближайшие объекты к x_j в том же классе и в классе y соответственно; m_j и h_{jy} – размеры классов; $P(y)$ – вероятность объекта из класса y; X – матрица признак-объект; d – количество признаков.

5. Метод опорных векторов с рекурсивным отбором признаков (Support Vector Machine-Recursive Feature Elimination, SVM-RFE)

Метод SVM-RFE состоит в рекурсивном повторении следующей процедуры [3]: 1) обучить классификатор SVM; 2) вычислить весовые коэффициенты каждого признака; 3) удалить признак с наименьшим весовым коэффициентом.

2. Методы и инструменты

Экспериментальное исследование проводилось с использованием языка программирования Python. На этапе предварительной обработки все слова из текстов приводились к начальной форме на основе модуля *pymystem3*. Для ранжирования слов в текстовых документах применялась библиотека *scikit-feature*, в которой реализованы рассмотренные в настоящей статье методы отбора признаков. Для классификации текстов применялся метод опорных векторов (Support

Vector Machine), реализованный в библиотеке *scikit-learn* [4]. Для получения объективных оценок использовалась процедура 5-кратной перекрестной проверки (5-fold cross-validation). Качество классификации оценивалось с помощью F1-меры.

Эксперименты проводились на основе текстового корпуса, составленного из русскоязычных сообщений пользователей интернет-форумов. Корпус включает по 500 текстов для двух классов – «за» и «против» по вопросу «вакцинация детей». Средний размер текстов 69 слов. Размер словаря всего корпуса 5100 слов.

3. Результаты экспериментов

На рисунке изображены графики зависимости среднего значения F1-меры по пяти тестовым блокам процедуры перекрестной проверки от количества наиболее релевантных признаков. В таблице представлены средние значения F1-меры для значений, по которым строились графики, максимальное значение F1-меры на графиках и время работы методов отбора признаков.

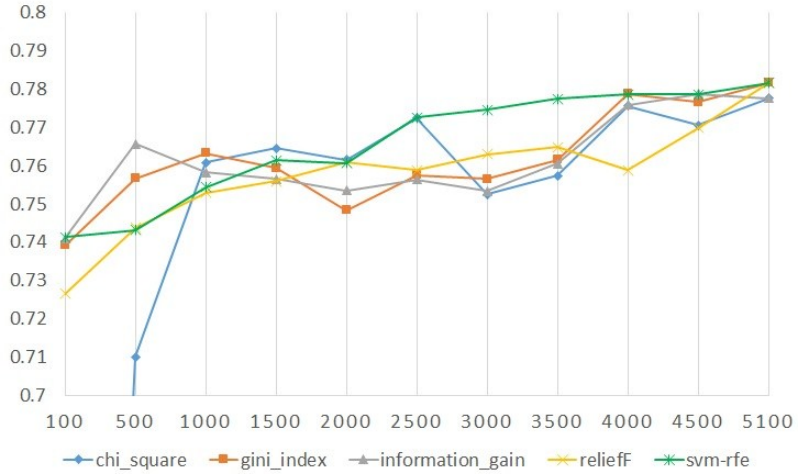


Рисунок. График зависимости F1-меры от количества признаков

Из рисунка и таблицы видно, что сделать однозначный вывод о преимуществе того или иного метода отбора признаков невозможно. Максимальные значения F1-меры для разных методов практически не отличаются. Метод хи-квадрат работает быстрее всех, но при количестве признаков меньшем 1000 не дает качественных признаков для решения рассматриваемой задачи, так как наибольший ранг получают слова,

которые очень редко встречаются в текстовых документах. Индекс Джини показывает близкие к максимальным результаты по F1-мере и по скорости находится на втором месте после хи-квадрат. Метод прироста информации позволяет получить лучшее значение по F1-мере, но при этом работает очень долго. Результаты метода ReliefF по F1-мере близки к индексу Джини, но скорость работы меньше в пять раз. Наконец метод SVM-RFE имеет лучшее среднее значение F1-меры, но время его работы значительно превышает время работы других методов.

Таблица

Значения F1-меры и время работы алгоритма

Название метода	Среднее значение F1-меры	Максимальное значение F1-меры	Среднее время работы алгоритма, с
chi_square	0,743	0,782	**0,067**
gini_index	0,762	0,783	0,844
information_gain	0,763	**0,785**	435,498
reliefF	0,759	0,782	4,868
svm-rfe	**0,767**	0,782	902,664

Заключение

Таким образом, при отборе признаков в задаче определения точки зрения автора текста рекомендуется выбирать индекс Джини, который обеспечивает высокое качество классификации при минимальных временных затратах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, государственное задание ВятГУ № 34.2092.2017/4.6.

Список литературы

1. Sridhar, D. Joint Models of Disagreement and Stance in Online Debate / D. Sridhar, J. Foulds, B. Huang, L. Getoor, M. Walker // Proceedings of the 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing. – 2015. – P. 116–125.

2. Vychegzhanin, S. Stance Detection in Russian: a Feature Selection and Machine Learning Based Approach / S. Vychegzhanin, E. Kotelnikov // Supplementary Proceedings of the Sixth International Conference on Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST 2017) July 2017. – Moscow, 2017. – V. 1975. – P. 166–179.

3. Guyon, I. Gene selection for cancer classification using support vector machines / I. Guyon, J. Weston, S. Barnhill, V. Vapnik // Machine Learning. – 2002. – V. 46 (1-3). – P. 389–422.

4. Pedregosa, F. Scikit-learn: Machine Learning in Python / F. Pedregosa et al. // JMLR. – 2011. – V. 12. – P. 2825–2830.

Исследование и реализация методов автоматического реферирования текста

А. О. Касаткина, email: alyona.kasatkina@yandex.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Рассматриваются подходы к составлению реферата, алгоритмы расчёта веса предложения, инструменты автоматического реферирования текста, а также приводятся результаты сравнения методов автоматического реферирования текста.*

Ключевые слова: *реферирование, вес предложения, статистический метод, позиционный метод, индикаторный метод.*

Введение

С развитием информационных технологий из года в год человечество накапливает всё больше информации, в том числе представленной в тестовом виде. В связи с этим появляется необходимость в создании автоматизированных средств её анализа и обработки.

При большом объёме данных для удобства, а часто возможности обработки необходимо его сократить. Для этого применяются методы аннотирования и реферирования. Аннотирование – краткая характеристика содержания произведения печати или рукописи [2]. Реферирование – краткое изложение текста в письменном виде с раскрытием его основного содержания по всем затронутым вопросам [2]. В отличие от аннотирования реферирование не только даёт ответ на вопрос, о чём говорится в первичном печатном документе, но и что говорится, то есть какая основная информация содержится в первоисточнике [2].

1. Подходы к составлению реферата

Существует два подхода к составлению реферата [3]: *экстракция* – извлечение из исходного текста наиболее важных информационных блоков (абзацев, предложений); *абстракция* – генерация реферата с порождением нового текста, содержательно обобщающий первичный документ. Второй подход опирается на построение модели понимания текста и его синтеза на естественном языке.

© Касаткина А. О., 2019

Понимание смысла текста – это процесс, который происходит путём установления логических связей между предметами на основе имеющихся знаний [4]. Однако данный процесс не имеет определённого алгоритма, потому что обработка информации каждым человеком абсолютно субъективна. Поэтому затруднительно использовать абстракцию для автоматической обработки любого текста, а именно для его сокращения без потери смысла. Подход на основе экстракции более реализуем и применим на практике, так как не требует субъективного понимания текста.

2. Методы экстракции

В экстракции выделяют следующие методы [5]:

2. Статистический метод, суть которого заключается в выделении в тексте частотных слов, вычислении весов предложений с помощью суммирования частот (весов), входящих в их состав слов и включении в реферат предложений с наибольшими весами.

3. Позиционный метод, который опирается на предположение о том, что информативность текстового блока (предложения) находится в зависимости от его позиции (места) в тексте документа.

4. Индикаторный метод, основанный на идентификации раз первичного документа с помощью индексации их специальными словами:

– Маркеры – отдельные слова или словосочетания, обеспечивающие однозначную идентификацию фраз в тексте. Например, маркеры идентифицирующие проблему текста или выводы.

– Индикаторы – лексические единицы, призванные выполнять преимущественно оценочную функцию. Например, «итак», «стоит подчеркнуть», «главное в» и многие другие.

– Коннекторы – лексические единицы, обеспечивающие межфразовые связи.

3. Алгоритмы расчёта веса предложения

При решении задачи реферирования используются следующие алгоритмы расчёта веса предложения:

5. Статистический алгоритм

Этот алгоритм основан на определении веса предложения в зависимости от весов, входящих в него ключевых слов. Он состоит из следующих шагов [6]:

– Использование морфологического анализа для приведения каждого слова к начальной форме

– Выделение ключевых слов в тексте и определение их веса

– Расчёт веса предложения на основе встречаемости в нём ключевых слов. Вес предложения определяется по формуле:

$$w_i = \sum_{j=0}^{n} (\text{word})_{\text{j}} \quad (6)$$

где w_i - вес i - ого предложения, n - количество ключевых слов, $(\text{word})_{\text{j}}$ - вес j - ого ключевого слова.

– Составление спичка ключевых предложений. В реферат включаются предложения с наибольшими весами.

6. Алгоритм на основе симметричного реферирования

Определение веса предложения на основе симметричного взвешивания заключается в вычислении связей данного предложения с другими. Данный алгоритм состоит из следующих шагов [7]:

– Использование морфологического анализа для приведения каждого слова к начальной форме

– Выделение ключевых слов

– Расчёт веса предложения по формуле:

$$W(\text{S}_{\text{n}}) = \sum_{n=1;i=1}^{m} T(\text{S}_{\text{n}}) \cdot T(\text{S}_i) \quad (7)$$

где $T(\text{S}_{\text{n}})$ - количество вхождений данного ключевого слова в предложение S_{n}, $T(\text{S}_i)$ - количество вхождений данного ключевого слова в другое предложение, m - количество ключевых слов, содержащихся в предложении S_{n}.

– Составление списка ключевых предложений. В реферат включаются предложения с наибольшими весами.

Методы реферирования и алгоритмы расчёта веса предложения применяются в инструментах автоматического реферирования текста.

4. Инструменты автоматического реферирования текста

Несмотря на то, что уже разработано множество средств для автоматической обработки текста, результат их работы остаётся далёк от возможностей человеческого интеллекта. Далее рассмотрены существующие инструменты автоматического реферирования текста.

7. TextAnalyst

Система TextAnalyst основана на статистическом методе. Наиболее значимыми считаются те предложения, в состав которых входит наибольшее количество ключевых слов. Главным недостатком программы является качество реферирования текста. По итогу,

выбранные предложения не полностью раскрывают смысл текста, а также не связаны друг с другом логически.

8. VisualWorld

В состав системы VisualWorld входит инструмент для автоматического реферирования текста «Рефератор». Он основан на статистическом методе, то есть в реферат включаются предложения с наибольшим весом. Главным недостатком системы является качество получаемого реферата. Отобранные предложения не полностью раскрывают смысл текста и не всегда связаны друг с другом.

9. TextCompactor

Система TextCompactor применяется для автоматического реферирования текстов только на английском языке. Система основана на статистическом и позиционном методах реферирования. Несмотря на то, что в системе применяются два подхода к реферированию текста, его качество по-прежнему остаётся неидеальным. В реферат включены не все предложения, отражающие основную мысль текста.

10. SweSum

Система SweSum предназначена для автоматического реферирования текстов на различных языках. Система основана на трёх методах реферирования: статистический, позиционный и индикаторный. Даже не смотря на то, в системе применяются три метода реферирования текста, в реферат не всегда включены все предложения, отражающие смысл текста.

5. Сравнение методов автоматического реферирования текста

После реализации методов автоматического реферирования была проведена оценка качества их работы. Для этого был подготовлен эталонный реферат, который представляет собой упорядоченный список предложений в зависимости от важности их в тексте. Для его составления использовалась усреднённая оценка группы людей.

Были реализованы статистический и симметричный алгоритмы расчёта веса предложения с использованием разных способов выделения ключевых слов. Анализ результатов показал, что качество работы методов реферирования зависит от применяемых в них методов выделения ключевых слов, на основании чего был проведён ряд экспериментов по использованию интегрального метода выделения ключевых слов [8] с разными пороговыми значениями.

В таблице приведены результаты сравнения методов автоматического реферирования с экспертной оценкой в зависимости от объёма реферата 30%, 50% и 70%.

Таблица

Сравнение методов автоматического реферирования текста

Объём реферата	**Статистический**	**Симметричный**	**Позиционный**
30%	20%	20%	50%
50%	45%	45%	
70%	77%	77%	
среднее	47,3%	47,3%	50%

Анализ полученных результатов показал, что для хорошо структурированных, разбитых на абзацы текстов небольшого (19-20 предложений) объёма:

11. Наиболее эффективный метод – позиционный, что характерно для структурированных текстов.

12. Наименее эффективные методы – статистический, симметричный, поскольку в небольших текстах выделяется всего 2,3 ключевых слова.

13. С увеличением объёма реферата увеличивается процент совпадений, что обусловлено увеличением количества ключевых слов и выделенных позиционным методом предложений в реферате и более полной передачей смысла текста.

Заключение

Анализ полученных результатов показал, что в общем, для произвольных текстов более точные результаты позволит получить только совместное использование разных методов реферирования.

При этом для научных текстов, которые отличаются хорошей структурированностью, хорошие результаты даёт позиционный метод, который целесообразно применять первым. Для устранения такого недостатка позиционного метода, как отсутствие возможности получения реферата заданного объёма, возможно дополнительное применение статистического и симметричного методов и последующий учёт их результатов при сокращении полученного реферата до нужного объёма. В дальнейшем добавление индикаторного метода позволит получать более эффективные результаты.

В полной мере проблематично решить задачу автоматического реферирования текста из-за сложности естественного языка и неоднозначности понимания текста человеком. Однако реализация описанного подхода позволит улучшить качество результатов, получаемых методом экстракции, и создать новые инструменты автоматического реферирования текста на русском языке.

Список литературы

1. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика : учеб. пособие / Е. И. Большакова [и др.] ; отв. ред. Е. И. Большакова – М. : МИЭМ, 2011. – 272 с.

2. Маркушевская. Л. П. Аннотирование и реферирование / Л. П. Маркушевская, Ю.А. Цапаева – СПб. : ИТМО, 2008 – 51с.

3. Тарасов, С. Д. Современные методы автоматического реферирования / С. Тарасов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2010. – №6. – С.59-74.

4. Букатникова, С. Д. Понимание текста как проблема современной лингвистики и гуманитарного познания / С. Букатникова // Молодой ученый. – Казань,2015. – №6. – С.799-803.

5. Нестерова, Н. М. Реферирование как способ извлечения и представления основного содержания текста / Н. М. Нестерова, Н. А. Герте // Вестник Пермского Университета. – Пермь,2013. – №4/24. – С.127-132.

6. Лазарева, О. Ю. Методы выделения ключевых слов в контексте электронных обучающих систем / О. Ю. Лазарева, М. С. Боломутова // Молодой ученый. – Казань,2016. – №26. – С.143-146.

7. Яцко, В. А. Симметричное взвешивание терминов / В. Яцко // Международный научный журнал «Символ науки». – 2015. – №12. – С.87-88.

8. Иващенко, М. В. Комплекс инструментов для исследования алгоритмов выделения ключевых слов из текста на русском языке / М. В. Иващенко. // Гагаринские чтения. – 2018: XLIV Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов. – М. : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2018. – С. 84.

Содержательная интерпретация распределения слов по длине

А. А. Кретов, email: tipl@rgph.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются распределения слов по длине в различных словарях, текстах, корпусах текстов. Вводится Индекс асимметричности распределения (ИнАРС). Предлагается его содержательная интерпретация*

Ключевые слова: *Квантитативная лингвистика, квантитативная лексикология, распределение слов по длине в словарях и текстах, Индекс асимметричности распределения слов.*

Введение

Гипотеза исследования состоит в следующем. Распределение слов по длине состоит из двух качественно различных множеств слов: 1) необходимых по преимуществу – слова с длиной ≤ моды («*короткое*» множество) и 2) факультативных по преимуществу – слова с длиной > моды («*длинное*» множество).

Предлагается следующая **интерпретация гипотезы**. Асимметричность распределения свидетельствует о преобладании того или иного множества.

При этом *короткое* множество состоит преимущественно из исконных обиходно-бытовых слов, а *длинное* – преимущественно из книжных и заимствованных.

Чем больше распределение сдвинуто относительно проекции моды на ось абсцисс в сторону *длинного* множества, тем сильнее внешнее влияние на лексику языка и наоборот, чем больше распределение сдвинуто в сторону *короткого* множества, тем самостоятельнее развитие лексики языка.

1. Анализ результатов предшествующих работ

Распределение слов по длине в словарях исследовалось с точки зрения характера распределения (гиперболическое [1] или логнормальное [2] и [3]) или же в аспекте связи длины слов с их частотностью [4; 5] и другими параметрами [6]. Работы по исследованию асимметричности распределения слов по длине нам не известны.

© Кретов А. А., 2019

2. Материалы и метод исследования

В предлагаемой статье **объектом** исследования являются словари русского языка, иноязычно-русские словари, словари языка отдельных авторов. **Предметом** исследования выступает распределение слов по длине в словарях-источниках.

Метод исследования – квантитативный. Для характеристики распределения по длине слов, принадлежащих данному языку, в качестве *меры асимметричности* распределения вводится Индекс Асимметричности Распределения Слов – ИнАРС, вычисляемый следующим образом (см. Рис.1).

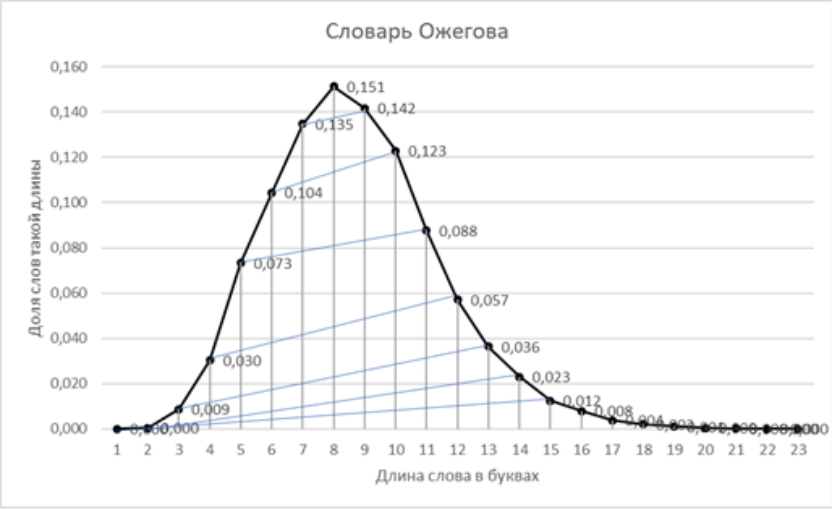


Рис. 1. Выделение пар в распределении слов по длине.

Берется одинаковое количество точек до и после моды. (Если мода приходится на 8, то берётся – 7 точек, и после моды надо взять ещё 7: с 9 по 15-ый).

Значения точек располагаются парами, по мере удаления от моды: 7-ой с 9-ым, 6-ой с 10-ым, …, 1-ый с 15-ым.

Из значений меньших рангов вычитаются значения больших рангов. Полученные разности суммируются.

Сумма делится на количество суммируемых величин (пар).

Частное от деления (среднее арифметическое) и есть мера асимметричности распределения – Индекс Асимметричности Распределения слов по длине (ИнАРС).

Таблица

Пример вычисления ИнАРСа (мода – 8)

Букв	Короткие	Букв	Длинные	К-Д
7	0,135	9	0,142	-0,007
6	0,104	10	0,123	-0,019
5	0,073	11	0,088	-0,014
4	0,030	12	0,057	-0,027
3	0,009	13	0,036	-0,028
2	0,000	14	0,023	-0,023
1	0,000	15	0,012	-0,012
			ИнАРС:	-0,018

Результаты исследования представлены на рис. 2-6.

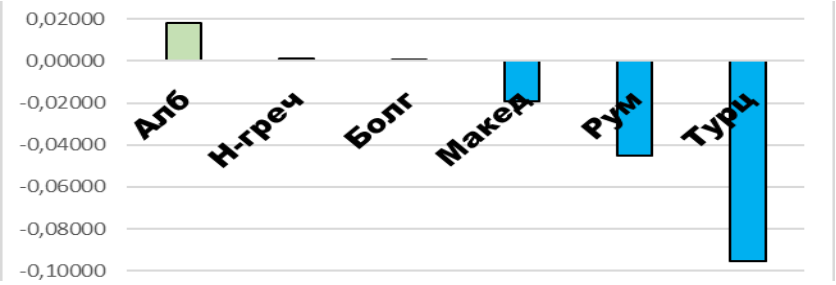


Рис. 2. Значения ИнАРСа в балканских языках

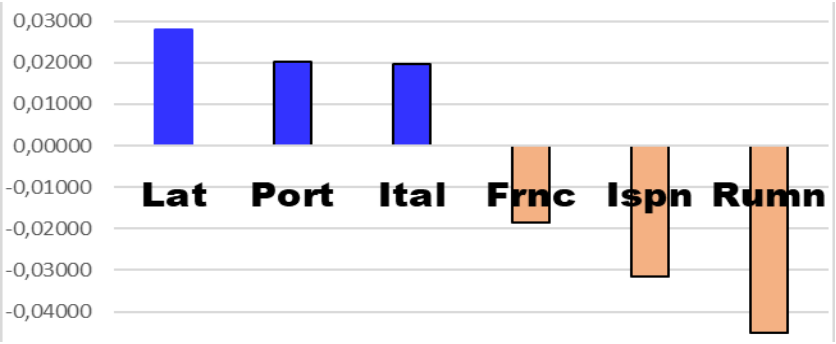


Рис. 3. Значения ИнАРСа в романских языках

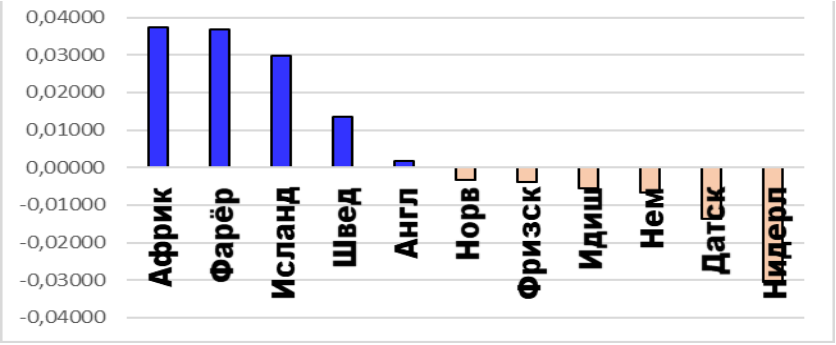


Рис. 4. Значения ИнАРСа в германских языках

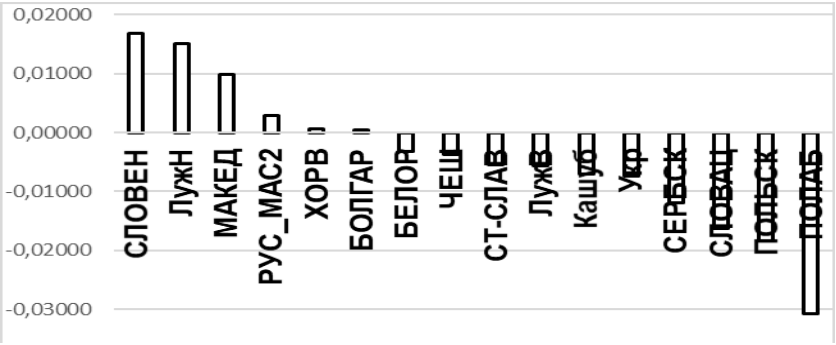


Рис. 5. Значения ИнАРСа в славянских языках

Рис. 6. ИнАРС в словарях русских авторов

Заключение

Исследование подтвердило гипотезу исследования и её интерпретацию. Языки, принадлежащие одному генетическому или ареальному множеству, делятся на 3 подмножества: 1) аккультурируемые языки, 2) аккультурированные языки (языки-реципиенты) и 3) аккультурирующие языки (языки-доноры).

ИнАРС аккультурирующих языков всегда ближе к 0.

Аккультурируемые языки характеризуются максимально положительными значениями ИнАРСа, в максимальной степени сохраняя свою идентичность.

Аккультурированные языки, в максимальной степени испытавшие влияние аккультурирующего языка, характеризуются предельно отрицательными значениями ИнАРСа.

Аккультурирующие языки имеют максимально симметричное распределение слов по длине и, соответственно, – значения ИнАРСа максимально близкие к нулевому.

Среди балканских языков аккультурирующими языками являются греческий и болгарский, аккультурируемым – албанский, аккультурированными языками являются турецкий и румынский.

Среди романских языков аккультурирующим языком является французский, а аккультурированными – румынский и испанский

Среди германских языков аккультурирующим является английский, аккультурируемыми – африкаанс, фарёрский и исландский, акккультурированным – нидерландский.

Применение ИнАРСа к распределениям слов в словарях отдельных носителей русского языка показало, что они могут быть подразделены на те же три подмножества. При этом к относятся авторы, лексикон которых характеризуется положительными значениями ИнАРСа (подмножество1), являются носителями народного языка – языка повседневного общения. Отрицательные значения ИнАРСа (подмножество 2) свидетельствуют о преобладании в речевой практике автора книжного (литературного) языка, обслуживающего преимущественно духовно-интеллектуальную сферу. Авторы со значением ИнАРСа, близким к 0 (подмножество 3), гармонично сочетают обе сферы общения.

К подмножеству 1 относится А.В. Кольцов. К подмножеству 2 относятся (в порядке убывания типичности) М.Ф. Достоевский, Л.Н. Толстой, А.С. Пушкин, И.А. Бунин, В.В. Маяковский. К подмножеству 3 относятся С.А. Есенин, И.С. Никитин, Н.А. Клюев.

Список литературы

1. Селезнёв Г.Д. Квантитативный анализ лексики верхнелужицкого языка / Г. Д. Селезнёв, А.А. Кретов // Вестник ВГУ. Серия Системный анализ и информационные технологии, 2009, № 1, С. 73-76.

2. Тулдава Ю.А. Проблемы и методы квантитативно-системного исследования лексики / Ю. А. Тулдава. – Таллинн: Валгус, 1987. – 204 с.

3. Поликарпов А.А. Циклические процессы в становлении лексической системы языка: Моделирование и эксперимент. // Автореф. дисс. … докт. филол. наук. М., 1998.

4. Zipf G.K. Human Behavior and the Principle of Least Effort / Zipf G.K. – Cambridge: Addison-Wesley Press. – 1949.

5. Zipf G.K. The Psycho-Biology of Language an introduction to dynamic philology /Zipf G.K. – Cambridge: M.I.T. Press. – 1935.

6. Guiraud, Pierre. Les caractères statistiques du vocabulaire, Paris. – 1954.

Исследование и разработка адаптивных алгоритмов выделения именованных сущностей из текстов на русском языке

А. И. Кузьмина, email: nitonok@gmail.com

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Рассмотрены результаты реализации инструмента выделения именованных сущностей из текстов на русском языке, проведена оценка качества, разработан адаптивный алгоритм выделения именованных сущностей.*

Ключевые слова: *выделение именованных сущностей, именованные сущности.*

Введение

Обработка текстов и извлечение информации из них – важная задача, результаты выполнения которой могут применятся во многих отраслях человеческой жизни. Однако большинство текстов, особенно размещенные в сети Интернет, имеют слабоструктурированную или вовсе неструктурированную форму, что усложняет процесс их обработки. В связи с этим растет необходимость в автоматизированном анализе текстов, целью которого является автоматическое извлечение структурированных данных из неструктурированных или слабоструктурированных источников, и информационном поиске и обработке информации на естественных языках.

Важной подзадачей обработки текстов и извлечения информации из них является задача извлечения именованных сущностей. Именованной сущностью (Named Entity Recognition, NER) считается слово или словосочетание, предназначенное для конкретного и вполне определенного предмета или явления, выделяющего этот предмет или явление из ряда однотипных предметов или явлений [1]. Задача извлечения именованных сущностей – это распознавание и выделение слов или словосочетаний в тексте, являющихся именованными сущностями, и классификация выделенных именованных сущностей по предопределенным категориям [1].

© Кузьмина А. И., 2019

1. Оценка качества разработанного инструмента выделения именованных сущностей

Особенности естественно-языковых текстов не позволяют в полной мере создать универсальное средство для решения задачи выделения именованных сущностей, не привязанных к конкретному языку, предметной области и т.д. В свободном доступе практически отсутствую инструменты выделения иемнованных сущностей из текстов на русском языке, особенно доступные в форме библиотеки [2-3]. Поэтому был разработан инструмент выделения именованных сущностей из текстов на русском языке на основе создания грамматических правил выделения именованных сущностей из текстов и их классификация с помощью дополнительных легко расширяемых словарей и справочников [3]. Инструмент позволяет выделять сущности классов «Личность», «Организация», «Местоположение» и «Другое».

Произведенная оценка качества разработанного инструмента и реализованной с помощью него системы выделения именованных сущностей на основе графематических правил показала, что система с большой точностью – 94% выделяет именованные сущности, причем процент ошибок первого рода составляет 23%, а процент ошибок второго рода – 6%. При классификации наибольшую точностью показывает выделение именованных сущностей класса «Местоположение» – 79% (процент ошибок первого рода – 11%, процент ошибок второго рода – 21%). Классы «Другое» и «Личность» классифицируются со средней точностью, 69% и 61% соответственно, причем класс «Другое» показал 54% ошибок первого рода и 31% ошибок второго рода, а класс «Личность» не показал ошибок первого рода, но процент ошибок второго рода составил 39%. С наименьшей точностью классифицируются сущности класса «Организация» – 49%, причем процент ошибок первого рода составил 7%, а ошибок второго рода – 51%.

Система показала высокие результаты точности выделения именованных сущностей. Однако в силу того, что зачастую первые слова в предложении удовлетворяют признакам кандидатов в именованные сущности и при этом в их состав могут не входить глагольные формы, союзы, предлоги, частицы и т.д., т.е. признаков, исключающих их из именованных сущностей, то система излишне часто выделяет как сущности именно такие слова. Также был выявлен очевидный недостаток алгоритма – периодически неправильно определяются границы именованной сущности из-за присоединения к лексеме, удовлетворяющей признакам кандидата в именованную сущность, слов-соседей.

Основными причинами низкого процента точности выделения класса «Личность» является то, что часто в новостных статьях, на которых проводилось тестирование системы, приводятся только фамилии личностей, без имен или отчеств, по которым инструмент в первую очередь определяет, что сущность перед ней относится к классу «Личность», либо же у персоны редкое имя, которого нет в словаре имен (чаще всего такие ситуации возникают с иностранными именами), и поэтому система не может его распознать. Кроме того, зачастую возникают ситуации, когда сущность определяется системой как спорная, так как находится одновременно в нескольких словарях.

В связи с тем, что в реализованном алгоритме выделение именованных сущностей класса «Организация» основывается либо на признаке нахождения слова в кавычках, либо при наличии перед кандидатом в именованную сущность слова, найденного в словаре типов организационных форм, а в новостных статьях организации чаще всего приводятся без кавычек (особенно иностранные) и без типа организационных форм, алгоритм не показал высокую точность выделения именованных сущностей класса «Организация».

Определение именованных сущностей класса «Местоположение» является наиболее точным по сравнению с другими классами. Это связано с тем, что для классификации таких именованных сущностей производится поиск по 4 словарям: словарю городов, стран, типов географических объектов и наиболее известных географических объектов мира, тогда как для выделения сущностей классов «Личность» и «Организация» используются только по одному словарю: словарю имен и типов организационных форм соответственно.

В силу того, что все именованные сущности, которые не были классифицированы системой, хотя являются сущностями какого-либо конкретного класса, автоматически относятся к классу «Другое», система показала весьма высокий процент ошибок первого рода. Процент ошибок второго рода по большей части был связан с тем, что сущности класса ошибочно классифицировались либо как класс «Организация», либо как класс «Местоположение».

В процессе реализации было определено, что зачастую в процессе работы системы возникают ситуации, когда именованная сущность находится одновременно в нескольких словарях, поэтому системе проблематично однозначно определить ее класс. Такие ситуации были названы коллизиями. Примерами коллизий можно назвать сущности «Владимир» (местоположение или личность?), «Олимпиада» (личность или другое?) и «По» (личность, местоположение или не сущность?). Поэтому для устранения таких ситуаций в системе был разработан

инструмент просмотра результатов и разрешения коллизий, который позволяет вручную указывать корректный класс именованной сущности. Данные спорные сущности сохраняются в базе данных коллизий вместе с результатом (классом) их разрешения, что позволяет подсчитывать статистику отношения каждой спорной именованной сущности к какому-либо классу.

2. Адаптивный алгоритм выделения именованных сущностей

Накопление статистики по спорным сущностям в базе коллизий и ее последующее использование позволит повысить точность выделения именованных сущностей для повышения точности их классификации и впоследствии реализовать адаптивный алгоритм для автоматического учета и обновления статистики.

Если спорная сущность встретилась в тексте и при этом она находится в базе данных коллизий, то система автоматически должна определять ее к классу в зависимости от статистики разрешения данной сущности, которая хранится в базе данных коллизий, и обновлять статистику. Если сущность чаще всего относилась к классу, например, «Личность», то система автоматически будет относить эту сущность к классу «Личность». Однако, чтобы обеспечить корректный расчет статистики, необходимо накапливать статистические данные в базе данных коллизий за счет обработки подготовленных текстов с спорными сущностями заданного класса. Для уменьшения участия человека в процессе, а также для снижения вероятности появления спорных сущностей, в существующий алгоритм выделения именованных сущностей будет добавлен более детальный анализ слов-соседей кандидатов в именованные сущности с помощью библиотеки морфологического анализа JMorfSDK [4], так как известно, что есть ситуации, когда предшествующие или, наоборот, следующие за кандидатом слова определенно указывают на класс сущности. Например, предлог «во» в предложении «Сегодня во Владимире солнечно» однозначно указывает, что «Владимир» – это город, а не человек, так как данное предложение в отношении человека некорректно.

Модифицированный адаптивный алгоритм выделения именованных сущностей включает следующие этапы:

1 этап. Подготовка данных для проверки.

Производится графематический анализ испходного текста: текст разбивается на массив лексем по признаку пробела между ними, знаки пунктуации при этом остаются в составе проверяемых лексем.

2 этап. Отбор лексем, наиболее вероятно являющихся именованными сущностями.

Производится пошаговая проверка всех элементов массива лексем.

2.1 Отбор лексем

Производится по следующим признакам:

– лексема начинается с буквы верхнего регистра;
– в лексеме присутствуют символы-цифры;
– лексема обрамлена кавычками.

Соседние выбранные лексемы объединяются в одно словосочетание.

2.2 Анализ слов-соседей выбранных лексем

С помощью библиотеки морфологического анаиза JMorfSDK анализируются слова-соседи отобранных кандидатов в именованные сущности. Если они являются глагольными формами, предлогами, частицами, союзами и т.д., то они не присоединяются к кандидатам в именованные сущности. Также причиной для неприсоединения соседних лексем могут быть знаки пунктуации, указывающие на разделение или окончание предложений. Во всех остальных случаях слова-соседи присоединяются к кандидату.

3. Проверка по словарям, базе данных и дополнительный анализ морфологических характеристик слов.

Производится последовательность проверок по различным словарям в определённом порядке, выделяются из сформированных словосочетаний именованные сущности, независимо от их грамматической формы.

Сущности разбиваются на следующие классы: «Личность», «Организация», «Местоположение» и «Другое».

3.1 Работа со спорными сущностями

3.1.1 Спорная сущность, найденная в базе

В случае, если сущность определена как спорная, производится ее поиск в базе данных коллизий. Если сущность найдена в базе данных коллизий, то на основе коэффициентов, хранящихся в базе, автоматически определяется ее принадлежность классу с наибольшим коэффициентом. Коэффициент класса рассчитывается как отношение количества всех хранящихся в базе разрешений сущности к данному классу к общему количеству хранящихся в базе разрешений сущности.

Далее производится дополнительный морфологический анализ: если слова-соседи выделенной именованной сущности не подходят по морфологическим признакам к данному классу, то класс сущности определяется по следующему после наибольшего коэффициенту класса из базы данных. При работе в автоматическом режиме обновления статистики данные в базе данных коллизий обновляются.

3.1.2 Спорная сущность, не найденная в базе

Если спорная сущность не найдена в базе данных, то производится дополнительный морфологический анализ слов-соседей и определение связанности, на основании чего делается вывод возможно ли однозначно отнести сущность к какому-либо классу. Если класс не был определен, то сущность определяется как спорная, и добавляется в базу коллзиий. После этого возможно разрешение таких коллизий вручную.

3.2 Работа с сущностями, определенными неверно

Если последующий анализ результатов выявил, что сущность или ее класс определены неверно, то система позволяет пользователю с помощью инструмента просмотра результатов и разрешения коллизий вручную указать конкретный правильный класс сущности. Результат разрешения заносится в базу данных коллизий.

Заключение

Применение описанного адаптивного алгоритма выделения именованных сущностей и исследование связей между сущностями и их соседями позволит повысить точность выделения именованных сущностей из текстов на русском языке. Разработанный инструмент представлен в виде Java-библиотки и системы для обучения алгоритма и разрешения коллизий. Инструмент может использоваться при решении любых задач обработки текстов на русском языке.

Список литературы

1. Nadeau D. and Sekine S. A survey of named entity recognition and classification [Journal] // Linguisticae Investigationes. – Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publishing Company, 2007. – Vol. 30. – P. 3-26.

2. Кузьмина, А.И. Инструмент выделения именованных сущностей из текстов на русском языке / А. И. Кузьмина // Материалы XVIII Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 08-09 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – Т. 6. – С. 33.

3. Кузьмина, А.И. Разработка программной системы выделения именованных сущностей на основе правил / А. И. Кузьмина // Сборник тезисов докладов XLIV Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения – 2018» (Москва, 17-20 апреля 2018 г.). – Москва, 2018. – Т. 2. – С. 93-94.

4. Поречный, А.С. JMorfSDK [Электронный ресурс]: библиотека морфологического анализа. – Режим доступа : https://github.com/jalexpr/JMorfSDK

Разработка комплекса инструментов для управления корпусами текстов

С. С. Попов, e-mail: sergey1404sergey@mail.ru
С. А. Полицын, e-mail: pul_forever@mail.ru
Е. В. Полицына, e-mail: kathrin.beaver@mail.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Одной из актуальных задач компьютерной лингвистики, необходимых для решения других задач, в т. ч. для использования методов машинного обучения, является задача составления, разметки и оперативного пополнения корпусов текстов. В докладе освещается разработка инструмента для создания и разметки корпуса текстов для решения различных задач, создание корпуса текстов с расширяемой разметкой, который позволит создавать субкорпуса по настраиваемому набору признаков.*

Ключевые слова: *лингвистический корпус текстов, компьютерная лингвистика, корпусная лингвистика, разметка корпуса.*

Введение

С бурным ростом количества обрабатываемой информации последние десятилетия потребность в развитии методов и инструментов ее автоматизированной обработки только увеличивается. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется развитию компьютерной лингвистики – направления в прикладной лингвистике, связанного с автоматизацией процессов сбора, обработки и разметки информации. Развитие средств автоматизированного анализа текстов позволило исследователям существенно сократить в том числе время на формирование текстовых корпусов для своих задач [8, 10]. В последнее время при решении задач компьютерной лингвистики успешно используется и все более набирающие популярность методы машинного обучения [11], использование которых во всех областях требует большого количества информации для обучения системы, компьютерная лингвистика – не исключение.

Текстовый корпус – это свод текстов и информации по ним, собранных в соответствии с определенными принципами, размеченных по определенному стандарту и обеспеченных поисковой системой [1].

© Попов С. С., Полицын С. А., Полицына Е. В., 2019

Разработкой и созданием корпусов занимается специальный раздел языкознания «Корпусная лингвистика» [2].

Развитие корпусов текстов является важной задачей, так как с их помощью проводятся научные исследования в сфере языкознания, а также создаются различные прикладные системы разной направленности. Появление корпусной лингвистики заменило ручной труд и ускорило процессы по сбору и обработке информации. Объемы исследуемой информации значительно увеличились. Это позволило сделать исследования на основе статистических данных более точными и достоверными.

1. Обзор лингвистических корпусов текстов

В течении последних десятилетий во многих странах ведутся работы по формированию лингвистических корпусов в целях изучения собственных национальных языков. Первые корпусы появились в Великобритании в 60-е годы: Brown University Corpus и Lancaster/Oslo-Bergen Corpus (LOB). Самым крупным британским корпусом является Британский Национальный Корпус (BNC) [3]. В других странах тоже ведутся разработки в этой области. Например, в Германии самым крупным корпусом является корпус Института немецкого языка в Маннгейме. В Чехии – Чешский национальный корпус [4]. В России также ведутся работы по формированию национальных корпусов. Генеральный интернет-корпус русского языка (ГИКРЯ) [5]. В нем собрано наибольшее количество словоформ из всех русских корпусов на данный момент, а именно — 20 000 млн. Обладает графематической, морфологической, метатекстовой и пунктуационной разметками. Национальный корпус русского языка (НКРЯ) [6] имеет в своем арсенале меньшее количество словоформ по сравнению с ГИКРЯ, но существенно превосходит его по количеству видов разметки. В НКРЯ реализованы лексическая, морфологическая, синтаксическая, акцентная, лексико-семантическая и другие разметки.

2. Проблемы корпусной лингвистики

На первых этапах развития корпусной лингвистики у корпусов текстов выявилась важная особенность – это их узкая направленность. Каждый корпус текстов должен иметь разметку, а в некоторых случаях и набор информации, исходя из поставленных задач. Например, для исследований в области морфологии корпус должен содержать данные о характеристиках слова (часть речи, род, число, падеж - для имен существительных, вид, время, переходность - для глаголов и т.д.), для изучения выражений требуется поле для связи слов между собой, для

создания классификаторов необходимо указание автора и предметной области и т.д.

Корпус текстов, особенно при его использовании для машинного обучения или проверки качества работы других алгоритмов и методов автоматического анализа текстов, должен содержать большой объем данных. Работы по реализации текстового корпуса требуют много времени и состоят из нескольких подзадач: сбор информации из самых разных источников и на разные тематики для следования принципу репрезентативности, обработка собранной информации, анализ обработанной и структурированной информации, формирование разметки для корпуса текстов.

Таким образом, из-за специфичности лингвистических корпусов и трудности их создания существует проблема ненужности корпусов после выполнения поставленных задач, так как практически всегда корпус создается под конкретную задачу. Такая проблема присуща корпусам меньшим, чем, например, НКРЯ, у которого большой арсенал разметок, что делает его почти универсальным, но у него отсутствует программный интерфейс или возможность получения большого объема текстов для использования в программных инструментах. После выполнения поставленных задач корпусы становятся не такими востребованными, как раньше, несмотря на то, что проделана большая работа по его реализации. Решением этой проблемы может стать разработка комплекса инструментов для создания и разметки корпусов текстов, ориентированных на решение различных задач.

В качестве источников данных для корпусов могут служить различные пополняемые электронные библиотеки, собрания текстов по какой-либо тематике или энциклопедии. Важным требованием для автоматического создания корпуса и его разметки является возможность получения текстов с заранее определенными людьми свойствами, например, тексты по тематике или по авторам. Таких свойств может быть много, поэтому требуется создание правил для расширяемой разметки корпуса [9], кроме того, необходим инструмент, который за относительно небольшое время позволит автоматически получать нужные тексты.

3. Разработка инструмента создания корпуса текстов

Инструмент должен уметь собирать информацию с конкретного веб-сайта по ряду условий, заданных пользователем в конфигурационном файле и заложенных в самом инструменте. После получения информации тексты работ должны быть конвертированы в XML-документ с расширяемой разметкой [9], содержащей информацию о работе и ее текст.

Для наполнения и последующего расширения корпуса сбор информации происходит в автоматическом режиме, например, с научного Интернет-ресурса «Научная электронная библиотека» [7], программным модулем (краулером). Инструмент разработан средствами языка программирования Python 3 и специализированной библиотекой для создания краулеров – Scrapy.

Взаимодействие с веб-сайтом происходит посредством GET запросов. Для сбора данных применяются фильтры по тематикам и происходят разного рода проверки, например, возможно ли скачать текст, полная ли версия работы представлена, на каком языке написана работа.

В «Научной электронной библиотеке» тексты хранятся в формате PDF (Portable Document Format), поэтому для выделения разметки корпуса в комплексе реализована возможность конвертации из PDF в простой текстовый формат (TXT) для дальнейшей обработки и преобразования в XML-файл.

В зависимости от результатов проверок инструментом принимается решение о сборе данных по конкретной работе. Собранные данные о тексте и сам текст помещаются в базу данных (рис. 1) для реализации в дальнейшем алгоритма обновления корпуса.

{"subjects": "Общественные науки в целом", "name_book": "2003.01.022-025. ПОЛИТИКА КОНСТРУКЦИОНИЗМА. (СВОДНЫЙ РЕФЕРАТ)", "authors": ["ЯКИМОВА Е.В"], "key_word": null, "description": null, "book_text": " \n\n98 \n\nСОЦИАЛЬНАЯ ПСИХОЛОГИЯ \n\n \n \n \n \n \n \n \n\n(Сводный \n\n2003.01.022-025. ПОЛИТИКА КОНСТРУКЦИОНИЗМА. \nреферат). \n2003.01.022. VELODY I., WILLIAMS R. Introduction. // The politics of \nconstructionism. – L., etc., 1998. – P. 1–12. \n2003.01.023. LYNCH M. Towards a constructivist genealogy of social \nconstructivism // Ibid., P. 13–32. \n2003.01.024. GERGEN K.

Рис. 1. Пример собранных данных в базе данных sqlite3

Затем на основе этих данных создаются XML-документы с использованием специально разработанной ранее разметки [9].

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<doc>
    <category type="str">Общественные науки в целом</category>
    <title type="str">ЦИВИЛИЗАЦИОННЫЙ ВЫБОР РОССИИ И ПРОБЛЕМА ВЫЖИВАЕМОСТИ ОБЩЕСТВА</title>
    <authors type="list">
        <item type="str">АХИЕЗЕР АЛЕКСАНДР САМОЙЛОВИЧ</item>
    </authors>
    <keywords type="null"/>
    <description type="null"/>
    <text type="str">
        <![CDATA[
А.С.Ахиезер
```

Рис. 2. Пример сформированного XML-документа корпуса

Разработанный инструмент способен создавать корпусы текстов с динамической разметкой. Краулер путем настройки конфигурации возможно адаптировать и для других Интернет-ресурсов, например, Научной электронной библиотеке [7], Интернет-версии Большой российской энциклопедии и др.

4. Разработка комплекса инструментов для управления корпусами текстов

Использование инструмента создания корпусов текстов и дополнения новых текстов в корпус с универсальной расширяемой разметкой позволяет накапливать большой объем текстов разного объема с разными указанными свойствами. Ранее разработанные средства создания субкорпусов позволяют производить отбор текстов на основе фильтрации выбранных свойств в разметке.

Но в создаваемые таким образом субкорпуса не попадают тексты, в которых отсутствует хотя бы один из фильтруемых признаков. Кроме того, для решения ряда задач необходимо формировать корпуса с учетом специальных характеристик, таких как объем текста (в знаках, словах, предложениях, абзацах), статистических характеристик (средняя длина слова, средняя длина предложения и т.д.) и др., которые могут быть получены автоматически.

На рис. 3 представлена общая схема работы комплекса инструментов для создания и разметки корпусов. Система выбора и разметки субкорпусов позволяет динамически добавлять разные виды разметки путем изменения конфигурационных файлов и добавления размечающих утилит, на вход которым в заданном формате передаются данные о субкорпусе для разметки и необходимых характеристиках.

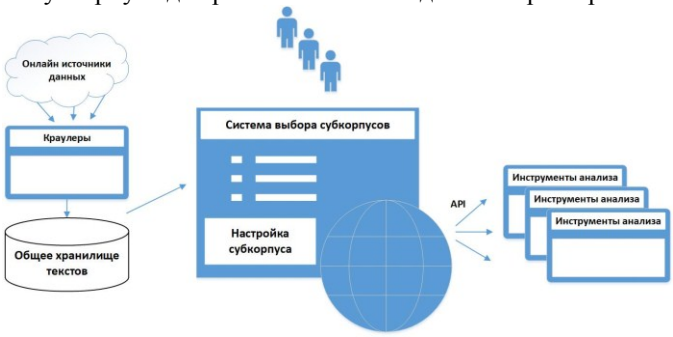


Рис. 3. Общая схема работы инструментов для создания и разметки корпуса текстов

Заключение

Комплекс инструментов для управления корпусами текстов, ориентированный на решение различных задач, способен существенно облегчить задачу по созданию новых корпусов текстов и дополнению существующих путем расширения набора текстов и их разметки.

Литература

1. Что такое корпус? [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://velib.com/read_book/bez_avtora/vvedenie_v_korpusnuju_lingvistiku/glava_1_chto_takoe_korpus/
2. Корпусная лингвистика как раздел языкознания [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.myfilology.ru/177/korpusnaya-lingvistika-kak-razdel-yazykoznaniya/
3. British National Corpus [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.natcorp.ox.ac.uk/
4. Český národní korpus [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://korpus.cz/
5. ГИКРЯ - Генеральный Интернет-Корпус Русского Языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.webcorpora.ru/
6. Национальный корпус русского языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ruscorpora.ru/
7. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elibrary.ru/
8. Корпусная лингвистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01210
9. Полицын С. А., Полицына Е. В. Применение корпуса текстов для автоматической классификации в комплексе инструментов автоматизированного анализа текстов// Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 168.
10. Корпусная лингвистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://corpora.iling.spb.ru/theory.htm
11. Машинное обучение для понимания естественного языка [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.osp.ru/os/2016/01/13048649/

Анализ алгоритмов и расширение функциональности инструментов устранения сокращений в текстах на русском языке

А. А. Самохин, e-mail: arteemmius@mail.ru

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. *Представлен анализ алгоритмов устранения сокращений в словарных статьях, разработаны наиболее перспективные пути развития инструмента устранения сокращений для повышения точности выделения и расшифровки сокращений в словарных статьях и других текстах на русском языке.*

Ключевые слова: *Сокращение, словарная статья, обработка текста, автоматический анализ текста, компьютерная лингвистика, русский язык.*

Введение

Одной из основных и преобладающих форм обмена информацией в современном мире является текст. Именно текст составляет значительную долю содержимого информационных ресурсов, представленных в различных информационных и поисковых системах. Значительное место в решении задач анализа текстовой информации занимает использование систем автоматизированной обработки текста на естественном языке.

В докладе затронута актуальная задача, для решения которой была реализована программа, главной функцией которой является устранение сокращений в словарных статьях.

За время развития графематического анализа появилось большое количество продуктов и технологий, решающих различные задачи этой науки.

Отдельным классом среди этих программных продуктов являются системы, осуществляющие полную автоматическую обработку текстов на естественном языке. Кроме того, существуют программы, представляющие собой модули и библиотеки, решающие одну или несколько задач автоматической обработки текстов.

В качестве примеров рассмотрены известные коммерческие продукты для анализа текстовой информации, такие как Solarix [1], Lingsoft [2], FreeLing [3], и несколько программ по обработке

© Самохин А. А., 2019

сокращений в текстах: макрос для Microsoft Word по поиску аббревиатур, представленный проектом vExcele.ru [4] и программа по работе с аббревиатурами – Аббревиатор [5].

В программе по устранению сокращений в текстах, рассмотренной в [7], используется библиотека морфологического анализа JMorfSdk [6] в сочетании с методами, реализованными автором.

1. Алгоритмы устранения сокращений в словарных статьях

Алгоритмы по устранению сокращений в общем случае включают в себя три подзадачи:

1. Поиск сокращения в тексте;
2. Поиск полной формы сокращения в базе данных;
3. Преобразование полной формы сокращения к правильному склонению, числу и т.д.

Если первая подзадача сводится к поиску подстроки в строке, то существует множество возможных решений для второй и третьей подзадач, каждое из которых требует углубленного изучения графематического анализа. Точность, с которой программа устраняет сокращения на большом корпусе текстов – основной показатель, который в полной мере отражает эффективность их решения.

Программа по устранению сокращений [7] реализована в виде библиотеки с GUI, и включает в себя базу данных, состоящую из двух таблиц. В свою очередь, таблицы связанны один к одному, в них отражена информация о сокращениях и их полных формах соответственно. Программа использует стороннюю библиотеку морфологического анализа – JmorfSdk [6]. На вход принимается текст на русском языке, содержащий различного рода сокращения. Результатом работы является текст, в котором все сокращения преобразованы в слова в полной форме с учетом согласования морфологических характеристик соседних слов, являющихся главными по отношению к искомому.

Процессы обнаружения и устранения сокращений в тексте состоят из нескольких этапов:

4. Подготовка текста к анализу.

На данном этапе проводится графематический анализ исходного текста на уровне слов.

5. Распознавание сокращений в тексте с учетом типа.

Поддерживается работа с четырьмя типами сокращений:

– сокращения, полученные методом усечения (такие сокращения оканчиваются точкой);
– сокращения, полученные с помощью стяжения. В таких остается только несколько букв начала и конца слова, а буквы между ними отбрасываются и заменяются дефисом;

– аббревиатуры (лексемы, состоящие из букв верхнего регистра);
– общепринятые сокращения (обычно получаются путем сокращения каждого слова в словосочетании до нескольких букв и оканчиваются точкой).

С учетом указанных признаков среди выделенных лексем выбираются те, которые могут являться сокращениями.

6. Формирование развернутого варианта сокращения.

В словаре сокращений производится поиск толкования выделенного из текста сокращения. Для некоторых из сокращений в словаре приводится несколько вариантов расшифровок, указывается предметная область или имеется комментарий по сфере употребления данного слова.

7. Генерация развернутого варианта сокращения.

На данном этапе производится анализ морфологических характеристик соседних к найденному сокращению слов, после чего на основе полученных данных устанавливаются синтаксические связи слов в предложении и определяется соответствующая форма развернутого сокращения. Далее с помощью библиотеки морфологии JMorfSdk [6] генерируется нужная форма расшифровки сокращения.

2. Алгоритмы для расширения возможностей инструмента устранения сокращений

В ходе эксплуатации программы и анализа полученных результатов были выявлены недостатки, которые в значительной степени снижают вероятность получения правильного выбора полной формы сокращения.

Программа [7] обладает достаточно небольшой базой данных сокращений, в силу чего достаточно высок процент ошибок первого рода, имеют место быть случаи отнесения сокращений к обычным словам, что, безусловно, является недостатком, так как данная проблема напрямую влияет на работоспособность программы.

В русском языке существует несколько сотен тысяч сокращений [8], и пополнение базы данных является весьма трудоемким процессом, так как требует не только регулярного обновления хранилища, но и создания некого базиса, покрывающего как можно больше сокращений русского языка, для возможности использования программы на текстах, относящихся к разным предметным областям.

Существует несколько способов решения данной проблемы. Одним из способов является относительно небольшое расширение локальной базы данных сокращений, и использование в качестве дополнительного хранилища постоянно обновляемого внешнего ресурса с большой базой сокращений. Таки образом, возможно получение необходимых полных

форм сокращений с последующим сохранением в локальную базу данных.

При таком способе основным режимом работы программы является получение полных форм сокращений в локальном хранилище. Помощь внешнего ресурса может понадобиться исключительно в случаях отсутствия соответствующих полных форм в локальной базе данных, это позволит автоматически расширять локальное хранилище сокращений.

Следующим существенным недостатком программы является отсутствие в структуре базы данных сокращений атрибута, указывающего на принадлежность сокращения к определенной предметной области, только для некоторых сокращений предметная область указана в качестве дополнительной информации, что не пригодно для автоматической обработки. Одно и тоже сокращение может иметь несколько полных форм в зависимости от контекста, например, «ФК» – футбольный клуб, функциональный класс, Фонд кино, Федеральное казначейство и т.д. Таким образом, выбор правильной формы может быть осуществлен путем анализа принадлежности исходного текста к определенной предметной области.

Таким образом, необходимы следующие доработки:

– Локальная база данных сокращений.

Структура базы данных требует определенных изменений, также необходимо увеличить объем хранимых данных.

– Использование внешнего ресурса для получения полных форм сокращений.

Требуется продумать возможность интеграции с внешним ресурсом для получения расширенной и регулярно обновляющейся базы данных.

– Использование классификатора текста.

Необходим механизм, способный определить к какой предметной области относится исходный текст для разрешения неопределенности при выборе нескольких полных форм, имеющих одну и ту же сокращенную форму. Для решения данной задачи придется прибегнуть к внешним сервисам, способным необходимым образом анализировать входной текст.

Основой алгоритма устранения сокращений является принцип анализа главного слова в предложении по отношению к сокращению. Данный принцип опирается на модель словосочетаний, представленной в таблице.

Таблица

Модель словосочетаний

Модель словосочетания	**Часть речи сокращения**	**Главное слово**	**Порядок слов в словосочетании**	**Правило**
Прил./местоим./прич./числ. + сущ.	Имя прилагательное	Имя существительное	Главное слово стоит после зависимого	Род, падеж, число сокращения те же, что и у главного слова
	Местоимение			
	Причастие			
	Имя числительное			
Глаг. + сущ.	Имя существительное	Глагол	Главное слово стоит перед зависимым	Если между главным и зависимым словом стоит предлог: морфологические характеристики существительного определяем по принадлежности предлога к определенному падежу
Сущ. + сущ.	Имя существительное	Имя существительное	Главное слово стоит перед зависимым	Между главным и зависимым словом стоит предлог: морфологические характеристики зависимого существительного определяем по принадлежности предлога к определенному падежу
				Между главным и зависимым словом нет предлога: чаще всего зависимое слово в родительном падеже

Анализ показал, что возможными путями повышения точности устранения сокращений, могут являться: использование существующих моделей управления, с оценкой сложности их реализации, оценка показателей эффективности каждой из них. В дальнейшем, это позволит выбрать алгоритм устранения: есть ли необходимость реализации новой модели словосочетаний на основании проведенных исследований, или же можно будет ограничиться отладкой и улучшением модели словосочетаний, представленной в таблице.

Также необходимо подготовить размеченный корпус текстов и провести тестирование системы, что позволит типизировать возникающие ошибки для их дальнейшего анализа.

Заключение

В данной работе была поднята одна из важных проблем автоматизированной обработки текстов на естественном языке – проблема устранения сокращений в словарных статьях.

Проведенный анализ существующих алгоритмов и инструментов выделения сокращений, а также анализ результатов работы инструментов устранения сокращений, позволили определить направления для расширения возможностей [7] с целью повышения точности расшифровки сокращений.

Литература

1. Официальный сайт Solarix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://solarix.ru
2. Официальный сайт Lingsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lingsoft.fi
3. Официальный сайт FreeLing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nlp.lsi.upc.edu/freeling
4. Программа автоматического поиска сокращений в тексте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vexcele.ru/shop/15/desc/poisk_abbreviatur
5. Аббревиатор – программа формирующая список сокращений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://tehpis.ru/abbreviator
6. Поречный А.С. Библиотека морфологического анализа русского языка JMorfSdk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://github.com/jalexpr/JMorfSdk
7. Сивоволова М.А. Разработка программной системы устранения сокращений в текстах на русском языке [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gagarin.mai.ru/files/2018/Vol_2.pdf
8. Лебедев А.А. Самый большой в мире словарь сокращений русского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sokr.ru

Анализ поведения ключевых слов автора. Падежная парадигма маркем

Н. Ю. Свиридова, email: sviridovanatalia.may@gmail.com
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматриваются основные методики, используемые при сопоставлении индивидуального ментального лексикона писателя и лексикона его литературных текстов. С этой целью проводится разноаспектный анализ ассоциативной активности лексем в психолингвистических экспериментах с участием писателей и в художественных произведениях этих авторов, в том числе и исследование падежной парадигмы ключевых слов.*

Ключевые слова: *маркема, психолингвистический эксперимент, ассоциативное поле, частота совместной встречаемости, ассоциативная активность, ментальный лексикон.*

Введение

Моделирование ментального лексикона является на сегодняшний день одной из самых актуальных задач психолингвистики. Для этого посредством методов компьютерной лингвистики осуществляется анализ поведения ключевых слов, что в свою очередь ведет к выявлению семантической близости слов, формализованному представлению знаний [1].

Главной целью данного исследования является сравнение по ряду параметров лексикона автора в повседневной жизни и лексикона его литературных произведений.

Методологической базой такого исследования является множество психолингвистических экспериментов с непосредственным участием самого автора. В серии таких экспериментов используются ключевые слова, извлеченные из художественных текстов писателя, – маркемы. Понятие *маркема*, так же как и логика выделения таких лексем из текстов, были введены и применены на практике А.А. Кретовым [2].

1. Основные этапы анализа функционирования ключевых слов автора

Материалом для проведения психолингвистических экспериментов служат, помимо уже вышеупомянутых маркем, также и «фоновые»

© Свиридова Н. Ю., Воронина И. Е., 2019

слова. И маркем, и случайных слов берется одинаковое количество – по 50 лексем. В рамках данных экспериментов проводятся следующие исследования [3, 4]:

– свободный ассоциативный эксперимент;
– эксперимент на дефиниции;
– направленный ассоциативный эксперимент;
– серия экспериментов на группировки слов (эксперимент на симиляры – разбиение всех исходных слов на пары по признаку близости значения; эксперимент на оппозиты – составление пар противоположных по значению лексем; разбиение слов на тематические группы).

По результатам данных экспериментов строятся ассоциативные поля для выбранной сотни экспериментальных слов (алгоритм построения таких полей подробно представлен в [5], реализация – в [6]). Кроме того, для построенных таким образом ассоциативных полей был вычислен ряд параметров для каждого поля в отдельности и множество итоговых характеристик по всем полям [7].

Также было решено провести количественную оценку совместной встречаемости экспериментальных слов (маркем и случайных лексем) как в авторском корпусе текстов, так и в экспериментальных данных, полученных при проведении психолингвистических экспериментов. На основе этой работы был выполнен вычислительный эксперимент по оценке совместной встречаемости ключевых слов в произведениях двух воронежских поэтов Г.М. Умывакиной и П.В. Синевой и были подытожены промежуточные выводы [8].

2. Анализ падежной парадигмы экспериментальных слов

В качестве следующего этапа исследования ассоциативной активности ключевых слов автора была предпринята попытка анализа частоты употреблений экспериментальных слов в разных падежах. С этой целью для авторских корпусов текстов было необходимо разработать приложение, которое позволяет количественно оценить, сколько раз каждая из экспериментальных лексем употреблялась в том или ином падеже. При разработке использовалась специальная библиотека для склонения и спряжения слов русского языка, разработанная для .NET Framework на основе грамматического словаря русского языка А.А. Зализняка, содержащего приблизительно 100 тысяч слов с их морфологическим описанием.

Фрагмент таблицы, отражающей количество употреблений экспериментальных слов в разных падежах на базе корпуса текстов Г.М. Умывакиной, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Количество употреблений некоторых из экспериментальных слов в разных падежах

Экспер. слово	Имен.	Род.	Дат.	Вин.	Твор.	Предл.
жизнь	93	42	2	34	10	5
душа	49	20	6	50	7	9
любовь	30	28	5	8	5	5
время	30	13	3	8	1	1
дорога	24	13	3	8	9	7
слово	23	14	1	10	11	2
песня	23	9	1	3	4	0
ветер	21	3	9	1	4	0
земля	18	17	1	10	1	13
судьба	17	11	4	8	7	4

На основе полученных данных был вычислен ряд коэффициентов, позволяющий оценить полноту падежной парадигмы ключевых слов:

– среднее количество встреч в одном косвенном падеже (данный коэффициент представляет собой среднее арифметическое употреблений экспериментального слова в косвенных падежах);

– показатель равномерной распределенности по косвенным падежам (вычисляется как дисперсия употреблений экспериментальных лексем в косвенных падежах, то есть показывает меру разброса значений величины (в нашем случае величина – это количество употреблений слова в том или ином падеже) относительно ее среднего значения; чем ближе показатель к 0, тем равномернее распределение по косвенным падежам);

– показатель употребления экспериментального слова во всех косвенных падежах (если слово встречается во всех косвенных падежах, то данный показатель равен 1, если ни в одном – то 0).

Вышеперечисленные коэффициенты, полученные в ходе работы программы для 10 слов из экспериментального списка, перечислены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты, отражающие распределение некоторых экспериментальных лексем по косвенным падежам

Экспериментальное слово	Среднее кол-во встреч в одном косвенном падеже	Показатель равномерной распределенности по косвенным падежам	Показатель употребления слова во всех косвенных падежах
жизнь	18,6	329,8	1
душа	18,4	343,3	1
любовь	10,2	100,7	1
время	5,2	27,2	1
дорога	8	13	1
слово	7,6	33,3	1
песня	3,4	12,3	0,8
ветер	3,4	12,3	0,8
земля	8,4	51,8	1
судьба	6,8	8,7	1

Заключение

Реализованное приложение для анализа падежной парадигмы ключевых слов автора позволяет:

– вычислять количество употреблений экспериментальных слов в разных падежах в авторском корпусе текстов;

– на базе полученных данных вычислять серию показателей, с помощью которых можно оценить падежную парадигму в статистическом аспекте;

– сохранять все полученные параметры в виде таблиц Excel.

В настоящий момент по результатам работы были проведены расчеты по творчеству Г.М. Умывакиной и П.В. Синевой, что позволит выявить синтаксические и семантические свойства тех маркем, которые являются наиболее активными при построении ассоциативных полей, и маркем, которые обладают схожими параметрами полей. Более того, в дальнейшем планируется расширить объем исследуемого материала путем привлечения экспериментальных данных и корпусов текстов других поэтов и писателей.

Список литературы

1. Воронина И. Е. Алгоритмы определения семантической близости ключевых слов по их окружению в тексте / И. В. Попова, И. Е. Воронина, А. А. Кретов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 148-153.
2. Кретов А. А. Понятие маркемы: методика выявления и практика использования / А. А. Кретов // Универсалии русской литературы 2. Сборник статей / Под ред. А. А. Фаустова. – Воронеж: НАУКА-ЮНИПРЕСС, 2010. – С. 138-153.
3. Фаустов А. А. О субъектно-рефлексивном анализе литературного текста. Эпизод II. Маркемы в индивидуальном лексиконе Г. М. Умывакиной: общий обзор / А. А. Фаустов, М. Я. Розенфельд // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2013. – № 2. – С. 95-100.
4. Фаустов А. А. О субъектно-рефлексивном анализе литературного текста. Эпизод II. 2. Поведение маркем в индивидуальном лексиконе Г. М. Умывакиной / А. А. Фаустов, М. Я. Розенфельд // Универсалии русской литературы. 5. / Под ред. А. А. Фаустова. – Воронеж: ООО ИПЦ «Научная книга», 2013. – С. 577-590.
5. Свиридова Н. Ю. Алгоритм построения ассоциативного поля слов (по результатам психолингвистических экспериментов с ключевыми словами автора) / Н. Ю. Свиридова [и др.] // XVI Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», (Воронеж, 11–12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 240-245.
6. Свиридова Н. Ю. Программное обеспечение для исследования поведения авторских маркем / Н. Ю. Свиридова, И. Е. Воронина // Математика, информационные технологии, приложения: сборник трудов Межвузовский научной конференции молодых ученых и студентов, 23 апреля 2018 г. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2018. – С. 89-93.
7. Свиридова Н. Ю. Сравнительный анализ активности ключевых слов: автоматизированный подход / Н. Ю. Свиридова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 1. – С. 175-180.
8. Свиридова Н. Ю. Автоматизированный анализ ассоциативной активности ключевых слов автора в спонтанной речи и художественном тексте / Н. Ю. Свиридова [и др.] // XVIII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии», (Воронеж, 8–9 февраля 2018 г.). – Воронеж, 2018. – Т. 6. – С. 12-16.

Анализ результатов применения алгоритма определения фонемно-цветовой синестезии для юридических текстов

Е. Ю. Скалина, email: EvaRock13@mail.ru
И. Е. Воронина, email: irina.voronina@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе представлен анализ результатов, полученных с помощью программных средств, определяющих значения фонемно-цветовой синестезии для текстов русского языка. Предметной областью текстов является юриспруденция.*

Ключевые слова: *фонемно-цветовая синестезия, анализ текста, юриспруденция.*

Введение

Фонемно-цветовая синестезия основывается на предположении, что не только слова несут в себе информацию, скрытый смысл, но и звуки речи также имеют смысловую нагрузку, оказывают ассоциативное влияние на сознание человека [1-3]. В [4] была рассмотрена идея связи фонем с цветами и реализован алгоритм расчёта доминирующего цвета для отдельного слова или фрагмента текста

1. Анализ ранее полученных результатов

В [5] были начаты эксперименты с текстами различной тематики, чтобы определить, можно ли применять программные средства на основе реализованных алгоритмов. Выбор текстов носил случайный характер, так как в начале исследований было сложно точно предположить, в каких сферах значения фонемно-цветовой могут быть корректно выявлены и сопоставлены со смысловыми.

Одним из основных выводов было явное соответствие синего цвета текстам научного и официально-делового стиля. Также отдельно была рассмотрена небольшая выборка работы алгоритма на статьях уголовного кодекса Российской Федерации (таблица).

Таблица

Анализ статей УК РФ

№ статьи	Название статьи	Цвет №1	Цвет №2
105	Убийство	Синий (11)	Жёлтый (9)

© Скалина Е. Ю., Воронина И. Е., 2019

Окончание таблицы

№ статьи	Название статьи	Цвет №1	Цвет №2
105	Убийство	Синий (11)	Жёлтый (9)
213	Хулиганство	Синий (6)	Зелёный (4)
206	Захват заложника	Синий (9)	Жёлтый (7)
258	Незаконная охота	Синий (7)	Жёлтый (4)
272	Неправомерный доступ к компьютерной информации	Синий (8)	Коричневый (5)

Был отмечено, что синий цвет всегда является доминирующим в санкциях статей, а вот попытки понять, какие цвета соответствуют разным по смыслу диспозициям и гипотезам, не увенчались успехом. Из данных, представленных в таблице, видно, что связи между тяжестью и общественной опасностью деяния и цветом также выявить не удалось. Но несомненным результатом является то, что после синего именно жёлтый наиболее характерен для статей уголовного кодекса [5].

2. Анализ видов наказаний

Очевидно, что если один и тот же цвет является в подавляющем большинстве случаев доминирующим и невозможно дать обоснование этому явлению, то алгоритм стоит признать нерабочим. Поэтому для проверки общей работоспособности алгоритма в текущем исследовании был выбран более узкий диапазон: анализ проводился исключительно по видам наказаний (рис. 1) [7].

Результат превзошёл все ожидания, так как синий цвет является доминирующим по первому цвету всего лишь 2 раза из 13 (столько же, сколько и редкий красный), зато очень часто встречается коричневый – целых 6 раз. Это даёт основания полагать, что работу по алгоритму можно продолжать дальше, так как разные по смыслу статьи имеют разные доминирующие цвета. На этом этапе можно сделать предположение, что, проанализировав конкретную статью более детально, можно найти смысловые различия между её частями.

3. Анализ порядка исполнения смертной казни

Для следующего исследования было взято одно из видов наказаний, имеющий красный цвет. Красный цвет – один из самых редко встречающихся при анализе, так что можно надеяться выявить его в специализированной статье, посвящённой исключительно смертной казни (рис. 2) [8].

штраф.	красный	не определён
лишение права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью.	зелёный	синий
лишение специального, воинского или почетного звания, классного чина и государственных наград.	синий	жёлтый
обязательные работы.	коричневый	красный
исправительные работы.	коричневый	синий
ограничение по военной службе.	зелёный	жёлтый
ограничение свободы.	коричневый	синий
принудительные работы.	коричневый	синий
арест.	зелёный	красный
содержание в дисциплинарной воинской части.	синий	жёлтый
лишение свободы на определенный срок.	коричневый	зелёный
пожизненное лишение свободы.	коричневый	синий
смертная казнь.	красный	зелёный

Рис. 1. Виды наказаний (ст. 44 УК РФ)

Смертная казнь исполняется непублично путем расстрела.	красный	зелёный
Исполнение смертной казни в отношении нескольких осужденных производится отдельно в отношении каждого и в отсутствии остальных.	синий	жёлтый
При исполнении смертной казни присутствуют прокурор, представитель учреждения, в котором исполняется смертная казнь, и врач.	синий	сине-зелёный
Наступление смерти осужденного констатируется врачом.	сине-зелёный	зелёный
Об исполнении приговора суда составляется протокол, который подписывается лицами, указанными в части второй настоящей статьи.	синий	коричневый
Администрация учреждения, в котором исполнена смертная казнь, обязана поставить в известность об исполнении наказания суд, вынесший приговор, а также одного из близких родственников осужденного.	синий	жёлтый
Тело для захоронения не выдается и о месте его захоронения не сообщается.	зелёный	жёлтый

Рис. 2. Порядок исполнения смертной казни (ст. 186 УИК РФ)

Красного цвета, полученного в прошлом эксперименте для выбранного вида наказания, кроме первой строки алгоритм не выявил вообще. Зато доминирующим цветом снова стал синий. Можно также заметить, что первым цветом становится не синий, только когда описания в статье касаются специфических процессуальных указаний, например, когда речь заходит про врача или захоронение. В том случае, когда исполнение действия содержит в себе исключительно официальный юридический лексикон, часто встречающийся в большинстве статей любого документа, идентифицировать смысловое содержание статьи по цвету снова становится невозможно.

4. Анализ санкций статей

Зная по первому эксперименту о существовании цветовых различий между видами наказаний, было принято решение проанализировать не более конкретное описание наказания, а его применение в санкциях статей. В выборку попали статьи с альтернативными санкциями, чтобы наличие или отсутствие соответствия между цветами можно было проследить как между разными статьями, так и внутри одной статьи. Результат исследований по ст. 224 «Небрежное хранение огнестрельного оружия» представлен на рис. 3, а по ст. 260 п. 1 «Незаконная рубка лесных насаждений» на рис. 4.

штраф в размере до ста тысяч рублей.	коричневый	зелёный
штраф в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до шести месяцев.	жёлтый	синий
обязательные работы на срок до трехсот шестидесяти часов.	коричневый	зелёный
исправительные работы на срок до одного года.	коричневый	жёлтый
ограничение свободы на срок до одного года.	жёлтый	коричневый
арест на срок до шести месяцев.	зелёный	красный
обязательные работы на срок до четырехсот восьмидесяти часов.	коричневый	жёлтый
исправительные работы на срок до двух лет.	коричневый	синий
лишение свободы на срок до двух лет.	коричневый	жёлтый

Рис. 3. Небрежное хранение огнестрельного оружия (ст. 224 УК РФ)

штраф в размере до пятисот тысяч рублей.	коричневый	зелёный
штраф в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период до трех лет.	жёлтый	синий
обязательные работы на срок до четырехсот восьмидесяти часов.	коричневый	жёлтый
исправительные работы на срок до двух лет.	коричневый	синий
принудительные работы на срок до двух лет со штрафом в размере от ста тысяч до двухсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного года до восемнадцати месяцев или без такового.	коричневый	жёлтый
лишение свободы на срок до двух лет со штрафом в размере от ста тысяч до двухсот тысяч рублей или в размере заработной платы или иного дохода осужденного за период от одного года до восемнадцати месяцев или без такового.	жёлтый	коричневый

Рис. 4. Незаконная рубка лесных насаждений (ст. 260 п.1 УК РФ)

Как видно из представленных результатов, альтернативные санкции обоих статей, предусматривающие похожие виды наказаний, имеют схожие доминирующие цвета. Более того, коричневый цвет, определённый в первом эксперименте как соответствующий обязательным, исправительным и принудительным работам, ограничению, пожизненному лишению и лишению свободы на определённый срок, также остался основным для альтернативных санкций статей особой части УК РФ, содержащих данные виды наказаний, но уже с конкретным временным или денежным параметром. Тоже самое касается и ареста за незаконное хранение огнестрельного оружия: данная санкция имеет такие же цвета, как и арест в ст. 44 УК РФ по видам наказаний.

Заключение

В данной работе были рассмотрены результаты работы алгоритма определения фонемно-цветовой синестезии на примерах исключительно юридических текстов. Благодаря более узкоспециализированному профилю выбранных материалов, стало возможным проследить смысловое соответствие полученных цветов и направленности рассматриваемых текстов. Также была выявлена связь между цветовым определением обобщённого объекта (вид наказания) и его конкретной реализацией в нескольких статьях.

Данные исследования позволяют говорить о возможности применения программных средств определения фонемно-цветовой синестезии для классификации текстов при обработке полнотекстовых документов и неструктурированной информации. Результаты проведённых экспериментов показывают, что используемый алгоритм может применяться для идентификации юридических документов, но для изучения других возможностей определения фонемно-цветовой синестезии для анализа текстов нужно провести ещё ряд исследований.

Список литературы

1. Журавлёв А. П. Звук и смысл: Кн. для внеклас. чтения учащихся ст. классов. / А.П. Журавлёв. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Просвещение, 1991. – 160 с.
2. Звуко-цветовая синестезия и методы её использования [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.vaal.ru/show.php?id=114
3. Журавлёв А. П. Фонетическое значение. / А.П. Журавлёв. – Л.: Издательство Ленингр. Ун-та, 1974. – 160 с.
4. Скалина, Е. Ю. Программные средства определения фонемно-цветовой синестезии / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии», 8-9 февраля 2018 г. – Воронеж, 2018. – С. 65-68.
5. Скалина, Е. Ю. Применение алгоритма определения фонемно-цветовой синестезии для анализа текстов / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Математика, информационные технологии, приложения: сборник трудов Межвузовский научной конференции молодых ученых и студентов, 23 апреля 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2018 – С. 93-98.
6. Скалина, Е. Ю. Создание и применение программных средств определения фонемно-цветовой синестезии / Е. Ю. Скалина, И. Е. Воронина // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 17–19 декабря 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. – С. 1672.
7. Уголовный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699
8. Уголовно-исполнительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12940

Секция № 10
САПР и цифровые технологии

Методология разработки CALS технологий

Д. Е. Пачевский, email: 600rub@mail.com

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В статье дается описание методологии решения проектных задач автоматизированного и конструкторского проектирования при помощи вычислительной техники. Дается описание подхода к моделированию процесса проектирования жизненного цикла изделия. Объясняется необходимость создания подхода, предполагающего переход от традиционных задач анализа и эмпирических классификаций к проблематике задач синтеза технических систем.*

Ключевые слова: *машиностроение, жизненный цикл, CALS.*

Конструирование машин является областью инженерной деятельности, наиболее сложной для автоматизации. Разработка теории и методов автоматизации конструирования находится еще в начальной стадии. Автоматизированы главным образом различные вычислительные операции, связанные с конструированием. Задачей автоматизации проектирования является создание комплексных автоматизированных систем подготовки производства в машиностроении, выполняющих кроме расчета выбор наиболее рациональных технологических и конструкторских решений, компоновку машин из составляющих их элементов, подбор этих элементов, технологическое проектирование, выдачу проектной документации в готовом виде и т. п. Для определения задач автоматизации проектно-конструкторского процесса рассмотрим процентное соотношение различных проектных процедур. Статистическое обследование ряда общемашиностроительных и станкостроительных предприятий показывает , что в прямых затратах времени, которые непосредственно служат процессу конструирования, чертежные работы составляют более 30 %, в то время как творческие элементы проектных работ—только 15%. Доля вычислительных работ по сравнению с проектными и чертежными работами в процентном отношении довольно незначительна.

Остальные, так называемые косвенные проектные работы, занимающие примерно одну треть общего времени на конструирование, могут быть в основном охарактеризованы как «рутинные» этапы,

© Пачевский Д. Е., 2019

которые по временным затратам примерно равноценны. Поэтому первым направлением рационализации процесса проектирования было стремление автоматизировать «рутинные» этапы с помощью средств вычислительной техники.

На сегодняшний день наибольшие успехи достигнуты при автоматизации расчетов и разработке различного вида текстовой и табличной документации, в поиске аналогов машин и деталей. До конца не решен, из-за существенных трудностей, вопрос об автоматизации чертежно-графических работ. Накопленный опыт показывает, что автоматизация проектирования – это область эффективного использования ПК. Но в то же время становится ясным, что главное направление здесь – не автоматизация отдельных этапов проектирования, не алгоритмы инженерных расчетов, а завязка проекта, когда только прорисовываются контуры будущей конструкции, которая должна отвечать исходным замыслам.

Такой подход основывается на стремлении осуществить основную задачу – повысить качество принимаемых проектных решений за счет применения методов оптимального проектирования. Автоматизация же «рутинных» операций освобождает конструктора для творческой деятельности и повышает производительность процесса проектирования на оформительских этапах работ. Однако автоматизация только отдельных операций, например, за счет введения чертежных автоматов или широкого использования ПК для проведения инженерных расчетов не вносит существенных изменений в сроки проектирования.

Основным технологическим средством автоматизации проектирования в машиностроении является цифровая ПК, оперирующая с информацией, представленной в цифровой форме и физически существующей в виде различных состояний их элементов.

Поэтому возникает необходимость в разработке методов превращения разнообразной конструкторской документации в цифровую форму и представлении всех задач и элементов процесса проектирования только в виде операций над числами и логическими выражениями с доведением их до алгоритмов и машинных программ. Но при автоматизации проектно- конструкторского процесса следует постоянно помнить, что ПК – это вспомогательное средство, а не замена конструктора.

Наиболее эффективно вычислительная техника может быть использована, когда имеются математические модели, описывающие объект проектирования и имитирующие его функционирование в заданной окружающей среде. Для действительного эффективного

использования автоматизированных методов и средств проектирования необходимо учитывать, что любой эксперт, в том числе и генеральный конструктор, обладает вполне определенными и, к сожалению, весьма ограниченными физиологическими возможностями обработки информации.

Следовательно, необходима декомпозиция проблемы. Последнее означает, что для автоматизации требуется система процедур, позволяющая конструктору на основе ограниченной информации вести направленный поиск оптимальных параметров новых технических средств. Основная проблема автоматизации проектирования в настоящее время связана не только и не столько с вопросами совершенствования средств вычислительной техники, сколько с тем обстоятельством, что в науке о конструировании новых технических средств не выявлены аналитические и логические зависимости, связывающие назначение технических средств с их структурой и характеристиками.

Например, в технологической науке отсутствуют формализованные взаимосвязи между параметрами обрабатываемой детали, структурой и характеристиками технологического процесса. Основное внимание при традиционном проектировании уделялось задачам анализа функционирования технических средств с целью выявить влияние различных факторов на точность, производительность и экономическую эффективность их работы.

В то же время методы синтеза технических средств на основе их назначения и характеристик внешней среды, в условиях которой будет функционировать новое техническое средство, исследованы еще недостаточно. Необходимо создание теории проектирования, предполагающей переход от традиционных задач анализа и эмпирических классификаций к проблематике задач синтеза технических систем. Проектирование выступает как комплексная проблема, в которой в сложной взаимосвязи переплетаются задачи синтеза, моделирования, анализа, оценки, оптимизации и отбора альтернатив.

Для решения таких сложных задач необходимо применение методологии системного подхода. При использовании методологии системного подхода для формализации процесса проектирования следует исходить из того, что специфика сложных объектов и процессов не исчерпывается особенностями составляющих его частей и элементов, а заключена в характере связей и отношений между ними. Расширение исходной базы за счет таких понятий, как, например, структура, функция, организация, связь, отношение, обеспечивает определенные преимущества системному подходу перед традиционными методами

исследований и позволяет создавать более адекватные действительности модели сложных объектов и процессов.

Исходя из основных положений системного анализа, последовательность решения многовариантных проектных задач с помощью средств вычислительной техники можно представить состоящей из ряда этапов. Определяющим этапом проектирования является постановка общей задачи, при которой формулируется служебное назначение (функция) технической системы и вырабатывается концепция проекта на основе анализа системной модели будущего технического средства как элемента подсистемы более высокого уровня иерархии.

Адекватное описание такой модели возможно только при всестороннем рассмотрении проблемы, для решения которой создается новое техническое средство. Например, для решения проблемы комплексной механизации и автоматизации механосборочного производства необходимо создание целого ряда машин и механизмов, в том числе металлорежущих станков, сборочных агрегатов, транспортных средств, загрузочных устройств, информационно-измерительных систем, систем инструментального обеспечения и др.

Следовательно, системная модель технологической машины, например, должна отражать взаимосвязи объекта не только с подобными машинами по структуре технологического процесса, но и с загрузочными, транспортными, измерительными и другими элементами всего производственного комплекса.

На следующем этапе необходимо выполнить анализ общей задачи проектирования. Здесь на основе рассмотрения системной модели будущего технического средства выявляются связи объекта проектирования с окружающей средой, определяются компоненты проектной задачи, ограничения и критерии выбора рациональных вариантов. Результаты данного этапа служат для поиска путей дальнейшего хода решения проектных задач.

Если удается использовать имеющееся техническое средство, то конструкторский процесс не выполняется. Найденные аналоги могут лечь в основу будущей конструкции. Тогда по-становка задачи должна быть изменена, например, разбита на подзадачи. При проведении конструкторских работ первой операцией является функциональный анализ объекта проектирования для создания внутренней многоуровневой структуры объекта проектирования. Результаты этого этана необходимы в первую очередь для объективного разбиения задачи проектирования на части и определения стратегии решения общей задачи.

Перед программированием больших проектно-конструкторских задач необходима разработка информационного обеспечения автоматизированного проектирования, которое должно снабжать все проектные процедуры требуемой постоянной и переменной информацией для безостановочной работы программ ПК. После программирования проектной задачи выбираются необходимые технические средства, на которых и решается задача.

Результаты проектно- конструкторского процесса документируются в виде текстовых и графических материалов. Следовательно, для наиболее полного и эффективного использования вычислительной техники в проектно-конструкторской деятельности инженеров необходимы глубокие знания разработчиков по вопросам теории проектирования, конструирования заданного семейства машин, математического моделирования, использования вычислительных методов решения проектных задач, теории автоматизированной переработки информации и применения современных вычислительных средств.

Список литературы

1. Новиков В.С. Применение имитационного моделирования в атомной отрасли/ В. С. Новиков, М. В. Паринов; под ред. Тюкачева Н. А. // Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. Научно-исследовательские публикации. – 2016. – С. 365-368.

2. Юров А.Н. Процесс построения элемента фиксирующего узла средствами автоматизации системы твердотельного моделирования/ А.Н. Юров, Рыжков В.А., М.В. Паринов //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 12-2. – С. 101-103.

3. Собенина О.В. / Разработка модуля создания типизированных элементов для автономного клиента системы Teamcenter /О. В. Собенина, В. А. Рыжков, А. А. Пак // Материалы XVI международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» . Воронеж. – 2016. – С. 404-408.

Информационная поддержка технологии упрочнения в жизненном цикле изделия

П. Э. Биценко, email: pavelbicenko@yandex.ru
О. В. Собенина, email: sobenina36@mai1.ru
А. А. Пак, email: Pak_alla55@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается жизненный цикл изделия с упором на технологию упрочнения на примере рамы квадрокоптера, ее дальнейшей оптимизации и изготовлением на 3D-принтере методом FDM.*

Ключевые слова: *жизненный цикл изделия, PLM, CALS, статический анализ, проектирование, 3D-принтер, FDM.*

Введение

– В настоящее время устоять в конкурентной борьбе могут только те машиностроительные предприятия, которые будут применять в своей деятельности современные информационные технологии. Поэтому компании, которые производят собственную продукцию, стремятся обеспечить непрерывную информационную поддержку всех этапов жизненного цикла изделия.

– Под жизненным циклом изделия (Product Life Management – PLM) подразумевают обеспечение информационной и технологической поддержки продукта, начиная от идеи и эскизов, заканчивая его изготовлением, эксплуатацией и дальнейшей утилизацией.

– Основу управления PLM-системой составляет общекорпоративная информационная система управления. В целях объединения информации об объекте в течение его жизненного цикла, разработаны специальные средства накопления, обработки и распространения информации.

– Основополагающей системой обеспечения эффективного управления процессами жизненного цикла изделия является применение стратегии CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support – Непрерывное развитие и поддержка жизненного цикла, непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) [2].

© Биценко П. Э., Собенина О. В., Пак А. А., 2019

– В полное PLM-решение, входят CAD-CAM-CAE-PDM системы, которые отвечают за проектирование изделия, его оптимизацию, упрочнение, анализ и планирование производственных процессов.

– В качестве примера, для демонстрации эффективности САПР технологий в PLM-системе было принято решение создать складную раму квадрокоптера.

– Работа акцентирована именно на производственной части жизненного цикла изделия, с упором на оптимизацию и упрочнение конструкции, которая включает в себя следующие этапы (рис. 1) [1-2]:

Рис. 1. Спектр задействованных этапов жизненного цикла изделия.

1. Проектирование и оптимизация конструкции

Основополагающим этапом в проектировании является создание эскиза конструкции. Исходя из технических характеристик, эскиз выглядит следующим образом (рис 2.).

Так как зачастую изделие содержит сторонние компоненты, для корректного расположения на объекте проектирования, их необходимо смоделировать. Перечень сторонних компонентов: бесколлекторный мотор, луч, регулятор хода, самозатягивающийся пропеллер,

аккумулятор, GPS-антенна, полетный контроллер(VU), полетный контроллер(MC).

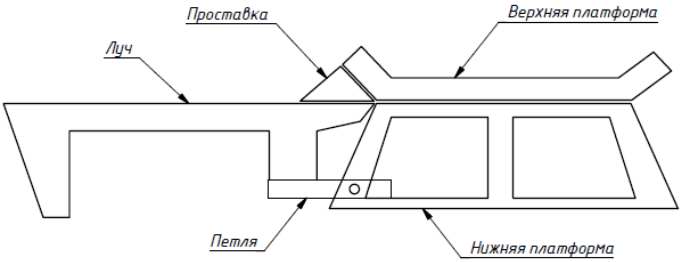


Рис. 2. Эскиз рамы

Конечное расположение сторонних компонентов, позволяет максимально точно определиться с габаритами разрабатываемого продукта.

Смоделировав компоненты согласно эскизу, осуществили анализ формы и ее оптимизацию. Для этого используем инструмент «Генератор форм» в Autodesk Fusion 360. Он включает в себя статический анализ, что позволяет визуализировать области максимальной нагрузки, а так же отсекает наименее эффективный материал, что дает возможность сэкономить на материале и облегчить конструкцию.

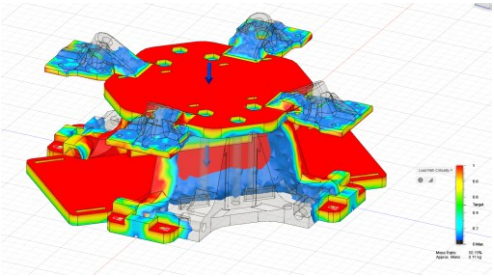
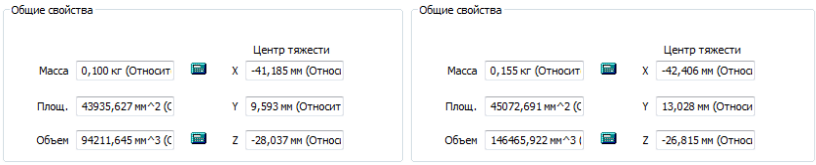


Рис. 3. Результат применения Генератора форм

В результате данного анализа, вес рамы сократился на 30%.

После проведения анализа формы, наглядно видно, как наиболее эффективно следует расположить опоры верхней платформы. Данный результат берем за основу и моделируем конечную форму конструкции.

2. Анализ конструкции



а б

Рис. 4. Результат оптимизации конструкции: а – физические характеристики нижней платформы до оптимизации конструкции, б – физические характеристики нижней платформы после оптимизации конструкции

Вес компонентов, установленных на раму, составляет 400г. Следует учитывать, что нагрузка увеличивается при активном пилотировании квадрокоптера, особенно при сильных порывах ветра, также на него негативно воздействуют вибрационные нагрузки от моторов. Следовательно, при статическом анализе, необходимо приложить излишнюю нагрузку, например 15Н, что превысит вес компонентов, более чем в три раза. Свойства используемого материала, а также результат статического анализа, представлен ниже:

Таблица 1

Свойства материала

Имя	Пластик АБС	
Общие	Массовая плотность	1,06 г/см^3
	Предел текучести	20 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	29,6 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	2,24 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,38 бр
	Модуль упругости при сдвиге	0,811594 ГПа

Трехмерные напряжения и нагрузки образуются в нескольких направлениях. Далее, все напряжения суммируются для получения эквивалентного напряжения, которое называется напряжением по Мизесу.

Таблица 2

Результат статического анализа

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	312176 мм^3	
Масса	0,330907 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0000669301 МПа	4,20213 МПа
1-ое основное напряжение	-1,83613 МПа	3,85742 МПа
3-е основное напряжение	-5,53647 МПа	0,660166 МПа
Смещение	0 мм	1,16828 мм
Коэфф. запаса прочности	4,7595 бр	15 бр

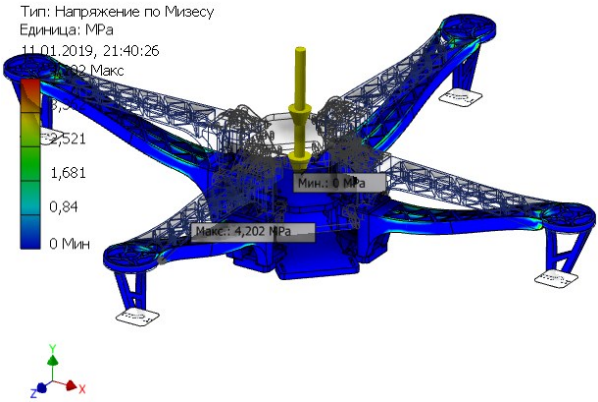


Рис. 5. Напряжение по Мизесу

Критерий максимального напряжения по Мизесу основывается на теории Мизез-Хенки (Mises-Hencky), также известной, как теория энергии формоизменения.

Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения.

Проанализировав таблицы с выполненными расчетами, можно сделать вывод, что запас прочности соответствует допускам и конструкция выдержит предполагаемые нагрузки.

3. Изготовление на 3D-принтере

Рассмотрев все методы печати, было принято решение остановиться на FDM-технологии. Она подразумевает послойное нанесение расплавленной полимерной нити на рабочую поверхность. Этот метод наиболее актуален для изготовления единичных изделий.

Для печати было выбрано программное средство «MakerBot desktop». Оно служит для преобразования 3D-модели в G-код, который управляет движением экструдера 3D-принтера, а также данное ПО позволяет расположить деталь в нужной плоскости, установить необходимую скорость и температуру печати.

Заключение

В данной работе был приведен практический пример производственной части жизненного цикла рамы квадрокоптера. Проанализированы готовые решения конкурентов из целевой ценовой ниши, наиболее популярные навесные компоненты, а также выявлены их плюсы и минусы. Создан полный процесс проектирования, от эскиза до изготовления на 3D-принтере, который включает в себя оптимизацию конструкции, а также ее конечный анализ.

В работе показан пример жизненного цикла лишь одного изделия, но он демонстрирует потенциальную пользу для оптимизации технологии упрочнения продукта на производственном предприятии. Продемонстрированные технологии позволяют значительно сократить объем материала, время на разработку и изготовление продуктов, что способствует значительной экономической выгоде при производстве.

Список литературы

1. Чижов М. И.. Управление жизненным циклом нормативно-справочной информации машиностроительного предприятия / М. И. Чижов, А. А. Килина // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – № 12.2. – С. 59-60.

2. Килина А. А. Интеграция управления рабочими процессами в PLM системе предприятия / А. А. Килина, М. В. Паринов, М. И. Чижов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 12.2. – С. 21-22.

Особенности перехода на цифровое определение объекта производства в самолетостроении

А. В. Бредихин, email: maypochta@yandex.ru [1]
М. В. Кузнецов, email: ogt@vmail.ru [2]
Д. В. Лысов, email: ogt@vmail.ru [2]
Ю. М. Школьникова, email: chjulia@list.ru [1]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] ПАО «ВАСО»

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности конструкторско-технологической подготовки производства деталей и агрегатов летательных аппаратов на этапе переходного периода, когда цифровой макет изделия уже существует, но отсутствуют системные алгоритмы, процедуры групповой обработки и синхронизированного ведения конструкторской и технологической документации в PLM Teamcenter.*

Ключевые слова: *групповая проработка КД, жизненный цикл изделий, цифровое производство, цифровой макет, PLM Teamcenter, технологическая подготовка производства.*

Введение

Начиная с конца 90-ых основные организации авиационной отрасли РФ при разработке документации стали делать попытки перехода с бумажного на цифровой носитель. При этом упор делался на минимизацию временных и финансовых затрат, связанных с обеспечением системы бумажного документооборота, это позволяло значительно сократить время на размножение, рассылку и учет документации, но не давало ни каких преимуществ с точки зрения обработки находящийся в ней информации и ее применения по назначению.

С развитием ПК и появлением новых высокопроизводительных станков с ЧПУ, имеющих 5 и более координат обработки, у промышленных предприятий стала формироваться устойчивая потребность в принципиально новом составе конструкторской документации. С середины 2000-ых промышленность, к разработчикам изделий, стала предъявлять требования о включении в состав КД документации, содержащей не только двумерное, но и 3D описание объекта производства. Все крупные конструкторские бюро поддержали

© Бредихин А. В., Кузнецов М. В., Лысов Д. В., Школьникова Ю. М., 2019

эту инициативу и стали дополнительно к чертежам разрабатывать электронные модели деталей. Данное решение с одной стороны позволяло организовать работу по массовому применению 5-ти координатных обрабатывающих центров, с другой вскрывало целый пласт новых проблем, связанных с необходимостью обеспечения аутентичности бумажной КД и ЭМ деталей и определением, что является первоисточником геометрических параметров. Дальнейшее развитие данной проблематики подтолкнуло разработчиков полностью перейти на цифровое определение объекта проектирования с разработкой электронной конструкторской документации в соответствии с Единой системой конструкторской документации.

На предприятиях авиационной промышленности, изготавливающих многономенклатурные изделия, состоящие из нескольких миллионов деталей и сборочных единиц и, как следствие, достаточно сложную, многоуровневую систему конструкторско-технологической подготовки производства, возникли проблемы синхронизированного ведения конструкторской и технологической документации. Решение данных проблем не возможно без применения современных PLM систем, таких как «TeamCenter» от Siemens, позволяющих разработать системные алгоритмы формирования производственно-технологических данных и устанавливать четкие взаимосвязи с конструкторским составом изделия, создавая единую базу данных.

1. Концепция ведения технологических данных в информационной системе

Из функционала единой платформы Teamcenter рассмотрим PDM модуль.

PDM-система в своей технологической части должна позволять управлять различными производственно-технологическими представлениями изделия, которые могут иметь структуру, отличающуюся от конструкторских представлений. Функциональность системы должна связывать технологические процессы с продуктом и накладывать ограничения на порядок их выполнения. Как правило, в процессе проектирования конструкторские представления структурируются по признакам функционального назначения узлов и систем (планер, гидравлическая система, электрика, и т.п.). Но в то же время, технологические представления отражают состояния узлов и агрегатов изделия в процессе выполнения сборочно-монтажных работ над изделием. Очевидно, что, конструкторскому составу изделия будет соответствовать технологическая структура, включающая в себя

процессы изготовления деталей, сборки узлов и самого изделия по агрегатному принципу.

2. Системный алгоритм проработки конструкторской документации.

Схема проработки конструкторской документации на авиационных предприятиях, должна представлять собой декомпозицию базовой задачи получения всех необходимых технологических данных для изготовления изделия, до уровня типовых менее сложных направлений с большой степенью специализации.

Службы предприятия, представленные на рисунке.

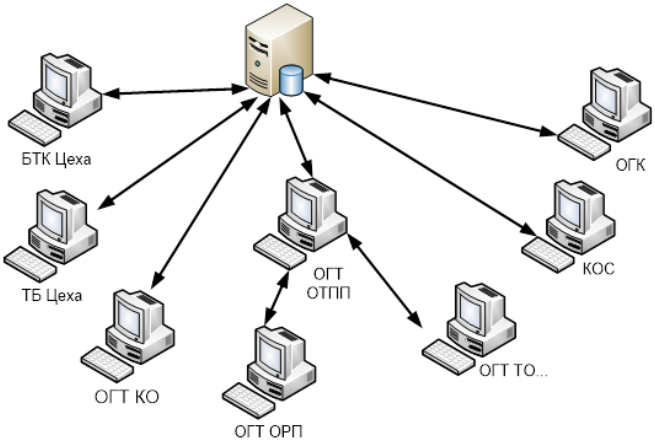


Рисунок. Службы предприятия

– ОГК, разрабатывающий и предоставляющий электронную КД другим подразделениям;

– ОГТ ОТПП, разрабатывающий маршруты изготовления и координирующий процессы технологической проработки и подготовки производства изделий;

– ОГТ КО, разрабатывающее КД на технологическую оснастку,

– БТК, осуществляющее технический контроль по изготовлению опытных и серийных образцов;

– КОС, контролирующий соблюдение стандартов при выпуске ТД.

– ОГТ ОРП, разрабатывающий управляющие программы для станков с ЧПУ;

– ОГТ ТО, отделы, ведущие технологическую проработку КД и разработку директивных технологических процессов на изготовление деталей и сборку узлов и изделий.

– ТБ, технологические бюро цехов, ведущие разработку технологических процессов на изготовление деталей и сборку узлов и изделий.

Для перехода на новую схему конструкторско-технологической подготовки производства необходимо решение следующих ключевых задач:

– организация процесса взаимодействия сотрудников подразделений предприятия в системе «Teamcenter» при разработке маршрутных и операционных ТП агрегатной и окончательной сборки, ТП холодной листовой штамповки, механической обработки, сварки, окраски, гальванопокрытий, термообработки, консервации и т.п;

– организация процесса нормирования основного и вспомогательного материала для изготовления изделия;

– организация процедуры получения КД в электронном виде для разработки межцеховых технологических маршрутов и передачи электронной КД другим подразделениям в системе «Teamcenter»;

– организация процессов разработки и изменения КД оснастки в системе «Teamcenter»;

– организация процессов разработки маршрутных и операционных ТП агрегатной и окончательной сборки, ТП холодной листовой штамповки, механической обработки, сварки, окраски, гальванопокрытий, термообработки, консервации и т.п в системе «Teamcenter»;

– предоставление доступа к электронной КД и ТД всем подразделениям, участвующим в проекте в соответствии с правами доступа;

– предоставление оперативной информации о текущем состоянии КД и ТД при ее прохождении;

– предоставление доступа подразделениям для ввода документов или другой связанной с КД или ТД информацией;

– организация процедур выпуска и внесения изменений в технологическую документацию в электронном виде,

– организация процессов быстрого поиска и подбора информации;

– определение требований к классификаторам и справочникам, создание структуры справочников для сокращения сроков разработки маршрутных и операционных ТП (технологические операции, переходы,

материалы, стандартные изделия, покупные комплектующие изделия, и т. п.);

– разработка механизмов работы с эскизами для операций и переходов в системе «Teamcenter»;

– определение требований к данным, подлежащим для передачи из системы «Teamcenter» в другие информационные системы предприятия.

Заключение

Применение системы «TeamCenter», за счет применения принципа коллективной работы позволяет одновременно прорабатывать конструкторскую документацию по всем необходимым направлениям и значительно сократить цикл конструкторско-технологической подготовки производства. Сформированная при этом база данных служит единым источником информации для работы всех систем, применяемых на предприятии таких как: MES, ERP, 1С-Бухгалтерия и др.

От успешности этапа конструкторско-технологической подготовки производства зависит экономическая эффективность на протяжении всего жизненного цикла производимого продукта.

Литература

1. Тороп Д. Teamcenter. Начало работы. / Д. Тороп, В. Терликов. – М. : ДМК Пресс, 2011 – 274 с.

2. Медведева С.А. Основы технической подготовки производства: учебное пособие / С. А. Медведева. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2010. – 69 с.

3. Новые технологии в авиастроении: Сборник научных трудов. / Ульяновск, 2002. – 175 с.

4. Юров А.Н. Программное моделирование и визуализация геометрических тел средствами ядра ОССТ / Юров А.Н. // Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: в 5 т / А.Н. Юров, И.А. Еремин. – Секция 12. САПР и цифровые технологии. 2017. С. 340-345.

5. Юров А. Н. Создание модулей типовых конструктивных элементов САПР средствами API C3D / А. Н. Юров; под ред. Тюкачева Н. А. // Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. – 2016. – С. 433-436.

6. Бредихин А.В. Использование объектно-ориентированных технологий в разработке приложения проектирования бизнес-логики PDM системы / Бредихин А.В. // Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве / А.В. Бредихин, М.Б. Кичигина. – Труды Международной научно-технической конференции. 2017. С. 34-36.

Моделирование цифровой мультиагентной производственной системы

А. В. Бредихин, email: maypochta@yandex.ru
М. В. Токарева, email: tokareva@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический

Аннотация. *В данной работе рассматриваются основные подходы к моделированию производственной системы. Показаны особенности и ключевые элементы при построении мультиагентной системы.*

Ключевые слова: *MAS, агент, моделирование*

Введение

Среди исследователей растет интерес к концептуализации сложных производственных проблем организационно-технической системы. Это требует использования системной инфраструктуры и специальных инструментов системного моделирования для изучения взаимодействия их компонентов. В частности, подходы системного моделирования являются полезными инструментами для понимания процессов и структур, вовлеченных в сложные технические системы. Одним из инструментов, который широко используется среди исследователей, является агентно-ориентированное моделирование. В процессе моделирования определяются черты и исходные правила поведения производственного агента, которые организуют его действия и взаимодействия внутри системы. Стохастичность играет важную роль в определении того, какие агенты взаимодействуют и как агенты принимают решения.

1. Типы подходов моделирования MAC

Функциональное моделирование. Основано на взаимосвязи системы уравнений, которая отражает изменчивость системы во времени или во времени и пространстве. Подход направлен на обращение внимание моделиста на общее поведении системы. В целом подходит для представления физических процессов, или процессов, которые можно рассматривать как замкнутую систему. Он предлагает рассматривать систему в целом и не поддерживает явное представление компонентов (агентов).

© Бредихин А. В., Токарева М. В., 2019

Агентно-ориентированное моделирование. Процесс начинается с моделирования свойств и поведения отдельных агентов и только после этого рассматривает эффекты макроуровня, возникающие в результате агрегации поведения агентов. Индивидуальный агент является отдельным объектом моделирования. Кроме того, полученные результаты могут быть проверены на индивидуальном уровне путем сравнения поведения каждого агента с фактическим поведением реальных объектов.

2. Описание агентно-ориентированного подхода

Агентно-ориентированное моделирование (АОМ) - это метод моделирования, в котором мы представляем взаимодействие между людьми и друг с другом с использованием программного обеспечения. Агентами могут быть, например, люди, животные, группы или клетки. Они могут моделировать объекты, которые не имеют физической основы, но являются объектами, которые могут выполнять некоторые задачи, такие как сбор информации и ее анализ.

Это метод моделирования сложных систем путем определения правил и поведения отдельных компонентов (агентов), а также среды, в которой они присутствуют. Далее, мы объединяем эти правила, чтобы увидеть общее поведение системы. Это помогает понять, как простые микро-правила индивидуального поведения превращаются в макроуровневое поведение системы. Способность моделировать эти сложные системы может привести к лучшему пониманию их, тем самым способствуя контролю хода событий, просто настраивая простые правила на индивидуальном уровне.

3. Сущности в агентном моделировании

Мультиагентная система содержит автономные модели, называемые агентами. Этими агентами могут быть отдельные лица, группы лиц или даже организации, или физические объекты производственных процессов. Каждый агент определен со своими собственными свойствами наряду с отношениями с другими агентами. Помимо агентов, также имеется производственная среда, представляющая собой набор условий, которым подвергается агент. Как только эти объекты определены, определяются индивидуальные поведенческие правила агента в данной среде. Совокупность этих простых поведений на индивидуальном уровне, которые приводят к сложному шаблону макроуровня. Модель обучения, основанная на обратной связи, часто используется в МАС для обновления действий агентов на основе их изменяющихся отношений с другими агентами и их средой.

Обычные модели принимают во внимание только внешние факторы для их компонентов, чтобы решить свои действия. Это имеет недостаток в том, что не моделирует всю систему полностью. Учитывает не только внешние факторы, но и взаимодействие одного компонента с другими компонентами для определения их действий. Таким образом, он включаются возможности взаимодействий, влияющих также на их действия. Это делает моделирование ситуаций с использованием более репрезентативным для реального мира.

Заключение

Использование агенто-ориентированного подхода в моделировании организационно-технических систем позволит более адекватно анализировать сложные системы, принимать более взвешенные организационные решения. Построение информационной системы управления ресурсами на принципах агентного моделирования

Список литературы

1. Гусев П.Ю., Скрипченко Ю.С., Школьникова Ю.М. Особенности иерархической структуры объектов в имитационных моделях больших производственных систем. – Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 2. С. 75-81.
2. Гусев П.Ю., Скрипченко Ю.С., Трубецкой Д.В. Оптимизация имитационной модели участка механической обработки с применением эволюционных алгоритмов. - В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. Под редакцией Тюкачева Н.А.. 2016. С. 298-301.
3. Гусев П.Ю., Ветохин В.В., Сокольников В.В. Анализ и оптимизация имитационной модели участка обслуживания поезда //Сборник материалов XVII международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». – 2017. – с. 295-297 Матвеев М.Г. Выбор и распределение ресурсов при моделировании технологических процессов. - В сборнике: Математическое моделирование информационных и технологических систем Сборник научных трудов. Воронежская государственная технологическая академия. 2000. С. 257-261.
4. Ветохин В. В., Мануковский А. Ю. Кинематический анализ авиационных механизмов в системе NX //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – №. 4-3.
5. Чижов М. И., Мануковский А. Ю., Ветохин В. В. Использование систем числового программного управления при комбинированной обработке //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2.

Пути расширения технологических возможностей аддитивной технологии последовательного наплавления

В. В. Ветохин, email: vetokhin_vv@dmsolution.ru
А. Ю. Мануковский, email: manukovsky@mail.ru

ФБГОУ ВО «Воронежский Государственный Технический университет»

Аннотация. *Рассмотрены пути ликвидации традиционных ограничений принтеров, работающих по принципу последовательного наплавления (FDM), таких как отсутствие навесных выступающих частей. Проведен анализ возможных путей решения проблемы. Описан оптимальный способ достижения поставленной цели, сформулирована проблематика и задачи для дальнейших исследований.*

Ключевые слова: *Аддитивное оборудование, 3d принтер, fdm технология.*

Технология 3D печати существует с конца 1980 годов и в настоящее время считается одним из самых перспективных направлений в области технологии в машиностроения и приборостроения. За годы существования и развития технологии аддитивного производства было разработано несколько различных способов ее осуществления. Одним из первых методов аддитивных технологий был метод последовательного наплавления. Несмотря на долгий путь его развития и появление новых перспективных технологий, метод последовательного наплавления остаётся одним из самых популярных до сегодняшнего времени, однако технология последовательного наплавления имеет ряд ограничений, возникающих в силу некоторых обстоятельств. Одними из наиболее известных ограничений печати методом последовательного наплавления являются: необходимость наличия у моделей плоского основания для формирования первого слоя, без которого провисающие в воздухе нити пластика не образуют заданную форму. Вторым существенным ограничением является требование к отсутствию выступающих частей и нависающих элементов. Таким образом, детали с навесными элементами либо будут распечатаны с пониженным качеством с использованием поддержек, либо не смогут быть получены методом последовательного наплавления.

© Ветохин В. В., Мануковский А. Ю., 2019

Одним из способов снятия этих ограничений является добавление двух поворотных осей аналогично тому, как это реализуется при фрезерной обработке. К настоящему времени известна одна подобная реализация, описанная в [1]. Как показано в приведённой работе, многоосевой принтер был успешно создан и с помощью него были получены тестовые детали, которые позволили утверждать, что часть ограничений, описанных выше могут быть ликвидированы с использованием поворотных осей. Кроме того, в [1] приводятся сведения о том, что управление наклоном печатающей головки относительно слоёв детали позволяет повысить качество поверхностного слоя и уменьшить ступенчатость слоев на малых углах наклона. Классические методы повышения качества печати, такие как уменьшение диаметра сопла или толщины печатаемого слоя оказывают дополнительные положительные эффекты в совокупности с наклоном печатающей головки. Кроме того, как уменьшение диаметра сопла, так и толщины печатаемого слоя приводят к существенному увеличению времени печати и замедлению работы системы в целом. С использованием поворотных осей становится возможным получать более качественные детали за меньшее время. В указанной выше работе уделяется относительно мало внимания математическим методам расчета угла наклона печатающей головки. Печать производится в один прием аналогично тому, как это происходит при классической 3-осевой печати, что не позволяет в полной мере использовать все возможности 5-осевого оборудования. Кроме того, в приведённой работе не проводилось исследование печати с одновременным перемещением по всем осям, не проводилось управление траекторией печатающей головки с целью достижения заданного микрорельефа, отличного от классического ступенчатого микрорельефа, получаемого при 3-осевой обработке. Таким образом, задача расширения технологических возможностей аддитивного оборудования, заключающаяся в добавлении двух дополнительных поворотных осей к печатающему устройству является актуальной. Для дальнейшего проведения экспериментальных исследований необходима разработка модели поворотного двух координатного стола для 3D принтера. Необходимо обеспечить требуемую точность печати в пределах рабочей зоны. Также необходимо обеспечить достаточно высокую скорость для сохранения заданной скорости печати, а также обеспечить жесткость конструкции с тем, чтобы люфты и свободные колебания не вносили дополнительные погрешности в обработку.

Для дальнейшего развития проекта необходима разработка математической модели, которая будет описывать как положение точки

контакта сопла с деталью в пространстве, так и ориентацию радиус-вектора, компоненты которого математически связаны с углами поворота стола. После этого необходимо разработать специализированное программное обеспечение, которое позволит учитывать особенности 5-осевого оборудования для получения деталей методом последовательного наплавления. Для проведения экспериментальных исследований был выбран имеющейся 3-осевой принтер распространённой компоновки, построенный на основе принтера reprap. Данная конструкция имеет открытую архитектуру и хорошо документирована, что позволяет относительно легко произвести модернизацию. Для подготовки управляющих программ для 5-осевого принтера необходимо разработать специализированное программное обеспечение, которое позволит разбивать модель на составные части и для каждой из частей создавать независимые управляющие программы в зависимости от того требуется ли наклон стола или совместная работа всех пяти осей. По результатам анализа состояния вопроса начато моделирование поворотного стола, после физического изготовления всех необходимых деталей и их сборки будут начаты экспериментальные исследования, по результатам которых будет принято окончательное решение по дальнейшей целесообразности развития данного проекта.

Список литературы

1. 5-axis 3D Printer | Øyvind Kallevik Grutle - Academia.edu [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.academia.edu/15736899/5-axis_3D_Printer

2. Рыжков В. А. Разработка системы визуализации разнородных данных цифрового макета изделия //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – №. 4-3.

3. Рыжков В.А. Формализация задачи проектирования с целью автоматизации и оптимизация сборочных технологических процессов / В. А. Рыжков, А. Н. Юров, А. С. Кольцов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – 2015. – С. 419-423.

4. Рыжков В. А. Автоматизация построения сборочного узла в системе твердотельного моделирования компас 3D / В.А. Рыжков, М. В. Паринов, А. С. Кольцов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – 2015. – С. 412-416.

Параметрическая оптимизация деталей с использованием Siemens NX

В. В. Ветохин, email: vetokhin_vv@dmsolution.ru
М. А. Татаринцева, email: tatarintseva@mail.ru
А. Ю. Мануковский, email: manukovsky@mail.ru

ФБГОУ ВО «Воронежский Государственный Технический университет»

Аннотация. *В работе рассмотрены вопросы оптимизации топологии твердотельных электронных моделей с использованием функционала специализированных модулей системы Siemens NX. Предлагаемая методика позволяет сократить трудоемкость проектирования сложных деталей машин.*

Ключевые слова: *оптимизация конструкции, оптимизация топологии, САПР, автоматизированное проектирование, инженерный анализ.*

Введение

Наращивание вычислительной мощности современных электронных вычислительных машин, а также общее развитие электроники открывает недостижимые ранее возможности для автоматизированных расчетов деталей методом конечных элементов. Быстрые темпы развития машиностроения навязывают производству необходимость максимально эффективного снижения трудозатрат на проектирование продукции. С развитием методов конечноэлементного анализа возникла идея использовать результаты этих расчетов для изменения геометрии детали с целью ее оптимизации. Таким образом появляется возможность упорядочить элементы сетки сообразно возникающим в их напряжениям. Относительно недавно подобный функционал появился практически во всех ведущих системах инженерного анализа. В печати и сети интернет имеется большое количество материалов, посвященных изучению функционала этих систем. К сожалению, в большинстве статей уделяется недостаточно внимания методике проведения анализа. При этом достоверно известно, что применение неправильной или не оптимизированной методики может как минимум затруднить задачу расчета на прочность, а в худшем случае привести к ошибке в окончательной конструкции. В настоящей работе рассматриваются общие вопросы проведения топологической оптимизации геометрии в системе Siemens NX.

© Ветохин В. В., Татаринцева М. А., Мануковский А. Ю., 2019

Целью представленной работы является снижение трудоемкости проектирования сложных деталей машиностроительных конструкций за счёт использования модуля топологической оптимизации системы Siemens NX, а также повышение качества инженерного анализа за счет разработки методики проведения этого анализа. Для достижения целей необходимо решать следующие задачи:

– анализ современных систем инженерного анализа и модулей оптимизации конструкции в этих системах.

– выбор детали-представителя и разработка электронной модели, а также схемы нагружения для этой детали;

– проведение инженерных расчетов конструкции согласно технической документации, том числе использование модуля оптимизации топологии для данной детали;

– разработка методики проведения оптимизации топологии деталей на основе полученных данных;

1. Анализ модулей оптимизации геометрии в популярных пакетах САПР

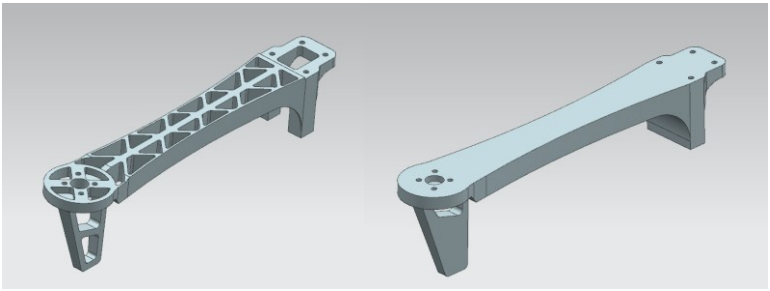
К настоящему времени большинство инженерных систем так или иначе поддерживают функционал, позволяющий в той или иной мере автоматизировано менять геометрию и конфигурацию редактируемой детали. Это могут быть так относительно простые помощники проектирования, реализованные в виде наборов типовых элементов или экспертных систем, так и более сложная система, включающая в себя функционал полноценного инженерного анализа. В системах SolidWorks и SolidEdge имеется исходный функционал, предназначенный больше для конструкторской работы, нежели для инженерных расчётов. Этот функционал принято называть генеративным дизайном. Аналогичный модуль существует и для системы Siemens NX, однако выполнен он в виде самостоятельного приложения на API функциях. Имеются и другие термины, связанные системами, зарегистрированные своими производителями как товарные знаки.

Выделяется несколько основных путей проведения этой оптимизации. В терминологии, предлагаемой фирмой Siemens, оптимизация геометрии представляет собой введение некой обратной связи между модулем проектирования и модулем расчёта. Похожим образом работает модуль оптимизации топологии, однако в отличие от ранее рассмотренного модуля, оптимизация топологии работает непосредственно с трехмерный сеткой, которая строится на этапе составления расчетной схемы. Наконец, модуль генеративного дизайна в системе NX, пока что находящийся в виде отдельного модуля, позволяет непосредственно на этапе проектирования получать геометрию сложной

формы, учитывающую как конструктивные, так и технологические ограничения, заданные конструктором. Несомненно, этот модуль также, как и перечисленные выше имеет огромный потенциал для дальнейшего развития и применения в работе инженера.

2. Описание детали-представителя и расчетной схемы.

В рамках выполнения данной работы было решено остановиться на работе с модулем оптимизации топологии с целью разработки методики, позволяющий оперативно получать достоверный результат. В качестве детали-представителя выбрана достаточно сложная деталь – луч квадрокоптера, служащий для крепления двигателя к раме. К этим деталям предъявляется достаточно много требований, порой противоречивых. На рис. 1 показана выбранная деталь в том виде, в котором в настоящее время она используется в раме квадрокоптера DJI F450 и подобных. Для проведения максимально достоверного анализа и расчета конструкций необходимо, чтобы деталь была максимально упрощена. При расчете детали с большим количеством элементов, зачастую результат моделирования повторяет саму деталь. Упрощённая деталь для расчетов на прочность и оптимизации и топологии также представлена на рис. 1.



а б

а – модель детали, б – упрощенная модель

Рис. 1. Деталь представитель

После создания упрощенной детали необходимо перейти к созданию трехмерной сетки и составлению схемы нагружения. Созданная сетка, а также расчетная схема нагружения показаны на рис. 2. Для создания расчетной схемы потребовалось добавить всего два условия: во-первых, крепежные отверстия, при помощи которых луч крепится к раме, считаются консольно зафиксированными. К

крепежным отверстием двигателя приложены нагрузки суммарным усилием в 500гс.

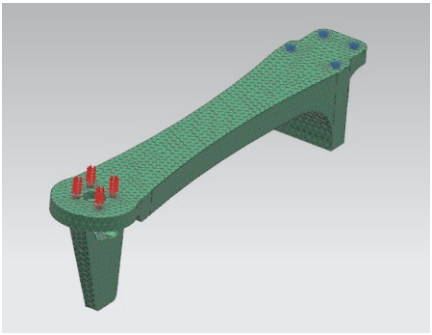


Рис. 2. Сетка и схема нагружения

По результатам расчета установлено что максимальное перемещение составляет порядка нескольких мм. Для данной конструкции такая жесткость является допустимой.

3. Оптимизация топологии в Siemens NX

Модуль оптимизации топологии в системе Siemens NX интегрирован в интерфейс модуля расширенных инженерных расчётов. Для создания расчетной схемы для оптимизации топологии модели необходимо наличие как минимум одной схемы нагружения для этой модели. При этом в этой схеме должны присутствовать минимум одна нагрузка (сила или давление) и минимум одно ограничение. Основное окно настроек модуля оптимизации топологии показано на рис. 3.

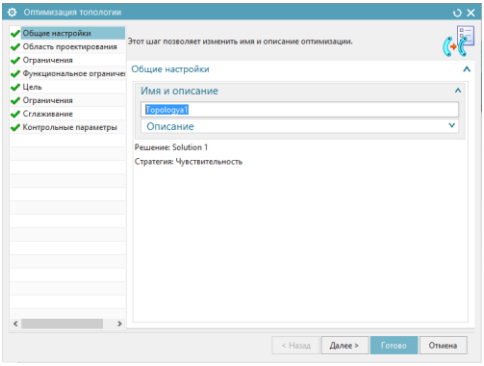


Рис. 3. Окно настроек оптимизации топологии

Раздел «Общие настройки» служит для создание имени и описания для нового решения. Так же здесь можно увидеть решение, с которым связано новое решение оптимизации. Раздел «Область проектирования» предназначен для указания набора элементов, которые будут участвовать в оптимизационном расчете. Эти параметры позволяют использовать необходимые сетки, созданные ранее. При этом если нет необходимости включать в расчет всю деталь, здесь можно выбрать ту часть или те элементы, которые будут оптимизированы. Основные параметры анализа и оптимизации задаются на вкладках «Ограничения», «Функциональные ограничения», «Цель», «Ограничения». Вкладка «Сглаживание» позволяет настроить параметры оптимизации и управляет сглаживанием конечной модели. Ее функционал аналогичен имеющейся команде на панели постпроцессирования. Наконец, вкладка «Контрольные параметры» позволяет настроить параметры решателя, такие как число итераций и пр. Как видно, названия вкладок продублированы, это ошибка перевода. Общий алгоритм работы системы выглядит следующим образом. На первой вкладке «Ограничения» задаются конструкторские ограничения. Это может быть условие симметричности, заморозка для элементов, не подлежащих оптимизации и пр. Поскольку эти параметры дополнительно ограничивают решатель своими параметрами и непосредственно влияют на результат расчета, на начальном этапе рекомендуется не задавать их, и лишь добившись работоспособности системы перейти к заданию этих параметров. На вкладке «Функциональные ограничения» необходимо создать минимум 2 технологических ограничения, одно из которых будет являться целью, а другое ограничивающим условием. Например, задание максимального или суммарного значения напряжений будет условием соблюдение максимальной жёсткости конструкции. Либо можно задать максимально допустимое перемещение определенного узла сетки. Причем к этому узлу обязательно должна быть приложена сила или другая нагрузка. Ограничивающее условие определяет контрольный параметр, ограничивающий глубину оптимизации. В общем случае это объем тела, который меняется в определённых пределах. Таким образом, задавая необходимые ограничения пользователь может контролировать процесс оптимизации. Анализ результатов производится с помощью инструмента постпроцессора, который позволяет в реальном времени визуализировать результат расчета при различных значениях параметра отсечки. Таким образом пользователь может регулировать величину удаляемого материала. Результат может быть сохранен в одном из популярных фасетных форматов.

Заключение

В ходе работы разработана методика расчета и оптимизации топологи деталей, которая может быть использована для анализа различных деталей и оптимизации их топологии с целью экономии веса и повышения жесткости конструкции. В ходе работы были проведены различные тесты и испробованы разные методы создания и расчета конструкции. Полученная оптимизированная делать была физически изготовлена на аддитивном оборудовании, были проведены натурные испытания, которые показали соответствие расчётных и экспериментальных данных о прочности и жестокости конструкции. Методика, разработанная в результате работы, может быть рекомендована к использованию на машиностроительных предприятиях, а также в конструкторских бюро для снижения трудоемкости проектирования деталей.

Список литературы

1. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / Гончаров П. С. [и др.] – М.: ДМК Пресс. – 2012. – 540 с.

2. Бредихин А. В., Кичигина М. Б. Использование объектно-ориентированных технологий в разработке приложения проектирования бизнес-логики PDM системы // ББК 3.30 (я4) Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве: труды Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017, Т. 1, 404 с. ISBN 978-5-7731-0567-1. – 2017. – С. 34.

3. Килина А. А., Паринов М. В., Чижов М. И. Архитектура системы поддержки принятия и контроля проектных решений // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2.

4. Гусев П.Ю. Анализ и оптимизация производства деталей самолетных агрегатов с применением имитационного моделирования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук / П. Ю. Гусев, Ю. С. Скрипченко, Д. В. Лысов. – 2016. – Т. 18. – №. 4-3.

Цифровое описание технологических объектов PLM системы

А. Д. Ворнин, email: voroninad@yandex.ru.com [1]
А. В. Бредихин, email: maypochta@yandex.ru [1]
М.В. Корчагин, email: m.korchagin@rusaviainter.com [2]

[1] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
[2] ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы управления технологической информацией в рамках системы поддержки жизненного цикла изделий.*

Ключевые слова: *PLM, жизненный цикл изделия, модель дынных.*

Введение

Цифровизация – это бизнес-стратегия, направленная на максимизацию ценности информации. Оцифровка-это не предрешенный вывод, а бесчисленные движущиеся части, постоянно меняющиеся сами по себе и по отношению ко всем остальным частям.

Одной из многих граней цифровизации является платформа инноваций продуктов, которая имеет решающее значение для конкурентоспособности и инноваций, связанных с продуктами. Платформы инноваций продуктов состоят из данных, решений, программных инструментов, процессов и наборов навыков, которые лежат в основе компетенций и областей знаний предприятия. Инновационная платформа продукта помогает лучше определять и управлять бизнес-моделью предприятия.

В свою очередь, инновационная платформа продукта позволяет среде управления жизненным циклом продукта (PLM) предприятия, улучшать поддержку жизненных циклов продуктов организации. Это радикальные и целостные преобразования в управлении данными и процессами, а также оптимизация жизненного цикла продуктов во всех дисциплинах предприятия.

© Воронин А. Д., Бредихин А. В, Корчагин М. В., 2019

1. Организация инженерных данных

Для определения подхода к организации данных необходимо определить жизненный цикл спецификации и ее эволюцию от концептуальной стадии до полноценного выпускаемого продукта, и вплоть до технического обслуживания. Жизненный цикл спецификации может варьироваться в зависимости от общего процесса компании, например, некоторые компании могут производить только по заказу, следовательно, они создают конструкторскую спецификацию и создают из нее непосредственно производственную спецификацию.

Продукт проектируется на основе входных данных из различных источников, таких как клиенты, продажи, технологические достижения. Концептуальная спецификация может быть создана с нуля или получена из существующей спецификации. Эта спецификация может быть сгенерирована из САПР, если продукт является продуктом с большим количеством инженерных разработок, или без САПР. Эта спецификация используется для подтверждения концепции и проходит различные итерации для определения целесообразности проектирования, учета затрат, соответствия и т. д. После завершения этапа разработки концепции и определения базовой конструкции и характеристик продукта происходит его изменение.

Конструкторский состав изделия (BOM), как правило, основан на первоначальной стадии разработки. Проектная спецификация может быть получена из концептуальной спецификации или может быть создана совершенно новой на основе зрелости концептуальной спецификации. Спецификации создаются либо сверху вниз, либо снизу вверх. Спецификация определяется сверху как модули или уровень сборки и определяется на ранней стадии разработки продукта, где проектирование выполняется с уровня детали или компонента. Проектная спецификация, как правило, формируется и моделируется в САПР с физическим и геометрическим аспектом, а управление связанными данными осуществляется в PLM, который обычно интегрируется с САПР.

Производственный состав (MBOM). Инженер-технолог создает MBOM (Manufacturing BOM) из конструкторского BOM. Основное различие между конструкторским BOM и MBOM состоит в том, что инженер-конструктор рассматривает продукт в процессе разработки с точки зрения конечного продукта с подробным описанием деталей и компонентов, в то время как инженер-технолог рассматривает его с точки зрения технологичности продукта. Следовательно, производственный вид компонента спецификации и их последовательность могут отличаться от представления конструктора.

Например, конструктор может рассматривать два компонента для данной сборки как прямой дочерний элемент сборки, в то время как производство может выглядеть как два дочерних компонента как родительский дочерний элемент по отношению друг к другу с точки зрения последовательности сборки. Точно так же один и тот же компонент в проектной спецификации может быть показан как две части в производственной спецификации.

MBOM обычно требуется помощь САПР под управлением PLM для выравнивания проектной части и добавления ресурсов, таких как инструменты и приспособления. Кроме того, значительная часть производства деталей выполняется с помощью станка с ЧПУ, следовательно, программирование ЧПУ также осуществляется по исходной геометрической информации по детали из MBOM. Программа ЧПУ передается на производство в составе комплекта технической документации в электронном виде, также называемой маршрутизацией или технологическим процессом. Маршрутизация или BOP (ведомость процесса) - это последовательность операций детализации для производства или сборки данной детали или продукта. BOP создается в контексте производственной спецификации, а компонент спецификации может быть связан с одной или несколькими операциями в BOP.

2. Описание структуры инженерных данных

Модель данных является ядром любого программного обеспечения. Чтобы иметь качественную информационную систему PLM, важно хорошо понимать ее модель данных, отражая в ней поведение информационных объектов и то, как они модифицируются в течение своего жизненного цикла. Если на этапе проектирования МД идти на компромиссы, это повлияет на всю реализацию, на процессы поддержки жизненного цикла в системе PLM, или на качество информация, которая передается другим системам предприятия, в частности, ERP.

Сегодня предприятия должны иметь объектно-ориентированную модель данных высокого уровня, описывающую основные информационные объекты и их поведение.

Необходимо структурировать полученные инженерные данные, а также разобрать логическую структуру продукта. При формировании общей модели данных предприятия, необходимо соблюдать целостность модели данных всего предприятия. Существует множество средств и методологий, которые помогают моделировать данные и связи между ними. Главная цель - определить какие данные необходимо иметь в системе, а какие нет. Не нужно хранить данные потому, что в системе есть средства для их хранения. Очень важен вопрос минимизации данных при сохранении их содержательной информации, необходимой

для понимания изделия и действий, совершаемых над ними. Логическая структура обычно представляет из себя набор папок и поддиректорий, она поможет пользователям быстрее находить компоненты и сборки для повторного использования. Кроме того, необходимо определить общие компоненты (стандартные элементы, покупные изделия и т.п.), их достаточность и степень наполнения библиотек.

В случае использования PLM системы Teamcenter, для реализации модели данных имеется приложение Business Modeler IDE с использованием графического интерфейса.

3. Модель данных Teamcenter

Модель объектов в Teamcenter включает классы, используемые для управления данными. На рис. 1 показана UML диаграмма фрагмента модели данных. При описании модели использовались две диаграммы взаимосвязей.

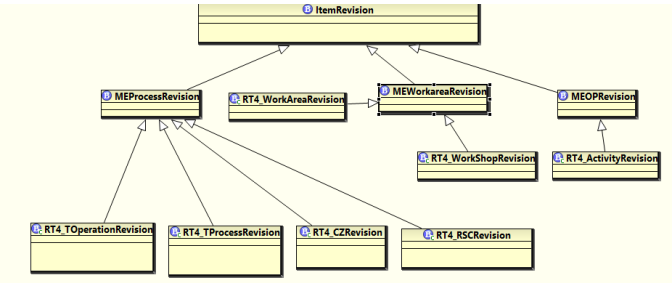
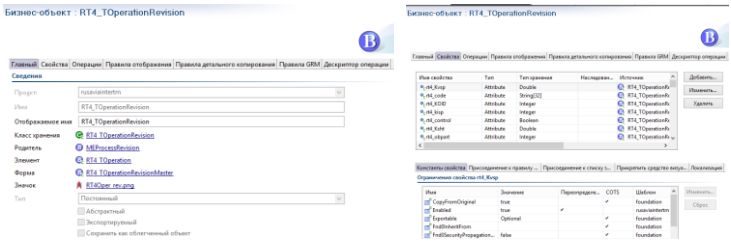


Рис. 1. UML диаграмма технологических объектов

Один набор взаимосвязей показывает иерархию классов (таксономия), а другой показывает ассоциации, существующие между взаимодействующими объектами в системе. В рамках описания технологических данных были создан ряд кастомизируемых объектов. На рис. 2 показан пример представления кастомизации в интерфейсе BMDE.

После загрузки созданного шаблона расширений базовой модели данных в интерфейсе клиента Teamcenter будут доступны для работы пользователя в задачах создания технологических процессов изготовления изделий.



а б

Рис. 2. Представление объекта в интерфейса BMDE: а – объект ревизия операции , б – свойства объекта ревизия операции

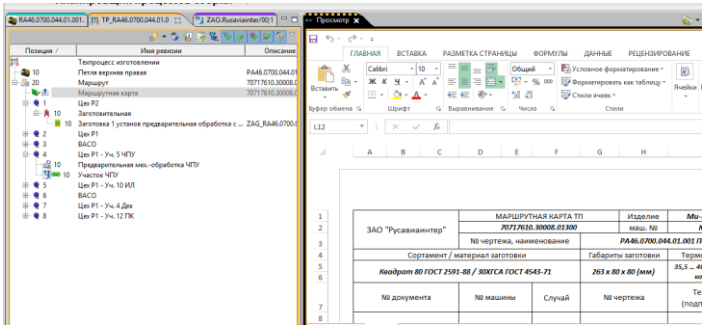


Рис. 3. Представление технологического процесса в интерфейсе Teamcenter

Заключение

Использование на отечественных предприятиях разработанной технологической модели данных позволит сократить сроки внедрения PLM, повысить доступность создания и управления технологическими данными и процессами в единой информационной среде, что сократит срок и стоимость изготовления изделий.

Список литературы

1. Чижов М.И. Управление жизненным циклом нормативно-справочной информации машиностроительного предприятия / М.И. Чижов, А. А. Килина // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8. № 12-2. С. 59-60.

2. Килина А. А. Создание единого хранилища производственных данных / А. А. Килина, М. В. Паринов, М. И. Чижов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. №12-2. – С. 32-35.

3. Рыжков В. А. Формализация задачи проектирования с целью автоматизации и оптимизация сборочных технологических процессов / В.А. Рыжков, А.Н. Юров, А.С. Кольцов // В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации сборник научных трудов XII-ой Международной научно-практической конференции: в 4-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 419-423.

4. Матвеев М.Г. Выбор и распределение ресурсов при моделировании технологических процессов / М.Г. Матвеев // В «Математическое моделирование информационных и технологических систем» Сборник научных трудов. Воронежская государственная технологическая академия. – 2000. – С. 257-261.

Методы интеграции цифрового двойника на цеховой уровень

П. Ю. Гусев, email: gusevpvl@gmail.com
М. Е. Казьмин, email: kazm_me@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В докладе рассматриваются вопросы интеграции цифрового двойника на цеховой уровень. Предлагаются варианты связки имитационной модели и цехового уровня предприятия..*

Ключевые слова: *цифровой двойник, имитационное моделирование, цеховой уровень.*

Вопрос интеграции цифрового двойника на цеховой уровень является крайне актуальным в настоящее время. Одним из способов обмена информации с цеховым уровнем – передача данных через базы данных. Однако этот способ длительный и трудоемкий. Лучшим решением может выступить применение OPC сервера.

OPC (OLE for Process Control) – промышленный стандарт, созданный консорциумом всемирно известных производителей оборудования и программного обеспечения при участии Microsoft. Этот стандарт описывает интерфейс обмена данными между устройствами управления технологическими процессами. Главной целью было предоставить разработчикам систем диспетчеризации некоторую независимость от конкретного типа контроллеров. OPC основывается на технологии OLE/COM/DCOM компании Microsoft, Inc.

Довольно много программ-клиентов может получать данные из различных источников и делать их доступными для драйверов независимых разработчиков. Но при этом возникают следующие проблемы:

Каждая программа диспетчеризации должна иметь драйвер для конкретного устройства АСУ,

Возникают конфликты между драйверами различных разработчиков, что приводит к тому, что какие-то режимы или параметры работы оборудования не поддерживаются всеми разработчиками ПО.

Модификации оборудования могут привести к потере функциональности драйвера.

© Гусев П. Ю., Казьмин М. Е., 2019

Конфликты при обращении к устройству – различные программы диспетчеризации не могут получить доступ к одному устройству одновременно из-за использования различных драйверов.

Производители оборудования стараются решить эту проблему с помощью разработки дополнительных драйверов. Однако эти попытки встречают сильное сопротивление разработчиков систем диспетчеризации, которые должны, в этом случае, усложнять свои клиентские протоколы.

OPC проводит четкую разграничительную линию между производителями оборудования и разработчиками драйверов. Данная технология предоставляет механизм сбора данных из различных источников и передачу этих данных любой клиентской программе вне зависимости от типа используемого оборудования. Это позволяет разработчикам сосредоточиться на производительности и оптимизации работы серверной части, которая отвечает за сбор данных.

OPC был разработан для обеспечения доступа клиентской программы к нижнему уровню технологического процесса в наиболее удобной форме. Широкое распространение технологии OPC в промышленности имеет следующие преимущества:

Независимость в применении систем диспетчеризации от используемого в конкретном проекте оборудования.

Разработчики программного обеспечения не должны постоянно модифицировать свои продукты из-за модификации оборудования или выпуска новых изделий.

Заказчик получает свободу выбора между поставщиками оборудования, а также имеет возможность интегрировать это оборудование в информационную систему предприятия, которая может охватывать всю систему производства, управления и логистики.

Разработку стандартов OPC, их описание, поддержку и пропаганду взяло на себя OPC Foundation, добровольная международная организация, расположенная в Boca Raton, Флорида, США. Сейчас организация насчитывает более 250 членов, в число которых входят компании, занимающие лидирующие позиции в разработке программ для мониторинга, визуализации и диспетчеризации, а также других приложений для управления технологическими процессами, такие как Honeywell, Fisher-Rosemount, Siemens, Wonderware, Intellution и другие. Microsoft, Inc. также является членом OPC Foundation, принимая участие в разработке новых спецификаций. Компания Merz, s.r.o. – единственный представитель Чехии в OPC Foundation.

Коммуникационный стандарт OPC позволяет использовать его для обмена данными в индустриальных информационных системах. В

нижней части рисунка 2 (Field Management), показаны три компьютера с установленными OPC-серверами, которые поддерживают различные спецификации OPC (см. далее). Каждый компьютер может иметь OPC-сервера с различными спецификациями. Существуют сервера, которые обмениваются данными с АСУ, построенной на ПЛК (ПЛК – Программируемые Логические Контроллеры). Они разработаны на базе коммуникационного протокола (например, AS511, RK512, S-bus, Modbus, DF1 и т.д.), и "распознаются" подключенным оборудованием (например, ПЛК). Доступ к протоколам, хранящимся в базе данных, обеспечивается OPC-серверами, соответствующими спецификациям OPC Historical Data Access.

Один из необходимых компонентов для работы OPC-коммуникаций – COM и его сетевая версия DCOM. DCOM – стандартный компонент для операционных систем Windows NT 4.0, Windows 2000 и Windows 98. Для работы в Windows 95 DCOM нужно установить. Все эти операционные системы позволяют передавать данные в рамках одного компьютера или через локальную сеть. В Windows CE сетевые возможности появились в версии 3.0. Сейчас стандарт OPC был разработан и для операционной системы Linux.

Какое же будущее у технологии OPC? OPC-сервера включаются в оборудование все большего числа производителей. В то же время, увеличивается число разработчиков систем диспетчеризации, которые поддерживают сбор данных через OPC-сервер с помощью собственных OPC-клиентов. И если так пойдет и дальше, то технология OPC постепенно станет всемирным стандартом для обмена данными в промышленных информационных системах.

Список литературы

1. Ветохин В. В. Эргономичное программирование для SINUMERIK840 //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2. – С. 92-96.

2. Чижов М. И., Ветохин В. В. Интеллектуальные управляющие программы для обрабатывающих центров под управлением sinumerik840/ М.И. Чижов, В.В. Ветохин //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2. – С. 78-80..

3. Пачевский Д. Е., Сокольников В. В., Филимонова А. А. Программное обеспечение cals - технологий/ Д.Е. Пачевский, В.В. Сокольников, А.А. Филимонова //Информатика: проблемы, методология, технологии. – 2016. – С. 391-395.

Генетические алгоритмы в оптимизации планировочных решений

П. Ю. Гусев, email: gusevpvl@gmail.com [1]
А. С. Кольцов, email: akoltsov@rambler.ru [2]
А. И. Картавых, email: kart_ai@mail.ru [1]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] Институт федеральной службы исполнения наказаний России, г. Воронеж

Аннотация. *В работе представлены основные результаты работы по оптимизации планировочного решения участка механической обработки. В качестве инструмента оптимизации использован генетический алгоритм. Предложен и протестирован оператор скрещивания.*

Ключевые слова: *планировки, оптимизация, скрещивания, генетические алгоритмы.*

В настоящее время производственные системы функционируют в рамках жесткой конкуренции. Поэтому решения, влияющие на работоспособность этих систем, должны быть максимально точно рассчитаны и получены в кратчайшие сроки. При проектировании новых производственных систем крайне важно правильно провести расстановку оборудования, применительно к технологическим процессам, которые будут использоваться в рассматриваемой системе [1-2].

Исходя из вышеизложенного сформулирована цель работы: разработка методов и средств определения порядка расстановки технологического оборудования в производственных системах машиностроительных предприятий, обеспечивающих высокую точность результата, на основе эволюционных алгоритмов.

Для достижения поставленной цели сформулированы задачи:

- сбор и анализ исходных данных для проектирования производственных систем;
- формализация задачи определения порядка расстановки технологического оборудования в производственном процессе;
- разработка алгоритма оптимизации расстановки технологического оборудования;

© Гусев П. Ю., Кольцов А. С., Картавых А. И., 2019

Главная трудность с возможностью построения вычислительных систем, основанных на принципах естественного отбора и применением этих систем в прикладных задачах, состоит в том, что природные системы достаточно хаотичны, а все человеческие действия, фактически, носят четкую направленность. Компьютер используется как инструмент для решения определенных задач, которые люди сами и формируют, и акцентируют внимание на максимально быстром выполнении при минимальных затратах.

Возможно это большое обобщение, но полагается, что усилия, направленные на моделирование эволюции по аналогии с природными системами, к настоящему времени можно разбить на две большие категории: системы, которые смоделированы на биологических принципах. Они успешно использовались для задач типа функциональной оптимизации и могут легко быть описаны на небиологическом языке, системы, которые являются биологически более реалистичными, но которые не оказались особенно полезными в прикладном смысле. Они больше похожи на биологические системы и менее направлены. Они обладают сложным и интересным поведением, и, видимо, вскоре получат практическое применение.

Пусть мы имеем некоторую производственную систему, состоящую из произвольного количества станков. Количество технологических процессов, при этом, также не ограничено. Также перемещение деталей по производственной системе однонаправленно. Необходимо найти такую расстановку оборудования, при которой можно будет обработать максимальное количество деталей за заданное время.

Формализованную задачу можно решать различными способами. Однако решено прибегнуть к помощи современных алгоритмов, принцип действия которых основан на природных явлениях и процессах. В работе использован генетический алгоритм.

Наиболее важной частью работы генетического алгоритма является этап скрещивания. От способа скрещивания напрямую зависит качество и скорость получения решения.

Отдельное внимание при разработке оператора скрещивания уделено процедуре мутации. Данная процедура рассмотрена применительно к специфике рассматриваемой задачи. Учитывая, что порождаемый генотип должен содержать все гены исходного генотипа, то оптимальное решение может быть получено путем достаточного количества итераций скрещивания. Помимо этого, процедура мутации основывается на применении генератора случайных чисел, что может привести как к быстрому улучшению решения, так и к ухудшению

искомого решения. Таким образом, процедуру мутации решено оставить как подключаемую опцию.

Для программирования оператора скрещивания его работа формализована. Выбранная пара родительских генотипов подвергается скрещиванию

Для работы генетического алгоритма разработана собственная схема получения решений. Пусть имеется произвольное число генотипов. При этом лучший генотип всегда сохраняет свое решение. Это позволяет продвигаться поисковому алгоритму всегда к экстремуму, и не откатываться к худшим решениям. Худшее решение, при этом, может мутировать. В результате мутации могут возникать такие решения, которые при скрещивании позволяют обходить локальные минимумы.

Для разработанного генетического алгоритма предложен собственный оператор скрещивания. Принцип действия скрещивания заключается в следующем:

– из пары решений выбирается лучшее;

– из этих двух решений от лучшего берется первая половина всех генов;

– затем вторая половина генов заполняется с середины второго решения;

– если гены добавляемые из второго решения уже записаны в новое решение, то просмотр второго решения продолжается с начала и записываются недостающие гены.

Предложенный оператор скрещивания показал высокую эффективность применения в задачах оптимизации планировок.

Список литературы

1. Новиков В. С. Применение имитационного моделирования в атомной отрасли / В. С. Новиков, М. В. Паринов; под ред. Тюкачева Н.А. // Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. Научно-исследовательские публикации – 2016 . – С. 365-368.

2. Юров А. Н. Процесс построения элемента фиксирующего узла средствами автоматизации системы твердотельного моделирования/ А. Н. Юров, В. А. Рыжков, М.В. Паринов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011 –. Т. 7. – № 12-2. – С. 101-103..

3. Пачевский Д. Е., Сокольников В. В., Филимонова А. А. Основные положения и принципы CALS-технологий/ Д.Е. Пачевский, В.В. Сокольников, А.А. Филимонова //Информатика: проблемы, методология, технологии. – 2016. – С. 386-390.

Использование беспроводных сетей для контроля технологических процессов в едином пространстве цифрового производства

П. А. Демин, email: parmax@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассмотрены возможности использования беспроводных сетей для контроля процессов в цифровом производстве. Основной упор сделан на применение GSM каналов.*

Ключевые слова: *контроль технологических процессов, цифровое производство, аппаратно-программные комплексы, беспроводные сети*

Современная концепция цифрового производства подразумевает информатизацию предприятия на различных уровнях. Анализ средств информационной автоматизации современного производства – сложная задача, которая выходит за рамки данной статьи. Однако можно отметить, что для различных уровней требуются эффективные средства передачи данных. При условии, что сетевые технологии в наше время достаточно сильно стандартизированы и унифицированы, на различных уровнях могут быть успешно применены идентичные средства инфокоммуникационного обмена. Унификация средств передачи данных крайне важна, так как повышает надежность, снижает затраты на развертывание объектов и их обслуживание, повышает эффективность работы персонала и обеспечивает ряд других преимуществ

С учетом тенденции развития современных сетевых технологий для передачи данных на производстве крайне эффективным решением являются беспроводные сети. Они не требуют прокладки кабеля, что в ряде случаев в производственных условиях затруднительно. Одним из наиболее эффективных решений является использование типовых технологий на базе Wi-Fi. Данная широко известная технология может быть эффективно применена как для реализации обмена между стационарными объектами, так и мобильными комплексами. Например, эффективным решением для интеграции специализированных цеховых терминалов PDM системы TEAMCENTER в единую сеть предприятия являются беспроводные сети этого типа [1], также в данной сети могут быть применены мобильные PDM клиенты под управлением ОС Android или аналогичной [2].

© Демин П. А., 2019

Однако информационная автоматизация производства охватывает не только верхние уровни (конструкторско-технологического проектирования и другие), но и используется для автоматизации оборудования и других систем нижнего уровня. А при интеграции информационных технологий в различных системах и подсистемах инфокоммуникационное оборудование является необходимым. Для реализации каналов связи на нижнем уровне также можно эффективно применить Wi-Fi сети и другие технологии беспроводного и проводного обмена данными.

Рассмотрим подробно типовые задачи информационной автоматизации, требующего беспроводных каналов передачи данных, которые функционируют на нижнем уровне цифрового производства. Обычно они относятся к автоматизации стандартизованных технологических процессов. Однако нередко возникают нестандартные задачи, которые также относятся к рассматриваемому классу. Например, задачи контроля радиационной обстановки на территории АЭС [3].

Практически все задачи организации канала связи на нижнем уровне цифрового производства имеют общие особенности. Основной из них является факт, что связь реализуется не между компьютерными системами, а между различным оборудованием или оборудованием и компьютером.

В настоящее время аппаратные средства для технологического оборудования и приборов контроля, позволяющие реализовать сетевой обмен посредством беспроводных технологий, представлены широкой гаммой технических решений. К оборудованию предлагается значительный набор программных протоколов и средств обработки информации.

Для обмена данными с устройствами нижнего уровня могут быть использованы как специализированные модемы, которые работают только с устройствами совместимого класса, так и типовые решения в области телекоммуникаций. Как было отмечено ранее, типовые решения обладают рядом преимуществ. Поэтому для задач, где нет явной необходимости в применении специализированных каналов связи (например, высокая секретность и защищенность, сильные электромагнитные помехи), рекомендуется использовать стандартные инфокоммуникационные технологии общего назначения. К ним относятся W-Fi сети и технологии на базе сотовой связи.

Не смотря на схожие скоростные характеристики, информационную и помехозащищенность, эти технологии применяются для различных задач. Например, Wi-Fi эффективно применяется для передачи данных на объекте ограниченной площади (например,

оборудование цеха); сеть отлично подходит для передачи больших объемов данных с хорошими скоростными характеристиками. При этом управление отдаленными объектами посредством Wi-Fi возможно, но требует применения более дорогого оборудования и не обеспечивает стабильного качества при различных состояниях среды передачи.

Поэтому для передачи данных на большие расстояния (например, для автоматизации сбора данных с крупного хранилища АЭС [4]) необходимо предложить более эффективное решение. Из стандартных средств подходящим вариантом является передача данных посредством каналов сотовой связи. Анализ актуальных вариантов сотовых инфокоммуникационных сетей выходит за пределы данной работы. Однако можно отметить, что большинство технологий обладает схожими недостатками и достоинствами. Наиболее важным отличающимся параметром является скорость передачи данных.

Следует отметить, что скорость передачи данных в сотовых сетях для автоматизации нижнего уровня цифрового производства обычно не столь важна. Это объясняется тем, что канал связи сотовой сети реализован через оборудование сторонней организации (оператора связи), поэтому невозможно гарантировать его надежность и скоростные характеристики. Таким образом, передача оперативных данных высокой важности через сотовую связь небезопасна. Однако данные, не столь критичные к задержкам времени и надежности доставки могут быть эффективно переданы таким образом.

Выбор канала беспроводной связи для автоматизации технологических процессов требует предварительного глубокого анализа. Поэтому невозможно дать однозначных рекомендаций по использованию того или иного решения. В ряде случаев наиболее удачным вариантов является применением нескольких технологий одновременно в режиме дублирования.

Литература

1. Собенина О.В. Разработка поискового модуля автономного клиента системы teamcenter / О.В. Собенина, В.А. Рыжков, А.А. Пак // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVII международной научно-методической конференции. – 2017. – С. 331-33

2. Рыжков В.А. Система оперативного контроля производственного процессана ос android / В. А. Рыжков, О. В. Собенина, А .С. Штодин // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XV международной научно-методической конференции. – 2015. – С. 377-382.

3. Новиков В.С. Разработка и внедрение информационной системы радиационного контроля и безопасности / В. С. Новиков, М. В. Паринов // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVII международной научно-методической конференции. 2017. – С. 322-326.

4. Филимонова А. А. Информационная подсистема хранилища радиоактивных отходов / А. А. Филимонова, М. В. Паринов // В сборнике :Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XV международной научно-методической конференции. – 2015. – С. 392 393.

Проектирование аппаратно-программных систем контроля технологическими процессами

П. А. Демин
А. В. Куркин, email: parmax@mail.ru[1]

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассмотрены общие концепции проектирования аппаратно-программных систем контроля технологических процессов в разрезе цифрового производства. Проанализированы основные этапы процесса проектирования и базового моделирования данных систем*

Ключевые слова: *аппаратно-программные системы, цифровое производство, общая концепция проектирования*

Современное цифровое производство невозможно представить без аппаратно-программных средств контроля технологическими процессами. Некоторые из них являются типовыми решениями и не требуют процесса проектирования и создания. Обычно в данном случае необходима кастомизация и глубокая настройка при внедрении в производство, так как аппаратно-программные решения по своей сути являются гибко настраиваемыми системами. Однако основная часть средств контроля технологических процессов, относящихся к аппаратно-программным комплексам, относится к оригинальным устройствам, которые требуют проектирования и создания под конкретную задачу.

Рассмотрим подробно процесс проектирования аппаратно-программных решений для контроля технологических процессов. Процесс проектирования начинается с постановки технического задания. При этом определяются все задачи, решаемые проектируемым комплексом, а также состав и структура входной и выходной информации.

Например, для контроля работы установки термической обработки требуется определить по коду обрабатываемую деталь, время начала и окончания обработки, температуру и ее изменение в процессе всего времени обработки. На основании этих данных можно сделать автоматическое заключение (выполняется аппаратно-программным комплексом) о корректности проведения операции. Выходной информацией является передаваемые в вышестоящие системы контроля

© Демин П. А., Куркин А. В., 2019

данные, указывающие в случае корректной обработки обработанный объект и время выполнения операции или подробный отчет в случае, если автоматическая система решила, что операция выполнена с отклонением от стандартов.

Входная информация обычно представлена датчиками с учетом алгоритмов обработки полученных данных. Выходная информация обычно представляется передаваемыми на верхний уровень информационными структурами, которые могут отличаться в зависимости от выполняемой задачи. Также выходная информация может представляться для оперативного контроля на экранах и терминалах, расположенных на контролируемом объекте и в диспетчерских пунктах. Например, подобная распределенная система контроля эффективна на опасных объектах, например, хранилищах радиоактивных отходов [1].

После определения входных и выходных данных определяется общий алгоритм обработки данных, обеспечивающий получение необходимого результата. Деление алгоритма на элементы нижнего и верхнего уровня (программа, работающая на компьютере и микроконтроллере) на этом невозможно, так как необходимо выбрать элементную базу аппаратной части и в зависимости от ее возможностей определить перечень операций, выполняемых на нижнем уровне.

Выбор средств для реализации аппаратной базы нижнего уровня выполняется на основании необходимых интерфейсов: типа и количества и дополнительных требований к контроллеру: например, температурные условия, повышенная электромагнитная защищенность и так далее. Отдельно оценивается необходимость и целесообразность применения процессоров с заданной вычислительной мощностью. Обычно более мощный контроллер обладает большей стоимостью. Однако в последнее время наметилась тенденция значительного снижения цены данных устройств, поэтому для большинства разработок несерийного типа этим параметром можно пренебречь.

После выбора аппаратной базы производим разделение алгоритмов на нижний и верхний уровень. При этом часть функций нередко дублируется, что обеспечивает более надежное функционирование комплекса в целом. Также определяется интерфейс связи между верхним и нижним уровнями, а также интерфейс интеграции верхнего уровня в вышестоящие структуры цифрового производства. При выборе интерфейса необходимо решить 2 задачи: выбор аппаратных средств (например, Ethernet, RS-485 и тд), а также программных конструкций, библиотек и алгоритмов [2].

На следующем этапе разрабатывается проект графического интерфейса системы верхнего уровня, если он предусмотрен. Необходимо разработать проект визуального представления данных, выбрать отображаемую информацию, определить вид ее отображения (например, текст (размер, цвет и тип шрифта) или стрелочный индикатор и т.д.).

Далее необходимо выбрать инструментальные средства. Они выбираются отдельно для каждого уровня. При выборе инструментальных средств учитываются поставленные задачи, а также опыт программиста и его предпочтения. Также важными параметрами являются вопросы лицензирования и быстродействие разработанных программ, которое существенно зависит от выбранной инструментальной платформы. При корректно реализованном интерфейсе обмена данными между аппаратной и программной частью отсутствует необходимость организации взаимосвязи между инструментальными средствами различных уровней. Разработку успешно могут вести различные разработчики, взаимодействие которых при правильно построенном процессе проектирования не требуется.

На следующем этапе каждое из программных средств подразделяется на структурные элементы: классы, модули, функции и так далее, Осуществляется подготовка к процессу разработки.

Заключительный этап проектирования включает планирование процесса разработки, организацию и планирования процесса тестирования и ввода в эксплуатацию. Эта требует совместной работы специалистов, занимающихся разработкой всех уровней, включая объект цифрового производства, в который интегрируется разработанная система.

Литература

1. Новиков В.С. Разработка и внедрение информационной системы радиационного контроля и безопасности / В. С. Новиков, М. В. Паринов // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVII международной научно-методической конференции. – 2017. – С. 322-326.

2. Доморников П.В. Особенности разработки программных конструкций для объединения аппаратной и программной составляющей цифрового производства/ П. В. Доморников, М. В. Паринов, В. Г. Горбунов // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVII международной научно-методической конференции. – 2017. – С. 302-304.

Информационная поддержка и автоматизация принятия решений в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия

О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Д. Н. Смирнов, email:48dimka54@mail.ru
Е. В. Чмутин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается применение информационных технологий в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия.*

Ключевые слова: *геоинформационные системы и технологии, эксплуатация автомобильного транспорта.*

Введение

Актуальные проблемы обеспечения дорожной безопасности, логистики, сервиса и эксплуатации автомобильного транспорта, как в военной сфере, так и в сфере управления автотранспортным предприятием, в настоящее время решаются за счет применения на практике современных информационных технологий, в частности, геоинформационных систем и технологий (ГИС и Т), данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) и навигационных систем. Одним из основных векторов развития ГИС и Т – совместное и широкое применение данных высокоточного глобального позиционирования того или иного объекта на воде или на суше, полученные с помощью систем ГЛОНАСС и GPS [1]. Эта системы уже давно широко используются в морской навигации, воздухоплавании, геодезии, военной сфере, на автомобильном транспорте. Применение их в сочетании с ГИС и Т и ДДЗ образует мощную триаду высокоточной, актуальной, вплоть до режима реального времени, постоянно обновляемой, объективной и плотно насыщенной территориальной информации. Спутниковые радионавигационные системы ГЛОНАСС – GPS NAVSTAR предназначены для определения текущих координат пользователя на поверхности Земли или в околоземном пространстве. Принцип измерения ГЛОНАСС аналогичен американской системе навигации NAVSTAR GPS [2].

© Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Чмутин Е. В., 2019

1. Применение геоинформационных систем и технологий в эксплуатации военного автомобильного транспорта

В отечественной системе ГЛОНАСС сигналы получаются приемником от 24 искусственных спутников Земли, которые вращаются по 12 часовым орбитам на средневысотной круговой орбите на высоте 19400 км в трех орбитальных плоскостях. В аналогичной американской спутниковой GPS-системе орбиты спутников располагаются примерно между 60 градусами северной и южной широты. Этим достигается то, что сигнал хотя бы от некоторых спутников будет приниматься в любой точке земной поверхности и околоземного пространства в любое время при условии прямой видимости спутников. Система NAVSTAR GPS оплачивается и находится под контролем Департамента обороны США [3].

В нашей стране ГИС и Т широко используются в многообразных сферах и направлениях территориальной деятельности силовых ведомств: МО, МВД, МЧС, ФСБ, ФСО, Национальной гвардии и других. Несмотря на разницу в задачах этих структур, их организацию и т.д., все они работают с пространственно-координированными данными, данными дистанционного зондирования, цифровой картографической информацией, преимущественно не только с целью просмотра, но и всестороннего анализа.

Возрастающие объем и разнообразие необходимой информации требуют в Вооруженных Силах (ВС) профессионально подготовленных специалистов для управления военным автомобильным транспортом, и в частности, наземным обеспечением боевых действий сухопутных войск, авиации, флота, грамотно регулирующих эффективные и контролируемые процессы сбора, накопления, интеграции и использования всех необходимых руководителю информационных ресурсов, т.е. применения геоинформационных технологий и автоматизированных систем. Таким образом, применение ГИС и Т в подготовке военных специалистов наземного обеспечения является вполне обоснованным [4].

Применение геоинформационных систем и технологий в деятельности автотранспортного предприятия

Военные специалисты, закончившие службу в силовых ведомствах нашего государства, нередко продолжают свою трудовую деятельность в структурах отечественных автотранспортных предприятий. Полученная подготовка в военных вузах по эксплуатации военного автомобильного транспорта и обеспечению дорожной безопасности с применением ГИС и Т будет способствовать эффективному управлению автотранспортными средствами на гражданских предприятиях. Системы

мониторинга и логистики автотранспортного предприятия основываются на данных, полученных с помощью систем ГЛОНАС и GPS и предназначены для автоматизированного управления транспортными средствами (ТС) со стороны диспетчерского центра (ДЦ).

Основные функции, выполнение которых возможно с применением ГИС и Т современными системами мониторинга автомобильного транспорта на предприятии:

– передача навигационной и телеметрической информации на ДЦ как по запросу, так и автоматически с дистанционно задаваемым интервалом или по событию, к примеру, дорожно-транспортному происшествию (ДТП);

– определение координат места нахождения, скорости и направления движения ТС в привязке к текущему времени в любое время суток при любой погоде с помощью сигналов спутниковых навигационных систем GPS и/или ГЛОНАСС. Среднеквадратичная ошибка определения координат (СКО) – не более 10 м;

– сбор и накопление навигационной и телеметрической информации в цифровых накопителях;

– передача информации из энергонезависимой памяти на ДЦ по каналу мобильной связи или по радиоканалу;

– представление местоположения ТС в виде условного знака на электронной карте диспетчера;

– прием, хранение и отображение на рабочем месте диспетчера навигационной и телеметрической информации, получаемой от ТС;

– ввод и хранение информации о ТС (модель, год выпуска, государственный номер, принадлежность к автопредприятию и др.);

– разработка маршрутов следования (в ручном режиме);

– учет пробега автомобилей и средней скорости движения ТС;

– учет времени незапланированного простоя ТС;

– получение отчетов на бумажных и электронных носителях;

– осуществление голосовой связи между ДЦ и ТС;

– количество ДТП на маршруте, интенсивность дорожного движения в зависимости от внешних факторов (дорожно-ремонтных работ, погодных условий, стихийных бедствий, экологической обстановки и пр.) и т.д.

В настоящее время около 80% всей мониторинговой информации содержит геоданные, то есть разнородные сведения о распределенных в пространстве объектах, явлениях и процессах. Обладание такой координатно-привязанной информацией и возможность ее быстрого просмотра и анализа играет важную роль в управлении и развитии

транспортной инфраструктуры предприятия. В решение экономических проблем, проблем логистики автомобильного транспорта помогает грамотное применения ГИС и Т, ДДЗ, навигационных систем.

Заключение

Таким образом, эффективная деятельность по управлению автомобильным транспортом в непростых современных экономических условиях невозможна без модернизации производства и внедрения новых инновационных технологий. В данной отрасли рынка перевозок применение геоинформационных систем и технологий в области организации движения, управлении парком транспортных средств, повышении качества обслуживания, реализации комплексной системы дорожной безопасности и т.д. является одним из приоритетных направлений развития.

Список литературы

1. Дзюбенко О.Л., Чмутин Е.В. Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации [Электронный ресурс] : материалы юбилейной IV Международной научно-практической конференции (31 марта 2016 г.). – Электрон. текстовые дан. (7,08 Мб). – Воронеж: Воронежский филиал РЭУ имени Г.В. Плеханова, 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

2. Навигационная аппаратура потребителей глобальных спутниковых систем «ГЛОНАСС» И GPS. Эксплуатационная документация КБ навигационных систем «НАВИС». – М.: Воениздат, 2004. – 324 с.

3. Иванников, А.Д. Геоинформатика / А. Д. Иванников, В. П. Кулагин, А. Н. Тихонов. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 349 с.

4. Козирацкий Ю. Л. Методическое обеспечение введения в учебный процесс высшего учебного заведения инновационных информационных технологий [Текст] / Ю. Л. Козирацкий, О. Л. Дзюбенко. – М : РУСАЙНС , 2017. – 112 с.

Информационно-измерительная система исследования процесса отверждения полимерных композитов

О. С. Дмитриев, email: phys@nnn.tstu.ru
А. А. Живенкова
А. О. Дмитриев

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Аннотация. *Предложена информационно-измерительная система для определения характеристик процесса отверждения полимерных композитов. Система позволяет определять теплофизические, кинетические и реологические характеристики композитов при отверждении. Основой аппаратного обеспечения системы является измерительное устройство, реализующее необходимые условия нагрева и отверждения образцов.*

Ключевые слова: *информационно-измерительная система, полимерные композиты, процесс отверждения, характеристики.*

Введение

Высокие темпы роста и обеспечение конкурентоспособности продукции, особенно в современных условиях дефицита энергетических и материальных ресурсов, требуют от промышленности как разработки в области новых материалов, так и интенсификации технологических процессов их переработки. Перспективными конструкционными материалами на сегодняшний день являются полимерные композиты, диапазон применения которых расширяется день ото дня. Качественные показатели изделий из полимерных композитов существенно зависят от оптимальности температурно-временных режимов отверждения. Таким образом, важной задачей является проектирование оптимальных технологических режимов отверждения изделий из полимерных композитов с требуемыми характеристиками [1, 2]. Проектированию оптимальных температурно-временных режимов предшествует построение математической модели отверждения, идентификация параметров этой модели и решение оптимизационной задачи [1].

Основными параметрами математической модели процесса отверждения полимерных композитов являются теплофизические, кинетические и реологические характеристики (ТКРХ), необходимые для расчета оптимальных режимов отверждения изделий из композитов. Определение ТКРХ предусматривает сбор и обработку большого объема

© Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О., 2019

экспериментальной информации [2, 3], что требует разработки специализированной информационно-измерительной системы (ИИС) [4].

1. Структура построения ИИС

Структурно ИИС может быть представлена как совокупность измерительной системы, автоматизированного рабочего места (АРМ) и сервера баз данных, что схематично изображено на рис. 1.

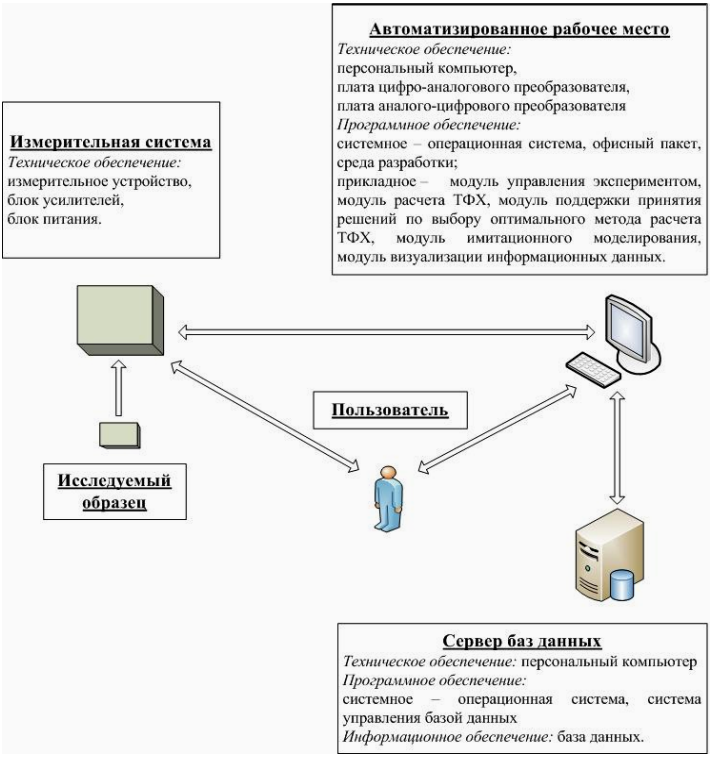


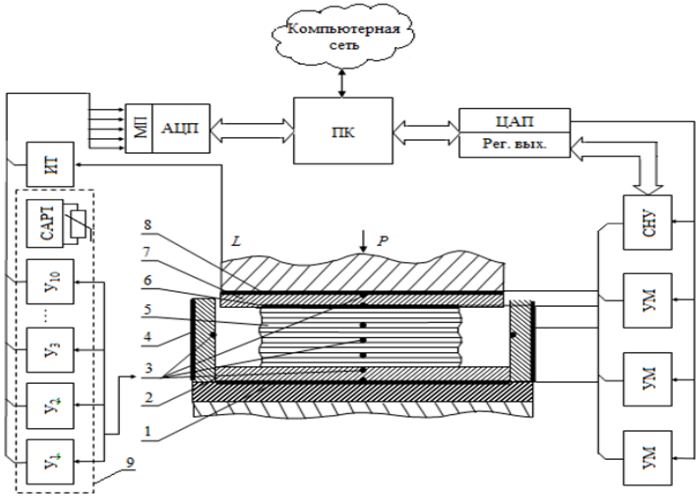
Рис. 1. Структурная схема ИИС

АРМ ИИС для определения ТКРХ полимерных композитов представляет собой персональный компьютер, подключенный к измерительной системе с установленным на нем системным и прикладным программным обеспечением, позволяющим регистрировать и обрабатывать данные, полученные от измерительной системы и осуществлять расчет ТКРХ. Выделенный сервер баз данных обеспечивает с одной стороны надежное хранение экспериментальных и

расчетных данных, с другой – обеспечивает возможность коллективного сетевого использования накопленной информации [4].

2. Аппаратное обеспечение ИИС

Основой аппаратно-технического обеспечения ИИС является измерительное устройство, реализующее необходимые условия нагрева и отверждения исследуемых образцов. Измерительное устройство через блок предварительного усиления и адаптеры ввода/вывода соединяется с персональным компьютером (ПК) системы. Измерительное устройство представляет собой микропресс, моделирующий однонаправленный, односторонний нагрев образца в адиабатических условиях при заданном технологическом давлении прессования. Экспериментальный образец имеет форму пластины размером 100×100×(5...30) мм, набранной из отдельных слоев препрега. Конструкция измерительного устройства позволяет проводить исследования образцов в диапазоне температур 20…250°С под давлением до 2 МПа [4]. На рис. 1 приведена структурная схема аппаратного обеспечения ИИС исследования процесса отверждения полимерных композитов.



АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ИТ – измеритель толщины; МП – мультиплексор; ПК – персональный компьютер; Рег. вых. – регистр выходной; САРТ – система автоматического регулирования температуры; СНУ – стабилизатор напряжения управляемый; У – усилитель постоянного тока; УМ – усилитель мощности; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

Рис. 2. Структурная схема аппаратного обеспечения ИИС:

Конструктивными элементами измерительного устройства являются: нижний охранный нагреватель 1, подложка нижнего нагревателя 2, точки заделки термопар 3, боковой охранный нагреватель 4, исследуемый образец 5, основной нагреватель 6, подложка верхнего нагревателя 7, верхний охранный нагреватель 8; термостат усилителей 9.

Внешний вид аппаратного обеспечения ИИС приведен на рис. 3.

Рис. 3. Внешний вид аппаратного обеспечения ИИС для определения ТКРХ: 1 – измерительное устройство, 2 – блок питания, 3 – блок предварительного усиления, 4 – персональный компьютер

Канал измерения температуры (см. рис. 2), являющийся основным источником информации о процессе, включает в себя соответствующие термопары, 10 усилителей постоянного тока У и многоканальный адаптер аналогового ввода, состоящий из мультиплексора и аналого-цифрового преобразователя. Усилители постоянного тока предназначены для усиления напряжения до стандартного уровня 0…10 В. Семь усилителей предназначены для усиления сигналов измерительных термопар и один усилитель – для усиления сигнала моста постоянного тока, измеряющего температуру холодных спаев термопар. Два других усилителя предназначены для усиления сигналов дифференциальных термопар. Для уменьшения влияния температуры внутри блока усиления и температуры окружающей среды на измерения, усилители помещены в теплоизолированный термостат, внутри которого системой САРТ поддерживается температура на уровне 40°С.

Измерительная информация от измерительного устройства, проходя через блок предварительного усиления, плату АЦП, установленную в АРМ попадает в обработку. АРМ на базе персонального компьютера,

АЦП и ЦАП составляют ядро аппаратно-технического обеспечения ИИС, поскольку именно эти устройства обеспечивают обработку собранных экспериментальных данных необходимых для расчета требуемых характеристик. К ПК АРМ присоединяются адаптер аналогового ввода типа PISO-813, включающий АЦП и мультиплексор МП, а также адаптер аналогового вывода типа PIO-DA8, состоящий из ЦАП и дискретного выходного регистра. АЦП содержит 32 канала аналогового ввода с общим проводом, имеет частоту сканирования 10 кГц, разрядность 12 бит, диапазоны входных сигналов по напряжению −10…+10, −5…+5, 0…10, 0…5 В, точность до 0,015 %. ЦАП содержит 8 каналов аналогового вывода, разрядность 14 бит, диапазоны выходных сигналов по напряжению −10…+10, −5…+5, 0…+10, 0…+5 В, точность до 0,01 %. ЦАП и АЦП подключаются через шину PCI компьютера АРМ и имеют программное управление.

В процессе эксперимента ИИС измеряет температуру по направлению градиента в нескольких точках образца и на его поверхностях, напряжение основного нагревателя, регистрирует время, осуществляет тестирование и контроль блоков системы. Результаты экспериментов регистрируются в базе данных ИИС и служат для расчета теплофизических, кинетических и реологических характеристик [1, 2].

Заключение

Предложен состав основных компонент ИИС для определения ТКРХ полимерных композитов, построена структура ИИС, разработано аппаратно-техническое обеспечение ИИС, структура и составляющие АРМ, описаны основные элементы измерительного устройства ИИС.

Список литературы

1. Дмитриев, О.С. Определение оптимальных режимов отверждения толстостенных изделий из полимерных композитов / О.С. Дмитриев, В. Н. Кириллов, А. О. Дмитриев, А. В. Зуев // Тепловые процессы в технике. – 2013. – № 10. – С. 467-475.

2. Дмитриев, О. С. Метод исследования параметров течения связующего при отверждении композитов / О. С. Дмитриев, С. В. Мищенко, А. О. Дмитриев // Вестник ТГТУ. – 2005. – Т. 11. № 1. – С. 53-61.

3. Мищенко, С. В. Автоматизированная система исследования процесса отверждения композиционных полимерных материалов / С.В. Мищенко, О.С. Дмитриев, Н.П. Пучков, А.В. Шаповалов // Промышленная теплотехника. – 1989. – Т.11, № 5. – С.79-84.

4. Дмитриев, О. С. Измерительно-вычислительная система для исследования свойств клеевых препрегов и расчета режимов отверждения ПКМ на их основе / О. С. Дмитриев, В. Н. Кириллов, С. В. Мищенко, А. О. Дмитриев // Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 6. – С. 22-28.

Аналитический обзор свойств цифровых платформ G2B

А. А. Зацаринный, e-mail: azatsarinny@ipiran.ru
А. П. Шабанов, e-mail: apshabanov@mail.ru

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН)

Аннотация. *Представлен аналитический обзор свойств цифровых платформ, обеспечивающих информационную поддержку деятельности организационных систем - органов власти, предприятий госсектора и бизнес структур. Рекомендованы инновационные решения по реализации свойств.*

Ключевые слова: *организационная система, деятельность, цифровизация, процесс, информация, инновация, эффективность.*

Введение

В Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года важнейшим источником обеспечения безопасности России и наращивания её экономического потенциала определены национальные высокотехнологичные отрасли производства (Указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. № 208). Разработана Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р) и определены национальные цели и стратегические задачи развития Российской Федерации на период до 2024 года, в т. ч., задача «внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей» (Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204). В статье приводится анализ цифровых платформ G2B в части решения задач в интересах обеспечения национальных целей развития РФ и предлагаются инновационные решения по преактивному управлению деятельностью организационных систем.

1. Анализ цели, стратегий и планов развития

Первичными исходными данными для проектирования конкретных цифровых платформ является информация о планах реализации национальной цели «*Обеспечение ускоренного внедрения цифровых*

© Зацаринный А. А., Шабанов А. П., 2019

технологий в экономике и социальной сфере», стратегии и планы развития отраслей экономики (портал Госпрограмм РФ, http://programs.gov.ru/Portal/, сайт Правительства РФ, http://government.ru/news/). Проведён анализ данной информации.

1. *Ключевые действия по достижению цели*:

1. внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления.

2. оптимизация и стандартизация процессов предоставления государственных и муниципальных услуг, функций и сервисов;

3. внедрение цифровых технологий и платформенных решений ("цифровизации") в практическую деятельность органов государственного управления федерального, отраслевого и регионального уровней.

4. развитие отечественной инфраструктуры сетей связи, а также инфраструктуры хранения и обработки данных.

5. создание единой цифровой платформы научного и научно-технического взаимодействия.

6. эффективное информационное взаимодействие медицинских организаций на основе единой государственной информационной системы здравоохранения.

Реализация ключевых действий производится в национальных проектах и программах РФ в 2013 - 2020 годы: проекты - "Цифровая экономика Российской Федерации", "Культура", "Образование", "Наука", "Здравоохранение"; государственные программы - "Развитие образования", "Развитие здравоохранения", "Содействие занятости населения", "Информационное общество (2011 - 2020 годы)", "Экономическое развитие и инновационная экономика", "Развитие атомного энергопромышленного комплекса", "Обеспечение государственной безопасности", "Развитие культуры и туризма".

Назначение цифровых платформ: обеспечение сокращения временных и административных затрат при предоставлении государственных и муниципальных услуг, осуществлении контрольно-надзорных функций, функционировании государственных и муниципальных органов.

2. *Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года* (в качестве примера):

7. *цель стратегии* - создание условий для устойчивого обеспечения минеральным сырьем социально-экономического развития и поддержания достаточного уровня экономической и энергетической безопасности Российской Федерации;

8. *назначение цифровых платформ* - в решении задачи стратегии

«Качественное улучшение системы информационного обеспечения недропользования, мониторинга и контроля развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации путем развития информационных технологий, в том числе за счет внедрения автоматизированных систем управления и регулирования в сфере геологии и недропользования, систем обработки, интерпретации, хранения и предоставления в пользование геологических данных».

3. *Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года* (в качестве примера):

9. *ведомственный проект* Минтранса России "Цифровой транспорт и логистика" - назначение цифровых платформ в решении задач проекта "интеграция существующих информационных ресурсов государственного и частного секторов экономики", "интеграция этих ресурсов в мировую транспортную систему";

10. *федеральный проект* "Гарантированное обеспечение доступной электроэнергией" - в решении задачи проекта "Внедрение интеллектуальных систем управления электросетевым хозяйством на базе цифровых технологий".

В результате анализа первичных исходных данных и известных публикаций по цифровой трансформации [1-5] определены следующие свойства перспективных цифровых платформ G2B:

11. *единая информационная среда* [6], построенная с учётом влияния человеческого фактора [7], непрерывного наращивания информации о сущностях, влияющих на эффективность деятельности [8] и её использования при разработке преактивных сценариев решений [9];

12. *интероперабельность* организационных систем, консолидируемых на базе цифровой платформы [10];

13. *масштабируемость* производительности для автоматизируемых инновационных бизнес-процессов [11-13].

2. Инновационные решения по реализации свойств платформ

С целью реализации представленных выше свойств созданы следующие патенты в области управления деятельностью организационных систем на базе цифровых платформ G2B: "Система управления деятельностью организационных систем" [14]; "Комплекс информационного взаимодействия" [15]; "Центр мониторинга устойчивости информационных систем"[16]; "Комплекс управления робототехническими объектами" [17]. В качестве примера на рис. 1 приведена граф-схема алгоритма управления объектами (робототехническими объектами и другими объектами наблюдения) с учётом результатов проверки актуальности данных [14, фиг. 4]

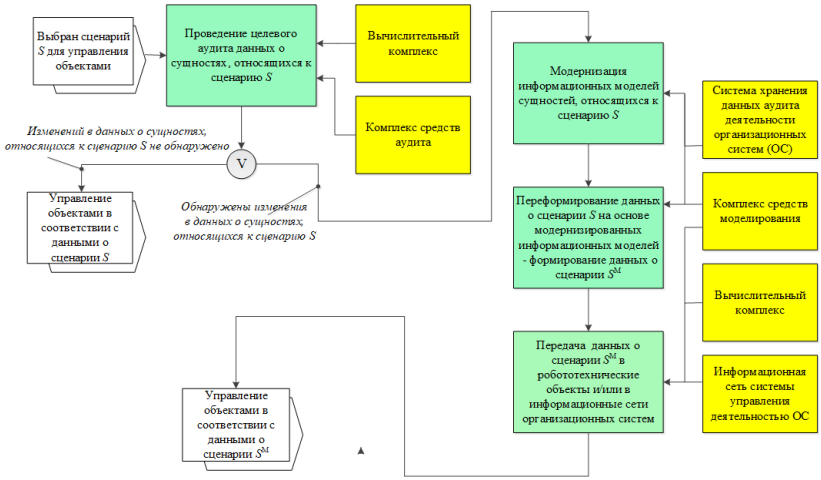


Рисунок. Схема процесса аудита сценария принятия решения

Заключение

Проведён анализ программных документов и запланированных мероприятий по развитию государства на основе проведения цифровой трансформации государственного управления на всех его уровнях. На основе анализа определены свойства перспективных цифровых платформ. Рекомендации по инновационной реализация данных свойств позволят обеспечить эффективное решение стратегической задачи развития Российской Федерации на период до 2024 года «внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей».

Литература

1. Зацаринный А. А., Киселев Э. В., Козлов С. В., Колин К. К. Информационное пространство цифровой экономики России. Концептуальные основы и проблемы формирования / Под общей редакцией А. А. Зацаринного. – Федеральный исследовательский центр "Информатика и управление" Российской академии наук. Москва, 2018. – С. 236. DOI: 10.30826/ZKKK-2018.

2. Новиков В. С., Паринов М. В., Чижов М. И. Разработка концепции системы управления контроля выбросами и сбросами в рамках концепции единого информационного пространства // Вестник

Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 3. – С. 55-64.

3. Куприяновский В. П., Добрынин А. П., Синягов С. А., Намиот Д. Е. Целостная модель трансформации в цифровой экономике - как стать цифровыми лидерами // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – №1 (5). – С. 26-33.

4. Каракозов С. Д., Уваров А. Ю. Успешная информатизация = трансформация учебного процесса в цифровой образовательной среде // Проблемы современного образования. – 2016. – № 2. – С. 7-19.

5. Брускин С. Н. Методы и инструменты продвинутой бизнес-аналитики для корпоративных информационно-аналитических систем в эпоху цифровой трансформации // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2016. – № 3-1 (12). – С. 234-239.

6. Архипова З. В. Трансформация "Электронного правительства" в "Цифровое правительство" // Известия Байкальского государственного университета. – 2016. – № 5 (26). – С. 818-824.

7. Волович К. И., Зацаринный А. А., Кондрашев В. А., Шабанов А. П. О некоторых подходах к представлению научных исследований как облачного сервиса// Системы и средства информатики. – 2017. – №1 (27). – С.73-84.

8. Зацаринный А. А., Шабанов А. П. Эффективность ситуационных центров и человеческий фактор // Вестник Московского университета им. С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. – 2013. – № 3 (5). – С. 43-53.

9. Шабанов А. П. Модель оценки влияния процесса накопления информации на эффективность управления производством // Системы управления и информационные технологии. – 2006. –№ 3(25). –С. 57-61.

10. Зацаринный А. А., Шабанов А. П. Технология информационной поддержки деятельности организационных систем на основе ситуационных центров / М.: ТОРУС ПРЕСС, 2015. – 232 с.

11. Зацаринный А. А., Козлов С. В., Шабанов А. П. Интероперабельность консолидируемых организационных систем // Проблемы управления. – 2017. – № 6. – С. 43-49.

12. Шабанов А. П. Подход к оценке производительных ресурсов информационных систем // Бизнес-Информатика. – 2009. – № 2 (08). – С. 58-63.

13. Шабанов А. П. Исследование условий стабильности информационных систем//Бизнес-Информатика. – 2010. – № 2 (12). – С. 28-40.

14. Шабанов А. П. Инновационное управление цифровыми платформами в экономике знаний // Системы управления, связи и безопасности. – 2018. – №3. – С. 106-135.

15. Система управления деятельностью организационных систем: Патент 2595335 Российская Федерация: МПК G05B 19/00 / Зацаринный А. А., Шабанов А. П.; заявитель и патентообладатель ФИЦ ИУ РАН. – № 2015110571/11; заявл. 25.03.2015; опубл. 27.08.2016, бюл. № 24. –49 с.

16. Комплекс информационного взаимодействия: Патент 160257 Российская Федерация: МПК G06F7/76; G05B19/00 / Зацаринный А. А., Шабанов А. П.; заявитель и патентообладатель ФИЦ ИУ РАН. – № 2015148473/08; заявл. 11.11.2015; опубл. 10.03.2016, бюл. № 7. – 12 с.

17. Центр мониторинга устойчивости информационных систем: Патент 130109 Российская Федерация: МПК G06F 21/50 / Голяндин А. Н., Шабанов А. П.; заявитель и патентообладатель ФИЦ ИУ РАН. – № 2013106152/08; заявл. 13.02.2013; опубл. 10.07.2013, бюл. № 19. – 9 с.

18. Комплекс управления робототехническими объектами: Патент 140887 Российская Федерация: МПК G05B 19/00; B25J 5/00; B25J 13/00 / Козлов С. В., Козлов В. С., Шабанов А. П.; заявитель и патентообладатель ФИЦ ИУ РАН. – № 2013145010/08; заявл. 09.10.2013; опубл. 25.05.2014, бюл. № 14. – 16 с.

Исследование проведено при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-29-03091).

Имитационное моделирование производственных процессов

М.Е. Казьмин, email: kazm_me@mail.ru
Ю.С. Скрипченко, email: skripch@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В докладе рассматривается моделирование технологического процесса механосборочного производства.*

Ключевые слова: *Имитационное моделирование, технология, процесс*

Автоматизация проектирования занимает особое место среди информационных технологий. Автоматизация проектирования - это синтетическая дисциплина, ее составными частями являются многие другие современные информационные технологии. Так, техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования (САПР) основано на использовании вычислительных сетей и телекоммуникационных технологий, в САПР используются персональные компьютеры и рабочие станции. Математическое обеспечение САПР отличается богатством и разнообразием используемых методов вычислительной математики, статистики, математического программирования, дискретной математики, искусственного интеллекта. Программные комплексы САПР относятся к числу наиболее сложных современных программных систем.

Использование современных технологий при моделировании гибких производственных систем позволяет наиболее быстро и эффективно производить их разработку. При использовании имитационного моделирования существует возможность расчета множества вариантов проекта в короткий промежуток времени.

Tecnomatix Plant Simulation представляет собой инструмент дискретного моделирования, который создает цифровые модели производственных систем. Созданные цифровые модели производственных систем позволяют определять оптимальные характеристики проектируемой системы. Обширный набор инструментов анализа (анализ узких мест, статистические данные и графики) помогает оценить различные сценарии производства. Полученная, в результате этого анализа, информация позволяет принимать оптимальные решения на стадии проектирования производственной системы.

© Казьмин М. Е., Скрипченко Ю. С. 2019

Одним из важнейших достоинств Plant Simulation является возможность работать в разных режимах симуляции. Эта особенность позволяет следить за производственными процессами с заданной скоростью. Plant Simulation позволяет работать в двух режимах:

– режим симуляции – режим, при котором время процессов пропускается, при этом Plant Simulation проводит симуляцию на максимальной скорости. Этот режим полезен при необходимости посмотреть работу системы на большом отрезке времени;

– режим реального времени – режим, при котором все процессы происходят в реальном времени. В этом режиме также возможна установка ускоренного времени, но время процессов не пропускается;

В Plant Simulation производственная модель создается объектами, которые подразделяются на несколько разновидностей:

– material flow objects – объекты, которые являются основой модели, представляют собой материальные потоки производства;

– mobile Objects (MUs) – объекты, которые создаются, хранятся, транспортируются, обрабатываются и удаляются из модели;

– resource objects – объекты, реализующие управление рабочими в модели;

– information flow objects – объекты, которые позволяют управлять запросами, сортировкой, переменными значениями.

Объекты, добавленные в симуляционную модель, представляют собой станции в производственном процессе. Каждая станция имеет входные точки, через которые принимаются обрабатываемые объекты, и точки выхода, через которые обрабатываемые объекты передаются на следующие станции. Для реализации соединений между объектами, Plant Simulation предусматривает различные способы, в зависимости от поставленных задач.

Для создания одностороннего соединения между объектами, существует возможность использовать соединение типа Connector. Оно позволяет установить связь между станциями без учета времени передачи обрабатываемого объекта. Такой способ соединения не позволяет создавать реалистичную производственную систему. Одним из способов передачи обрабатываемых объектов является объект типа line (конвейер). Он позволяет создать конвейер с заданными свойствами скорости, длины, вместимости и т.п.

Plant Simulation позволяет создать транспортную систему. Транспортная система реализуется путем добавления объектов track и transporter. Track представляет собой маршрут, по которому могут перемещаться объекты типа transporter. Transporter может иметь различные скорость перемещения, габариты и вместимость.

Обслуживание транспортной системы производится либо в автоматическом режиме, либо использованием resource objects.

Plant Simulation предоставляет широкие возможности для анализа созданной симуляционной модели. Одним из анализирующих объектов является BottleneckAnalyzer. Он позволяет визуализировать диаграммы загруженности непосредственно каждого объекта. Объектом BottleneckAnalyzer была проанализирована модель, созданная на основе технологического процесса производства четырех деталей.

Для анализа загруженности связей между модулями технологического процесса используется объект SankeyDiagram. Он также позволяет определить интенсивность транспортных потоков. Благодаря наглядной визуализации материальных потоков SankeyDiagram помогает эффективно расположить рабочее оборудование.

При построении модели гибкой производственной системы, используя стандартные объекты Plant Simulation, не удается достичь требуемой реалистичности. Поэтому Plant Simulation имеет встроенный язык программирования SimTalk, который расширяет возможности объектов и позволяет создавать нелинейные системы с заданными условиями.

SimTalk – это объектно-ориентированный язык программирования. Программный код записывается в объект Method, который является участником информационных потоков модели. В модели возможно применение множества объектов Method, каждый из которых будет регулировать отдельный процесс. Одной из особенностей SimTalk является применение анонимных идентификаторов. Эти идентификаторы позволяют вызывать один и тот же Method из разных объектов модели, но при этом будет обрабатываться только та информация, которая поступила из вызывающего объекта.

При необходимости создания транспортной системы в модели, стандартных объектов Plant Simulation будет недостаточно. В этом случае управление всеми транспортными потоками будет осуществляться SimTalk. При применении анонимных идентификаторов отпадает необходимость в создании объекта Method для каждой станции.

Plant Simulation позволяет создавать модели в двух режимах: трехмерное и двумерное моделирование. Трехмерное моделирование являеся прогрессивной технологией в проектировании гибких производственных систем. Оно позволяет визуализировать весь процесс производства, наглядно рассмотреть расстановку станков, увидеть недостатки созданной модели.

Возможны следующие способы создания модели:

– создание двумерной модели, используется при необходимости смоделировать технологический процесс без последующей визуализации;

– создание двумерной модели с последующей конвертацией в 3D, используется при необходимости смоделировать технологический процесс и, затем, наглядно его представить;

– создание трехмерной модели, используется при необходимости наглядно показать модель производственной системы, при этом не производя никаких расчетов или анализов.

Используя возможность добавления моделей 3D станков в модель, можно добиться реальности создаваемой модели.

Таким образом, Plant Simulation – универсальный инструмент для моделирования и анализа производственных систем, который позволяет визуализировать созданные имитационные модели.

Список литературы

1. Гусев П. Ю. Проектирование иерархической структуры объектов имитационной модели в Tecnomatix Plant Simulation / П. Ю. Гусев, Е. В. Куралесина // В сборнике: Наука-производству Материалы международной научно-практической конференции. Мурманский государственный технический университет. – 2016. – С. 161-166..

2. Гусев П. Ю. Возможности применения API интерфейса Tecnomatix plant simulation/ П.Ю. Гусев, Д.Е. Пачевский, В.В. Сокольников //Современные инновации в науке и технике. – 2016. – С. 76-78.

3. Чижов М. И., Ветохин В. В., Мануковский А. Ю. Анализ геометрических характеристик траектории в Siemens nx / М. И. Чижов, В. В. Ветохин, А. Ю. Мануковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 12-2.

4. Чижов М. И. Использование систем числового программного управления при комбинированной обработке / М. И. Чижов, А. Ю. Мануковский, В. В. Ветохин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2..

Оценка управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационных формирований в системе поддержки принятия решения органа управления связью и радиотехническим обеспечением

Е. В. Колтаков, email: evgenij.koltakov@mail.ru
М. А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

Аннотация. *В данной работе разработан подход оценки управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения, с применением системы поддержки принятия решения органа управления связью и радиотехническим обеспечением.*

Ключевые слова: *оценка управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения, система поддержки принятия решения органа управления связью и радиотехническим обеспечением.*

Введение

Автоматизированная система управления связью и радиотехническим обеспечением являясь основным инструментом многоуровневой поддержки принятия решений должностных лиц, для организационного, оперативно-технического и технологического уровней управления системой связи и радиотехническим обеспечением [1].

На уровне организационного управления должны реализовываться целевые задачи функционирования системы связи и радиотехнического обеспечения путём планирования связи и радиотехнического обеспечения, управления построением системы связи и радиотехнического обеспечения, боевым применением подразделений связи и радиотехнического обеспечения. При этом задачи автоматизированного управления связью на организационном уровне должны решаться на основе применения комплексов средств автоматизации управления связью и радиотехническим обеспечением, общего программного обеспечения, специального программного обеспечения организационного управления и элементов информационного обеспечения – баз данных организационного

© Колтаков Е. В., Стафеев М. А., 2019

управления, реализованных на основе современных средств прикладной среды систем поддержки принятия решений.

В структуре системы управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования необходим элемент позволяющий по результатам обработки сведений об обстановке и состоянии системы связи и радиотехнического обеспечения оказывать помощь в принятии решения наиболее целесообразных в конкретных условиях обстановки. В качестве такого функционального элемента системы управления связью и радиотехническим обеспечением чаще всего выступает информационная система. Причем наибольшей эффективностью обладают информационные системы обеспечивающие управление с применением методов моделирования в интересах формирования рациональных вариантов решения поставленных задач.

Эффект от внедрения системы поддержки и принятия решения в системе управления связью и радиотехническим обеспечением возможен за счет проработки и анализа большого количества возможных вариантов решения поставленных задач за установленный промежуток времени, а также за счет использования алгоритмов прямой и поэтапной оптимизации.

1. Разработка подхода

Система поддержки и принятия решения должностных лиц представляет собой интерактивную информационную систему, которая обеспечивает использование данных и моделей для, решения поставленных задач и принятия решений. При этом успешное решение системой связи и радиотехническим обеспечением авиационного формирования стоящих перед нею задач возможно, если она будет обладать определенными свойствами. Под свойством системы связи и радиотехнического обеспечения понимается одна из характерных ее сторон (признак), которая (который) обусловливает отличие или сходство данной системы с другими системами и проявляется при ее функционировании.

Одним из основных свойств системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования, является – управляемость. Она достаточно полно характеризуют основное (функциональное) предназначение систем связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования в различных условиях обстановки, имеет ясный физический смысл, проста в понимании, но, в то же время, является сложной (интегральной) по своей внутренней структуре, что будет показано ниже, при детальном описании. Свойства системы связи и радиотехнического обеспечения характеризуются определенными количественными показателями, требуемый уровень которых

определяется требованиями управления к связи и радиотехнического обеспечения по своевременности, достоверности и безопасности обмена сообщениями всех видов.

Под управляемостью системы связи и радиотехнического обеспечения понимается – способность системы связи и радиотехнического обеспечения изменять свое состояние в заданных пределах при управленческих воздействиях на нее органов управления связью и радиотехническим обеспечением в соответствии с изменениями обстановки. Выполнение требований по управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения, её элементами достигается:

– созданием и постоянным совершенствованием системы управления связью и радиотехническим обеспечением;

– внедрением эффективных средств автоматизации на пунктах управления связью и радиотехническим обеспечением, ее взаимодействия с автоматизированными системами управления войсками;

– высокой профессиональной подготовкой должностных лиц органов и пунктов управления связью и радиотехническим обеспечением;

– непрерывным сбором и анализом данных обстановки по связи и радиотехническому обеспечению;

– своевременным планированием связи и радиотехнического обеспечения;

– оперативным принятием решений и доведением задач до подчиненных;

– совершенствованием процессов оперативного управления связью и радиотехническим обеспечением, внедрением новых информационных технологий;

– созданием и постоянным восполнением резервов сил и средств связи и радиотехнического обеспечения.

Успешное решение системой связи и радиотехнического обеспечения (РТО) авиационного формирования стоящих перед нею задач возможно, если она будет обладать определенными свойствами. Под свойством системы связи и РТО будем понимать одну из характерных ее сторон (признак), которая (который) обусловливает отличие или сходство данной системы с другими системами и проявляется при ее функционировании.

Одним из основных свойств системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования**,** является – управляемость. Она достаточно полно характеризуют основное (функциональное)

предназначение систем связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования в различных условиях обстановки, имеет ясный физический смысл, проста в понимании, но, в то же время, является сложной (интегральной) по своей внутренней структуре, что будет показано ниже, при детальном описании. Свойства системы связи и РТО характеризуются определенными количественными показателями, требуемый уровень которых определяется требованиями управления к связи и РТО по своевременности, достоверности и безопасности обмена сообщениями всех видов.

Значение свойства управляемости для системы связи и радиотехнического обеспечения с совершенствованием форм и способов решения задач авиационного формирования постоянно возрастает. Это обусловлено, прежде всего:

– резкими изменениями обстановки, воздействием противника на систему, части и подразделения связи и радиотехнического обеспечения, которое может привести к выходу из строя отдельных элементов системы;

– необходимостью принятия новых решений органами управления в реальном масштабе времени, отличающихся от запланированных ранее;

– высокими требованиями к передаче сообщений в ограниченные сроки и другое.

В прогнозируемых условиях применения авиационных формирований необходимо повышать управляемость системы связи и радиотехнического обеспечения проведением рядя организационных мероприятий. Для обоснованной разработки организационных и технических рекомендаций по повышению управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения с применением системы поддержки принятия решения необходима методика её оценки. В статье предлагается следующий подход оценки управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования, заключающийся в следующем. Способность системы связи и радиотехнического обеспечения изменять свое состояние, при получении управляющего воздействия зависит от:

1. Возможностей системы управления связью и радиотехническим обеспечением по принятию решений на изменение структуры системы связи и радиотехнического обеспечения, ее элементов.

2. Возможностей доведения решений на изменение структуры системы связи и радиотехнического обеспечения до исполнителей (подчиненных частей и подразделений связи и радиотехнического

обеспечения и элементов системы связи и радиотехнического обеспечения).

3. Возможностей системы связи и радиотехнического обеспечения, ее элементов, частей и подразделений связи и радиотехнического обеспечения выполнить (реализовать) принятые решения в сложившейся обстановке.

Возможности системы управления связью и радиотехническим обеспечением характеризуются временем ее реакции на изменение состояния системы связи и радиотехнического обеспечения, то есть оперативностью выполнения основных функций управления связью и радиотехническим обеспечением:

контроля состояния элементов системы связи и радиотехнического обеспечения;

сбора и обработки информации об их состоянии;

принятия решения по сложившейся ситуации и доведения его до исполнителей [2].

Предлагается оценку управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования осуществлять по показателю оперативности – время цикла оперативного управления ($T_{цоу}$):

$$T_{цоу} = t_к + t_{сб} + t_{обн} + t_{пр} + t_{фки} + t_д \quad (1)$$

– $t_к$ – время контроля элемента системы связи и радиотехнического обеспечения:

$$t_к = t_{об} + t_{фис} + t_{оби} \quad (2)$$

– $t_{обн}$ – время обнаружения несоответствия параметров контроля элемента системы связи и РТО (линии, канала, связи) требуемым (допустимым) значениям;

– $t_{фис}$ – время формирования информации состояния и ее передачи на пункт управления элементом системы связи и радиотехнического обеспечения;

– $t_{оби}$ – время обобщения информации состояния, ее обработки и передачи информации на пункт оперативного управления;

– $t_{сб}$ – время сбора информации о состоянии системы (элемента, сети) связи и радиотехнического обеспечения;

– $t_{об}$ – время обработки информации состояния органом управления;

– $t_{пр}$ – время принятия решения по сложившейся ситуации;

– $t_{\text{фки}}$ – время формирования командной информации органом управления;
– $t_{\text{д}}$ – время доведения командной информации до исполнителей.

Заключение

Внедрение перспективных цифровых средств связи и автоматизации управления, а также создание на их основе систем поддержки принятия решений позволит значительно сократить время на принятие решения, повысить оперативность управления, что позволит в любых условиях обстановки обеспечить упреждающую готовность системы связи и радиотехнического обеспечения относительно готовности пунктов управления авиационного формирования.

Орган управления связью и радиотехническим обеспечением должен иметь в своем распоряжении систему управления, реализующую функции организационного, оперативно-технического и технологического управления. Система управления связью и радиотехническим обеспечением должна отражать все важные аспекты взаимодействия системы связи и радиотехнического обеспечения, как «поставщика» услуг связи и радиотехнического обеспечения и потребителей услуг, а эффект применения системы управления связью и радиотехническим обеспечением должен быть адекватен затратам на ее внедрение [3].

Список литературы

1. Автоматизированная система управления связью Вооруженных Сил Российской Федерации и приоритетные направления ее развития / Х. А. Арсланов [и др.] // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. – Москва, 2016. – С. 17-20.

2. Ермишян, А. Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях : учебник для слушателей войск связи / А. Г. Ермишян. – СПб. : МО, 2005. – 740 с.

3. Стафеев, М. А. Анализ применения систем поддержки принятия решений должностными лицами органа управления связью и радиотехническим обеспечением авиационного формирования / М. А. Стафеев, М. А. Игумнов // Техника безопасности объектов уголовно-исполнительной системы : сб. статей по материалам Международной научно-практической межведомственной конф. (Воронеж, 19-20 октября 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 182-183.

Проблемы написания управляющих программ для станков с ЧПУ в рамках цифрового производства

А. А. Успехов,email:andreiuspehov@gmail.com [1]
М. В. Кузнецов, email: ogt@vmail.ru [2]
Д. В. Лысов, email: ogt@vmail.ru [1]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] ПАО «ВАСО»

Аннотация. *В данной статье приведены результаты исследования особенностей и проблем написания управляющих программ и взаимодействия с PLM Teamcenter. Особое внимание занимает проблема отслеживания конструктивных изменений с управляющей программой как частью техпроцесса.*

Ключевые слова: *цифровое производство, PLM Teamcenter, управляющие программы, конструктивные изменения, проблемы написания.*

Введение

С приходом XXI века широкое развитие получает направление компьютерных технологий и связанных с ним продуктов программного обеспечения. Мощности и скорости современных компьютеров раскрывают новые возможности перед пользователями. Не обходит это развитие и авиационную отрасль России стороной. Так в начале 00-х в самолетостроении появляется новейший для Нас но не новый для Запада программный продукт Teamcenter PLM в рамках развития цифрового производства. Данная система позволяет создать единую базу данных, интегрирующих и управляющих всеми сведениями о том или ином продукте, начиная с конструкторской документации, полного технологического процесса, с описательной и графической частями, до общего вида готового продукта. Позволяет управлять жизненным циклом всего изделия, в том числе и удаленным доступом, что в свою очередь упростило работу заводов изготовителей с конструкторским бюро разработчика, зачастую располагающимся в разных городах и даже странах. Передача конструкторской документации и сопровождение ее осуществлялось в ручном режиме и на бумажном носителе. К примеру, один из продуктов самолетостроения состоит из 2500000 элементарных деталей, и 240 000 сборочных единиц, которые содержатся на бумажных носителях.

© Успехов А. А., Кузнецов М. В., Лысов Д. В., 2019

Поэтому цифровое производство с каждым годом развивается как в России, так и в мире в целом.

Но, как и любой технически сложный продукт, TeamCenter PLM постоянно совершенствуется и развивается, но на этапе внедрения и освоения имел и имеет собственные недостатки, не позволяющие решать те или иные задачи конкретного предприятия. Так на ПАО «ВАСО» существует актуальная проблема взаимодействия TeamCenter PLM с другими программными продуктами такими как UNG, участвующими в управлении жизненным циклом изделия

1. Проблема управления конструктивными изменениями, при написании управляющих программ для станков с ЧПУ

При изготовлении новых образцов авиационной техники, предприятия изготовители сталкиваются с проблемой изменения конструкции деталей частично или полностью. TeamCenter PLM является платформой для управления продукта в целом, а именно начиная с конструкторской и технологической документации,

(электронной модели детали и управляющей программы для ее обработки на станках с ЧПУ) до выхода готовой продукции. Он имеет структуру, показанную на рис.1, обязанную при изменении входных данных, а именно изменении конструкции деталей, гарантировать изменение технологического процесса и управляющей программы для станков с ЧПУ, путем взаимодействия с другими программными продуктами такими, как NX. и возможностью сравнения предыдущей версии с более новой версией электронной модели детали. Но, фактически изменив и утвердив новую электронную модель детали мы не можем выполнить сравнения путем наложения электронных моделей друг на друга рис.2 (предыдущей и новой утвержденной), так как в структуре построения видно только новую версию детали, а предыдущая не доступна.

Это действие возможно беспрепятственно выполнить в программном продукте NX, а совместно с Teamcenter PLM не представляется возможным на данном этапе, что существенно осложняет работу инженеров-технологов предприятия.

Данная проблема усложняется при осуществлении технического обслуживания и последующего ремонта с заменой деталей и сборочных единиц серийных летательных аппаратов, на которых изменилась конструкция. Пример: изготовлено 200 комплектов, через каждые 25-ть комплекта менялась конструкция.

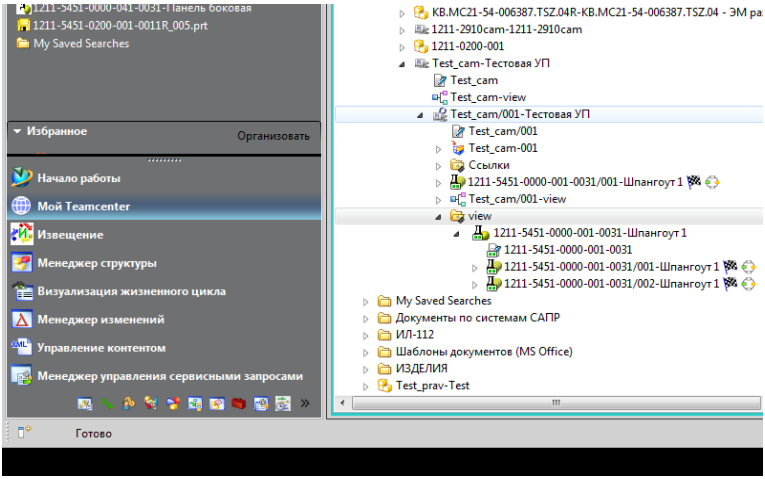


Рис. 1. При выходе новой ревизии на деталь – нет уведомлении об ее появлении и дальнейшим изменением управляющих программ, разработанных на данную деталь

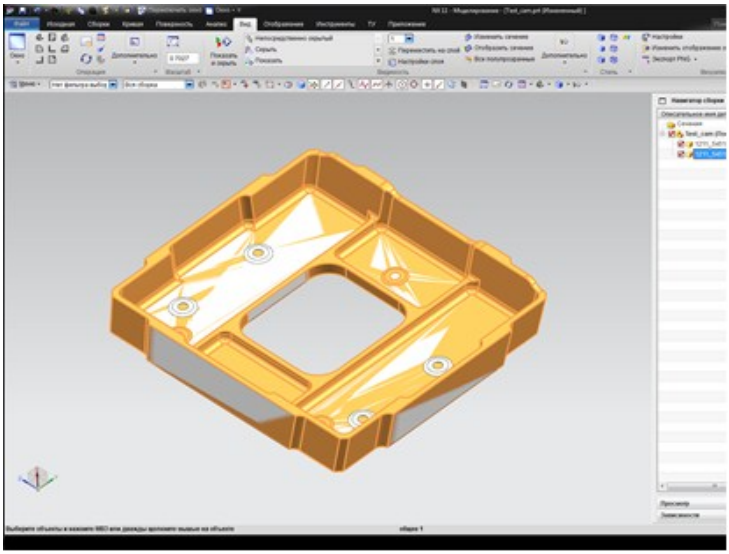


Рис. 2. Пример сравнения двух ревизий в одном файле на файловом уровне (в Teamcenter такой возможности нет)

При ремонте 25-го комплекта нужна деталь с технологическим комплектом документации действующая до 25-го комплекта, и соответствующая управляющая программа для станков с ЧПУ, но TeamCenter PLM не позволяет в своей структуре осуществить данное действие. В связи с этим приходится содержать отдельные библиотеки содержащие необходимые данные с изменениями как конструкторской, так и технологической документации. Следовательно, TeamCenter PLM не в полном объеме осуществляет управление продуктом.

2. Проблема создания централизованной библиотеки режущего инструмента для написания управляющих программ

На сегодняшний день ПАО «ВАСО» имеет в штатном расписании около 50 инженеров-технологов занимающихся написание управляющих программ для станков с ЧПУ в программном продукте NX. Данный продукт содержит в своем интерфейсе стандартную библиотеку режущего инструмента. Поскольку данный программный продукт предназначен не только для авиационной промышленности, то данная библиотека на 90% не подходит для работы на ПАО «ВАСО». Каждый инженер-технолог самостоятельно создает для работы свою собственную библиотеку рис.3.

Соответственно при изменении программы другим инженером-технологом нет возможности корректно изменить инструмент в программе управления, приходится все перепроверять и вводить инструмент вручную, что существенно увеличивает цикл работы технологов.

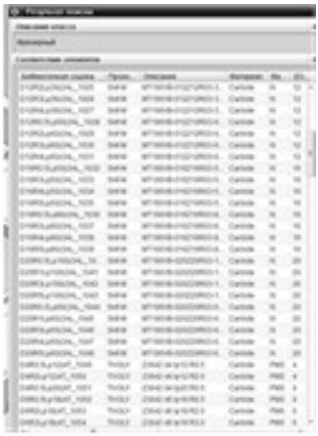


Рис. 3. Собственная библиотека инструмента

Решением данной проблемы стало создание общей инструментальной библиотеки, которую на файловом уровне через переменную среду пользователя связали с программным продуктом NX рис 4.

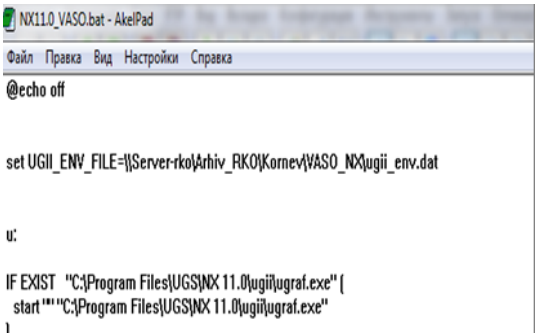


Рис. 4. Связь на файловом уровне NX с библиотекой

Заключение

Проведя исследование проблем написания управляющих программ для станков с ЧПУ при изменении конструкции деталей самолетов позволило:

1. Решить проблему изготовления деталей с изменениями при помощи собственной базы данных.

2. Задать вопрос представителю разработчика программного обеспечения Teamcenter PLM с целью адаптации программы для нужд ПАО « ВАСО», тем самым усовершенствовать ее как полноценного продукта управления жизненным циклом изделия.

Исследовав проблему отсутствия общей библиотеки режущего инструмента для работы инженеров-технологов в среде NX позволило:

2. Создать общую библиотеку режущего инструмента для всех инженеров-технологов способную работать совместно с программным продуктом NX.

3. Провести совместную работу с представителем разработчика программы TeamCenter PLM по улучшению в области применения библиотеки режущего инструмента в среде Teamcenter PLM для нужд ПАО «ВАСО».

Список литературы

1. Ельцов М. Ю. Проектирование в NX под управлением Teamcenter / ЕльцовМ. Ю., Козлов А. А., Седойкин А. В., Широкова Л. Ю. – М. : ДМК Пресс, 2013.

2. Тихомиров В.А. Разработка приложений для Unigraphics на языке С. / Тихомиров В.А. – Владивосток, Дальнаука. – 2013.

3. Чижов М.И. Разработка подхода к автоматизации технологической подготовки производства в PLM системе Teamcenter / М. И. Чижов, А. В. Бредихин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – Воронеж. – 2011. – Т. 7. – № 12-1. – С. 24 26.

4. Бредихин А. В. Подходы к организации взаимодействия участников проекта в рамках ЖЦИ / А. В. Бредихин, Ю. М. Школьникова // «Информатика: проблемы, методология, технологии» материалы XV международной научно-методической конференции. 2015. С. 284-288.

5. Ветохин В. В. Автоматизированная подготовка рабочей документации технологического процесса обработки на оборудовании с ЧПУ по данным управляющих программ / В. В. Ветохин, А. Ю. Деревягин // В сборнике: Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве Труды Международной научно-технической конференции. – 2017. – С. 40-43.

Средства инструментального контроля для интегрированных информационных систем

А.В. Куркин email: parmax@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассмотрены средства, обеспечивающие реализацию нижнего уровня аппаратно-программных комплексов автоматизации современного цифрового производства. Анализ средств выполнен на примере оборудования контроля систем электроснабжения*

Ключевые слова: *средства инструментального контроля, цифровое производство, системы диспетчеризации, аппаратно-программные системы*

Для разработки аппаратно-программных систем необходимо определить элементы системы, которые обеспечивают непосредственное измерение контролируемых параметров. Они реализуются на нижнем уровне аппаратно-программных решений, которые являются нижним уровнем всего цифрового производства.

В зависимости от типа автоматизируемого объекта требуется применение различных датчиков. Например, для систем радиационного контроля [1] наиболее важным будем учет количества импульсов, генерируемых в единицу времени регистрирующим блоком радиометра (счетчики Гейгера, Гейгера-Мюллера). Данная задача может быть реализована практически на любом промышленном контроллере или микроконтроллере, так как для этого достаточно использовать любой цифровой порт ввода. Несколько сложнее является задача обработки аналоговых сигналов или работа с датчиками, имеющими интеллектуальные интерфейсы.

Рассмотрим проблему подключения аналоговых датчиков напрямую к контроллеру. Для этого большинство контроллеров из различных ценовых диапазонов имеют встроенные аналого-цифровые преобразователи (АЦП). АЦП отличаются по своим параметрам в зависимости от применяемого микроконтроллера или промышленного контроллера. В качестве основных характеристик АЦП можно выделить разрядность и быстродействие.

© Куркин А.В. 2019

Разрядность определяет точность преобразования данных. Наиболее важна высокая разрядность в случаях, когда измеряемый сигнал изменяется в незначительных пределах или необходимо очень высокая точность контроля данных. Обычно АЦП с высокой разрядностью обладают худшими скоростными характеристиками.

Скоростные характеристики АЦП важны для контроля быстрых процессов. Для большинства реальных задач скорость обработки информации от датчиков не критична и может быть принесена в жертву точности (разрядности). Обычно у современных микроконтроллеров АЦП обладают сбалансированными параметрами по скорости и разрядности. Например, это относится к STM32 [2].

В случае применения датчиков с цифровыми интеллектуальными интерфейсами (например, SPI, I2C и т.д.) их подключение к контроллеру осуществляется посредством соответствующего интерфейса контроллера или может быть реализовано через программирование типовых цифровых интерфейсов. Использование готового интерфейса проще, надежней и эффективней. Однако оно не всегда допустимо из-за характеристик реальных контроллеров.

Использование устройств инструментального контроля с цифровым интерфейсом в настоящее время является более эффективным решением, чем классические аналоговые датчики по ряду причин. В частности передача аналогового сигнала даже на небольшие расстояния приводит к значительным помехам и искажениям. Также датчики с цифровым интерфейсом обычно имеют встроенный контроллер, который позволяет выполнять предварительную обработку данных.

Примером датчика с цифровым интерфейсом является интегрированный счетчик электроэнергии на базе интегральной схемы SD3004. По своей сути счетчик – это устройство, основанное на АЦП, который измеряет ток и напряжение в контролируемой цепи. Фактически внешним датчиком простейшего датчика является только датчик тока, выполненный на шунте, трансформаторе тока, датчике Холла или основанный на другом принципе. Все остальные функции могут быть реализованы на контроллере программно.

Однако использование специализированной интегральной схемы позволяет повысить помехозащищенность датчиков, а также значительно упрощает процесс разработки устройства, так как программная составляющая современного эффективного счетчика электроэнергии является сложной задачей, использующей ряд различных алгоритмов и математических методов.

Применение датчиков с интерфейсом также существенно повышает гибкость конечного решения. По своей сути датчик с интерфейсом является крупным блоком единой системы, который стыкуется типовыми средства с другими крупными блоками. При необходимости замены одного из элементов системы (например, контроллера нижнего уровня) задача интеграции датчиков с цифровыми интерфейсами частично упрощается в связи с универсальностью интерфейса и отсутствием необходимости разработки сложных схемотехнических решений.

Литература

1. Новиков В.С. Разработка и внедрение информационной системы радиационного контроля и безопасности/ В. С. Новиков, М. В. Паринов // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVII международной научно-методической конференции. – 2017. – С. 322-326.

2. Белохвостиков А.А. Использование решений на базе ядра stm32 для построения scada с интеграцией в единую систему цифрового производства/ А. А. Белохвостиков, М. В. Паринов, В. Г. Горбунов // В сборнике Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XVII международной научно-методической конференции. – 2017. – С. 282-285.

Расширение возможностей MediaWiki по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов

А. А. Малышев, e-mail: alex.m.work@yandex.ru

Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН

Аннотация. *В докладе описывается пакет Wiki2TeX 1.5, упрощающий перевод статей из MediaWiki в LaTeX, а также обратное преобразование. Пакет ориентирован на расширение возможностей MediaWiki по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов и может быть использован в виде стандартного расширения MediaWiki.*

Ключевые слова: *MediaWiki, LaTeX, конвертирование.*

Введение

Электронный словарь по графам в информатике WikiGRAPP [10] и электронная энциклопедия графовых алгоритмов WEGA [11], создаваемые в лаборатории конструирования и оптимизации программ ИСИ СО РАН на базе книг [3], [4], [5], [6] с использованием системы MediaWiki [8], являются крупными и постоянно пополняемыми энциклопедиями по прикладной теории графов. Нередко авторы статей могут предпочесть иметь более универсальный вид результатов своей работы – в данном случае может потребоваться получить подготовленные статьи в формате TeX [9]. Это может пригодиться, если автор пожелает опубликовать свои статьи или всю энциклопедию в печатном виде, так как нередко единственным принимаемым к публикации форматом математических публикаций является именно формат TeX. Также это позволяет создать оффлайн-сборник статей.

В докладе рассматривается пакет Wiki2TeX 1.5, расширяющий возможности MediaWiki по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов, начальная версия которого описана [7]. Пакет написан на Python [2] и PHP, способен при наличии доступа к серверу базы данных и файловому хранилищу системы MediaWiki упрощать перевод статей из MediaWiki в один или несколько TeX–файлов, являющихся печатной версией словаря или энциклопедии, представленных в MediaWiki. Ориентировочной формой получаемой печатной версии является словарь [4]. Не смотря на то, что пакет создавался специально для энциклопедии [10] и словаря [11], можно применять его в других MediaWiki-проектах. Также этот пакет

© Малышев А. А., 2019

позволяет преобразовать специальным образом подготовленный набор статей в формате LaTeX в статьи MediaWiki и загрузить их на сервер.

Представленный в докладе пакет Wiki2TeX 1.5 обеспечивает преобразование статей словаря (или энциклопедии) на языке MediaWiki в статьи на языке LaTeX и из LaTeX в MediaWiki. Также осуществляется автоматическое составление списка категорий статей словаря (или энциклопедии) и списка литературы, извлечение самых последних версий всех статей и исправление некоторых синтаксических конструкций, допускаемых системой MediaWiki, но являющихся ошибками для системы LaTeX.

1. Состав пакета Wiki2TeX 1.5

Часть пакета Wiki2TeX 1.5, отвечающая за преобразование статей MediaWiki в LaTeX, состоит из двух модулей: mwDownload и mwConvert. Их последовательное выполнение выдает в качестве результата готовый набор LaTeX-файлов и изображений, который, при отсутствии ошибок в исходном состоянии статей энциклопедии, может быть сразу же преобразован в печатный образец в виде pdf- или DVI-файла. Отсутствие прямых вызовов API-функций какой-либо конкретной операционной системы позволяет использовать Wiki2TeX как в ОС семейств Windows, так и Linux. Также пакет может быть встроен в MediaWiki в виде стандартного расширения.

Пакет снабжён кроссплатформенными GUI для облегчения удалённой работы с MediaWiki. Они позволяют хранить настройки, наглядно демонстрировать ход работы. GUI-версии используют высокоуровневый API MediaWiki, что увеличивает совместимость с будущими версиями MediaWiki. Также версии, использующие MW API позволяют сохранить историю правок в MediaWiki.

В пакете также имеются различные инструменты, предназначенные главным образом для его разработчиков, которые позволяют анализировать скачанные данные и методы их перевода.

Модуль mwDownload предназначен для извлечения исходных текстов статей из базы данных MediaWiki и сопутствующих составляющих, таких, например, как изображения. В качестве параметров командной строки модуль принимает адрес сервера и директорию для хранения информации. Результатом его работы являются файлы в директории, содержащие тексты статей, а также файлы, содержащие разметочную информацию (лексикографический порядок статей, список категорий, список изображений и иные связи). Тексты сжимаются в архив zip.

Модуль mwConvert предназначен для построения из данных, приготовленных mwDownload, одного, или нескольких TeX–файлов. Он

использует механизм регулярных выражений, предоставляемых средой языка Python для преобразования формата MediaWiki в формат TeX. Модуль также предназначен для окончательной обработки одного и нескольких документов.

Работа Wiki2Tex начинается с запуска программы mwDownload, которая извлекает исходную информацию из MediaWiki.

Так как MediaWiki хранит множество версий статей, необходимо извлечь наиболее актуальные версии. Наиболее актуальными выбраны самые поздние (с точки зрения хронологии правок) версии статей.

Далее программа извлекает имена выбранных статей. Данные имена используются как для построения лексикографического порядка, так и для дополнения статьи названием, если оно там отсутствовало (отсутствие названия статьи определяется программой исходя из определённого стиля оформления статей WikiGRAPP и WEGA).

При использовании встраиваемой версии – расширения для MediaWiki, не нужно использовать модуль mwDownload, вместо этого используются прямые вызовы MWAPI для сбора нужных данных. Данные собираются только в том случае, если с момента предыдущего обращения к утилите были произведены изменения в данной wiki. Для определения этого факта, используется hook-функция из MWAPI, вызывающаяся при любых правках, вносимых в данную wiki.

Полученные данные использует модуль mwConvert. Он реализует набор преобразований документа на основе механизма регулярных выражений Python. Достаточно широкий набор таких преобразований включает в себя переработку формул в формат TeX, перепостроение системы категорий и ссылок между ними, исправление некоторых ошибок (на данный момент не всех, список основан в основном на обнаруженных в текущей версии распространённых опечатках), перепостроение таблиц. Используется многопоточное преобразование текстов с использованием модуля multiprocessing языка Python, что значительно сокращает время преобразования на многоядерных процессорах.

Также на этом этапе извлекаются списки литературы и категорий и используемые изображения. Список литературы автоматически составляется на основе всех упоминаний литературы в статьях, повторяющиеся отсылки к литературе, но отличающиеся по формулировке сравниваются и, при успехе сравнения, повторное упоминание отбрасывается. Сперва определяется блок текста, содержащий список литературы, затем отдельно разбираются и по необходимости унифицируются отдельные ссылки. Список категорий строится на основе данных, получаемых через MediaWiki API. Утилита

также может определить некорректность списка литературы в статье (например, если в статье есть ссылка на источник, которого нет в списке литературы).

Изображения требуют отдельного внимания, так как система LaTeX выдвигает большие требования, чем MediaWiki. Не допускается больше одной точки в имени файла, кириллица в имени файла и формат GIF. Также MediaWiki хранит множество версий одного и того же изображения. Для «устранения» кириллицы и лишних точек используется транслитерация. Для работы с изображениями используется модуль Python Pillow [1]. Есть возможность указать способ вставки изображения в LaTeX-вариант явным образом в виде json-файла.

Также mwConvert осуществляет пост-обработку полученных документов, а также поиск ошибок и исправление тех из них, которые не требуют вмешательства человека.

Получаемая LaTeX-версия представляет собой директорию (сжатую в случае использования встроенной версии), содержащую мастер-документ, несколько дочерних документов, включаемых в мастер-документ (основной текст, список литературы, список категорий) и директорию с используемыми изображениями.

Существует версия утилиты для преобразования статей на LaTeX в статьи на MediaWiki, реализованная на прямом доступе к БД MediaWiki. Данная версия работает значительно быстрее автономной версии засчёт использования прямого доступа к базе данных через вызовы MySQL, а не API MediaWiki, но она является менее универсальной, так как в будущем возможно изменение структуры БД MediaWiki.

Также в пакете есть утилита, осуществляющая обратное преобразование статей. Эта утилита преобразует статьи, написанные на языке системы LaTeX в статьи на MediaWiki и позволяет загрузить их на сервер MediaWiki с сохранением истории правок. Данная утилита построена на высокоуровневом API MediaWiki и также реализована на Python. Сохраняется также структура перекрёстных ссылок, осуществляется загрузка всех используемых изображений. Утилита снабжена графическим интерфейсом на основе Tkinter.

Заключение

В докладе рассмотрен пакет Wiki2TeX 1.5, упрощающий перевод статей из MediaWiki в LaTeX, а также обратное преобразование. Пакет ориентирован на расширение возможностей MediaWiki по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов и может быть использован в виде стандартного расширения MediaWiki.

В настоящее время разрабатываются и другие утилиты по работе со статьями в MediaWiki для включения в пакет (Wiki2TeX). Например, создана утилита для сравнения одноименных статей в разных вики (словарях или энциклопедиях), а также утилита по изменению статей одной вики на основании одноименных статей другой.

Список литературы

1. Библиотека работы с файлами изображений Pillow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pypi.python.org/pypi/Pillow/2.0.0
2. Доусон, М. Программируем на Python / М. Доусон – СПб.: Питер, 2012.
3. Евстигнеев, В. А. Словарь по графам в информатике / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов – Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2009.
4. Евстигнеев, В. А. Толковый словарь по теории графов в информатике и программировании / В. А. Евстигнеев, В. Н. Касьянов – Новосибирск: Наука, 1999.
5. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
6. Касьянов, В. Н. Средства поддержки применения графов в информатике и программировании / В. Н. Касьянов, Е. В. Касьянова // Информатика в науке и образовании. – Новосибирск: ИСИ СО РАН, 2012. – С.47-56.
7. Малышев, А. А. Расширение возможностей Media Wiki по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов / А. А. Малышев // Материалы 51-й международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Информационные технологии. – Новосибирск: НГУ, 2013. – С. 184.
8. Система Media Wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.mediawiki.org/
9. Система TeX [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://tug.com
10. Система WEGA [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://pco.iis.nsk.su/WEGA/
11. Система WikiGRAPP [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://pco.iis.nsk.su/WikiGrapp/

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ 18-07-00024).

Интеллектуальная система технического диагностирования радиоэлектронной техники

И. С. Назмутдинов, email: nazmutdinov71@mail.ru
Р. А. Милютин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация. *Рассмотрено техническое диагностирование сложных систем, сравниваются дискретная и непрерывная модели состояний, прогнозируется количественная оценка состояний, формируются рекомендации по структуре интеллектуальной системы.*

Ключевые слова: *радиоэлектронная техника; диагностирование; модели состояний; количественные оценки; прогнозирование; интеллектуальная система.*

Введение

Известно, что стоимость эксплуатации сложных наукоемких изделий таких как радиоэлектронная техника (РЭТ), может превышать стоимость их приобретения. Особенно велики потери при неправильной эксплуатации данной техники (отказ от применения по назначению работоспособного объекта или применение неработоспособного объекта по назначению). Поэтому своевременная диагностика состояния объекта и обоснованные рекомендации по его применению (обслуживанию, ремонту) являются актуальными. Поскольку объект может применяться по назначению в будущем, необходимо оценить его потенциальное качество функционирования в течение некоторого промежутка времени – времени выполнения поставленной задачи. Поэтому далее рассмотрим

На практике зачастую поступают следующим образом: после выполнения контроля объекта оценивают его состояние. Если оно оказалось приемлемым, принимается решение о целесообразности применения объекта по назначению. В этой ситуации помимо оценки состояния объекта ставится и решается вопрос о прогнозировании состояния по умолчанию – объект, успешно функционирующий в настоящий момент времени, будет вести себя не хуже в течение прогнозируемого интервала времени. При этом прогнозирование осуществляется на основе полинома нулевой степени – наблюдаемые тенденции изменения состояния сохранятся в обозримом будущем. Однако при таком подходе не оговаривается величина интервала прогнозирования, не выявлена и не учитывается динамика технического

© Назмутдинов И. С., Милютин Р. А., 2019

состояния, а также не использован формализованный математический аппарат индивидуального прогнозирования состояния.

Индивидуальное прогнозирование поведения параметров может быть выполнено методом наименьших квадратов с использованием математических моделей - классы функций, к которым принадлежит регрессия, должны быть линейны по параметрам [1, 2].

Техническое диагностирование РЭТ реализуется на этапе интегрированной логистической поддержки изделия при выполнении технического обслуживания и ремонта.

Основной задачей интеллектуальной системы технического диагностирования (ИСТВ) является диагностирование технического состояния объекта и формирование обоснованных рекомендаций по его использованию.

Частными задачами ИСТВ являются:

– получение измерительной информации по объекту (накопление сведений об объекте – измерительной и априорной информации);

– формирование текущей количественной оценки технического состояния объекта и индивидуальное прогнозирование оценки технического состояния для заданного упрежденного момента времени;

– формирование рекомендаций по использованию объекта: применение объекта по назначению, техническое обслуживание рекомендуемых конструктивно-съемных единиц или объекта в целом (возможны различные объемы технического обслуживания) или ремонт объекта (различных объемов) или его составных частей.

1. Оценка состояний

Традиционной при нахождении оценок технического состояния РЭТ является дискретная математическая модель состояния «ГОДЕН - НЕ ГОДЕН", которая предполагает формирование оценки «ГОДЕН» в случае, если все измеренные значения параметров оказались внутри соответствующих полей попусков. Если хотя бы один из измеренных значений параметров оказался за пределами поля допуска, формируется оценка «НЕ ГОДЕН». Такая оценка является «грубой», не учитывающей динамику изменений работоспособного состояния объекта. Поэтому, например, «ГОДНЫЙ» объект может рекомендоваться к применению по назначению, несмотря на то, что его состояние является предотказовым.

Перспективным является использование непрерывной количественной математической модели состояния, предполагающей плавное изменение значений оценок от нулевого (объект полностью неработоспособен) к единичному (объект находится в отличном состоянии).

Современная точка зрения на рассматриваемый вопрос состоит в том, что знания эксперта относительно признаков, характеризующих отличия нормального и аномального состояний объекта или подтверждающих наличие или отсутствие симптомов, могут быть неточными. Понятие неточности понимается так, что оно определяет различия между понятиями «абсолютный», «возможный» и «размытый».

Высказывается мнение о том, что для большинства наблюдений не существует строгих границ между названными выше состояниями. Причем, чем больше результаты отклоняются от обычных, тем больше появляется уверенность в том, что имеет место аномальное состояние.

Такой подход формализуется с использованием функций принадлежности [3, 4].

Количественная оценка состояния рассчитывается с использованием всей имеющейся априорной и измерительной информации по объекту, при этом учитывается положение каждого участвующего в вычислениях параметра внутри соответствующего поля допуска. Если оценка состояния объекта не ниже заданной, осуществляется индивидуальное прогнозирование ее для упрежденного значения момента времени.

При решении задачи индивидуального прогнозирования исходной информацией является вектор измеренных значений $Y_C = (y1,...,y6)$, привязанный к соответствующим моментам времени (*t1*, ..., *t6*).

Априорная информация представлена ковариационной матрицей связей G_{mY}^{-1} результатов измерений. Сглаживающим является алгебраический полином целых степеней, а степень как аппроксимирующего, так и прогнозирующего полиномов равна 2. Число моментов времени прогнозирования *R* (равно 2). Моменты времени прогнозирования представлены вектором $TP = \{t_{N+1}, t_{N+2}, ..., t_{N+R}\}$

Выводимой информацией является:

– ковариационная матрица G_X^{-1} (3x3) погрешностей оценок коэффициентов сглаживающего полинома;

– вектор $X = \{x_0, x_1, x_2\}$ (3x1) оценок математических ожиданий коэффициентов сглаживающего полинома;

– вектор Y_{np} (*R*x1) оценок математических ожиданий прогнозируемых значений;

– ковариационная матрица $\left(G_Y^{-1}\right)^{np}$ (*R*x*R*) погрешностей оценок прогнозируемых значений;

– вектор $DY_{пр}$ (R) оценок дисперсий прогнозируемых значений (диагональные элементы матрицы $\left(G_Y^{-1}\right)^{пр}$).

Расчетные соотношения имеют вид:

– ковариационная матрица $G_X^{-1} = \left(A_C^T G_{mY} A_C\right)^{-1}$ (3x3) оценок погрешностей коэффициентов сглаживающего полинома. Матрица A_C = (N, 3) имеет вид

$$A_C = \begin{vmatrix} t_1^0 & t_1^1 & t_1^2 \\ t_2^0 & t_2^1 & t_2^2 \\ t_n^0 & t_n^1 & t_n^2 \end{vmatrix}$$

– вектор $X = G_X^{-1} A_C^T G_{mY} Y^m$ (3x3) оценок математических ожиданий коэффициентов сглаживающего полинома;

– вектор $Y_{пр} = A_{пр} X$ (Rx1) оценок математических ожиданий прогнозируемых значений, где

$$A_{пр} = \begin{vmatrix} t_{N+1}^0 & t_{N+1}^1 & t_{N+1}^2 \\ t_{N+2}^0 & t_{N+2}^1 & t_{N+2}^2 \\ t_{N+R}^0 & t_{N+R}^1 & t_{N+R}^2 \end{vmatrix}$$

– ковариационная матрица $\left(G_Y^{-1}\right)^{пр} = A_{пр} G_X^{-1} A_{пр}^T$ (RxR) оценок погрешностей прогнозируемых значений.

Выделяем $DY_{пр} = \left(G_y^{-1}\right)_i^{пр}$, где i = 1, 2, .., R – вектор оценок дисперсий прогнозируемых значений (диагональные элементы матрицы $\left(G_Y^{-1}\right)^{пр}$).

По результатам прогнозирования рассчитывается вероятность выполнения объектом поставленной задачи. Если значение оценки ниже заданной, то определяются потенциально ненадежные конструктивно-съемные единицы (КСЕ) РЭТ.

Для формирования рекомендуемых мер воздействия на объект вооружения используется прогнозируемая вероятностная количественная оценка состояния для заданного упрежденного значения момента времени.

Вариантами рекомендаций, выдаваемых лицу, принимающему решения, могут быть: применение РЭТ по назначению (с заданием интервала времени применения), техническое обслуживание как отдельных частей, так и объекта в целом (с указанием потенциально

ненадежных КСЕ) и, наконец, различные объемы ремонтных работ как по отдельным КСЕ, так и по объекту в целом.

Прогнозируемые количественные оценки состояний могут быть использованы также при организации материально-технического обеспечения РЭТ.

Заключение

Таким образом,

1. Техническое обслуживание и ремонт базируется на методах и средствах технического диагностирования.

2. Стадиями решения общей проблемы технического диагностирования являются: накопление измерительной информации по объекту, обработка измерительной информации с целью накопления априорной, расчет текущей и прогнозируемой вероятностной количественных оценок технического состояния объекта, обоснование предложений по применению объекта по назначению или техническому обслуживанию или ремонту.

3. Формализация перечисленных процедур позволяет автоматизировать процесс технического диагностирования.

4. При использовании адаптивных настроек на выборки малого объема, количественные оценки технических состояний, рассчитываемые с использованием элементов теории нечетких множеств, индивидуальное прогнозирование количественных оценок технических состояний по малым выборкам, появляется практическая возможность построения интеллектуальной системы технического диагностирования.

Список литературы

1. Заковряшин А. И. Конструирование РЭА с учетом особенностей эксплуатации. – М. : Радио и связь, 1988. –. 120 с.

2. Заковряшин А. И. Метод индивидуального прогнозирования по малой выборке на основе полиномов неизбыточных степеней/ /Изв. вузов СССР. Сер. Приборостроение, 1986. – Т. XXIX. – № 10. – С. 3 - 8..

3. Ван Гиг Дж. Прикладная общая теория систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 733 с.

4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М. : Радио и связь, 1982. –432 с.

Разработка системы формирования рабочих инструкций

А. С. Панкова, email: veritaserum@bk.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматривается процесс разработки автоматизированной системы формирования рабочих инструкций, проанализированы основные факторы, определяющие структуру системы, представлены практические примеры разработки*

Ключевые слова: *Рабочая инструкция, автоматизированная система, разработка программных продуктов, цифровое производство*

Введение

Рабочая инструкция – это один из инструментов стандартизации рабочего процесса, которая позволяет сотруднику, следуя указанному алгоритму выполнить работу.

Помимо алгоритма работы рабочая инструкция может содержать правила, позволяющие избежать ошибок, правила действий при различных внештатных ситуациях, перечень используемого оборудования, сырья, инструментов. Устанавливает, как может быть проконтролировано качество продукции, какие средства могут быть использованы, какое измерительное оборудование может быть применено и т.п.Для работников одного профиля предусматривается несколько рабочих инструкций, так как они разрабатываются отдельно для каждого вида работ.

В основе рабочих инструкций лежат правовые акты, а так же государственные и отраслевые стандарты, упорядочив которые можно сформировать рабочую инструкцию. Данный процесс может занимать до нескольких месяцев. Однако современные технологии могут заметно упростить эту задачу, а именно, путём разработки автоматизированной системы подготовки рабочих инструкций.

1. Теоретические концепции моделирования системы подготовки рабочих инструкций

Создание автоматизированной системы представляет собой совокупность упорядоченных во времени этапов работ, выполнение которых необходимо и достаточно для создания автоматизированной системы, соответствующей заданным требованиям.

© Панкова А.С., 2019

Состав, содержание и порядок выполнения работ на стадиях и этапах определяют в нормативно-технической документации по созданию автоматизированной системы соответствующего вида.

На начальном этапе создания автоматизированной системы согласно требованиям необходимо проведение исследование объекта автоматизации. В рамках исследования происходит сбор и анализ данных об организации, производственной структуре и функционировании объекта автоматизации. Источником для получения данных сведений могут послужить устав и регламенты организации, а также общегосударственные законы, постановления и другие нормативно-правовые акты.

При исследовании также необходимо провести анализ уже функционирующих автоматизированных систем в рамках объекта автоматизации. На данном этапе необходимо также определить степень интеграции создаваемой автоматизированной системы с существующими системами. Кроме того должен быть проведен анализ сведений о зарубежных и отечественных аналогах, создаваемой автоматизированной системы. На базе полученных данных необходимо выявить основные функциональные и пользовательские требования к автоматизированной системе.

Исходя из результатов, проведенных исследований объекта автоматизации, разрабатывается несколько вариантов концепций автоматизированной системы, удовлетворяющих требованию пользователей.

На основе составленный концепций и полученных аналитических данных формулируется техническое задание, по которому будет разработан эскизный и технический проект. А так же происходит подготовка рабочей документации на автоматизированную систему и ее части. К такой документации относят руководство пользователя, инструкцию по эксплуатации и другие согласованные с заказчиком документы.

На стадии ввода в действие автоматизированной системы происходит подготовку комплекса технических средств, проведение пусконаладочных работ и обучение персонала.

Перед вводом автоматизированной системы в эксплуатацию производятся предварительные испытания. Во время проведения опытной эксплуатации персоналу рекомендуется вести журнал, где должны фиксироваться все ошибки, сбои и отказы системы.

По завершению опытной эксплуатации проводятся приемочные испытания. По результатам приемочных испытаний принимается

решение о передаче автоматизированную систему в промышленную эксплуатацию.

2. Реализация практической разработки

Для программной автоматизации производства нами был разработан комплекс мер, обеспечивающих увеличение эффективности функционирования предприятия. В ходе моделирования технологических процессов[1] была разработана оптимальная структура цеха, которая определяет состав и типы применяемого оборудования.

Доступ к информационным ресурсам было решено предоставить с помощью специализированных терминальных клиентов[2]. С их помощью также реализована система формирования рабочих инструкций, относящихся к требованиям выполнить техническое обслуживание или плановый ремонт оборудования.

Данная система позволяет в автоматизированном режиме определять время и порядок выполнения планово-предупредительных работ в соответствие с установленным регламентом. Данные о регламенте, оборудовании и проведенных работах хранятся во встроенной базе данных системы, а также в файлах электронных таблиц.

Система предназначена для интегрирования в системы более высокого уровня. Например, в программный продукт управления крупным специализированным объектом[3]. Для этого в системе реализован программный интерфейс.

Заключение

Автоматизированное составление рабочих инструкций позволяет повысить эффективность функционирования производства за счет повышения скорости формирования алгоритмов выполнения различных производственных задач.

Автоматизированная система учитывает все основные входные данные и на их основе формирует рабочую инструкцию для данного производственного процесса. Входными данными для автоматизированной системы являются исполняемая производственная операция, затрачиваемые ресурсы, производственные мощности и другие данные. Выходными данными является алгоритм проведения производственных мероприятий.

Литература

1. Чижов М. И. Моделирование технологических процессов в TecnomatixPlantSimulation / М. И. Чижов, Ю. С. Скрипченко,

П. Ю. Гусев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2.

2. Паринов М. В. Информационная система терминального типа оперативного доступа к ресурсам цифрового производства / Паринов М. В., Юров А. Н., Еремин И. А. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 123-129.

3. Филимонова А. А. Информационная подсистема хранилища радиоактивных отходов/ Филимонова А. А., Паринов М. В. // В сборнике :Информатика: проблемы, методология, технологии материалы XV международной научно-методической конференции. 2015. – С. 392-393.

Анализ программных средств для разработки CALS

Д. Е. Пачевский, email: 600rub@mail.ru
В. В. Сокольников, email: xyxb@inbox.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В статье дается описание информационно-программных средств поддержки современных CALS - технологий. Описываются способы использования систем PDM и методология работы с ними. Рассматриваются подходы к применению STEP-средств. Дается описание работы программных средств логистической поддержки изделий, обслуживания сложной техники и обучения обслуживающего персонала правилам эксплуатации и ремонта изделий.*

Ключевые слова: *Технология, CALS, машиностроение.*

Программное обеспечение CALS-технологий должно выполнять те функции, которые обеспечивают создание и поддержку интегрирующей информационной среды для промышленных автоматизированных систем.

Во-первых, это функции управления данными, разделяемыми разными автоматизированными системами и подсистемами на этапах жизненного цикла изделий. Эти функции в настоящее время выполняют системы управления жизненным циклом PLM или на этапе проектирования — системы управления проектными данными PDM.

Во-вторых, это функции управления данными и программами в распределенной сетевой среде, включая функции защиты информации. Эти функции реализуются в технологиях распределенных вычислений таких, как удаленный вызов процедур RPC, архитектура на основе посредников объектных запросов CORBA, объектная модель COM/DCOM, технология SOAP и др. На базе COM/DCOM фирма Microsoft развивает совокупность средств под названием DNA-архитектура (Distributed interNet Application). Эти средства включают целую гамму инструментов, таких как ActiveX, HTML, SQL Server, OLE и др. Применительно к промышленным приложениям эта архи-тектура получила название DNA for Manufacturing (DNA-M). Использование DNA-M позволяет разработчикам CALS-средств сконцентрировать усилия на решении специфичных задач и не тратить время на реализацию взаимодействия в сетевой среде. Особенно важную роль

© Пачевский Д. Е., Сокольников В. В., 2019

DNA-M сыграет в интеграции нижних уровней управления производством с системами ERP.

В-третьих, это программные средства логистической поддержки изделий, обслуживания сложной техники и обучения обслуживающего персонала правилам эксплуатации и ремонта изделий, представленные, в частности, интерактивными электронными техническими руководствами (ИЭТР), создаваемыми в CALS-системах с помощью специальных инструментальных средств. Развитые ИЭТР служат не только це-лям обучения пользователей, но выполняют также функции автоматизированного заказа материалов и запасных частей, планирования и учета проведения регламентных работ, обмена данными между потребителем и поставщиком, диагностики оборудования и поиска неисправностей.

В-четвертых, к программному обеспечению CALS-технологий следует отнести многочисленные средства поддержки моделирования и обмена данными с использованием языка Express, которые можно объединить под названием STEP-средств (STEP Tools). К STEP-средствам относятся редакторы, компиляторы, визуализаторы, анализаторы, конверторы и т.п., связанные с языком Express. Редакторы помогают синтезировать и корректировать Express-модели.

Анализаторы служат для синтаксического анализа и выявления ошибок, допущенных при написании модели. Анализатор входит в состав компилятора, который после анализа осуществляет трансляцию Express-моделей в ту или иную требуемую языковую форму. Визуализаторы генерируют графические представления моделей на языке Express-G. Конверторы используются для преобразования Express-моделей на основе языка Express-X.

В-пятых, к программному обеспечению CALS-технологий можно отнести средства поддержки языков SGML, XML, EDIFACT.

Примерами STEP-средств могут служить продукты компаний STEP Tools, EPM Technology AS, TNO и др.

Например с помощью программ ST-Developer компании STEP Tools реализуют SDAI-интерфейс на языках C, C++, Java, IDL/Corba, интерфейс Express-моделей к SQL базам данных и графическому ядру ACIS машиностроительных CAD-систем, осуществляют тестирование Express-моделей, генерируют модели на языке Express-G.

Ряд STEP-средств предлагает Национальный институт стандартов и технологий США (NIST). Это средства оперирования обменными файлами и Express-моделями, трансляции моделей в C++ и IDL представления.

Компания Rational Rose предлагает транслятор Express-моделей в UML-представление.

Программные средства компании EPM Technology AS, составляющие систему EDM (Express Data Manager), характеризуются разнообразием выполняемых функций. Так, программа EDMdeveloperSeat поддерживает базу данных с Express-моделями, EDMvisualExpress осуществляет визуализацию моделей с помощью расширения языка Express-G, EDMmodelChecker служит для диагностики допущенных нарушений правил языка Express.

Технологии распределенных вычислений и их программное обеспечение используются, но не являются специфичными в CALS-приложениях. Поэтому основными компонентами ПО CALS являются системы PDM (или их развитие в виде систем CPC и PLM) и интерактивные электронные технические руководства (IETM).

Системы PDM предназначены преимущественно для информационного обеспечения проектирования — упорядочения информации о проекте, управления соответствующими документами, включая спецификации и другие виды представления данных, обеспечения доступа к данным по различным атрибутам, навигации по иерархической структуре проекта. В ряде систем PDM поддерживаются информационные связи не только внутри САПР, но также с производственной и маркетинговой документацией. Аналогичные системы, в большей мере ориентированные на управление информацией в системах типа ERP, SCM, CRM и т.п., часто называют системами EDM (Enterprise Data Management).

В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-аппаратные средства автоматизированных систем, направлены на создание систем электронного бизнеса (E-commerce). В основе развитых систем E-commerce лежит управление данными на протяжении всего жизненного цикла изделий, т.е. CALS-технологии, средства PDM и CPC.

Среди систем E-commerce различают системы B2C и B2B.

Система B2C (Business-to-Customer) предназначена для автоматизации процедур взаимоотношений предприятия с конечными потребителями его продукции, чаще всего это взаимоотношения юридического лица с физическими лицами (покупателями товаров).

Но значимость систем E-commerce отнюдь не определяется организацией электронной торговли путем размещения на сайтах Internet витрин товаров и услуг. Цель электронного бизнеса заключается в объединении в едином информационном пространстве информации, во-первых, о возможностях множества организаций,

специализирующихся на предоставлении различных услуг и на выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию и изготовлению заказанных изделий, во-вторых, о запросах на использование этих услуг и заказах на поставки изделий и полуфабрикатов. В отличие от B2C такие E-commerce системы называют системами B2B (Business-to-Business). Эти системы автоматизируют процедуры взаимодействия юридических лиц друг с другом, более конкретно, системы B2B автоматизируют процессы обмена информацией между компаниями-партнерами.

Возникает задача создания единого информационного пространства, в котором функционируют автоматизированные системы управления взаимодействующих предприятий. Системы управления данными в интегрированном информационном пространстве называют системами CPC.

Технология интегрированного информационного пространства и управления данными CPC — технология взаимодействия производителей, поставщиков и покупателей на различных этапах жизненного цикла изделий, направленная на оптимальное удовлетворение потребностей заказчиков в продукции и услугах. Благодаря более высокой степени специализации предприятий, проектированию под заказ, ком-плексному учету затрат на проектирование, изготовление, доставку продуктов можно минимизировать временные и финансовые затраты при высоком качестве изделий.

Чтобы использовать эти возможности, требуются специальные системы CPC, главное назначение которых — обеспечивать информационную согласованность действий всех участников процесса создания продукции. В CPC учитывается, что число участников в цепи поставок может быть весьма значительным, причем состав участников непостоянен, а определяется исходя из конкретных задач и условий. Для эффективного управления процессами на протяжении всего жизненного цикла продукции все участники должны пользоваться доступными для правильного восприятия, интерпретации и исчерпывающе полными данными.

Системы CPC интегрируют функции таких систем, как SCM, CRM, а также часть функций систем PDM, CAD/CAM и ERP.

В большинстве автоматизированных систем для обменов данными внутри системы используют те или иные форматы, или не являющиеся унифицированными, или признанные в ряде систем лишь как стандарты де-факто. Языки типа Express используют для межсистемных обменов и представления многократно используемых данных в общих базах

данных, для выполнения роли внутренних форматов они неудобны. Поэтому в прикладные автоматизированные системы для связей с общей информационной CALS-средой должны быть включены конверторы для взаимных преобразований внутренних форматов данных в STEP-форматы. Такие конверторы также относят к про-граммному обеспечению CALS-технологий..

Список литературы

1. Новиков В.С. Применение имитационного моделирования в атомной отрасли / В. С. Новиков, М. В. Паринов // Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. Под редакцией Тюкачева Н.А. Научно-исследовательские публикации. – 2016. – С. 365-368.

2. Юров А.Н. Процесс построения элемента фиксирующего узла средствами автоматизации системы твердотельного моделирования/ А. Н. Юров, В. А. Рыжков, М. В. Паринов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 12-2. – С. 101-103.

3. О. В. Собенина / О. В. Собенина, В. А. Рыжков, А. А. Пак / Разработка поискового модуля автономного клиента системы TEAMCENTER //Материалы XVII международной конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». Воронеж. – 2017. – С. 331-336.

Автоматизация процессов компоновки производственного оборудования

Д. Ю. Пинчук, email: diana3305@mail.ru
А. Н. Юров email: yurovalex@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе рассмотрены пути по автоматизации производственных планировок с визуальным представлением результатов в виде 3D моделей для представления схемы компоновки оборудования средствами геометрического ядра Open Cascade.*

Ключевые слова: *геометрическое ядро, производственная компоновка, контейнерные структуры данных, управление моделями, структура данных технологических объектов.*

Введение

Для производственных планировок предприятий и промышленных объектов существует целый ряд программных продуктов с высокой степенью автоматизации. Одним из них является eFactory, который входит в состав Tecnomatix. eFactory – семейство продуктов для планирования производственных площадей. Представляет собой решение по созданию планировок производственных помещений, позволяет произвести оценку компоновки с точки зрения размещения оборудования, материалопотоков и подготовить оптимальное размещение. eFactory включает в себя: FactoryCAD, благодаря которому исследуются задачи планировки размещения оборудования, система обеспечивает все необходимое для создания детальных интеллектуальных моделей предприятий. Пользователи указанного ПО могут работать с 3D объектами, доступны все ресурсы предприятия, от напольных подвесных контейнеров стеллажей накопителей кранов до контейнеров и рабочих. С помощью этих объектов можно собрать модель, не теряя времени на создание чертежа и оборудования. Вопросы, связанные с планированием производства, а также моделированием процессов, рассмотрены в работах [1,3,4].

1. Автоматизация производственных планировок

Для того чтобы автоматизировать процесс компоновки оборудования на производстве, предлагается соответствующее

© Пинчук Д. Ю., Юров А. Н., 2019

программное решение. Автоматизация состоит из нескольких этапов. На начальном этапе требуется выполнить планировку производственного участка, выбрав соответствующее оборудование. Количественный состав производственного оборудования может меняться в процессе компоновки. В качестве исходных данных в приложение встраивается база данных с описанием оборудования, с его геометрическими размерами, твердотельным представлением в виде 3D моделей и справочной информацией, отображаемой в отдельном информационном окне по запросу. Следом определяются условия компоновки и выполняются расчеты. Далее формируется пространственная компоновка производственного участка с указанным составом оборудования, который был определен на начальном этапе проектных работ. Для создания проектного решения следует подготовить интуитивно-понятный интерфейс, включающий в себя: встроенные средства по масштабированию моделей, элементы управления видами, список с оборудованием, предварительный просмотр выбранных объектов и т.д. Компоновку и отображение твердотельных моделей следует выполнить средствами геометрического ядра Open Cascade. Для этого потребуется написать класс с необходимыми функциональными возможностями и включить его в состав проекта. Описание оборудования необходимо взять из информационных источников и технической литературы, после чего подготовить структуру для хранения описания и габаритных размеров станков.

© На основании вышеперечисленных доводов можно предложить схему разработки приложения, которая представлена на рис. 1.

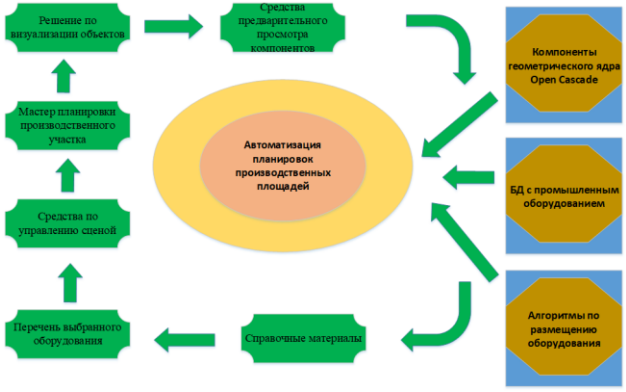


Рис. 1. Схема разработки приложения по автоматизации планировок

2. Математическое описание задачи компоновки

Постановка задачи компоновки будущей производственной планировки может быть сформулирована следующим образом: определить с учетом всех правил, требований и ограничений такое пространственное расположение оборудования на производственной площади заданной структуры и такие габариты производственного помещения, при котором объем занимаемой площади оборудованием был бы минимальным [2], как показано на рис. 2.

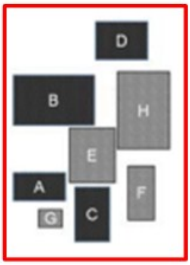


Рис. 2. Компоновка оборудования на производственном участке

С математической точки зрения задачи размещения оборудования формулируется как задачи оптимизации состоящий из нескольких этапов:

- выбор целевой функции;
- выбор переменной;
- выбор и формализация ограничений.

В связи с этим, процесс оптимизации компоновки элементов связан с выбором стратегии размещения элементов, то есть поиском определение последовательности операций алгоритма решения поставленной задачи.

3. Функциональная модель проектного решения

Для загрузки объектов на сцену, подготовки контура производственного участка, использование заданных цветовых схем, был подготовлен отдельный класс, реализация которого выполнена с помощью функциональных возможностей ядра Open Cascade.

На рис. 3 показана вертикальная компоновка оборудования. Визуализации производственного участка с размещёнными на нем объектами появляется возможность посмотреть справочную информацию о размерах планировки, количестве объектов, а также оценить коэффициент заполнения всего участка.

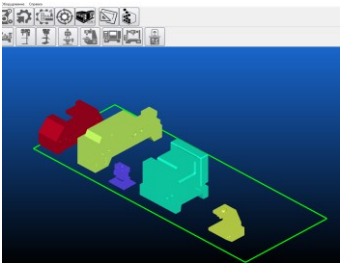


Рис. 3. Вертикальная планировка производственного участка

Заключение

Процесс компоновки оборудования представляет собой ответственный этап по подготовке производственных мощностей к выпуску новой продукции. В производственных планировках должны учитываться нормы расстановки оборудования. На основании предложенного подхода было создано программное решение по автоматизации производственных планировок. Приложение было протестировано с переменным количеством элементов станочного оборудования до 100 единиц. Программное решение показало устойчивую и стабильную работу, а также высокую производительность.

Список литературы

1. Чижов М. И. Моделирование технологических процессов в Tecnomatix Plant Simulation/ М.И. Чижов, Ю.С. Скрипченко, П.Ю. Гусев //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 12-2.

2. Селиванов С.Г. Метод моделирования и оптимизации планировок цехов бережливого производства средствами искусственного интеллекта / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, М. А. Дружинина. Вестник УГАТУ. – Уфа, 2010. – Т. 14. – № 4 (39). – С. 139 144.

3. Гусев П. Ю. Возможности применения API интерфейса Tecnomatix plant simulation / П. Ю. Гусев, Д. Е. Пачевский, В. В. Сокольников // Современные инновации в науке и технике. – 2016. – С. 76-78.

4. Бредихин А.В. Опыт реализации концепции цифрового производства в техническом вузе /Бредихин А.В., Чижов М.И., Кузнецов М.В. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 4-3. – С. 439-443.

Автоматизация моделирования производственного подразделения с созданием трехмерной планировки

О. В. Собенина, email: sobenina36@mai1.ru
А. А. Пак, email: pak_alla55@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *На основании проведенного имитационного эксперимента получено оптимальное количество производственного оборудования. Разработана автоматизированная система построения планировочных решений производственных подразделений.*

Ключевые слова: *имитационное моделирование, Tecnomatix Plant Simulation, планировочные решения, расчет параметров производственных процессов.*

Введение

Задачи анализа и расчета параметров производственных систем весьма обширны, сложны и многообразны, особенно если учесть масштабы современного производства и уровень техники [1-3].

Для решения задач расчета параметров технологических процессов необходимо использование современных методов проектирования механосборочного производства. При раскрытии сущности производственного процесса, протекающего в механосборочном производстве, и его проектировании особое внимание следует уделять оценке проектных решений. Точность проектирования производственного процесса возможно повысить, применяя имитационного моделирования [2].

Особенно трудоемкой задачей при создании имитационных моделей является создание планировки. В данной работе приведен вариант решений этой проблемы с использованием программных методов на языке SimTalk.

1. Создание имитации планировки

Создание имитации планировки технологического процесса происходит в два этапа. Первый этап расстановки имитаций оборудования для технологического процесса заключается в добавлении оборудования для первой операции.

Особенность программного метода расстановки имитаций технологического оборудования заключается в возможности установки

© Собенина О. В, Пак А. А., 2019

нескольких имитаций оборудования для одной операции. Фрагмент программного кода, отвечающий за расстановку нескольких имитаций технологического оборудования для одной операции (листинг 1).

Листинг 1

Фрагмент программного кода

```
if .Automation_planning.TProcess.TProc1[4,i]>1 then
Xx:=Xo;
Yy:=Yo;
objold := obj;
for k := 1 to .Automation_planning.TProcess.TProc1[4,i] loop
       if obj.name="Tm1722" then print "HERE!!!" end;
       oborud := .Automation_planning.TProcess.TProc1[2,i];
       obj := oborud.createObject(Location.Main,Xx, Yy)
.Automation_planning.Connections.Connector1.Connect(objold,obj
);
.Automation_planning.Machines.MachReady[1,j]:=obj;
       j:=j+1;
        Yy:=Yy-60;
              next;
```

Как видно из программного кода в первую очередь запускается цикл с количеством итераций равным количеству имитаций технологического оборудования. В этом цикле происходит расстановка каждой имитации. Затем каждая имитаций технологического оборудования соединяется с предыдущей имитацией. Также на данном этапе происходит запись добавленного оборудования в таблицу, отвечающую за добавленные имитации технологического оборудования.

В случае, когда количество имитаций равно единице, происходит выполнение программного кода (листинг 2).

Листинг 2

Фрагмент программного кода при одной имитации технологического оборудования

```
if i>1 then
                            oborud :=
.Automation_planning.TProcess.TProc1[2,i];
                            objold := obj;
                            obj :=
oborud.createObject(Location.Main,Xo, Yo);

      .Automation_planning.Machines.MachReady[1,j]:=obj;
                            j:=j+1;

      --Проверка количества предыдущих станков
                            if k>1 then
                                   for n:=k downto 1 loop
```

```
      .Automation_planning.Connections.Connector1.Connect(.Aut
omation_planning.Machines.MachReady[1,j-1-n],obj);
                                    next;
                                    k:=1;
                              else

      .Automation_planning.Connections.Connector1.Connect(objo
ld,obj);
                              end;
--Создание очередного станка, если перед ним 1 станок
                        else
                              oborud :=
.Automation_planning.TProcess.TProc1[2,i];
                              obj :=
oborud.createObject(Location.Main,Xo, Yo);

      .Automation_planning.Connections.Connector1.Connect(Sour
ceTP1,obj);

      .Automation_planning.Machines.MachReady[1,j]:=obj;
                              j:=j+1;
                        end;
                end;
                obj.setXYWH(Xo,Yo,1,1);
                Xo:=Xo+60;
      next;
      .Automation_planning.Connections.Connector1.Connect(obj,
DrainTP1);
```

В первую очередь выполняется проверка: станок является первым по технологическому процессу или нет. Результат этой проверки влияет на соединение добавляемой имитации технологического оборудования с предыдущей имитацией. Когда добавляемая имитация первая в технологическом процессе, то она соединяется с источником имитаций деталей. Если же имитация оборудования не находится на первом месте в технологическом процессе, то соединяется с предыдущей имитацией оборудования.

Разработанная имитационная модель позволяет выполнять имитации планировок производственных участков по исходным данным. При этом имитационная модель обладает рядом особенностей: имеется возможность разработки планировок по различным принципам расположения и возможность замены исходных данных и получение оперативного результата.

На рис. 1 представлен фрагмент имитационной модели при выполнении планировки без учета габаритов и с использованием пересекающегося оборудования.

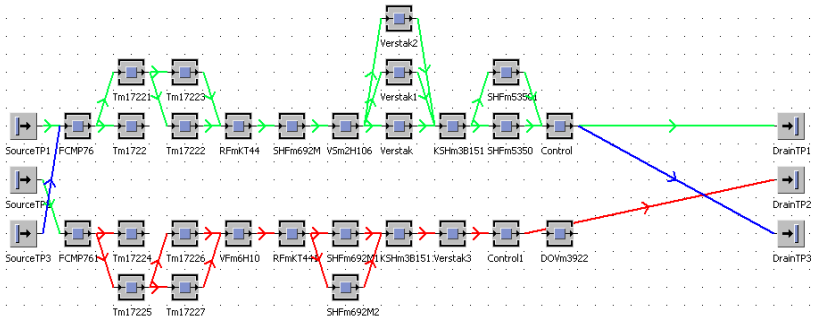


Рис. 1. Вариант разработанной планировки

2. Создание трехмерной планировки

Для исходных данных проведены 3 имитационных эксперимента по разработке планировок и определения времени обработки заданного количества деталей. В результате определено, что лучшим показателем по времени обладает планировка без использования пересекающегося оборудования. Дополнительно в имитационной модели добавлены трехмерные модели оборудования. На рис. 2 изображен вариант трехмерной планировки.

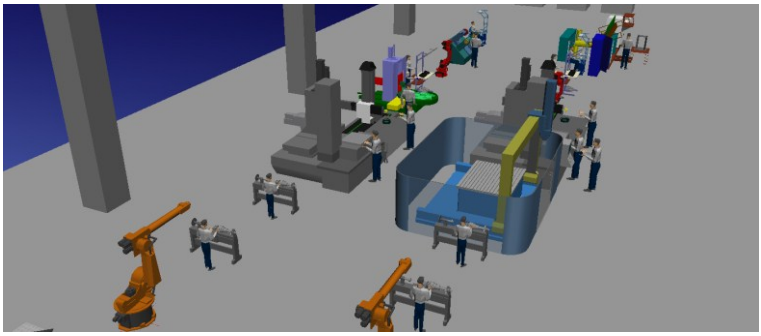


Рис. 2. Вариант трехмерной планировки

Цифровые модели, которые создаются в Tecnomatix Plant Simulation, позволяют оперативно анализировать текущее состояние производственного процесса. Основываясь на данных анализа, можно принять оперативное и верное решение, отвечающее текущей ситуации. Также программное средство обладает обширным спектром встроенных инструментов, позволяющих анализировать и оптимизировать созданные модели.

Заключение

В результате проведенного имитационного эксперимента, получено оптимальное количество производственного оборудования, выполнена планировка производственного процесса. Дополнительно разработаны трехмерные планировки производственных подразделений, что позволяет визуально оценить качество получаемых решений. Разработана автоматизированная система построения планировочных решений производственных подразделений, которую используют для расчета параметров новых процессов или при модификации существующих.

Список литературы

1. Гусев П. Ю. Имитационное моделирование производства деталей из полимерных композиционных материалов / П. Ю. Гусев, М. И. Чижов, Ю. С. Скрипченко // Компьютерные исследования и моделирование. – 2014. – Т. 6. – № 2. – С. 245-252.

2. Гусев П. Ю. Автоматизация и оптимизация технологических процессов в Tecnomatix Plant Simulation / П. Ю. Гусев, М. И. Чижов, Ю. С. Скрипченко // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 12.1. – С. 36-38.

3. Гусев П. Ю. Анализ и оптимизация имитационной модели участка обслуживания поезда / П. Ю. Гусев, В. В. Ветохин, В. В. Сокольников // Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции (Воронеж, февраля 2017 г.). – Воронеж, 2017. – С. 295-297.

Применение дополненной реальности в концепции интернет вещей

В. В. Сокольников, email: xyxb@inbox.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В работе описано внедрение технологии дополненной реальности, основанной на концепции интернет вещей. Описаны основные преимущества от соединения двух технологий.*

Ключевые слова: *IOT, AR, augmented reality, дополненная реальность. Индустрия 4.0, интернет вещей.*

В настоящее время производства находится на пороге новой промышленной революции под названием “Индустрия 4.0”. Она характеризуется более широким применением информационных технологий в промышленности, т.е. соединение виртуального мира с материальным.

Четвертая промышленная революция, предполагает абсолютную автоматизацию всех процессов и этапов производства, таких как цифровое проектирование изделия, создание полной электронной копии, совместная работа инженеров и дизайнеров в едином цифровом пространстве, удаленная настройка оборудования на заводе, автоматический заказ нужных компонентов в необходимом количестве, контроль поставки, мониторинг пути готового продукта от склада до конечного клиента, контроль условий использования изделия, настройка изделия удаленно, обновление программного обеспечения, предупреждение клиента о возможных поломках, под конец цикла использования – принимать продукт на утилизацию.

Один из принципов построения производства нового поколения является совместимость, что означает способность машин, устройств, сенсоров и людей взаимодействовать и общаться друг с другом через интернет вещей (IoT).

Интернет вещей (IoT) является горячей темой среди ИТ-специалистов. Дополненная реальность становится на более качественный уровень благодаря способности IoT подключаться и использовать цифровую информацию с физических устройств. С помощью специализированного аппаратного и программного обеспечения Augmented Reality легко накладывает 3D-контент на реальный мир, что делает эту технологию очень значимой в

© Сокольников В. В., 2019

промышленном масштабе. Благодаря уникальному пользовательскому опыту и цифровому близнецу, Augmented Reality позволяет предприятиям модернизировать весь спектр бизнес-функций, от исследований и разработок, а также привлечения клиентов и сотрудников к производству и обслуживанию на местах.

AR воплощает цифровую информацию в жизнь, взаимодействуя с физической средой в режиме реального времени. Рабочие и инженеры получают доступ к данным IoT в реальном времени в цехах, где это приносит наибольшую пользу. Устройства дополненной реальности (портативные или монтируемые на голове) имеют доступ к информации о пространственной конфигурации среды работника и поэтому могут интерпретировать то, на что смотрит работник, чтобы отображать только данные, необходимые для выполняемой операции. Эти приложения дополненной реальности и IoT могут быть экстраполированы на управление техническим обслуживанием в удаленных местах, в условиях плохой видимости и высокой температуры, а также в других опасных условиях.

Интернет вещей имеет огромное множество областей применения: "умные" бытовые приборы, "умные" здания, идентификация и отслеживание товаров, охрана здоровья, мониторинг окружающей среды, сбор информации и управление потреблением энергии и многое другое. В определенном смысле на особом месте стоит промышленное применение, которое обозначается термином "Промышленный интернет вещей" (Industrial Internet of Things – IIoT). Это понятие близко связано с концепцией Индустрии 4.0, являясь ее составной частью.

Добавление AR-измерения в IoT расширяет его потенциал. Например, в здравоохранении, это может позволить хирургам лучше выполнять сложные процедуры, предоставляя точные трехмерные реконструкции части тела, на которой они работают, в то время как они подключены в режиме реального времени к устройствам, которые передают жизненно важную статистику и информацию. В розничной торговле AR может преодолеть разрыв между цифровым и реальным миром, предоставляя клиенту лучшее из обоих миров. Например, IKEA уже использует возможности AR, помогая покупателям представить, как их мебель будет выглядеть в их доме и где эти предметы можно установить в соответствии с желаемым декором.

От автомобилей до мобильных телефонов, современное производство требует объединения сотен больших и маленьких компонентов в точном и заранее определенном порядке. Наличие трехмерного чертежа, наложенного на фактический процесс, обеспечивает более легкий доступ и пошаговые инструкции, в то время

как продуманная цепочка поставок гарантирует, что детали всегда находятся на складе и готовы к сборке.

IoT-AR предлагает ряд бизнес-преимуществ.

Расширение и стандартизация. AR включает в себя ряд систем и технологий, которые обеспечивают практическое руководство в режиме реального времени для обеспечения безопасного, правильного и эффективного выполнения задач.

Одной из наиболее важных функций, которые делают возможной такую стандартизацию, является функциональность «без ошибок», которую необходимо интегрировать в систему. Это гарантирует, что шаги выполняются в правильной последовательности, прежде чем пользователь сможет перейти к следующему этапу процесса. Этот этап фактически устраняет большинство человеческих ошибок и гарантирует, что процессы и последовательности всегда соблюдаются.

Настройка и эффективность. Вся мощь и эффективность AR была бы потрачена впустую, если бы эти системы не были достаточно гибкими, чтобы их можно было использовать в различных приложениях и процессах. AR визуализация могут быть легко адаптирована для множества функций и в различных условиях. Благодаря простоте использования и интуитивному выводу AR способствует повышению производительности труда сотрудников.

Новая модель производства не только улучшает качество работы с клиентами, но и дополняет инновации, которые трансформируют модель взаимодействия с клиентами. Предоставляется персонализированные контекстные услуги, которые помогают повысить ценность бренда. Конвергенция AR и IoT преобразует традиционные процессы, улучшая время отклика, что приводит к снижению эксплуатационных расходов. Самое главное, это дает возможность предприятиям работать лучше, открывая новые каналы доходов и принимая обоснованные решения с более детализированными данными.

Список литературы

1. Пачевский Д.Е. Обзор современных программных средств для разработки и поддержки CALS-технологий / Д. Е. Пачевский, Д. В. Лесных // Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVIII Международной научно-методической конференции. Под редакцией Тюкачева Н.А. Научно-исследовательские публикации. – 2018. – С. 165-168.

2. Килина А.А. Архитектура системы поддержки принятия и контроля проектных решений/ А. А. Килина, М. В. Паринов, М. И. Чижов //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7 № 12-2. – С. 41-44.

Мультиагентный подход к планированию ресурсов

М. В. Токарева, email: tokareff.marina@yandex.ru

ФГБОУ ВО Воронежский государственный технический университет

Аннотация. Аннотация. *В данной статье рассмотрены существующие методы планирования производственных ресурсов в МАС.*

Ключевые слова: Ключевые слова*: МАС, мультиагентные технологии, планирование ресурсов, агент.*

Введение

К планированию производственных ресурсов на сегодняшний день существует большое количество различных подходов, но современные требования к обеспечению адаптивного распределения ресурсов, сложность выявления единых критериев планирования для разных задач обусловливают необходимость поиска новых способов решения этой проблемы. Одним из таких способов, получивших в последнее время достаточно широкое распространение, является применение мультиагентных технологий, которые позволяют автоматизировать распределение ресурсов и оперативное построение расписаний и создать основу для последующей оптимизации, развития производства, и контроля.

Задача планирования является сложно организуемой и нелинейно возрастающей с увеличением числа участников, возможных ограничений и критериев эффективности. В любой промышленности также существенным фактором является надёжность и требование быстроты реакции на те или иные события. Грамотное планирование необходимо для эффективного выполнения задач.

1. Dcop алгоритмы

Distributed Constraint Optimization Problem (DCOP) – это математическая система, которая описывает теорию применения агентов к задачам оптимизации с распределенными ограничениями. DCOP является обобщением методологии оптимизация с ограничениями (Constaraint optimization problem (COP) применительно к распределенным системам.

За несколько последних лет разработан ряд базовых алгоритмов – Asynchronous Distributed Constraint Optimization (ADOPT), Optimal

© Токарева М. В., 2019

Asynchronous Partial Overlay (OptAPO), Distributed pseudo-tree optimization (DPOP) ,Asynchronous Backtracking (ABT), которые учитывают сетевую структуру задачи. Общий принцип таких алгоритмов – децентрализация в принятии решений, динамический характер формирующихся решений и постепенное стремление к равновесию, когда при наличии внешних воздействий мультиагентная система находит новое положение равновесия. Практически все децентрализованные алгоритмы применяют «возврат» (backtracking, ABT-алгоритмы), когда путем обмена сообщениями некоторые агенты получают противоречия в ограничениях, вследствие чего происходит возврат к предыдущему состоянию задачи и корректировка решения. Алгоритмы так же могут различаться по способу построения решения. При использовании подхода «сверху вниз» (ADOPT-алгоритм) задача декомпозируется на более простые подзадачи, которые затем решаются агентами. Согласно другому подходу (OptAPO), решения строятся «снизу-вверх», а затем сливаются непротиворечивым образом. Часто используется механизм «распространения ограничений вперед». Основным недостатком распределенных алгоритмов является экспоненциальный рост либо числа сообщений, которыми обмениваются агенты, либо их объема.

2. Роевая оптимизация в задачах планирования

Одним из современных многообещающих направлений в производственном планировании является применение метафоры «роя» агентов (Particle Swarm Optimization (PSO)). Роевая оптимизация (РО) – это приближенные методы, построенные по аналогии с коммуникациями и социальным поведением в природных объектах, например таких, как стаяи птиц или рыб, колониях муравьев или пчел. Информация о состоянии агентов роя, называемых в данной интерпретации «частицами», распространяется через взаимодействия между всеми агентами и позволяет найти лучшее состояние агента в пространстве состояний. В РО каждая «частица» движется через многомерное пространство с некоторой «скоростью», которая постоянно меняется, приводя к изменениям положения в пространстве состояний. Изменения скорости и положения зависят от значения целевой функции конкретного агента и состояния соседних агентов. Агент-«частица» движется от своей наилучшей предыдущей позиции к наилучшей позиции среди всех «частиц» роя. РО предполагает, как и все эвристические алгоритмы, наличие свободных настраиваемых параметров, например, коэффициентов связи в конкретной топологии системы.

3. Рыночный подход в мультиагентном планировании

Наиболее широкое распространение в мультиагентном планировании получил рыночный подход, в котором агенты работ и агенты ресурсов посредством обмена сообщениями участвуют в своеобразных торгах, в результате которых динамически строится расписание, выгодное всем участникам.

Распределенное (децентрализованное) планирование основано на таких принципах, выполнение которых приводит к достижению Парето-оптимальности:

– агенты, стремящиеся к своей выгоде, создают решения с локальной, частной информацией без детальных сведений о частной информации и о стратегиях других агентов;

– данные, которыми обмениваются агенты, должны быть минимально необходимыми;

– результат должен достигаться за умеренное время с разумными вычислительными затратами;

– если агент может улучшить свое состояние без ущерба для других агентов, он делает это.

Рыночный подход вполне способен обеспечить эти условия. Рынки по своей природе децентрализованы. Агенты принимают решения о заявках и ценах, сообразуясь со своим собственным представлением. Объем сообщений ограничивается заявками, ценами и рыночным механизмом согласования, в результате которого агенты могут приходить к взаимоприемлемому соглашению, что в идеале приводит к равновесию и Парето-оптимальности. В мультиагентных системах (МАС) используются распределенные рыночные механизмы, свойства агентов настраиваются через атрибуты на конкретную предметную область.

В МАС реализуется возможность задать практически любую логику выбора действий агента на основании его виртуальной прибыли в системе так называемых «торгов» за ресурсы.

Мультиагентные системы, которые применяют «рыночный» подход к планированию, обладают наибольшим потенциалом для реализации в распределенных системах планирования проектной деятельности в режиме реального времени.

Заключение

В данной статье рассмотрены существующие методы планирования производственных ресурсов в МАС. Рассмотрены Dcop алгоритмы, которые представляют собой математическую систему, описывающую теорию применения агентов к задачам оптимизации с распределенными ограничениями.

Так же в статье приведена роевая оптимизация в задачах планирования, это эвристический метод предполагает построение по аналогии с коммуникациями и социальным поведением в природных объектах

Широкое распространение в мультиагентном планировании получил рыночный подход, в котором агенты работ и ресурсов обмениваются информацией, участвуют в своеобразных торгах, в результате чего динамически строится расписание, выгодное участникам взаимодействующих сторон.

Литература

1. Автоматизация адаптивного управления производством на промышленном предприятии: учебное пособие / М. В. Андреев [и др.] – Самара: ПГУТИ, 2009. – 184 с.

2. Андреев М.В., Иващенко А.В., Скобелев П.О., Кривенок С.А. Мультиагентная система распределения производственных ресурсов в тяжелом машиностроении // Программные продукты и системы, 2010. –No 3 –с. 100 –104

3. Казанская Интеллектуальная система управления производственным цехом машиностроительного предприятия: учебное пособие / Е. В. Симонова, П. О. Скобелев, И. В. Майоров [и др.]. – ПГУТИ – ООО «НПК «Разумные решения». – Самара, 2014. –183 с.

Генерация макроэлементов на дискретных границах тел в методе внешних конечноэлементных аппроксимаций

А. С. Троценко, email: trotsenko93@mail.ru [1]
М. И. Чижов, email: mihailc@list.ru [1]
А. А. Успехов, email: auspehov@inobitec.com [2]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] ООО Инобитек

Аннотация. *В данной работе рассматривается проблема генерации множества макроэлементов для метода внешних конечноэлементных аппроксимаций (МВКА). Авторами предлагается автоматизированный алгоритм генерации множества макроэлементов для тел с дискретно заданными границами в полигональном представлении. Показан сравнительный анализ производительности представленного алгоритма с его предшественником.*

Ключевые слова: *макроэлемент, МВКА, полигональная модель, препроцессор, расчетная модель.*

Введение

В современном производстве проектирование изделий не обходится без применения систем инженерного анализа, обеспечивающих сокращение стоимости и времени проектирования. Метод конечных элементов (МКЭ) считается одним из самых распространенных методов компьютерного моделирования в данной области. Однако проблема большой размерности данных заставляет задуматься об альтернативных методах. Метод внешних конечноэлементных аппроксимаций [1] можно отнести к одному из таких. Его ключевой особенностью является использование несогласованных конечных элементов – макроэлементов произвольной формы. Метод был реализован в виде модуля Procision для САПР Pro/Engineer [2, 3]. Со всеми преимуществами метод обладает серьезным недостатком – отсутствие автоматизированного генератора множества макроэлементов (препроцессора). В Procision для разбиения исходной 3D модели на макроэлементы используются инструменты САПР. Согласно заявлениям авторов Procision, разбиение модели встроенными инструментами занимает от 5 до 30 минут в зависимости от опыта пользователя. Отсюда было сделано предположение, что такой подход к разбиению оказался для пользователей рутиной и поэтому не стал популярен. В работах [3. 4,3.5] был предложен подход к

© Троценко А. С., Чижов М. И., Успехов А. А., 2019

реализации автоматизированного разбиения тел произвольной формы на макроэлементы, который осуществлялся разделением тел плоскими или цилиндрическими поверхностями. При этом булевы операции отсечений осуществлялись с использованием точного математического аппарата твердотельного моделирования. В настоящей статье предлагается существенное улучшение данного подхода с использованием дискретного геометрического описания границ тел.

1. Общая схема алгоритма разбиения

Метод автоматизированного разбиения построен по принципу «бисектора» - итерационного рекурсивного разбиения модели пополам до достижения требуемой точности разбиения. Для некоторой области S в пространстве (рис. 1), являющейся исходным макроэлементом, создается секатор T – поверхность рассечения тела на две части. Результатом итерации рассечения является множество макроэлементов A_1. Условием сходимости алгоритма является соответствие критерия близости k макроэлемента его пороговому значению e. Критерий близости обозначает близость формы данного макроэлемента к форме описанного вокруг него минимального параллелепипеда B и определяется на диапазоне вещественных чисел от 0 до 1. Если макроэлемент m_1 удовлетворяет условию сходимости, то он будет добавлен во множество макроэлементов A как готовый макроэлемент. В противном случае m_1 будет отправлен на доразбиение рекурсивным вызовом. Таким образом, на выходе алгоритма множество A будет содержать соответствующие условию сходимости макроэлементы.

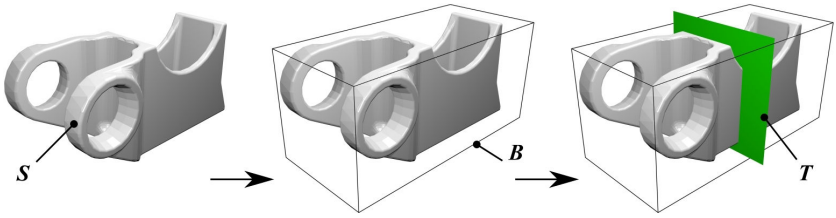


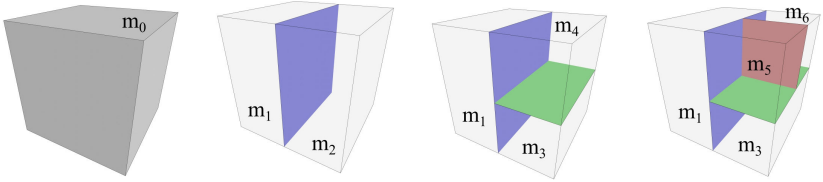
Рис. 1. Общая схема алгоритма разбиения

Реализация алгоритма выполнена с использованием ядра твердотельного моделирования. Вычисление пересечения параметрически заданных геометрических объектов сопровождается исследованием близости поверхностей модели и секатора, точечной аппроксимацией следа пересечения и построением по этим точкам новых кривых и поверхностей в параметрическом представлении [6].

Это довольно трудоемкий процесс, а точность геометрии параметрического представления является избыточной для МВКА. Авторам видится другой, более рациональный подход к разбиению – использование уже готовой дискретной модели, так как, в конечном счете, для МВКА нам требуется дискретная модель. Также предполагается, что такой подход позволит значительно сократить время работы алгоритма.

2. Разбиение модели в полигональном представлении

Представим S как полигональную модель некоторого объекта в пространстве, определенную в виде совокупности связанных между собой множеств узлов, ребер и полигонов. Требуется разбить S так, чтобы все полученные макроэлементы являлись частью ее структуры. При рассечении исходной модели вычисляемые элементы пересечения встраиваются в исходную сетку полигональной модели, дополняя ее. Таким образом, на каждой итерации разбиения данного макроэлемента m_1, происходит добавление в структуру S новых узлов, ребер и полигонов, заполняющих место рассечения (рис. 2). При этом на замкнутых областях полученного разбиения строятся новые макроэлементы, которые определяются как часть модели S и содержат ссылки на образующие полигоны.



а б в г

Рис. 2. Демонстрация процесса разбиения: а – исходная модель, б – итерация 1, в – итерация 2, г – итерация 3

Множество полигонов, полученных в месте рассечения, помечается маркером. Такие полигоны имеют особое правило задания нормалей относительно смежных макроэлементов, которые должны хранить ориентацию этих поверхностей по отношению к себе как 1 или -1. «1» устанавливается, если нормаль поверхности рассечения соответствует нормалям макроэлемента и «-1» - при обратном состоянии.

3. Сравнительный анализ

В таблице ниже приведены результаты разбиения тестовых моделей с иллюстрациями на рис. 3. Последняя колонка таблицы содержит коэффициент снижения времени выполнения полигонального разбиения по сравнению с его твердотельной реализацией.

Таблица

Показатели разбиения моделей для твердотельной и полигональной реализаций алгоритма

№	*e*	Итераций	Макроэлементов	Время разбиения, мс		Улучш, раз
				Твердот.	Полигон.	
1	0,5	3	6	885	337	2,63
2	0,37	7	10	1060	457	2,32
3	0,5	10	14	2911	948	3,07
4	0,2	15	16	7378	1896	3,89
5	0,3	11	12	2165	968	2,24

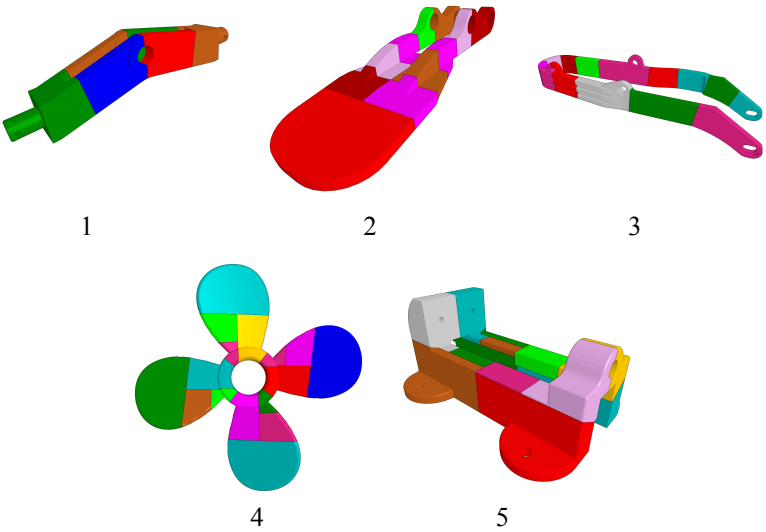


Рис. 3. Картины разбиений тестовых моделей

В среднем на тестовом множестве наблюдается прирост производительности в 2,8 раза. При этом можно отследить тенденцию увеличения эффективности полигонального разбиения при увеличении количества итераций.

Представленные результаты скорости работы алгоритма не являются наилучшими. Профилирование программного кода выявляет значительную трудоемкость этапа поиска минимального описанного параллелепипеда для макроэлемента. На этом этапе имеет место значительный резерв для ускорения при замене ступенчатого метода поиска на градиентный метод.

Заключение

Разработанный алгоритм показал явное преимущество в производительности над своим предшественником. Поскольку генерация дискретной полигональной модели является частью твердотельного моделирования, исходной точностью границ сетки можно легко управлять, задавая соответствующие параметры тесселяции. Использование дискретного описания границ тел исключает использование функциональности твердотельного моделирования для подготовки данных к расчетам по МВКА. Алгоритм рассечения, основанный на дискретном описании тел, оказывается значительно проще своего твердотельного аналога, что придает ему выгодную позицию в освоении и применении.

Список литературы

1. Апанович, В. Н. Метод внешних конечноэлементных аппроксимаций / В. Н. Апанович. – Минск: Вышэйш.шк, 1991. – 171 с.

2. Kurowski, P. Say Good-bye To Defeaturing And Meshing / P. Kurowski // Machine Design. – 2000. – № 17. – С. 71-78.

3. Dvorak, P. Meshless analysis breaks with FEA traditions / P. Dvorak // Machine Design. – 1999. – № 0. – С. 34.

4. Чижов, М.И. Автоматизированное разбиение 3D моделей в методе внешних конечноэлементных аппроксимаций / М.И. Чижов, А.А. Успехов, А.С. Троценко // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : матер. II междунар. научно-практ. конф. / под общ. ред. В.А. Немтинова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2. – Т. I. – С. 211-216.

5. Троценко, А. С. Подготовка сетки макроэлементов с учетом формы тел в методе внешних конечноэлементных аппроксимаций / А.С. Троценко, М.И. Чижов, А.А. Успехов // САПР и моделирование в современной электронике : матер. II междунар. научно-практ. конф. / под общ. ред. Л.А. Потапова. – Брянск : БГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 235-239.

6. Голованов, Н. Н. Геометрическое моделирование : учебник для учреждений высш. проф. образования / Н. Н. Голованов. – М. : Издательский цент «Академия», 2011. – 272 с.

Организация совместного проектирования механических и электрических компонентов летательных аппаратов

А. А. Филимонова, email: filimonova_aa@calsvstu.ru
В. А. Рыжков, email: lexusv8@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассмотрен механизм организации совместной работы при проектировании механических и электронных компонентов летательных аппаратов и подход к интеграции механических САПР и САПР электронных устройств.*

Ключевые слова: *MCAD, ECAD, автоматизированное проектирование, совместное проектирование, интеграция.*

Введение

В современном процессе разработки изделия механическая и электрическая части проекта одинаково важны и требуется сразу обеспечивать взаимодействие между коллективами разработчиков.

При проектировании бортовой кабельной сети (БКС) летательного аппарата необходимо учитывать компоновку самолета, его технические отсеки и уже размещенное оборудование, поэтому требуется организовать обмен данными между всеми используемыми при проектировании летательных аппаратов системами.

1. Выбор средств проектирования

В настоящее время наиболее распространенным является подход использования специализированных САПР электронных устройств (ECAD) и CAD/CAM/CAE систем для построения полной цифровой модели.

Можно выделить следующие требования, к используемым при проектировании БКС средствам САПР:

- Возможность адаптации к стандартам предприятий РФ;
- Наличие программных интерфейсов, позволяющих расширять имеющийся функционал и обеспечить интеграцию с другими используемыми средствами;
- Возможность реализации совместной работы;
- Обеспечение управления проектами и интеграции с PLM системами;

© Филимонова А. А., Рыжков В. А., 2019

– Возможность обеспечить синхронизацию изменений на всех этапах проектирования;
– Автоматизированное формирование настраиваемых отчетов.

Для реализации совместного проектирования были выбраны следующие системы:

– ECAD – ElectriCS Pro Авиация – обеспечивает создание полной информационной модели бортового электрооборудования;
– MCAD – NX – обеспечивает разработку полного электронного макета всего изделия и его составных частей.

2. Этапы проектирования БКС при совместной разработке

Сквозное проектирование обеспечивается обменом данными между системами, отвечающими за электрооборудование и механическую часть. Диаграмма вариантов использования процесса проектирования БКС представлена на рисунке.

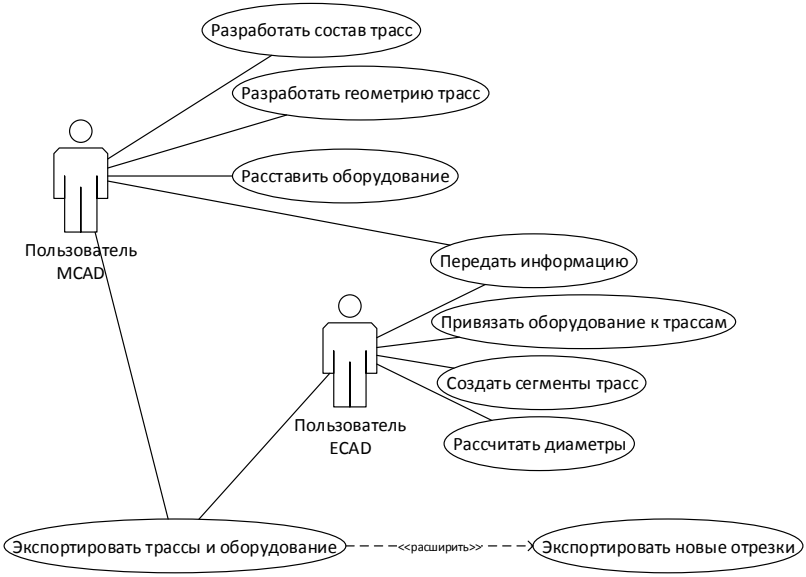


Рисунок. Диаграмма вариантов использования процесса проектирования

Импорт трасс из 3D модели летательного аппарата требуется для:

– Создания или корректировки геометрии трассы или трасс;
– Создания трасс и переходов между ними.

Заключение

Организация обмена данными между MCAD и ECAD при разработке БКС летательных аппаратов обеспечивает сквозное проектирование. Для формирования полного цифрового макета изделия, включающего данные обо всех компонентах требуется использование PLM системы, которая позволит автоматизировать все процессы конструкторско-технологической подготовки производства.

Список литературы

1. Кириллов В. Ю. Проектирование бортовой кабельной сети перспективного летательного аппарата / В. Ю. Кириллов, А. А. Слипаченко [Электронный ресурс]. : «Труды МАИ» – Электрон. журн. – Режим доступа: www.mai.ru/science/trudy
2. Паринов М. В. Информационная система терминального типа оперативного доступа к ресурсам цифрового производства / М. В. Паринов, А. Н. Юров, И. А. Еремин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 123-129.
3. Чижов М. И. Разработка подхода к автоматизации технологической подготовки производства в PLM системе Teamcenter / Чижов М. И., Бредихин А. В. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. № 12-1. – С. 24-26.
4. Юров А. Н. Автоматизация трехмерного проектирования конструкций в системе NX / А. Н. Юров, А. С. Кольцов, Р. Д. Апсалямова // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации : сб. тр. участников XII-ой Международной научно-практической конференции в 4-х томах (Курск, 19-20 марта 2015 г.) – Курск, 2015. – С. 321-324.

Организация проектирования бортовой кабельной сети летательного аппарата под управлением PDM системы

А. А. Филимонова, email: filimonova_aa@calsvstu.ru
В. А. Рыжков, email: lexusv8@mail.ru
М. Б. Кичигина

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В статье представлены компоненты интеграции САПР электронных устройств с PDM системой для обеспечения совместной разработки электронных компонентов.*

Ключевые слова: *PDM, бортовая кабельная сеть, автоматизированное проектирование.*

Введение

Сквозное проектирование электрооборудования летательных аппаратов является одной из актуальных задач. Оно должно включать разработку принципиальных электрических схем, построение трехмерных моделей жгутов в общей модели изделия и подготовку полного комплекта документации.

Для проектирования бортовых кабельных сетей (БКС) летательных аппаратов применяются специализированные САПР электронных устройств (ECAD), основной из которых является ElectriCS PRO 7 «Авиация». Из PDM систем стандартом де-факто для авиастроительной отрасли является Teamcenter.

1. Задачи интеграции ECAD в среду PDM

Использование ElectriCS в среде PDM позволит:

- Организовать взаимодействие всех участников жизненного цикла;
- Хранить все данные об изделии в единой системе
- Исключить дублирование функционала PDM в ECAD системе
- Использовать единые справочники компонентов;
- Организовать управление документами и данными, включая управление электронным макетом и полной цифровой моделью изделия;
- Организовать контроль процесса проектирования и разработки БКС и его результатов;

© Филимонова А. А., Рыжков В. А., Кичигина М. Б., 2019

– Обеспечить полноту и целостность данных всей БКС;
– Создать сквозной процесс проектирования и технологической подготовки производства жгутов;
– Организовать управление доступом к данным БКС всех заинтересованных лиц, в том числе на удаленных площадках.

Под управлением PLM должно осуществляться:
– Разработка;
– Управление ревизиями;
– Согласование;
– Ведение и отслеживание изменений;
– Отправка в архив.

Набор компонентов изделия при проектировании под управлением PDM представлен на рис. 1.

Рис. 1. Компоненты структуры изделия

2. Основные объекты интеграции

Для обеспечения интеграции требуется создать следующие объекты:
– «Проект БКС» содержит целостное видение всего проекта БКС изделия;

– «Проект системы» обеспечивает взаимосвязь проектов систем в рамках бортовой кабельной сети;
– «Система» обеспечивает хранение информации проекта систем;
– «Проекты трасс» организовывает объединение трасс в рамках проекта БКС;
– «Трасса» обеспечивает хранение информации проекта трасс;
– «Жгут» предназначен для описания и хранения информации о жгутах.

3. Процесс проектирования БКС под управлением PDM

Основными категориями пользователей, осуществляющих проектирование БКС являются главный схемник, схемник и конструктор. Диаграмма вариантов использования процесса проектирования представлена на рис. 2.

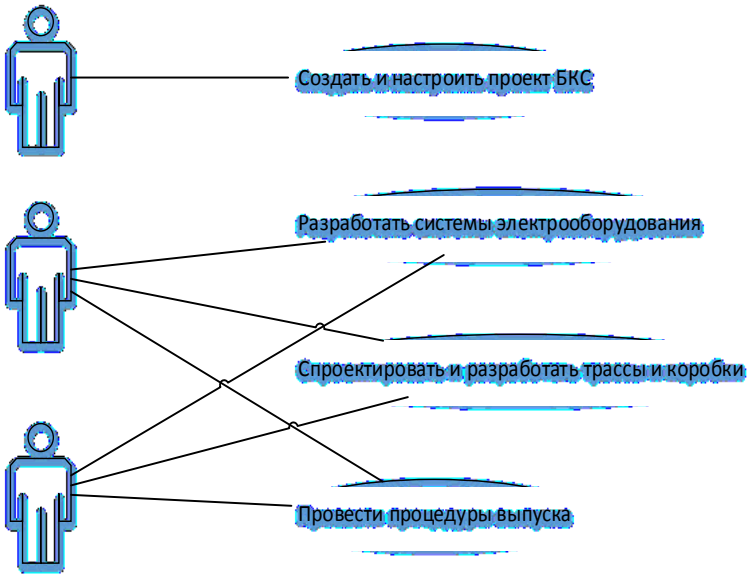


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Заключение

Предложенная модель интеграции САПР электрооборудования и PDM системы позволяет обеспечить сквозное проектирования БКС летательного аппарата. Для реализации интеграции планируется провести доработку компонентов PLM системы и ECAD с использованием API выбранных систем.

Список литературы

1. Кириллов В. Ю. Проектирование бортовой кабельной сети перспективного летательного аппарата / В. Ю. Кириллов, А. А. Слипаченко [Электронный ресурс]. : «Труды МАИ» – Электрон. журн. – Режим доступа: www.mai.ru/science/trudy

2. Паринов М. В. Информационная система терминального типа оперативного доступа к ресурсам цифрового производства / М. В. Паринов, А. Н. Юров, И. А. Еремин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 123-129.

3. Чижов М. И. Разработка подхода к автоматизации технологической подготовки производства в PLM системе Teamcenter / Чижов М. И., Бредихин А. В. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. № 12-1. – С. 24-26.

Цифровизация предоставления брокерских услуг банками в условиях становления цифровой экономики

М. А. Фомичева, e-mail: mari29-1@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Аннотация. *В данной статье рассмотрена проблема цифровизации предоставления брокерских услуг банками в условиях становления цифровой экономики. Выявлена необходимость в улучшении существующего СЭД банка по предоставлению брокерских услуг, что способствует к развитию и прозрачности рынка ценных бумаг страны, а также повысит конкурентоспособность и привлекательность экономической системы страны.*

Ключевые слова: *Цифровизация, финансовый рынок, рынок ценных бумаг, брокерские услуги, дистанционное обслуживание, электронный документооборот, автоматизация бизнес- процессов.*

Введение

Цифровизация несет в себе огромный потенциал для развития банковского сектора. Задача для банков состоит в том, чтобы в новой цифровой эпохе грамотно использовать свои сильные стороны, разрабатывая и внедряя новые бизнес-модели. У банков миллионы клиентов, история их взаимоотношений, доверие населения, банки имеют необходимые инвестиции, чтобы играть ведущую роль в цифровой трансформации финансовых услуг.

Благодаря интернету и информационным технологиям современный финансовый рынок перешел на новую стадию ведения бизнеса и стал электронными финансовым рынком. В соответствии с этими изменениями участникам данного рынка также приходится проходить через цифровую трансформацию. И уже сейчас появляются первые «Цифровые» банки. Основная цель цифровизации банков и их услуг — создание условий безбарьерной реализации клиентом своих потребностей и предпочтений. “Последние тенденции развития бизнес-модели коммерческого банка заключается в переходе к массовому дистанционному обслуживанию” [1]

Одним из препятствий к увеличению количества инновационных банков являются (помимо финансовых затруднений у самих банков)

© Фомичева М. А., 2019

нормы отечественного законодательства. По мнению экспертов, тормозят трансформацию дефицит высококвалифицированных инженеров и разработчиков процедур реинжиниринга бизнес-процессов на базе информационно-коммуникационных технологий, а также имеющиеся в банках средства автоматизации, которые не обладают должной гибкостью и имеют ограничения в использовании. В связи с необходимостью увеличения привлечения инвестиций в национальную экономику, вопрос использования инновационных информационных технологий, в процессе торговли ценными бумагами становиться все более актуальным.

1. Анализ современного состояния отечественного фондового рынка

Российский рынок ценных бумаг и валютный рынок, несмотря на значительный рост и развитие за последнее десятилетие еще значительно отстает в своем развитии от зарубежных рынков по показателю капитализации, занимая лишь 22 место по капитализации среди мировых фондовых бирж на июнь 2018г. Что делает наш финансовый рынок сильно уязвимым от действий иностранных портфельных инвесторов. Одним из главных показателей вовлеченности населения в инвестиционный процесс является показатель доли частных инвесторов в общем количестве участников фондового рынка. На сайте Московской биржи в разделе статистики по клиентам можно найти и проанализировать ситуацию на российском фондовом рынке. Ниже в таблице представлена информация по количеству зарегистрированных клиентов в Системе торгов за период январь-февраль 2017года.

Таблица

Московская биржа. Статистика по клиентам на 2017 год.

Количество зарегистрированных клиентов в Системе торгов (по состоянию на последний день месяца):		
Группы клиентов	**Январь 2017**	**Февраль 2017**
Физические лица	1 605 440	1 541 184
Юридические лица	30 224	30 191
Иностранные лица	14 297	14 174
Иностранные физические лица	6 720	6 603
Иностранные юридические лица	7 577	7 571
Клиенты, передавшие свои средства в ДУ	31 425	34 712
Всего	**1 681 386**	**1 620 261**

Таким образом, только 1,11 % от населения страны участвует в торгах на Московской бирже в качестве физических лиц, что является не достаточным показателем для страны, претендующей на роль мирового финансового центра.

Одной из многих причин слабой вовлеченности российских резидентов в процесс инвестирования на российском биржевом и внебиржевом рынке является:

– низкая финансовая грамотность населения;

– слабая законодательная защита прав инвесторов,

– достаточно низкий уровень автоматизации и электронного документооборота профессиональных участников рынка ценных бумаг, оказывающих брокерские услуги и услуги доверительного управления на рынке ценных бумаг и валютном рынке. Эти причины снижают привлекательность и доступность данных инвестиций для большого количества юридических лиц, относящихся к малому и среднему бизнесу, а так же физических лиц, так как потенциальные инвесторы начинают испытывать значительные трудности в плане несения накладных и временных издержек еще на этапе заключения договора на брокерское обслуживания (в особенности для юридических лиц).Так же отдельные трудности возникают уже после заключения договора в процессе работы на финансовых рынках.

Рассмотрим поэтапно процесс оказания брокерских услуг профессиональным участником в разрезе решенных и еще не решенных вопросов автоматизации (цифровизации) данной деятельности.

2. Заключение договора на оказание брокерских услуг.

На данном этапе проблемы взаимодействия профессионального участника и потенциального клиента значительно разняться для физических и юридических лиц.

Для физических лиц проблема электронного документооборота (далее – ЭДО) на данном этапе практически решена у небольшого количества участников рынка данных услуг. Процесс заключения брокерского договора (открытия брокерского счета) происходит следующим образом:

– потенциальный клиент заходит на сайт брокера в раздел оказания брокерских услуг и выбирает опцию по заключению брокерского договора (открытия брокерского счета);

– для идентификации потенциального клиента система предлагает использовать данные клиента, размещенные им на сайте «Государственные услуг»;

– при согласии потенциального клиента система по предоставленному клиентом ИНН производит обмен данными с базой данных сайта «Государственные услуги» и выводить полученные паспортные данные клиента для отображения в опции заключения брокерского договора, для получения подтверждения от клиента о верификации данных;

– после получения электронного подтверждения, что данные верны, клиент проходит дальнейшую процедуру заключения брокерского договора (выбор тарифного плана, торговых площадок и рынков, регистрация Личного кабинета и получения логина и пароля для входа него). Процесс заключения договора на брокерское обслуживание, как правило, с юридической точки выглядит как направление брокеру Заявления о присоединении к Регламенту оказания услуг на финансовых рынках. В данном случае электронного заявления.

Через определенное время (1-2 дня) клиент получает через Личный кабинет уведомление об открытии брокерского счета и возможности начала работы на выбранных торговых площадках и рынках. Т.е. клиент освобожден от личного присутствия и явки для заключения брокерского договора.

Такая процедура или подобная ей пока реализована у небольшого количества крупных участников рынка брокерских услуг (например: Банк «Открытие», банк «ВТБ»).

Задача дистанционного открытия брокерского счета юридическим лицом в настоящее время не решена. Связано это с проблемой верификации данных юридического лица. Сейчас процедура открытия брокерского счета представляет из себя трудоемкий, сопряженный с накладными расходами процесс:

клиенту-юридическому лицу для открытия счета необходимо предоставить комплект заверенных нотариально учредительных, регистрационных, а также внутренних документов, для полной идентификации юридического лица и его уполномоченных представителей. Все это требует временных и материальных издержек. А также приводит к так называемому охлаждению первоначального желания потенциального клиента заключить договор на брокерское обслуживание.

3. Решение проблемы автоматизации бизнесс-процесса: заключения договора на оказание брокерских услуг юр. лицам.

Проблема могла быть решена следующим образом: аналогичный комплект документов юридическое лицо представляет в налоговый орган по месту нахождения для получения номера государственной регистрации в ЕГРЮЛ, а также регистрации произошедших изменений в учредительных документах и данных уполномоченных представителей. Логично было бы использовать базу данных зарегистрированных юридических лиц индивидуальных предпринимателей, имеющуюся в Едином государственном реестре юридических лиц для верификации юридического лица и его уполномоченных представителей в целях открытия брокерского счета.

Для этого необходима организация электронного документооборота между клиентом – юридическим лицом, брокером и федеральной налоговой службой.

Процедура открытия счета для юридического лица или индивидуального предпринимателя могла бы представлять следующий процесс;

– потенциальный клиент на сайте брокера заполняет в электронной анкете данные, необходимые для открытия брокерского счета (учредительные и регистрационные данные организации, и уполномоченных представителей);

– система запрашивает клиента о согласии получения данных по учредительным и регистрационным документам из базы данных ФНС по номеру ЕГРЮЛ;

– клиент дает согласие, которое транслируется оператору базы данных ФНС;

– из базы данных ФНС приходит подтверждение указанных в электронной анкете данных клиента, а также цифровые копии учредительных документов и документов подтверждающих полномочия уполномоченных представителей юридического лица;

На основе полученных данных, а также выбранных опций клиента (выбор тарифного плана, рынков, торговых площадок, формируется электронное заявление на присоединение к регламенту оказания услуг на финансовых рынках, отправляемое нажатием соответствующей опции брокеру для принятия в работу.

Таки образом Развитее Дистанционного банковского обслуживания, для клиента банка, который включает в себя развитее СЭД важно так как «в условиях цифровой экономики данные в цифровом виде становятся обязательным атрибутом производства , в связи с чем автоматизация бизнес-процессов документооборота компании посредством внедрения системы электронного документооборота (СЭД) позволит существенно повысить точность принятия решений за счет получения, сохранения, обработки и распространения актуальной информации с учетом ее стратегических приоритетов. Внедрение СЭД позволит отслеживать состояние любого документа на протяжении всего его жизненного цикла в более короткие сроки» [2].

Заключение

Решение вопроса автоматизации заключения договора на брокерское обслуживание позволит повысить привлекательность данного вида инвестиционных операций, решить проблему доступности данной услуги для юридических и физических лиц, находящихся

территориально вне области действия профессиональных участников рынка ценных бумаг, снизить сопутствующие накладные расходы.

Для эффективного оказания брокерских услуг важно владеть новейшими компьютерными технологиями, а также повышать доступность информационных услуг клиенту так как «в условиях осложнения условий финансовой деятельности отечественных банков, в значительной степени лишенных доступа к дешевым денежным средствам на мировых рынках, прибыль существенно зависит от использовании новых, особенно инновационных, банковских технологий» [3].

Литература

1. Артемьев, А.В. Затраты на информационные технологии в банковском секторе: эффект. Проблемы/ А.В. Артемьев, О.С. Лобанов, В.Ф Минаков // Международный научно-исследовательский журнал. - 2014. - №1-1 (20). - С. 25-26.

2. Макарчук, Т.А. Система требований к обеспечению эффективного электронного документооборота компаний малого и среднего бизнеса/ Т. А. Макарчук, В. Ф. Минаков, И. А. Макарчук // Фундаментальные исследования. - 2017. - №10-3. - С. 477-482.

3. Минаков В.Ф. Концептуальная модель информационно-экономической безопасности банков / В.Ф. Минаков // В кн.: Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2015): Материалы конференции. СПб.: Санкт-Петербургское Общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления, 2015. – С. 221-222.

Разработка базы прецедентов типового нефтеперерабатывающего завода для формирования информационной системы управления пожарной безопасностью

Г. Мусайбеков, e-mail: Lettermus@mail.ru
Р. Ш. Хабибулин, e-mail: kh-r@yandex.ru

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

Аннотация. *На основе методологии управления техносферной безопасностью сложных систем с применением метода прецедентов представлен проект разработки базы данных для типового нефтеперерабатывающего завода как основы формирования информационной системы управления пожарной безопасностью.*

Ключевые слова: *база данных, метод прецедентов, управление пожарной безопасностью, нефтеперерабатывающий завод.*

Введение

Управление техносферной безопасностью сложных систем основывается на опыте разработки и внедрения моделей автоматизации выполнения функций и задач управления сложными объектами, что дает возможность формировать принципиально новую модель управления безопасностью [1] для создания соответствующей информационной технологии. В основу разработки положена цель – способность объекта функционировать по назначению, нарушение которой активизирует срабатывание системы безопасности. Система безопасности рассматривается в исследовании на примере нефтеперерабатывающего завода как объекта управления на уровне гарантирования стабильного рабочего состояния производственных компаний Республики Казахстан.

На начало 2018 г. нефтеперерабатывающими компаниями в Республике Казахстан являются 3 завода: Атырауский, Павлодарский и Шымкентский НПЗ [2].

Для определения удельного веса затрат и вероятности возникновения пожаров проведено комплексное исследование, и рассчитана корреляционная зависимость данных по трем показателям: частота возникновения ЧС по причине пожаров, общий ущерб от пожаров за исследуемый период (по годам), показатели годовых расходов ПНПЗ (Павлодарский нефтеперерабатывающий завод) на пожарную безопасность и в результате получены следующие данные:

© Мусайбеков Г., Хабибулин Р. Ш., 2019

Рис. 1. Анализ ущерба и затрат на предотвращение пожаров на ПНПЗ РК в 2009-2017 гг., в % [3]

Рис. 1 показывает, что уровень техносферной безопасности ПНПЗ РК находится на одном уровне с 2009 по 2017 гг., однако, расходы на обеспечение систем безопасности растут ежегодно. Фактически это означает рост проблем обеспечения безопасности НПЗ.

По результатам обработки данных получен результат, что прямой связи между расходами на обеспечение техносферной безопасности и ее уровнем не обнаружено. Точка безубыточности пожарной безопасности не достигнута и положительной динамики в целом не наблюдается. То есть большие расходы на пожарную безопасность не гарантируют уменьшение ущерба от пожаров и снижения их количества на НПЗ РК. Данный результат указывает на необходимость поиска управленческих решений по организации более эффективного использования имеющихся ресурсов противопожарной защиты НПЗ. Данные аспекты состояния нефтеперерабатывающих предприятий и их противопожарных систем, отсутствие совершенных моделей, необходимых для реализации управленческого процесса в указанной сфере, приводят к пониманию необходимости проектирования технологии обработки информации для принятия управленческих решений. При этом модели обработки информации для системы поддержки принятия решений (СППР) в системе защиты безопасности нефтеперерабатывающего предприятия [4] должны отражать условия неопределенности влияния различных факторов на процесс

формирования решений и использовать наряду с формализованными неформализованные процедуры.

Разработка СППР

Главной целью информационной СППР на уровне задействования автоматизированной подсистемы является подключение модуля предварительной обработки информации по методу прецедентов [3, 4]. Данный метод позволит выполнить действия, чтобы не допустить переход аварийной ситуации в полномасштабную аварию: какие автоматизированные средства, в каком количестве, с каким объемом были ранее использованы и какие нужно задействовать сейчас для обеспечения наиболее эффективной локализации и ликвидации аварии.

На ситуационном уровне обработки информации для СППР с обеспечением противопожарной защиты НПЗ, который начинает работать еще при получении сигналов о выходе технологического процесса за пределы допустимого, происходит передача управления ситуацией на объекте к внешней системе управления (Рис. 2).

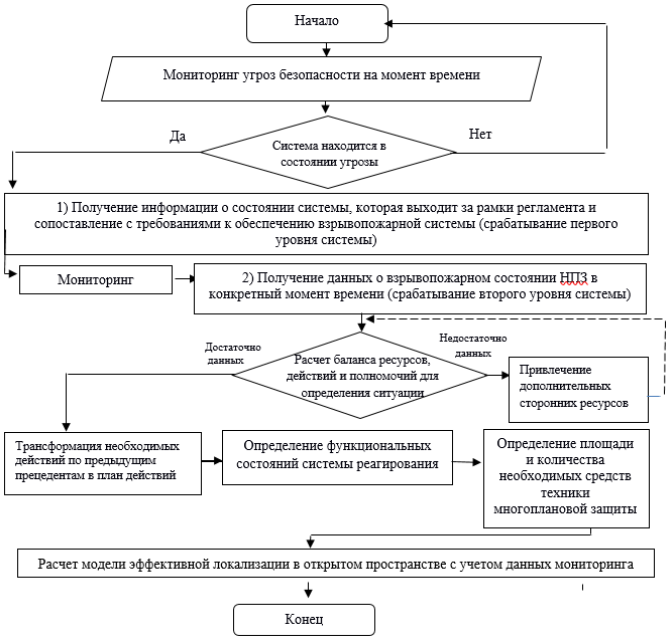


Рис. 2. Реализация обработки информации на ситуационном уровне (базовый цикл)

На основе предложенного подхода алгоритмические модели обработки информации для СППР по методу прецедентов показывают определенный цикл работы системы пожарной безопасности, согласно которому можно заранее выбрать необходимую информацию для поддержки решения в ситуации. Все это полностью удовлетворяет требованиям, выдвигаемым к моделям жизнеспособных систем гарантирования безопасности с учетом специфики НПЗ и доказывает возможность практической реализации по стандартам. Предложенная модель является базисом для разработки информационной СППР и формирует базу для перехода от качественного описания результатов решений к количественному. В данном исследовании предложена концепция, при которой базис для СППР представлен в виде базы данных взаимосвязанных элементов (единиц информации, прецедентов) и от качества их описания (стандартизация, заложенная в алгоритме) зависит скорость принятия решений. Чем больше степень неопределенности, тем большее количество циклов совершит система. Для обеспечения защиты от растущего времени принятия решений важно разработать зоны локализации прецедентов – системы их групповой идентификации.

Для формирования системы анализа прецедентов была реализована работа с архивными данными по ПНПЗ. Непосредственно на предприятии в службе безопасности по официальному запросу был получен перечень документов, свидетельствующих о возникновении и особом порядке ликвидации пожаров.

На основе анализа нормативных актов по противопожарной защите Павлодарского нефтеперерабатывающего завода создано «дерево» прецедентов по рискам пожарной безопасности НПЗ.

Кроме вышеуказанных средств СППР, предложенный подход позволяет пожарной охране получить информацию о реальном состоянии готовности предприятия противостоять каждому типу вероятной угрозы, определенной из базы прецедентов. Предложенный подход не отбрасывает экспертное оценивание эффективности работы, а лишь дополняет экспертные методы математическим обоснованием.

Заключение

Таким образом, формирование базы прецедентов и разработка алгоритма его интеграции в систему пожарной защиты НПЗ являются важной задачей для НПЗ. В условиях ПНПЗ с учетом вероятного ущерба от пожарных рисков данная система должна работать в трех режимах: превентивно, в режиме реального времени и как средство анализа эффективности противопожарных средств. В дальнейшем планируется продолжение исследований в области разработки моделей, алгоритмов и

специального программного обеспечения управления противопожарной защитой объектов нефтехимической промышленности с использованием прецедентного подхода.

Рис. 3. Дерево прецедентов противопожарной защиты ПНПЗ РК

Литература

2. Хабибулин, Р.Ш. Интеллектуализация управления пожарной безопасностью на объектах хранения нефти и нефтепереработки / Р.Ш. Хабибулин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2015 №. 1 – С. 29-31.

3. Чемезов, Е.Н. Система управления промышленной безопасностью на нефтеперерабатывающих заводах / Е.Н. Чемезов, Д.Ф. Рахмонов // Символ науки. – № 2(1). – 2017. – С. 111-115.

4. Карпов Л. Е., Юдин В. Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ispras.ru/proceedings/docs/2007/13/2/isp_2007_13_2_37.pdf

5. Макарова Е.С. Исследование влияния параметров нечеткой модели на точность классификации прецедентов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – № 4. – 2016. – С. 7-18.

Разработка библиотеки для цилиндрических соединителей

Д. В. Цымбал, email: paranoidts@yandex.ru
В. А. Рыжков, email: lexusv8@mail.ru
И. А. Еремин, email: eremin.ivan@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы создания прикладной библиотеки построения цилиндрических соединителей типа 2РТТ, выбора оптимальной схемы построения изделия, алгоритмизации создания конструктивных элементов изделия и выполнения сборки узла.*

Ключевые слова: *Библиотека стандартных изделий, CAD система, соединитель цилиндрический, Solid Edge, Application Programming Interface, API.*

Введение

Разработка автоматизации конструкторского и технологического процесса необходимы для реализации и визуализации проектирования. Созданная программа должна быть удобна и понятна людям, не имеющим представление о данном виде программного продукта. Одной из главных особенностей создания библиотеки модели деталей является параметризация, которая должна включать в себя оптимальный способ построения конечного результата модели. Задание, данное преподавателем, состоит в разработке приложения цилиндрических соединителей.

1. Анализ конструкции стандартных изделий

Для выполнения работы необходимо ознакомится со справочными материалами по этой теме. Так как существует множество различных цилиндрических соединителей, было решено остановиться на соединителе типа 2РТТ.

Данные соединители предназначены для работы в электрических цепях постоянного, переменного (частотой до 3 МГц) токов при напряжении до 850 В (амплитудное значение).

Соединители состоят из двух частей: вилки и розетки. Покрытие контактов – серебро.

Пример цилиндрического соединителя типа 2РТТ представлен на рис. 1.

© Цымбал Д. В., Рыжков В. А., Еремин И. А., 2019

Рис. 1. Пример цилиндрического соединителя типа 2РТТ

2. Разработка приложения цилиндрических соединителей

При проектировании библиотеки вначале нужно произвести ручное построение для выбора оптимального результата. Далее необходимо создать интерфейс с обозначениями имеющихся классификационных признаков, таких как: условный размер корпуса, диаметр контактов, количество контактов, а также создать наглядное представление выбранных параметров в виде изображения.

Пример готового интерфейса представлен на рис. 2.

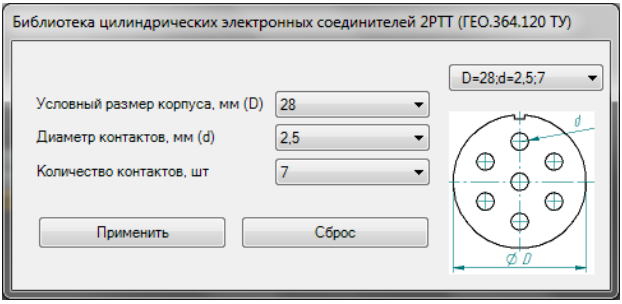


Рис. 2. Пример интерфейса

После того как был создан интерфейс, мы переходим к реализации исходного кода.

Программа будет состоять из четырех деталей: розетки, контактов, центрального контакта (в зависимости от выбранных параметров) и вилки.

При создании розетки необходимо спроектировать корпус, соединительный паз, в который будет входить вилка и в дальнейшем закручиваться, и отверстия для расположения контактов.

Конструкция вилки будет состоять из следующих элементов: квадратный корпус для закрепления вилки, цилиндрический корпус самой вилки, соединительный паз, который будет скреплять вилку и розетку, отверстия для расположения контактов и отверстия для закрепления вилки.

Так как количество контактов может быть разным в зависимости от выбранного параметра, то для этого мы воспользуемся такой операцией как массив.

Все созданные детали заносятся в сборку, где можно увидеть необходимое цилиндрическое соединение.

3. Тестирование разработанной библиотеки

Тестирование разработанной библиотеки производилось при помощи изменения переменных корпуса, диаметра контактов и количества контактов. При выборе данных параметров создавались детали, а затем и сборка. К примеру, если было выбран размер корпуса 20, диаметр 2.5, то количество контактов могло быть или 2, или 3, или 4, или 5, но если выбрать размер корпуса 28, диаметр 2.5, то будет создано 7 контактов, при этом один из них будет являться центральным. Пример сборки цилиндрических соединителей, полученных при помощи разработанной библиотеки, представлен на рис. 3.

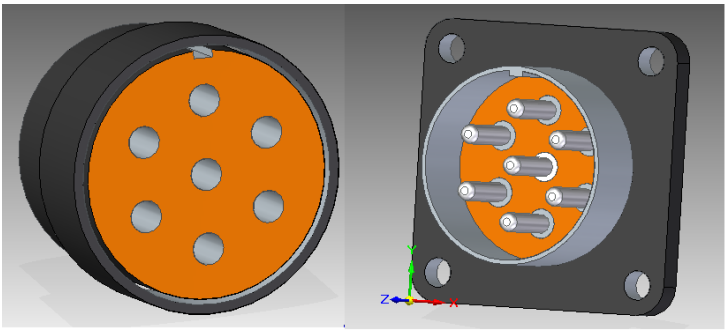


Рис. 3. Пример программного цилиндрического соединителя типа 2РТТ

Заключение

Данная статья посвящена разработке и реализации библиотеки цилиндрического соединителя типа 2РТТ. В ней были описаны элементы построения деталей, для создания самой разрабатываемой библиотеки. В итоге данной разработки получилась полностью рабочая программа, включающая в себя интерфейс понятный пользователю и

программную библиотеку. Использование данного приложения позволяет выбрать параметры для нужного цилиндрического соединителя, которое зависит от размера корпуса, диаметра контактов и количества контактов.

Список литературы

Соединители и разъемы штепсельные, зажимы коробки. Каталог-перечень оборудования [Текст] / КПО 02.05.09-06.

.NET Programmer's Guide – Solid Edge Synchronous Technology API [Электронный ресурс] : Solid Edge, Siemens PLM Software. – Режим доступа https://www.plm.automation.siemens.com /zh_cn/Images/Solid_Edge_API_tcm78-125829.pdf

Килина, А. А. Создание единого хранилища производственных данных / А. А. Килина, М. В. Паринов, М. И. Чижов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 12-2. – С. 32-35.

Гусев, П.Ю. Возможности применения API интерфейса Tecnomatix Plant Simulation / П.Ю. Гусев, Д.Е. Пачевский, В.В. Сокольников // Современные инновации в науке и технике : сборник научных трудов 6-ой Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 76-78.

Ветохин, В.В. Кинематический анализ авиационных механизмов в системе NX / В.В. Ветохин, А.Ю. Мануковский // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 4-3. – С. 615-618.

Чижов, М.И. Методология моделирования сборочных единиц в контексте жизненного цикла изделий / М.И. Чижов, А.В. Бредихин, А.Ю. Мануковский, В.С. Козинский // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: Секция 12. САПР и цифровые технологии. – 2017. – С. 336-340.

Подоляк, С.А. Системы обеспечения надежности современного цифрового производства / С.А. Подоляк, М.В. Паринов, В.Г. Горбунов // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии сборник материалов XVII международной научно-методической конференции: Секция 12. САПР и цифровые технологии. – 2017. – С. 327-329.

Д.Е. Пачевский Методология решения проектных задач с помощью средств вычислительной техники / Д.Е. Пачевский, В.В. Сокольников, А.А. Филимонова; под ред. Н. А. Тюкачева // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии Материалы XVI Международной научно-методической конференции. – 2016. – С. 381-385.

Особенности поддержки жизненного цикла изделий при производстве летательных аппаратов

М. И. Чижов, email: mihailc@list.ru [1]
М. В. Кузнецов, email: ogt@vmail.ru [2]
Д. В. Лысов, email: ogt@vmail.ru [2]
М. Б. Кичигина, email: kichiginamarina@rambler.ru [1]

[1] Воронежский государственный технический университет
[2] ПАО ВАСО

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности конструкторско-технологической подготовки производства деталей и агрегатов летательных аппаратов в рамках цифрового производства.*

Ключевые слова: *жизненный цикл изделий, цифровое производство, цифровой макет, PLM Teamcenter, технологическая подготовка производства.*

Введение

Проектирование и производство сложных изделий, к которым относятся летательные аппараты сегодня немыслимо представить без понятия «цифровой макет». Проектирование таких изделий достаточно давно освоено конструкторскими бюро, а вот конструкторско-технологическая подготовка их производства на предприятиях сталкивается с серьезными проблемами. В первую очередь следует отметить, что производство не готово к работе с цифровыми макетами. Соответственно, невозможно управление жизненным циклом производства изделий или управление будет неэффективным.

1. Особенности конструкторско-технологическая подготовка производства на базе цифровых макетов

Системы управления жизненным циклом изделий (ЖЦИ) достаточно давно занимают важное место в работе различных машиностроительных предприятий. Эти системы охватывают все стадии процесса производства изделия, начиная с момента необходимости в данном объекте и заканчивая полным выводом этого объекта из эксплуатации, а также его дальнейшей утилизации. Однако производство, в частности, конструкторско-технологическая подготовка

© Чижов М. И., Кузнецов М. В., Лысов Д. В., Кичигина М. Б., 2019

производства изделий в большинстве случаев не готова к работе с полностью цифровым определением изделий.

Это обусловлено следующими факторами:

– рабочие не имеют навыков работы в CAD/PDM системах
– стоимость специализированного ПО высока
– интерфейс ПО не адаптирован под задачи и квалификацию работников цехов
– высокая стоимость защищенной компьютерной техники

Кроме того, в большинстве своем системы поддержки ЖЦИ - это программные комплексы зарубежных производителей. Одним из ярких представителей которых является Teamcenter компании Siemens PLM Software.

Главная задача систем ЖЦИ - это реализация работы в едином информационном пространстве. Кроме этого есть возможность управлять информацией и облегчать доступ к данным об изделии на протяжении всего его цикла существования. В случае работы со специальной техникой невозможными оказываются как работа в едином информационном пространстве на протяжении всего ЖЦИ, так и управление данными о нем.

Конечно же использование программных комплексов поддержки ЖЦИ упрощает процесс изготовления изделий, работы с документацией и всем, что сопутствует процессу производства, но так как это продукты зарубежных производителей, как отмечалось выше, эти продукты затруднительно применять на различных закрытых производствах, так как вся информация должна оставаться в пределах того или иного предприятия.

Таким образом, важной задачей становится импортозамещение и разработка программного обеспечения, позволяющего настраивать систему под конкретные нужды производства, обладающего достаточной гибкостью для обеспечения настройки бизнес-процессов и охватывающего все стадии жизненного цикла изделия, в том числе, на цеховом уровне. На рис. 1 показана схема реализации использования цеховых терминалов и мобильных устройств при управлении ЖЦИ на цеховом уровне.

Одним из главных элементов в разрабатываемой системе является управление данными внутри системы, а также доступ к файловому хранилищу, создание нужных объектов для настройки и редактирования системы, а также обеспечение корректной связи между элементами системы.

Важно понимать, что ни одна подобная система не будет эффективно работать, не имея в своей основе хорошо спроектированной

СУБД. Именно проработанная архитектура базы данных обеспечит программе необходимую гибкость для настройки ее модулей, удобной работы пользователей в едином информационном пространстве.

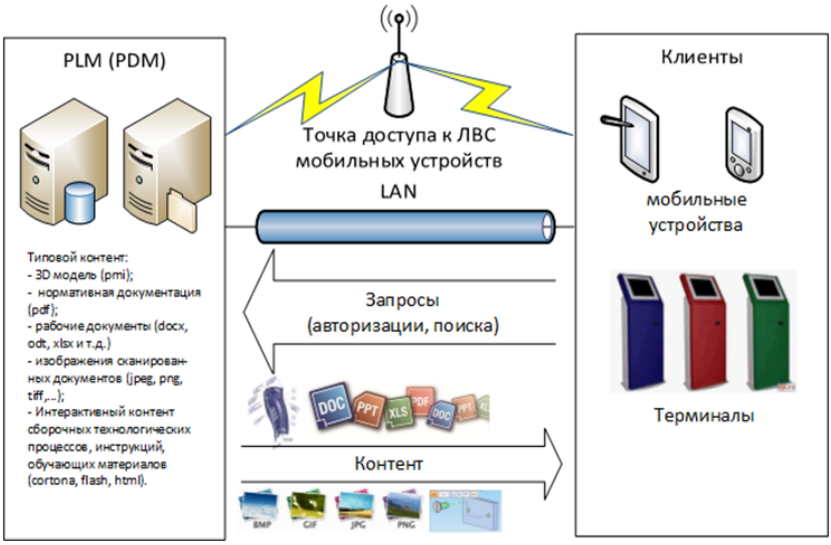


Рис. 1. Схема реализации управления ЖЦИ на цеховом уровне

Общий вид цехового терминала представлен на рис. 2.

Рис. 2. Общий вид цехового терминала10

Терминал предоставляет:

– защищенный доступ к инженерной базе предприятия,
– поиск деталей, сборочных единиц, технологических процессов,
– просмотр информации об изделии,
– просмотр цифровых макетов,
– визуализацию интерактивных технологических процессов, доступ к корпоративной почте,
– печать документов.

2. Проблема управления ЖЦИ специальных изделий

Как отмечалось выше, при производстве и эксплуатации специальных изделий возникает проблема поддержки и управления их ЖЦ вследствие невозможности применения зарубежных программных продуктов. Выход здесь один – импортозамещение.

Существуют отечественные разработки такого класса. В частности, решения компаний «Аскон», T-FLEX и др. Однако остается вопрос поддержки используемых, в частности в самолетостроении, наработок в зарубежных системах CAD. На наш взгляд выходом из этой ситуации является разработка PLM системы, учитывающей это требование, например, представленной на рис. 3. На рис. 4 представлен редактор данных PLM системы.

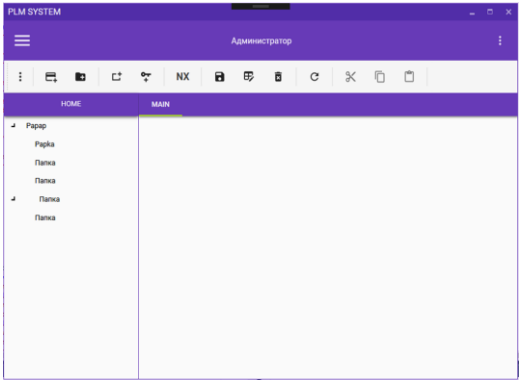


Рис. 3. Интерфейс PLM системы.

Кроме того, для решения проблемы необходима сертифицированная СУБД. Одним из вариантов является использование такой СУБД, как Линтер. Она прекрасно справляется с решением задач управления информацией, с обработкой и хранением информации в автоматизированных системах управления. Кроме того, у нее достаточно

высокая степень защиты информации, что, конечно важно для предприятий.

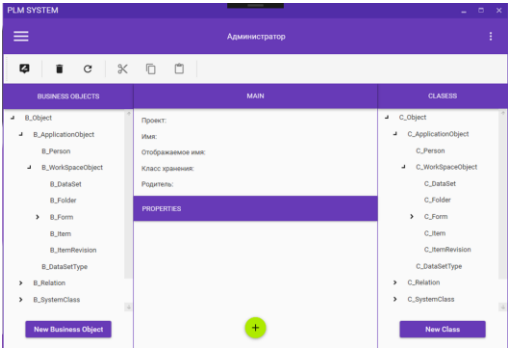


Рис. 4. Редактор модели данных

Заключение

Таким образом, в работе рассмотрены основные особенности и проблемы поддержки ЖЦИ, в том числе, спецтехники. Предложены пути и средства их решения.

Список литературы

1. Бредихин А.В. Разработка кастомизированной модели данных Teamcenter / А.В. Бредихин, Ореховская И.Л. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – № 12-2. – С. 11-13

2. Бредихин А.В., Подходы к организации взаимодействия участников проекта в рамках ЖЦИ / А.В. Бредихин, Ю.М. Школьникова // Сборник: Информатика: проблемы, методология, технологии. материалы XV международной научно-методической конференции. 2015. – С. 284-288.

3. Бредихин А.В., Использование объектно-ориентированных технологий в разработке приложения проектирования бизнес-логики PDM системы / А.В. Бредихин, М.Б. Кичигина // В сборнике: Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве Труды Международной научно-технической конференции. 2017. – С. 34-36.

Международная школа-конференция «ИНФОРМАТИКА В ОБРАЗОВАНИИ»

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 1
Методика преподавания информатики

Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования

Г. В. Абрамян, email: abrgv@rambler.ru

Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *в статье рассматриваются методы и формы HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования, рассматриваются основные тенденции и технологии системы непрерывного образования и деятельности преподавателя в современных условиях. Раскрываются подходы к определению понятия High-Hume технология, приводятся цели High-Hume технологий. Предлагается перечень мероприятий и инструментов для адаптивного High-Hume «встраивания» в современный учебно-познавательный и социально-культурный контент образования.*

Ключевые слова: *HIGH-HUME обучение, HIGH-TECH образование, учебно-познавательная деятельность, социально-культурный, контент, управление ресурсами человеческого сознания.*

Система непрерывного образования в условиях High-Tech достижений переживает период кардинальной реорганизации и глобализации, [1] [2] [3] в образовательный процесс активно внедряются новые технологии. [4] [5] Широкодоступными становятся: 1) электронные (цифровые) ресурсы ведущих библиотек и научных центров, 2) научные и учебно-методические материалы известных ученых, преподавателей и экспертов наиболее передовых научных центров, учебных заведений, предприятий и организаций. [6] [7] Цифровизация российского образования приводит к кардинальной перестройке образовательных процессов, происходит переосмысление роли педагогов, функциями которых в новых условиях становится не изложение учебного контента и фактов, а помощь в поиске источников знаний и информации, помощь обучающимся в методах и формах анализа и освоения учебного контента и компетенций на основе High-Tech технологий. В условиях цифровизации учебного процесса преподавателям необходимо перестраивать систему подготовки учебных заданий для обучающихся, необходимо разрабатывать индивидуальные образовательные траектории для каждого учащегося, поддерживая

© Абрамян Г.В., 2019

каждый индивидуальный учебный процесс уникальными наборами кейс-заданий, выполняя которые обучающиеся демонстрирует творческий подход и компетенции по анализу, классификации, сравнению, отбору информации и знаний, взаимодействию с окружающими. Для этого преподавателю необходимо использовать новые технологии обучения на основе искусственного интеллекта, инструментов высоких гуманитарных технологий (High-Hume) обучения и сервисного подхода. [8] Сервисный подход позволит преподавателю оперативно формировать кейсы с индивидуальными творческими заданиями ответы на которые обучаемый не сможет получить с помощью сетевых гаджетов. [9]

Под High-Hume мы понимаем: 1) креативные/творческие технологии инноваций в социогуманитарной сфере с целью эффективного управления поведением и сознанием других людей, [10] 2) технологии изменения человеческого поведения, его взаимоотношений и сознания, 3) методику нематериального воздействия на массовое сознание людей, 4) высокие гуманитарные технологии, предметом которых является преобразование био-социальной природы человека с целью трансформации его генетического, когнитивно-логического и социокультурного кодов, [11] 5) технологию социального программно-алгоритмического моделирования реальных социальных объектов и моделей человека цифрового общества на основе упрощения синтаксиса, семантики, фразеологии и прагматики языков коммуникаций, виртуализации и симулирования реальных процессов.

Целями High-Hume в настоящее время, как правило, являются поддержка противостояния различных ценностей, философий и мировоззрений между людьми, различными системами и странами. [12] С точки зрения: 1) финансов High-Hume способствует ускорению роста потребления, 2) геополитики High-Hume позволяет переформатировать массовое сознание для обеспечения необходимого уровня лояльности к общественной системе или идеологии, 3) технологий управляемой эволюции High-Hume позволяет расширить физические, умственные и психологические возможности человека, ликвидировать человеческие страдания, в том числе компенсировать проблемы старения и смерти.

По нашему мнению инструменты высоких гуманитарных технологий High-Hume, технологии искусственного интеллекта и методы индивидуальной High-Hume поддержки обучения, в том числе на основе сервисного подхода помогут решить проблему подготовки «отстающих» и/или не имеющих «удовлетворительных» компетенций обучающихся. [13] Как правило, в традиционной системе подготовки содержательные и временные показатели образовательных траекторий

рассчитываются с учетом уровней поддержки либо наиболее одаренных, либо преподаватели ориентируются на средний уровень успеваемости. Неуспевающие учащиеся часто остаются вне зоны активной работы и внимания преподавателей и постепенно у них формируется отрицательное отношение к учебе, а в дальнейшем и интеллектуальному труду и знаниям в целом. В этой связи актуальной методической задачей является разработка таких учебных материалов, которые позволят отстающим стать успешными в интересующих их областях, тем самым исключив обучающих из группы граждан потенциального социокультурного риска (криминальных, озлобленных, алко и наркозависимых, не желающих работать на благо семьи и общества, учится самостоятельно, самосовершенствоваться на протяжении всей жизни, учить своих детей и коллег). Исследования психологов показывают, что стереотипы неуспешности зачастую формируются у детей на ранних стадиях их развития, поэтому чрезвычайно важно как можно раньше начать использовать методики адаптивного и коррекционного обучения. Необходимо создавать и внедрять параллельно действующие алгоритмы обучения и помощи как для самых одаренных, интеллектуально развитых и умных, так и для успевающих на «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно», тем самым методическая часть образовательного процесса должна становится всё более и более специализированной уровневой и узконаправленной.

На практике для этого предлагается разрабатывать и использовать: 1) High-Hume инструменты обеспечения и поддержки вариативности образовательных услуг, 2) средства High-Hume персонализации образования, 3) репозитарные средства High-Hume виртуализации учебной деятельности и результатов обучения, 4) виртуальные и моделирующие образовательные и социокультурные High-Hume среды воспитания и развития, 5) методики разработки, мониторинга и фиксации персональных траекторий и результатов развития обучаемых в цифровых High-Hume образовательных средах, 6) методики резервирования перспективного кадрового потенциала на основе результатов персональных траекторий High-Hume развития обучаемых, 7) профили уровневых компетенций и персональных High-Hume траекторий развития.

Для реализации этих задач предлагается использовать инструменты высоких High-Tech технологий, интегрируя их с аппаратными и программными средствами распределенных информационных систем, [14] High-Tech мобильными гаджетами, методами и средствами маркетинговых коммуникаций с элементами автоматизированного

управления ресурсами человеческого сознания. [15] Инструменты High-Tech позволят педагогам [16] реализовать элементы адаптивного High-Hume «встраивания» актуального образовательного и воспитательного контента в сложившиеся у обучаемых стереотипы, установки, ценностные и мотивационные составляющие, в структуру языка общения, стиль поведения, одежду, которые в свою очередь должны обеспечивать выстраивание новых или развитие сложившихся связей между интересами обучаемого и общества.

На практике использование High-Tech технологий можно реализовать в виде интегрированного учебно-воспитательного и социально-культурного контента с использованием инструментов High-Hume: 1) суггестивной лингвистики, 2) речевых паттернов, 3) рефрейминга, 4) словообразования, 5) консультационно-архетипических технологий, 6) теории решения изобретательских задач, 7) информационных средств и технологий массовых коммуникаций на базе ATL, BTL, TTL форм взаимодействия, 8) эстетически гармоничных, красивых и внешне приятных моделей, образов, изображений, текстов, 9) средств сенсорного воздействия на обучаемого на психофизиологическом уровне (цвет, звук, запах и др.), 10) средств трансляции положительного учебно-познавательного, социально-культурного и жизненного опыта, который передается окружающими или коллегами позволяющих сформировать положительное отношение к разнообразному контенту вызывая желание ближе с ним познакомится.

Список литературы

1. Абрамян, Г. В. Социально-экономические аспекты и задачи подготовки педагогических кадров на современном этапе / Г.В. Абрамян // Информатика -исследования и инновации ЛГОУ. – СПб., 1999. – С. 45-51.

2. Абрамян, Г. В. Инвестиционно-кредитная модель организации наукоемкого высшего образования в условиях глобализации трудовых рынков и производств / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 8-2. – С. 275-279.

3. Абрамян, Г.В. Система непрерывного образования в условиях информационной среды / Г.В. Абрамян // Педагогические чтения: философия, педагогика, образование. – СПб.: ЛГОУ, 1997. – С. 62-65.

4. Абрамян, Г.В. Возможности образовательных технологий в системе компьютерных коммуникаций / Г.В. Абрамян // Информатика - исследования и инновации. – СПб.: ЛГОУ, 1999. – С. 58-60.

5. Федоров, К.П. Эвристические программные средства и их использование с целью развития информационно-коммуникационных

компетенций учащихся школ лингвистического профиля / К.П. Федоров, Г.В. Абрамян // "РИ-2014". – 2014. – С. 375.

6. Абрамян, Г.В. Инновационные технологии нелинейного развития современного образования для подготовки кадров сферы сервиса и экономики в информационной среде / Г.В. Абрамян // Проблемы развития экономики и сферы сервиса в регионе СПб ГУСЭ. – Сыктывкар, 2012. – С. 188-190.

7. Абрамян, Г.В. Инфотелекоммуникационные проблемы, риски и угрозы высокотехнологичных зон, научных парков и инкубаторов в науке и образовании стран БРИКС / Г.В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – Санкт-Петербург, 2015. – С. 663-667.

8. Абрамян, Г.В. Новые информационные технологии в гуманитарной сфере / Г.В. Абрамян, Р.Р. Фокиню – СПб., 2006.

9. Абрамян, Г.В. Сервисы интерактивного обучения с электронным тестированием в методике преподавания курса информационной безопасности / Г. В. Абрамян, В. П. Шлионский // "РИ-2012". – 2012. – С. 209-210.

10. Абрамян, Г.В., Катасонова Г.Р. Модель использования информационных технологий управления в системе преподавания информатики / Г.В. Абрамян, Г.Р. Катасонова // Письма в Эмиссия.Оффлайн. – 2012. – № 10. – С. 1890.

11. Абрамян, Г.В. Информационно-образовательные технологии подготовки специалистов социальной работы / Г.В. Абрамян // Проблемы совершенствования подготовки специалистов социальной работы. – СПб.: ГУП, 2005. – С. 63-65.

12. Абрамян, Г.В. К вопросу о проблеме управления развитием и функционированием общества потребления в условиях информационного общества / Г.В. Абрамян // Общество потребления и современные проблемы сферы услуг. – СПб., 2010. – С. 19.

13. Катасонова, Г.Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г.Р. Катасонова, Г.В. Абрамян // "РИ-2012". – 2012. – С. 238-239.

14. Абрамян, Г.В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г.В. Абрамян, Р.Р. Фокин, Б.Т. Мозгирев // ЛГУ. – СПб., 2004.

15. Абрамян, Г.В. Организация средств обратной связи на основе использования глобальных компьютерных телекоммуникационных инфраструктур в регионе / Г.В. Абрамян // Информатика - современное состояние и перспективы развития ЛГОУ. – 1998. – С. 22-23.

16. Абрамян, Г.В. Опережающее образование педагога и проблемы его информатизации / Г.В. Абрамян // Человек и образование. – 2005. – № 2. – С. 16-19.

Опыт работы со студентами младших курсов при выполнении реальных проектов

С. А. Зуев, email: zsa_zuev@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрен опыт приобщения студентов первокурсников к созданию реальных проектов и их первоначальному знакомству с промышленными стандартами, такими, как, например, SCADA. Также студенты учатся процедуре написания заявок на комплектующие, проведению приёмо-сдаточных испытаний и метрологической поверке.*

Ключевые слова: *датчики и сенсоры, микроконтроллеры, метрология, прикладное программирование, методика обучения*.

Введение

Современные студенты первокурсники, особенно лучшие из них, которые выбрали своей специальностью компьютерные науки в качестве своей будущей профессии, как правило, уже имеют достаточный уровень подготовки для написания программ для реально работающих систем и устройств. Такие студенты умеют работать с прикладными программами в операционных системах Windows и Unix, знакомы с программированием на языках Basic и C#. Многие из них приобретают наборы на основе широко распространённой программно-аппаратной платформы Arduino. Но, как сказал Шота Руставели: «Это жалкий лук в ручонках у стрелочка молодого: Крупных он зверей боится, бьёт зверушек бестолково», и это вся правда о студентах первокурсниках и Ардуино и их навыков программирования. В данной работе будет рассмотрено несколько практических проектов студентов младших курсов и даны конкретные рекомендации по повышению «градуса» разработок студентов и доведения статуса работы до промышленного образца.

1. Повышение статуса работы

Рассмотрим этот приём на примере работы [1]. Первоначально задача заключалась в необходимости создания действующего макета системы управления технологическими процессами в реальном масштабе времени на современной программно-аппаратной базе. Осуществление поставленной цели потребовало проведения

© Зуев С. А., 2019

тестирования, для которого мы выбрали аппаратную платформу ПК PC и операционную систему Windows (начиная с Windows XP и более поздние редакции — Windows-7, 8 и 10), систему синхронизации времени NTP и плату USB-контроллера с восемью реле в одном модуле — PL2303. Результаты тестирования такой системы были доложены на студенческой конференции факультета ФКН в мае 2016 года.

После проведения испытаний и обсуждения на конференции были выявлены следующие недостатки системы:

1. протокол NTP способен достигать точности 10 мс при работе через Интернет или 0.2 мс при функционировании в локальной сети, что не всегда удовлетворяет требованиям, предъявляемым к SCADA системам;

2. модуль реле PL2303 питается от USB разъёма, который не в состоянии обеспечить полноценное питание модуля при срабатывании всех 8 реле устройства. Кроме того, модуль не имеет гальванической развязки от ПК.

Для устранения выявленных недостатков было предложено использовать атомные часы, которые реализованы в глобальной системе геолокации GPS, точность которых устраивает SCADA систему. Также был предложен релейный блок с автономным питанием и гальванической опторазвязкой (представлен на рис. 1). На рис. 2 представлен применённый GPS приёмник, который служит для определения времени с точностью 10-9 сек.

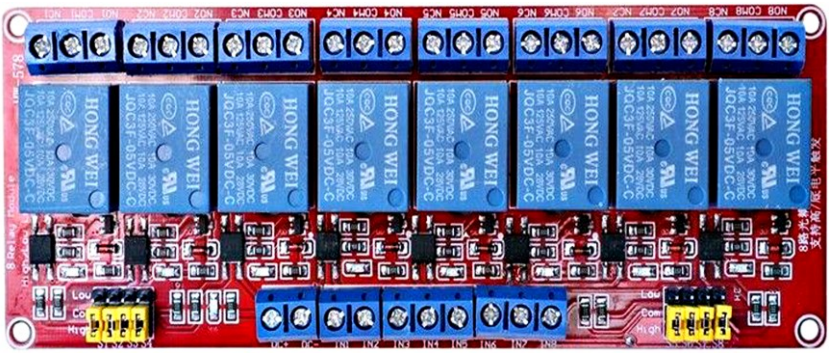


Рис. 1. 8-канальный модуль реле с гальванической опторазвязкой

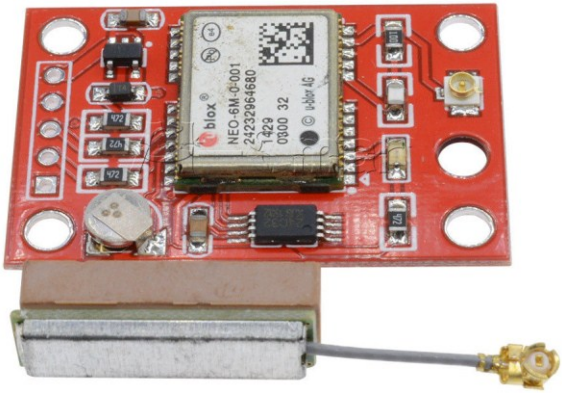


Рис. 2. GPS приёмник

В результате проведённой работы студентом первого курса была построена система реального времени для применения в устройствах SCADA.

Студент, работая в рамках осуществления простейшей работы по программированию (включения и выключения реле), смог реализовать контроллер реального времени для устройств нижнего и среднего уровня системы SCADA.

2. Разработка проекта для рабочего места специалиста

В работе [2] студенту было предложено написать программу распознавания речи, используя имеющийся движок.

Реализация собственной системы распознавания речи с открытым исходным кодом является трудоемкой и затратной задачей, с точки зрения необходимых ресурсов.

Известны различные решения при применении подхода API (API — Application Programming Interface) — библиотеки распознавания речи с закрытым исходным кодом, предоставляющие разработчикам доступ к использованию технологий при работе с данными, среди них наиболее доступны:

- Yandex Speech Kit;
- Google Speech Recognition API;
- Microsoft Speech Platform;
- Nuance Dragon Mobile SDK.

Результаты тестирования проекта были доложены на студенческой конференции факультета ФКН в мае 2016 года. Было обнаружено следующее.

Yandex Speech Kit рекомендуется использовать, если приложение рассчитано на российскую аудиторию, а русский язык выступает в роли первичного языка использования.

Google Speech Recognition API рекомендуется использовать, если приложение рассчитано на международную аудиторию, и есть необходимость в распознавании большого количества языков.

Microsoft Speech Platform рекомендуется использовать только при разработке ПО на базе платформы Windows.

Nuance Dragon Mobile SDK хоть и является лидером в области языковых и голосовых решений, но все же библиотеку рекомендуется использовать при создании масштабного коммерческого приложения, так как Nuance обладает ограниченным бесплатным функционалом.

Для реализации данной работы была выбрана библиотека Yandex Speech Kit, так как тестирование показало, что процент правильности распознавания русскоязычной речи у этой библиотеки выше, чем у остальных.

После обсуждения на студенческой конференции было предложено создать на базе этого проекта рабочее место специалиста. Было выбрано два направления: рабочее место врача поликлиники, ведущего приём пациентов и рабочее место следователя-криминалиста. Студент связался со своей поликлиникой и с воронежским подразделением следственного комитета России.

Врач-терапевт поликлиники остался доволен результатами испытаний системы, которая помогала ему оформить историю болезни пациента. Однако отсутствие приемлемых бланков истории болезни, согласованных с министерством здравоохранения и предназначенных для технологии компьютерного их заполнения, стало препятствием для внедрения данной технологии во врачебную практику.

Рабочее место следователя-криминалиста реализовать в полной мере не удалось из-за отсутствия интернет соединения в большинстве мест выезда специалиста. Остаётся надеяться, что с внедрением 5G сетей и увеличения площади покрытия высококачественного соединения с интернетом ситуация улучшится.

3. Привлечение специальных знаний

Целью работы [3] являлось создание малогабаритной системы съёма ЭКГ с помощью браслета, надеваемого на запястье.

Для снятия сигнала на запястье руки устанавливаются три электрода. Они подключаются к усилителю на базе усилителя AD8232 (рис. 3 и рис. 4), в котором установлен аналоговый фильтр низких частот для удаления помех связанных с электрической активностью мышц.

Затем усилитель подключается к микропроцессору с АЦП, где происходит ввод аналогового сигнала и его цифровая фильтрация.

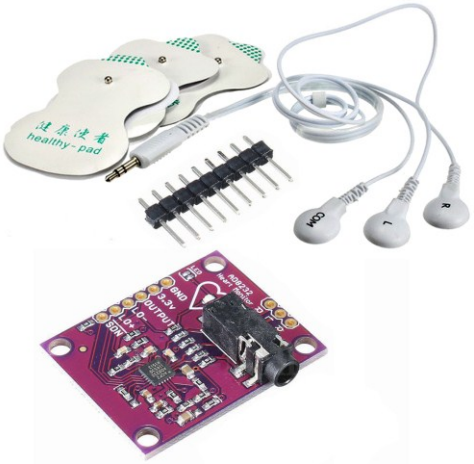


Рис. 3. Внешний вид усилителя с электродами

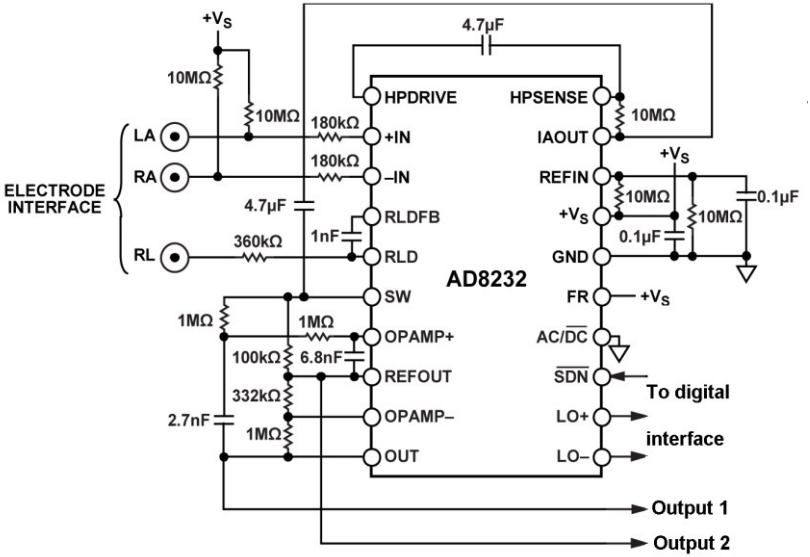


Рис. 4. Принципиальная схема усилителя

Цифровой фильтр, в частности, убирает помеху с частотой промышленной сети 50 Гц.

Согласно принципиальной схеме (рис. 3) применяемый усилитель предназначен для съёма сигналов стандартного, по Эйнтховену, отведения. При снятии сигналов, по схеме, имитирующий браслет, оказалось, что усиления усилителя AD8232 недостаточно для наблюдения стандартной ЭКГ и форма сигнала искажена по сравнению с отведениями по Эйнтховену.

Результаты тестирования проекта были доложены на студенческой конференции факультета ФКН в мае 2017 года. После обсуждения результатов, стало очевидно, что для того чтобы решить проблему в полной мере, необходимо применить фильтрацию сигнала по Калману и создать нейронную обучающуюся сеть.

Студенту пришлось самостоятельно изучить пакеты прикладных программ, реализующих фильтрацию по Калману и подробно изучить глубокие нейронные сети, прослушав курс по нейронным сетям.

После этого, проект был завёршен, и по результатам была опубликована статья в сборнике студенческих работ ВГУ.

4. Расширение первоначального проекта

Работы [4], [6] и [8], в результате их выполнения и обсуждения, были дополнены работами [5], [7] и [9]. Остановимся на деталях подробнее.

Первоначально в работе [4] предполагалось создать магнитометр средних магнитных полей напряжённостью 20-100 мТл, которые широко используются в технике и медицине. Для выполнения этой работы были исследованы паспортные данные как отечественных, так и зарубежных датчиков Холла. Были приобретены датчики Холла типа AH3503 в корпусе TO-92UA, датчик OH49E в таком же корпусе и модуль GY-273 HMC5883L, который дает показания с точностью до 1 мкТл.

Датчик Холла 3503 имеет три вывода (два из них подаются на питание, третий — сигнальный), что упрощает процесс подключения. В итоге, для подключения датчика Холла нам потребовался сам датчик, плата Arduino pro mini, необходимая для управления собираемым прибором, 16x2 — символьный ЖК-дисплей типа 1602 с драйвером под управлением микросхемы HD44780 и стандартным интерфейсом ввода-вывода I2C, батарейный отсек на 8 элементов типа AA, потенциометр 10к0м и соединительные провода. Внешний вид полностью собранного прибора приведён на рис. 5. Диапазон измеряемых полей 0.1-120 мТл с датчиком OH49E. Поверка производилась с помощью тесламетра-магнитометра ATE-8702.

Датчики Холла отечественного производства ПХИ-01, ИМ103Б1-1 и ПХЭ61А1, к сожалению, удалось приобрести только в конце 2018 года, когда работа над проектом была уже свёрнута. Но, думается, — продолжение следует. С их помощью верхний предел измеряемых полей можно будет увеличить до 2.5 Тл. Все датчики отечественного производства имеют 4 вывода, что позволяет создавать более совершенные тесламетры.

Рис. 5. Собранная установка тесламетра в специальном корпусе

При испытании датчика GY-273 HMC5883L выяснилось, что он способен измерить напряженность магнитного поля Земли с точностью до 1 мкТл. Кроме того датчик GY-273 HMC5883L измеряет магнитное поле в 3 осях, с точностью 1°-2°. Это достаточно, чтобы достаточно точно измерять магнитное поле Земли и находить аномалии, поэтому решено было осуществить реализацию магнитометра для геологоразведки [5].

Доклады по этим «магнитным» проектам были прочитаны на студенческой конференции ФКН в мае 2018 года.

В проекте [6] первоначально предполагалось использование GPS приёмника для считывания точного времени и использование этих данных в настольных часах, которые не требуют ручного режима установки времени. Для выполнения этого проекта нам потребовался GPS приёмник Ublox NEO-6M V2, плата Arduino UNO R3, необходимая для управления собираемым прибором, 16x2 — символьный ЖК-дисплей типа 1602 с драйвером под управлением микросхемы HD44780 и стандартным интерфейсом ввода-вывода I2C.

Рис. 6. Точное московское время

Реальное время работы прибора измеряется с точностью в 1 мсек.

Рис. 7. Географические координаты одной из аудиторий ФКН

Точность измерения координат 10^{-6} градуса, что соответствует реальной точности измерений 30 см.

При испытаниях этого прибора, выяснилось, что он прекрасно считывает координаты устройства и UTC в многоэтажных зданиях с железобетонными межэтажными перекрытиями. Поэтому появилась идея сделать полноценный GPS-трекер на базе данного GPS приёмника.

Однако, возникает определённая трудность, как фиксировать текущие координаты, сильно не усложняя конструкцию.

Было решено [7] использовать для этого другой модуль — SIM808 с встроенным GSM модемом, то есть устройство, по габаритом и потребляемой мощности, сравнимое с мобильным телефоном и, дающее нам возможность передавать свои координаты на любой мобильный телефон, как непрерывно, так и по специальному запросу.

И эта идея была воплощена студентом за короткий срок и без особых трудностей. Доклады по этим «GPS» проектам были представлены на студенческой конференции ФКН в мае 2018 года.

При разработке проекта [8] предполагалось создание домашней не дорогой метеостанции, которая показывала внутреннюю и внешнюю температуру жилого помещения и данные о давлении внутри жилища, а также о влажности, как внутри, так и вне помещения. Для выполнения этого проекта нам потребовался универсальный датчик BME-280, плата Arduino UNO R3, необходимая для управления собираемым прибором, 16x2 — символьный ЖК-дисплей типа 1602 с дополнительными 6 кнопками, драйвером под управлением микросхемы HD44780 и стандартным интерфейсом ввода-вывода I2C. Поверка правильности показаний термометра производилась с учётом двух реперных точек: 0° — температура таяния льда и 100° — температура кипения воды. Относительная влажность сверялась с откалиброванным психрометром, и, соответственно, атмосферное давление с поверенным лабораторным манометром.

Рис. 8. Домашняя метеостанция в действии

На этапе проверки точности и повторяемости показаний разработанной метеостанции были использованы и другие датчики температуры, давления и относительной влажности. Было замечено, что датчик давления BMP-280 изменял свои показания при изменении высоты стола, на котором находился прибор. Так и было принято решение о расширении функциональности метеостанции и создании альтиметра [9]. Барометрическая формула, положенная в основу вычислений высоты прибора от уровня моря, справедлива на высоте от -1000 м до +11000 м, что позволяет использовать этот прибор практически везде на Земле, где находится человек в шахте или на возвышенности.

В заключение этого раздела хотелось отметить, что все проекты, в основе которых лежит аппаратно программный комплекс на основе Arduino, используют несколько видов интерфейса для вывода необходимой информации. Это стандартный монитор ПК PC, LED и LCD алфавитно-цифровые и матричные индикаторы, а также графические индикаторы от 0.5″ до 3″. Всё это предоставляется для изучения, что позволяет студентам ориентироваться в многообразии существующих устройств визуального контроля выводимой информации, тренироваться в их программировании и подбирать оптимальный вариант в каждом конкретном случае.

Заключение

В данной статье были рассмотрены методы и приёмы вовлекающие учащихся в творческую атмосферу обучения простейшим приёмам программирования реальных устройств с использованием знаний и умений студентов младших курсов.

Основные приёмы следующие:

- Привлечение новых необходимых знаний
- Расширение первоначального задания, создание параллельного проекта
- Повышение статуса работы
- Трансформация проекта в рабочее место специалиста

Важным является также вовлечение студентов в разработку и сопровождение проекта: обсуждение результатов тестирования, составление материально-технической заявки при его реализации и изменении, проведение необходимых приёмо-сдаточных работ, метрологические поверки оборудования.

Список литературы

1. Зуев, С. А. Управление технологическими процессами по расписанию / С. А. Зуев, П. О. Левчук // Сборник студенческих научных

работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2016. – Вып. 10. - С. 75-81.

2. Зуев, С. А. Изучение речевых технологий и последующее их применение в сфере записи речевой информации / С. А. Зуев, П. А. Морозов // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2016. – Вып. 10. - С. 97-106.

3. Зуев, С. А. Малогабаритный браслет для снятия ЭКГ / С. А. Зуев, П. О. Левчук // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2017. – Вып. 11. - С. 204-207.

4. Зуев, С. А. Магнитометр в технике и медицине / С. А. Зуев [и др.] // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2018. – Вып. 12. - С. 96-99.

5. Зуев, С. А. Магнитометр для геологоразведки / С. А. Зуев [и др.] // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2018. – Вып. 12. - С. 100-104.

6. Зуев, С. А. Определение местоположения в пространстве с использованием технологии GPS / С. А. Зуев, Н. В. Пауков // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2018. – Вып. 12. - С. 226-230.

7. Зуев, С. А. GPS-трекер с использованием GSM и ARDUINO / С. А. Зуев, Н. В. Пауков // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2018. – Вып. 12. – С. 231-237.

8. Зуев, С. А. Создание домашней метеостанции с низкой себестоимостью / С. А. Зуев [и др.] // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2018. – Вып. 12. – С. 335-341.

9. Зуев, С. А. Создание альтиметра / С. А. Зуев [и др.] // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. – Воронеж, 2018. – Вып. 12. – С. 329-335.

Особенности преподавания информатики в начальной школе

Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru[1]
И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru[2]
Ю. В. Пономарева, email: tsiplok007@mail.ru[2]

[1]МКОУ «Отрадненская СОШ»
[2]МБОУ СОШ с УИОП №38 им. Е.А.Болховитинова г. Воронежа

Аннотация. *В данной работе рассмотрены вопросы необходимости введения курса «Информатика» в начальной школе как в урочной, так и во внеурочной деятельности.*

Ключевые слова: *информатизация общества, урочная и внеурочная деятельность, мотивация детей.*

Информатизация образования является важнейшим условием реализации федерального государственного образовательного стандарта.

Многие изменения, происходящие сегодня в обществе, способствовали пересмотру не только форм, но и содержания современного школьного образования. Это обусловлено увеличением потока информации, с которой связана деятельность любого человека в профессиональной и повседневной бытовой деятельности.

В последние 10-15 лет компьютеры и компьютерные информационные технологии повсеместно вошли в нашу жизнь. Компьютер сегодня - это мощнейший инструмент получения и обработки информации.

Поэтому является совершенно естественным внедрение ИКТ в современный учебный процесс.

Изучение предмета «Информатика» имеет огромное общеобразовательное значение. Основная цель – обучение учащихся работе на компьютере, причем использование его как средства для развития ученика. Формы и методы организации обучения для достижения поставленных целей могут быть самыми разнообразными.

Младший школьный возраст – это период впитывания и накопления знаний. Уроки информатики способствуют формированию системного восприятия мира. Учебный процесс – это процесс получения и обработки информации. В связи с этим на уроках информатики используются разнообразные формы.

Важно формировать у обучающегося навыки алгоритмического мышления и умения логически мыслить.

© Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., Пономарева Ю. В., 2019

Поэтому возникла необходимость в переносе изучения курса информатики из средних классов в начальные, так как наиболее интенсивное развитие интеллекта происходит в младшем школьном возрасте.

Внимание младшего школьника является неустойчивым, дети легко отвлекаются. Долго выполнять какую-либо работу младший школьник не может - начинает заниматься другими делами. Поэтому виды деятельности должны чередоваться, быть разнообразными. Поэтому на уроках необходимо выполнять задания, направленные на развитие памяти, внимания и логического мышления, стимулируя самостоятельность и активность при решении задач. Привлечение компьютера рассматривается как способ активизации творческого развития личности. Компьютерные программы, имея игровую форму, создают для обучающихся среду, в которой обеспечивается обратная связь в процессе решения задач.

Уроки информатики по своей структуре и содержанию отличаются от других учебных предметов. Отличительной чертой уроков информатики является активная самостоятельная деятельность, создание обучающимися собственного, личностно-значимого продукта.

Предмет информатика отличает изначальная высокая мотивация учащихся.

В начальной школе происходит смена ведущей деятельности ребёнка с игровой на учебную, что происходит зачастую очень болезненно и сопровождается известными психологическими проблемами. Использование игровых возможностей компьютера в сочетании с дидактическими возможностями (наглядное представление информации, обеспечение обратной связи между учебной программой и ребёнком и т.д.) Благодаря компьютеру, в более короткие сроки можно решить такие задачи как пополнение словарного запаса, формирование связной речи, развитие орфографической зоркости, что способствует повышению грамотности, а также находить, обрабатывать и сохранять информацию. У обучающихся повышается интерес к процессу обучения, развивается навык самоконтроля и самостоятельной деятельности.

Компьютер даёт широкие возможности творческого развития детей. Такие возможности открывает использования графического редактора, освоение программ Paint, Word, Power Point и т.д. Это помогает проектной деятельности. Создание и защита проекта возможны на всех предметах, а оформлению возможно научить ребёнка как на учебных занятиях, так и занятиях внеурочной деятельности

(например, «Занимательная информатика» и т.п.) Данный курс рассчитан на 3 года обучения. В результате обучения дети должны научиться:

– уверенно и легко владеть компьютером

– делать выбор в режиме «меню» и управлять объектами на экране монитора

– использовать клавиатуру и мышь при работе с прикладными программами

– работать с интерактивной доской

– вставлять картинки из файлов

– получать различные варианты решения для одной и той же задачи

– выделять форму предметов; определять размеры предметов; располагать предметы, объекты, цифры по возрастанию, убыванию; выделять, отображать, сравнивать множества и его элементы; уметь строить симметричные изображения простых геометрических фигур

– создавать рисунки в графическом редакторе Paint

– уметь составлять презентации в программе Power Point

– создавать текстовые документы

– печатать текст

– редактировать текст

– вставлять рисунки, объект WordArt

– самостоятельно составлять композиции

– видеть ошибки и уметь их исправлять.

– обучающиеся должны уметь использовать приобретенные знания и умения в учебной деятельности и повседневной жизни:

– готовить сообщения с использованием различных источников информации: книг, прессы, радио, телевидения, устных сообщений и др.

– применять точную и понятную инструкцию при решении учебных задач и в повседневной жизни

– придерживаться этических правил и норм, применяемых при работе с информацией, применять правила безопасного поведения при работе с компьютером

– уметь давать полные ответы и аргументировать свои выводы

Литература

1. Открытый урок [Электронный урок]. – Режим доступа : http://открытыйурок.рф/статьи/624317/

1. Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : metodist.lbz.ru

2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки РФ от 17.12.2010г. №1897

3. Инфоурок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://infourok.ru

Методика преподавания теории баз данных и языка SQL

М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассматривается практически апробированная методика преподавания теории баз данных и языка SQL, применяемая для обучения студентов бакалавриата очной формы по направлениям 09.03.03 – Прикладная информатика и 02.03.03 – Математическое обеспечение и администрирование информационных систем.*

Ключевые слова: *методика преподавания, теория баз данных, язык SQL.*

Введение

В федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» [1] говорится о том, что выпускники бакалавриата могут осуществлять профессиональную деятельность, в частности, в сферах разработки, создания, поддержки и администрирования баз данных. Наиболее распространенными и часто используемыми являются реляционные базы данных. Следовательно, теория реляционных баз данных и язык структурированных запросов SQL – обязательные темы для изучения студентами. Эти темы входят в дисциплины базовой части программы бакалавриата.

Если же взять направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика», то в ФГОС ВО [2] говорится, что выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность, в частности, в сфере проектирования, разработки, внедрения и эксплуатации информационных систем (ИС). Очевидно, что большинство ИС используют базы данных. Следовательно, для того, чтобы проектировать, разрабатывать, внедрять и эксплуатировать ИС необходимо иметь знания теории баз данных, обладать умениями проектирования баз данных и владеть навыками применения языка SQL.

Таким образом, профессиональная деятельность выпускников, перечисленных выше направлений, напрямую будет связана с базами данных. И от того, насколько хорошо будет освоен соответствующий материал студентами, зависит качество будущих специалистов.

© Матвеева М. В., 2019

В данной статье рассматривается методика преподавания теории баз данных и языка SQL, используемая автором на факультете прикладной математики, информатики и механики ВГУ при обучении студентов бакалавриата очной формы обучения по направлениям подготовки «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» и «Прикладная информатика» (профиля «Прикладная информатика в юриспруденции»).

1. Основные особенности методики

Общей целью обучения теории баз данных и языку SQL является подготовка студентов в области проектирования, разработки и поддержки баз данных. Сформированные фундаментальные знания, умения, навыки и образ мышления позволят осуществлять дальнейшую общепрофессиональную подготовку, продолжать более глубокое изучение информационных технологий (ИТ), а также развиваться обучающемуся в смежных областях. Так студенты, обучающиеся на перечисленных направлениях, должны знать теоретические основы баз данных, уметь проектировать и реализовывать базы данных, иметь практические навыки работы в среде конкретной СУБД. Для достижения поставленной цели необходимы лекционные, практические и лабораторные виды занятий.

На факультете ПММ много лет используется подход, при котором теоретический материал изучается параллельно с языком SQL. Теоретические принципы реляционных баз данных излагаются на лекциях, на практических занятиях изучается стандарт языка SQL, а отрабатываются и закрепляются практические навыки на лабораторных занятиях в среде конкретной СУБД. Подобный подход используется опытными преподавателями и на других факультетах ВГУ, а также в других ВУЗах нашей страны.

Лекционный материал подается по спиралевидной схеме, т.е. почти все темы изучаются несколько раз, но каждый раз на новом уровне глубины. Подобный способ изложения можно встретить и в некоторых книгах и учебниках, например в [3]. На каждом новом витке спирали сложность и объем материала возрастает, плюс, очевидно, идет повторение пройденного ранее. Этот принцип способствует хорошему усвоению и запоминанию материал, а также естественным образом исключает пробелы в знаниях студентов, которые на предыдущем уровне были недостаточно внимательны или что-то упустили. На первом витке излагаются общие принципы реляционных баз данных, вводятся основные понятия, кратко рассматриваются двенадцать правил Кодда и делается обзор процедуры проектирования баз данных на простых примерах. На втором уровне подробнее рассматриваются

теоретические основы реляционной модели, глубже освещаются этапы проектирования баз данных, ER-моделирование и процесс нормализации до третьей нормальной формы включительно. Третий виток спиралевидной схемы изложения включает детальное рассмотрение объектов реляционной базы данных, вопросы моделирования сложных структур, изучение нормальных форм более высоких порядков, а также управление доступом к данным и вопросы оптимизации запросов.

На практических занятиях рассматривается стандарт языка SQL. Теоретическая база языка запросов изучается на лекциях несколько с опозданием, то есть в тот момент, когда обучающиеся уже имеют какой-то опыт написания SQL команд, но это не несет в себе каких-то сложностей, так как к началу изучения дисциплин баз данных студенты имеют достаточные навыки программирования. И то, что теория идет вдогонку за практикой, даже упрощает процесс усвоения непростой теоретической базы. Это подобно изучению естественного языка ребенком. Дети начинают хорошо говорить на родном языке задолго до того, как придут в школу и узнают правила языка. Таким образом, данный подход является оправданной и, кроме того, общеиспользуемой практикой при преподавании дисциплин баз данных.

Важным является то, что в основном должен рассматриваться именно стандарт языка SQL, а не его частные реализации, так как невозможно предугадать, с какой конкретной СУБД придется работать выпускникам в будущем. Но вполне логично делать небольшие отступления, чтобы показать дополнения, которые есть в диалектах языка SQL, упрощающие решения некоторых задач. Примером может быть конструкция из диалекта Oracle, позволяющая делать запросы к иерархическим структурам (фразы CONNECT BY, PRIOR, START WITH). Другим примером может являться задача на выборку заданного количества строк.

Очевидно, очень важен порядок подачи материала на практических занятиях, посвященных языку SQL. Он также имеет некоторую степень цикличности. Первым рассматривается оператор SELECT, используя принцип от простого к сложному. Последовательность тем следующая: простые запросы, сортировка результатов, логические операторы, группирование данных, многотабличные запросы, подзапросы, соотнесенные (коррелирующие) подзапросы, операторы над множествами, общие табличные выражения (CTE). Данная последовательность выверена и многократно апробирована. Например, замечено, если поменять местами темы многотабличные запросы и подзапросы, то студенты чаще начинают предлагать неоптимальные

решения: они используют подзапросы в тех местах решений задач, где достаточно сделать соединение таблиц. Подобные решения могут быть приравнены к ошибочным, хотя и возвращают один и тот же набор данных с оптимальным решением.

При рассмотрении каждой последующей темы обязательно повторяются предыдущие темы. Так, например, при прохождении темы многотабличные запросы обязательно должны быть разобраны задачи, решения которых в себе имеют не только соединения таблиц, но и группировку данных, а также сортировку и т.п.

После оператора SELECT, рассматриваются операторы языка определения данных применительно к таблицам. Затем изучаются нерассмотренные операторы языка манипулирования данными (INSERT, UPDATE, DELETE). Так как эти операторы могут быть использованы с подзапросами, то осуществляется повтор оператора SELECT. Далее рассматривается язык управления транзакциями, язык определения данных применительно к объектам базы данных отличным от таблиц и язык контроля данных. В последней части последовательность тем уже не носит существенный характер.

Последовательность тем может быть и другой. Хорошо себя зарекомендовал и такой вариант: операторы языка определения данных применительно к таблицам, операторы языка манипулирования данными (INSERT, UPDATE, DELETE), оператор SELECT, затем снова операторы INSERT, UPDATE, DELETE, но уже с подзапросами, язык управления транзакциями, язык определения данных применительно к объектам базы данных отличным от таблиц и язык контроля данных. Последовательность тем при изучении оператора SELECT остается тоже, что и в первом варианте.

Когда большая часть тем, посвященных оператору SELECT, уже пройдена, рассматриваются сразу несколько возможных решений одной и той же задачи и обязательно обсуждается оптимальность того или иного решения. Это необходимо для перехода к теме оптимизации запросов, которая изучается на последнем витке изложения теоретического материала.

Изложение теоретического материала на лекциях очень удобно сопровождать презентацией, в то время как при изучении языка SQL лучше отказаться от презентаций и писать на доске. В этом случае студенты будут вынуждены вести конспект, не рассчитывая получить конспект в виде презентации. Записывая за преподавателем обучающийся лучше запоминает конструкции, последовательности фраз в командах, правила форматирования и синтаксис языка SQL. Очень часто ИТ-компании на собеседовании или тестировании при приеме

на работу лишают кандидатов возможности пользоваться компьютерами или другими техническими средствами, с помощью которых можно подсмотреть или уточнить какие-то нюансы. Следовательно, выигрывает тот, кто держит все в голове.

Домашние задания являются необходимостью, так как только регулярные интервальные повторения дают прочные знания и способствуют закреплению навыка. Домашние задания должны включать как несложные задачи на повторение конструкций языка, так и задачи, над которыми требуется подумать. Решения последнего типа задач должны быть позже разобраны с преподавателем на аудиторном занятии.

На занятиях лабораторного практикума отрабатываются и закрепляются практические навыки работы в среде конкретной СУБД. Очевидно, выбирать СУБД лучше из наиболее популярных. По рейтингу DB-Engines [4] на январь 2019 года в тройку лидеров СУБД по популярности входят Oracle, MySql, Microsoft SQL Server. Автор отдает предпочтение Oracle и Microsoft SQL Server.

Задания лабораторного практикума в первую очередь согласованы с последовательностью тем практических занятий. Каждый студент получает достаточно большой набор (50 и более) индивидуальных заданий разного уровня сложности на язык SQL и индивидуальные задачи на проектирование баз данных. Попытка использования программных систем для изучения языка SQL, таких как sql-ex.ru, sqlzoo.com, codeacademy.com и т.п. не привела к требуемому уровню практических навыков, так как обучающиеся, идя о пути наименьшего сопротивления, далеко не всегда выполняют задания честно. Но эта проблема легко решается с помощью индивидуальных заданий, хотя это и дает бОльшую нагрузку на преподавателя.

Заключение

Рассмотренная методика преподавания баз данных и языка SQL используется более 10 лет на факультете ПММ ВГУ при подготовке студентов бакалавриата очной формы обучения по направлениям подготовки «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» и «Прикладная информатика». Результатами успешности применения данной методики является то, что выпускники с легкостью отвечаю на вопросы собеседований при приеме на работу в ведущие фирмы сферы ИТ, успешно участвуют в олимпиадах и сдают сертификационные экзамены.

Описанная методика может быть использована и легко адаптирована для других профилей подготовки.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем: Минобрнауки РФ. – 2017. – Режим доступа : http://www.edu.ru/file/docs/2017/08/m809.pdf

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика : Минобрнауки РФ. – 2017. – Режим доступа : http://www.edu.ru/file/docs/2017/09/m922.pdf

3. Коннолли, Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг, А. Страчан. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Вильямс, 2001. – 1120 с.

4. DB-Engines Ranking [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://db-engines.com/en/ranking

Индивидуальность обучения как развитие алгоритмического мышления

М. А. Павличенко, e-mail: mipavl@mail.ru

Муниципальное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа №25 с углубленным изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза Б.И. Рябцева» г.Россоши

Аннотация. *Данная статья показывает целесообразность введения индивидуального маршрута для изучения школьниками основ программирования с использованием различных языков.*

Ключевые слова: *индивидуальный маршрут, программирование.*

Введение

Мир, окружающий современного человека, чрезвычайно сложен и многообразен. И задача учителя – подготовить учащихся к целостному восприятию окружающего пространства как сложного, постоянно развивающегося природно-социального комплекса. До сих пор в наших школах мы пытаемся готовить детей к будущему старыми методами, и это отталкивает многих. Говорим детям: «Будешь: хорошо учиться, поступишь в институт, затем будет хорошая работа». Современные дети этому не верят, конечно, с дипломом хорошо, но ведь он уже не дает никаких гарантий.

Учитывая высокие, исключительные темпы информационного развития, следует признать, что даже выпускники вузов, не говоря уже о школьниках, придя на производство, столкнуться с новой для них техникой и совершенно незнакомыми способами работы. Иными словами, конкретных знаний и навыков, привязанных к определенным темам и предметам, впрок дать средней школе невозможно.

С введением новых образовательных стандартов ситуация изменилась. Учебный процесс в новых условиях, а именно – в информационной образовательной среде, разительно отличается от прежнего. Главным становится развитие умений самостоятельного приобретения и применения знаний в соответствии с личностными целями и потребностями, решение актуальных для учащихся проблем. Большое значение отводится формированию способов деятельности, применяемых как в рамках образовательного процесса, так и при решении проблем в реальных жизненных ситуациях.

© Павличенко М. А., 2019

1. Индивидуальный маршрут

Информатика – особый предмет в школьной программе. Такая часть предмета информатики, как программирование интересует небольшую категорию людей. Теория алгоритмов или программирование - это чересчур специальные вещи на сегодняшний день, когда компьютеры продаются в супермаркетах рядом с телевизорами и холодильниками. Сейчас простому пользователю программировать не нужно, хотя еще недавно такого просто не могло быть. Поэтому достаточно часто слышишь вопрос: «Зачем всех подряд учить программированию, если это реально нужно нескольким ученикам, собравшимся в технический вуз, причем на соответствующие специальности?» Большинство людей, использующих компьютеры, не пишут своих собственных программ, и им практически вообще не требуется знать программирование. Но все-таки с развитием такой профессии как IT-шники, выделяются дети, для которых именно изучение языков программирования становится личностно необходимым. Для таких детей, и разработатывается индивидуальный образовательный маршрут по информатике «Алгоритмизация и программирование».

Я решила начать с нестандартных заданий. При этом я старалась давать задания, для решения которых требовались знания не только информатики, но и других предметов. Приведу несколько примеров:

1. Для покупки порции мороженого у Пети не хватало семи рублей, а у Маши - одного рубля. Тогда они сложили имевшиеся у них деньги. Но их также не хватило на покупку одной порции мороженого. Сколько стоила порция мороженого?

При работе над этим домашним заданием, ученик не только расширил свои знания в математике, но и получил новые сведения рассматривая все возможные способы построения алгоритма решения задачи.

2. Найдите такой набор из 5-ти гирь, чтобы располагая их на одной чаше весов, можно было бы взвесить любой груз до 31 кг включительно.

Решая с детьми такие задачи на уроке, можно выявить тех, кто никогда не просит подсказки, а пытается разобраться сам, причем ищут, только свой способ решения. Нет лучшего способа развить логику мышления, точность формулировок, аккуратность, чем программирование. Программирование - это такая основополагающая вещь, которую хоть в малой степени, но надо знать всем. Считаю, что умение строить алгоритмы и программировать их на алгоритмических языках, отлично развивает логическое мышление.

Как строить общение учителя и ученика на индивидуальном занятии?

Когда на уроке учитель объясняет материал, затем даёт интересные задачи или создаёт проблемные ситуации, чтобы закрепить этот материал, он прекрасно организует только один тип взаимоотношений - "определяющий" - и упускает из внимания другой - "зависимый". Получается, что знания, приобретённые на уроке, не становятся для ученика значимыми, своими, а остаются необходимыми только в учебном процессе, в обыденной жизни они не используются.

Поэтому я считаю, что мои занятия должны состоять, как минимум, из двух основных частей.

В первой части учителю необходимо ясно, просто и доступно объяснить материал и проверить правильность усвоения учениками его основных моментов.

Вторую часть урока нужно посвятить обсуждению нового материала.

Важно, чтобы он самостоятельно использовал полученные знания. Учитель же в этой части урока – координатор - консультант по сложным вопросам, но не активный участник общения. Знания, полученные таким образом, становятся для ученика личностно значимыми, своими. Это позволяет создать потенциал для развития творческих способностей школьников, самостоятельности суждений, которые так необходимы современному человеку.

Для подбора заданий использую дополнительную литературу, а также материалы различных сайтов с задачами олимпиадного уровня, такие как: http://webpractice.cm.ru, http://olimpiada.ru, http://turlom.olimpiada.ru, http://metaschool.ru.

В работе с учащимися я не стала привязываться к конкретному языку программирования, чтобы избежать узконаправленности работы, ведь для решения олимпиадных задач важно именно правильно построить алгоритм решения, а уже затем написать на неё программу.

В последнее время наметилась явная тенденция перехода обучения от алгоритмических к объектно -ориентированным языкам с использованием визуальных систем программирования (Pascal, Delphi, Visual C++ и т.д.) , и это совершенно оправданно. Прежде всего, программирование подразумевает написание программы, а что для учащегося означает «программа»? Ответ очевиден, программа –это то, с чем он работает на компьютере каждый день, например, текстовый процессор или Интернет-обозреватель. Для ученика программа –это приложение с графическим оконно-кнопочным интерфейсом. Значит, программа, которую он будет составлять должна быть такой же.

Заключение

Сегодня основной целью образования становится развитие самого ребенка как личности, его способностей, творческого потенциала. Стандарты второго поколения в стране направлены на творческую, активную личность, способную проявить себя в неординарных условиях, гибко и самостоятельно использовать приобретенные знания в разнообразных жизненных ситуациях.

Одаренные дети достаточно требовательны к себе, часто ставят перед собой не осуществимые в данный момент цели, что приводит к эмоциональному расстройству и дестабилизации поведения. Очень важно, что возможность введения индивидуального образовательного маршрута дает большие возможности для развития детской одаренности. Чем раньше у ребенка обнаруживаются способности к той или иной деятельности, чем больше внимания будет уделено их развитию, тем легче будет ему найти свое призвание.

Литература

1. Бойкова, А.Е. Экспериментальные задачи как средство формирования и развития исследовательских умений учащихся в процессе обучения физике: дисс. канд. пед. наук. – 2010.

2. Оспенникова, Е.В. Основы технологии развития исследовательской самостоятельности школьников. Эксперимент как вид учебного исследования. Учебное пособие. / Е. В. Осипенкова. – Пермь: Перм. гос. пед. ун-т., 2002. – 375 с.

Урок интересных задач (из опыта работы учителя информатики МБОУ «Лицей №15» Стариковой Н.П.)

Н. П. Старикова, email: starikovanp@gmail.com

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Лицей №15» г. Воронежа

Аннотация. *В данной работе рассматриваются возможности мотивации учащихся на уроках информатики. Предлагается одна из форм урока для достижения данной цели.*

Ключевые слова: *компетенции, мотивация, урок информатики, компьютер, самореализация.*

Введение

«Сегодня информатика и вычислительная техника, проникнув во многие сферы человеческой деятельности человека, постепенно становятся неотъемлемой частью практически всех профессий, прочно входят в наш быт, образование, культуру. Именно поэтому знание информатики, умение использовать компьютер, совершенно необходимы любому образованному человеку в современном обществе» [1].

И, казалось бы, интерес детей к изучению информатики должен быть велик. Но на уроках все учителя сталкиваются с одной существенной проблемой – отсутствие должного интереса к изучению предмета. Информация, которую получает учащийся на уроке, так и остается всего лишь информацией, а навыки, которые пытается развить учитель – всего лишь инструкцией. Эта ситуация присутствует даже в тех случаях, когда учитель способен заинтересовать учащихся.

Мотивом к изучению информатики у детей служит интерес к компьютеру, который завораживает своей могущественностью и демонстрацией все новых возможностей. Компьютер способен быть другом и помощником, он способен развлечь и связать со всем миром, Однако с каждым днем для детей компьютер становится фактически бытовым предметом, поэтому теряет свою мотивационную силу.

К тому же, не стоит забыть, что информатика – область человеческой деятельности, связанной с процессами хранения, преобразования и передачи информации. И задача учителя – не только научить пользоваться компьютером для решения задач повседневной жизни, но и осознать его возможности, определить роль, которую он

© Старикова Н. П., 2019

играет в жизни, понять, какую помощь он может оказать вам при исследовании окружающего мира.

Способы мотивации на уроках информатики

Потребность в получении новых знаний, заложенная в ребенке природой, к средней школе, когда учащийся переполнен информацией, снижается. Но в этом возрасте появляются другие потребности: потребность в коммуникациях, в самовыражении и самореализации, потребность в новых видах деятельности. Именно эти потребности подростков я стараюсь учитывать при мотивации учебной деятельности.

Одним из приемов повышения мотивации я считаю проведение Урока интересных задач. На проведение данного урока приходится выискивать учебное время в программе, но они очень эффективны. Форма урока подсказана мне самими учениками. Когда-то своим «пятиклашкам» при изучении темы «Кодирование информации» я предложила дома зашифровать в координатах свой рисунок. Предполагала, что на уроке дети обменяются заданиями и решат их. Но на следующем уроке один ученик сказал, что эти задачи можно решать с помощью компьютера, изучив всего один оператор – LINE. Ребята заинтересовались и разгадывали чужие задания уже на компьютере с использованием языка программирования. Была решена еще одна методическая задача – мотивация изучения программирования.

В 6 классе учащихся очень интересуют задания на составление презентаций. Необходимо изобразить бегущего колобка, падающие снежинки, водопад, и даже взрыв мозга на уроке информатики.

В 7 классе при изучении темы «Информационные процессы» решаются логические задачи. [2] Этих задач не так много в учебнике, поэтому ребятам нравится придумывать такие задачи. Например: «Три одноклассника – Вадим, Артем и Максим, встретились спустя 15 лет после окончания школы. Выяснилось, что один из них стал актёром, другой физиком, а третий юристом. Максим сказал, что на туризм ему не хватает времени, хотя его сестра – единственный юрист в семье, заядлый турист. Одноклассники вспомнили, что Вадим всегда увлекался точными науками, а профессию выбрал не связанную с точной наукой. Зато Артем никогда не любил точные науки, т.к. является очень творческим человеком и связал свою жизнь с театром. Назови профессию каждого».

В 8 классе при изучении ветвления я предлагаю ребятам задание, предусматривающее диалог с компьютером на любую интересующую их тему. Эти задачи вызывают живой интерес у учащихся.

В 10 классе, когда учащиеся переходят в старшую школу и определяются с профилем обучения, на первом уроке для того, чтобы

узнать уровень подготовки учащихся, предлагаю в качестве домашнего задания сообщение на тему «А нужна ли мне информатика?» Сообщение должно быть самостоятельным по образу мышления, рукописным, абсолютно откровенным и содержать задачу, которую нельзя решить без компьютера. При этом, отрицательные ответы приветствуются и действуют на меня побуждающее.

В 11 классе такой урок я провожу в теме «Базы данных». На уроке-игре учащимся предлагается «открыть» свою фирму и создать базу данных со связанными таблицами, которые будут полностью описывать деятельность данного предприятия.

Заключение

Реализация данного метода на практике ведет к изменению позиции учителя. Из носителя готовых знаний он превращается в организатора познавательной, исследовательской деятельности своих учеников. Изменяется и психологический климат в классе, так как учителю приходится переориентировать свою учебно-воспитательную работу и работу учащихся на разнообразные виды самостоятельной деятельности учащихся, на приоритет деятельности исследовательского, поискового, творческого характера.

Литература

1. Бешенков С.А., Мозолин В.П., Ракитина Е.А. Некоторые проблемы содержания и методики обучения информатике вобщеобразовательной школе // Компьютерные инструменты в образовании. СПб. : Изд-во ЦПО «Информатизация образования», 2000. – № 34. С. 9-14.

2. Босова Л. Л. Информатика и ИКТ – 5–7 классы: методическое пособие / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова.. – М. : БИНОМ Лаборатория знаний, 2011. – 573 с.

Расширение возможностей функций в языке программирования С++ по сравнению с языком программирования Паскаль

О. Ф. Ускова, email: sunny.uskova@list.ru
Н. А. Каплиева, email: kaplieva@amm.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Проводится сравнительный анализ описания и использования функций в языках программирования Паскаль и С++. Обсуждается перегрузка функций в языке С++.*

Ключевые слова: *Паскаль, С++, указатели на функции, различные типы параметров.*

Функции (в языке программирования Паскаль процедуры и функции) – это базовые управляющие конструкции, решающие нисходящую концепцию структурного программирования методом последовательных уточнений (refinement steps).

Подпрограммы (процедуры и функции) – это обособленная, оформленная в виде отдельной синтаксической конструкции и снабженная именем часть программы. Все подпрограммы делятся на две группы:

1) стандартные (встроенные), они располагаются в специализированных библиотечных модулях;

2) определяемые пользователем, они разрабатываются и именуются самим пользователем.

При программировании на С++ функция – это основное понятие, без которого невозможно обойтись.

Использование функций при создании программ на С++ существенно упрощает структуру программного кода, достаточно точно соответствует математическому определению функции.

Функция на языке С++ это именованный программный код, который может многократно вызываться в программе. Функции реализуются отдельными программными блоками, могут иметь аргументы и возвращать значения в качестве результата.

Одно из расширений возможностей функций в С++ по сравнению с Паскалем – это функции с переменным количеством параметров, то есть в С++ допустимы функции, в которых при компиляции количество параметров не определено. Более того, могут быть неизвестными и типы

© Ускова О. Ф., Каплиева Н. А., 2019

параметров, которые становятся известными только в момент вызова функции, когда явно задан список фактических параметров [1–3].

Формат прототипа функции с переменным количеством параметров

Листинг

```
тип_возвращаемого_значения имя_функции (спецификация_явных
                                        _параметров,…);
```

До запятой указан список спецификаций отдельных параметров, количество и типы которых фиксированы и известны в момент компиляции.

Многоточие (…) извещает компилятор, что дальнейший контроль при обработке вызова функции проводить не нужно.

Существует два способа для определения количества параметров и их типов.

Первый. В конец списка реально используемых необязательных фактических параметров добавляется специальный параметр-индикатор с уникальным значением, которое будет сигнализировать об окончании списка.

Второй. В функцию с помощью одного из явно задаваемых обязательных параметров передается значение реального количества фактических параметров.

В обоих подходах переход от одного фактического параметра к другому выполняется с помощью адресной арифметики.

Приведем несколько примеров.

Пример 1. Составим функцию с изменяемым списком параметров. Первый и единственный обязательный параметр определяет число действительно используемых при вызове необязательных фактических параметров.

Листинг

```
// Функция суммирует свои параметры типа int
int sum (int n, …)
{
   int *pn = &n;
   int s = 0;
   for ( ; n; n--)
      s += *(++pn);
   return s;
}
```

Пример 2. Функция вычисления произведения параметров. Признаком окончания списка параметров является параметр с нулевым значением.

Листинг

```
#include <iostream>
double proizved(double, …); // прототип
double proizved (double arg, …)
{
   double p = 1.0;
   double *parg = &arg;
   if (*parg == 0) return 0.0;
   for ( ; *parg; parg++)
      p* = *parg;
   return p;
}
void main()
{
   cout << "\n proizved(2e0,5e0,0e0) = " <<
                                        proizved(2e0,5e0,0e0);
}
```

Будет напечатано proizved(2e0,5e0,0e0) = 10

Перемещение указателя parg по списку параметров выполняется за счет изменения parg на величину sizeof(double).

Кроме рассмотренных усовершенствований возможностей функций языка С++ по сравнению с Паскалем в языке С++ имеются и другие, например, перегруженные функции [4].

Список литературы

1. Павловская, Т. А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня. Структурное программирование. Практикум / Т. А. Павловская, Ю. А. Щупак. – СПб. : Питер, 2008. – 240 с.

2. Подбельский, В. В. Язык С++ / В. В. Подбельский. – М. : Финансы и статистика, 1999. – 559 с.

3. Ускова, О. Ф. Начала структурного программирования на языке С++ : задачник-практикум. Ч. 6. Функции / О. Ф. Ускова, Н. А. Каплиева. – Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2018. – 50 с.

4. Ускова О. Ф. Перегрузка функций в языке С++ : электронный ресурс / О. Ф. Ускова, Н. А. Каплиева, Н. Б. Ускова // Информатика : проблемы, методология, технологии : сборник материалов 17-й международной научно-методической конференции, Воронеж 9–10 февраля 2017 г. : в 5 т. – Воронеж, 2017. – Т. 5. – С. 117-121.

Проблемы адаптации студентов на начальной стадии обучения основам программирования

В. Г. Хлебостроев, e-mail: vgh2006@ mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются проблемы, возникающие у студентов на начальной стадии изучения курса основ программирования. Обсуждаются возможные способы их преодоления.*

Ключевые слова: *изучение основ программирования, инструментальные среды, языки программирования.*

Введение

Начало обучения в вузе связано с резким изменением в укладе жизни вчерашних школьников, что требует от них определенных усилий, направленных на приспособление – **адаптацию** к новым условиям. При этом адаптационные способности, т.е. способности личности без конфликта интегрировать в новую среду, у отдельных студентов могут существенно различаться. Адаптация студентов на начальной стадии обучения в вузе является достаточно сложной психолого-педагогической проблемой, имеющей целый ряд составляющих [1]. Мы рассмотрим лишь один ее аспект, который можно обозначить как академический, поскольку он связан с особенностями усвоения новых знаний и овладения новыми компетенциями. Конкретно речь будет идти о том, как эта проблема выглядит применительно к изучению дисциплин, связанных с основами программирования.

1. Организация учебного процесса

Изучение языков и сред программирования стало неотъемлемой частью учебных планов вузов по многим направлениям подготовки. На факультете компьютерных наук ВГУ студентам в первом семестре читаются курсы:

– «Введение в программирование» по направлениям подготовки «Информационные системы и технологии», «Программная инженерия» и «Информационная безопасность»;

– «Программирование» по направлению подготовки «Прикладная информатика»;

© Хлебостроев В.Г., 2019

– «Технологии программирования» по направлению подготовки «Математика и компьютерные науки».

Вузовские курсы, посвященные изучению основ программирования, имеют ряд специфических особенностей по сравнению с более традиционными дисциплинами. К их числу можно отнести:

– существенно деятельностный характер процесса обучения, усвоение учебного материала возможно только в процессе написания программ;

– необходимость использования инструментальной инфраструктуры – унифицированного аппаратного и программного обеспечения;

– многообразие языковых средств, формальный характер языков программирования.

Перечисленные особенности порождают целый ряд проблем, делающих указанные курсы сложными для изучения. Поэтому крайне важную роль играет организация учебного процесса. Главным для успешной адаптации назвали этот фактор 48% участников социологического исследования среди студентов, результаты которого приведены в диссертационной работе [2].

Изучение основ программирования требует гораздо большего объема лабораторных занятий по сравнению с большинством «традиционных» дисциплин. Значительную часть учебного материала студенты должны усваивать не в лекционной аудитории, а в компьютерной лаборатории. При этом, наполняемость групп должна обеспечивать возможность преподавателю в течение учебного занятия индивидуально проконсультировать каждого студента. В этом смысле изучение программирования, в наибольшей степени, схоже с изучением иностранного языка. Практическая реализация высказанных соображений возможна лишь при наличии достаточных для этого инфраструктурных и кадровых ресурсов.

Чрезвычайно сложной является проблема овладения студентами инструментальным программным обеспечением, используемым в процессе обучения. Значительная часть первокурсников пользуется личными ноутбуками с уже установленными инструментальными средами, но лишь немногие обладают опытом работы с ними и, тем более, способны производить настройку их параметров. Современные системы программирования являются многофункциональными средствами разработки программ с достаточно сложным пользовательским интерфейсом, Опыт показывает, что различные методические пособия, включая видеоматериалы, оказываются

малопригодными для решения конкретных проблем студентов. Поэтому крайне важно в самом начале выделить время для знакомства студентов с рекомендованной для использования инструментальной средой, ее возможностями, способами настройки и управления в режиме прямого общения с преподавателем.

В технологическом плане студенты, прежде всего, должны овладеть средствами **сохранения** разрабатываемого приложения (проекта) и средствами его **отладки**. Корректное сохранение всех файлов проекта гарантирует возможность последующего возобновления работы над ним. С методической точки зрения этот момент крайне важен, поскольку является элементом воспитания культуры труда (в данном случае, разработчика программного продукта), являющейся, как известно, основой любого эффективного производства.

Что же касается средств отладки, то только умение пользоваться ими может избавить начинающего программиста от чувства бессилия и безнадежности, возникающего при безуспешных попытках заставить работать написанную им программу. Обучение способам локализации ошибок и анализа промежуточных состояний выполняющейся программы позволяет сформировать у студентов представление о программе как динамическом объекте, имеющем определенную внутреннюю структуру.

2. Изучение языков программирования

Освоение основ программирования, разумеется, невозможно без одновременного изучения какого-либо из языков программирования На ФКН ВГУ есть опыт использования в этом качестве языков Delphi, C++, C#, Pyton. В настоящее время в рамках курса «Введение в программирование» используется язык Java. Но независимо от выбора языка студенты сталкиваются с проблемами, которые вызваны его формальным характером языков программирования и, в этом смысле, являются универсальными [3].

Прежде всего, это проблема понимания принципа формального общения, основанного на строгом соблюдении синтаксических и семантических правил. Отсутствие такого понимания приводит к «очеловечиванию» компьютера, выражающемуся у студентов в неоправданном ожидании от него реакции на действия пользователя, характерной для субъекта, наделенного, подобно человеку, способностью дополнять недостаток внешней информации из своих внутренних резервов (знаменитый «жизненный опыт»). Разумеется, исследования в области искусственного интеллекта дают надежду на определенное снижение остроты этой проблемы, но они никогда не

отменят необходимости соблюдения культуры общения между человеком и компьютером.

Кроме того, существует проблема понимания особенностей представления данных в памяти компьютера и процесса их обработки. До 90% студентов первого курса не имеют ясного представления о числовом двоично-кодированном принципе хранения информации.

В данном случае требуется четкое представление о различии между понятиями «непрерывности» и «дискретности», об их математическом представлении в виде множеств вещественных и целых чисел, соответственно. Именно с этим связаны сложности в усвоении принципа **типизации данных**, принятого в большинстве языков программирования. Здесь же кроется причина непонимания особенностей выполнения процессорами операций над данными.

Усвоение этих принципов требует наличия определенного уровня математической культуры, знания основ алгебры и логики. Как показывает опыт, крайне сложно восполнить недостаток этих знаний уже в процессе изучения самого языка программирования.

Вышеперечисленные проблемы образуют, если можно так выразиться, нулевой уровень комплекса методических вопросов, связанных с изучением языков программирования. Вопросы следующего уровня связаны с проблемой **алгоритмизации**. Языки программирования являются лишь средством описания алгоритмов, используемых для решения различного рода задач. Сами же алгоритмы представляют собой особого рода математические объекты и требуют специального изучения, в частности, внимательного анализа их свойств.

Нам представляется, что обсуждение темы алгоритмов следует начинать при знакомстве студентов с процедурами/функциями. При этом важно показывать, как свойства алгоритмов реализованы на уровне этих структурных единиц программ (массовость – механизм параметров, детерминированность – семантика операторов, конечность – корректность циклических структур). Далее, необходимо выработать у студента критическое отношение к создаваемым или используемым алгоритмам, представление о том, что для решения одной и той же задачи могут использоваться алгоритмы, обладающие разной **эффективностью**. На классическом примере программ сортировки линейных массивов легко показать разные виды временно*й* сложности алгоритмов.

Трудами наших предшественников создано огромное число алгоритмов для решения различного класса задач. Между тем студенты, как правило, стараются не погружаться в теоретические дебри и пытаются вместо известных алгоритмов создавать собственные.

Психологически это совершенно понятно и, безусловно, полезно. Стремление к самостоятельному творчеству вещь весьма похвальная, но лишь при условии, что оно имеет целью создать продукт, в чем-то превосходящий уже существующие аналоги. Однако для этого необходимо знать эти аналоги, иметь в своем арсенале некоторый, пусть и небольшой, набор готовых решений.

Наконец, последняя в порядке следования, но не по степени важности, проблема – это проблема тестирования программ. Грамотное тестирование возможно только на основе ясного представления об особенностях реализованного алгоритма. Фактически тестирование – это проверка его свойств массовости и конечности. Студенты должны научиться устанавливать области допустимых значений аргументов, выделять в них подобласти «нормальных» и критических значений, строить планы тестирования.

Заключение

Необходимо констатировать, что при самых совершенных методиках, обучение основам программирования не может быть успешным при отсутствии минимального базиса, закладываемого при изучении информатики в средней школе. Автор категорически не согласен с мнением о том, что в рамках вузовских курсов по основам программирования можно заодно решить и задачу восполнения частично или полностью отсутствующих у студентов знаний из школьного курса информатики. Проблемы, о которых говорилось выше, с большой вероятностью станут непреодолимыми для абитуриентов, не изучавших программирование в школе. Разумеется абитуриент сам делает выбор в пользу того или иного направления подготовки, но о возможных рисках он должен быть предупрежден еще в ходе приемной кампании.

Список литературы

1. Архипова А. А. Адаптация студентов как одно из условий самореализации личности // Педагогические науки. – 2011. – № 3. – С. 155-163.

2. Яковлева, М. В. Педагогические основы адаптации первокурсников к обучению в вузе. – 2000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dissercat.com/content/pedagogicheskie-osnovy-adaptatsii-pervokursnikov-k-obucheniyu-v-vuze

3. Пушкарева Т. П. Дидактические средства развития алгоритмического стиля мышления студентов / Т. П. Пушкарева, Т. А. Степанова, В. В. Калитина // Образование и наука. – 2017 – Т. 19. – № 9. – С. 126-143.

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 2
ЕГЭ по информатике

Типизация решения номера 14 ЕГЭ по информатике

Е. А. Авдеева, ajane17@mail.ru

МБОУ гимназия им. А. Платонова

Аннотация. *В данной работе рассматриваются решения номера 14 в ЕГЭ в зависимости от его типа. Первые два типа решения определяются по внешнему виду условия задачи, а третий – в процессе решения.*

Ключевые слова: *Номер 14 ЕГЭ по информатике, какая строка получится в результате применения программы, редактор получает на вход строку цифр и преобразовывает их.*

Введение

Задание номер 14 из ЕГЭ предназначено для проверки умения пользоваться структурами цикла и условия. Задание не требует знания языков программирования, достаточно знать алгоритмический язык. Но не смотря на «кажущеюся простоту» обучающиеся допускают ошибки. Глядя на условие можно выделить два типа решения.

1. Тип 1 «Если – иначе»

Задача1: (опускаю стандартное объяснение перед задачей) Какая строка получится в результате применения приведенной ниже программы к строке, состоящей их 1000 идущих подряд цифр 5?

```
НАЧАЛО
ПОКА нашлось (333) ИЛИ нашлось (555)
    ЕСЛИ нашлось (333)
        ТО заменить (333, 5)
        ИНАЧЕ заменить (555,3)
    КОНЕЦ ЕСЛИ
КОНЕЦ ПОКА
КОНЕЦ
```

Отличительная черта: в условии строка одинаковых цифр, в алгоритме условие выполняется связка ЕСЛИ – ИНАЧЕ, цикл начинается заново.

Алгоритм решения:

1. Записываем некоторое количество цифр

555 555 555 555

© Авдеева Е. А., 2019

2. Так как в условии выполняется связка ЕСЛИ – ИНАЧЕ, то условие выполнения цикла проверяется заново.

3. 555 555 555 555
   3 3 3
   5

Использовали 9-ть пятёрок, они заменились на 3-и тройки, а они заменились на одну **5**

4. Эта **5** и следующие две пятерки заменяются на тройку.

5. 555 555 555 55 555 555
   3 3 3
   5_____ __ ___
   3 3 3
   5

Алгоритм повторяется, но используем уже 8_мь пятёрок, которые заменятся на одну пятерку. И так до конца строки – это период.

Подсчитываем 1000 – 9 (9-ть пятерок) = 991 (итог пункта 1, в промежуточный ответ **записываем 5**), 991:8 (8-мь пятерок – период) = 123 (ост7) (итог пункта 2, в промежуточный ответ **дописываем 5555555,** потому что остаток 7, на частное внимания не обращаем).

6. Применяем алгоритм еще раз:

555 555 55
3 3

Ответ: 3355.

2. Тип 2 «Если – то»

Задача2: Какая строка получится в результате применения приведенной ниже программы к строке, состоящей их 1000 идущих подряд цифр 3?

```
НАЧАЛО
ПОКА нашлось (333) ИЛИ нашлось (555)
      ЕСЛИ нашлось (333)
            ТО заменить (333, 5)
            ИНАЧЕ заменить (555,3)
       КОНЕЦ ЕСЛИ
КОНЕЦ ПОКА
КОНЕЦ
```

Отличительная черта: в условии строка одинаковых цифр, в алгоритме условия выполняется связка ЕСЛИ – ТО до конца строки.

Алгоритм решения:

1. Так как в алгоритме условия выполняется связка ЕСЛИ – ТО до конца строки, то 1000: 3 (три тройки) = 333 пятерки и остаток 1 тройка (в промежуточный ответ в конец **записываем 3**).

2. Получили строку 333 пятерки и одна 3. Продолжаем алгоритм по Типу 1 «Если-иначе»: подсчитываем 333-9=324 (итог пункта 1 задача 1, в промежуточный ответ **записываем 5**), 324 :8 (период) = 40 (ост 4) (итог пункта 2 задача 1, в промежуточный ответ **дописываем 5555,** потому что остаток 4, на частное внимания не обращаем). Промежуточный ответ: 555 55 3.

3. Применяем алгоритм еще раз:

555 55 3
3

Ответ: 3553.

3. Тип 3

Задача3: [1] Какая строка получится в результате применения приведенной ниже программы к строке, состоящей их 51 идущих подряд четверок цифр 1122?

```
НАЧАЛО
ПОКА нашлось (12) ИЛИ нашлось (2222)
      ЕСЛИ нашлось (12)
            ТО заменить (12, 2)
            ИНАЧЕ заменить (2222,2)
       КОНЕЦ ЕСЛИ
КОНЕЦ ПОКА
КОНЕЦ
```

Отличительная черта: в условии строка повторяющихся, но не одинаковых цифр, в дальнейшем ПЕРИОД находится не сразу.

Алгоритм решения:

1. Записываем некоторое количество цифр:

1122 1122 1122 1122 1122
2 2
2 2
2

Использовали 8-мь цифр, они заменились на 2-у. Кажется, что следующая восьмерка цифр заменится на двойку. Но это не так.

2 1122 112 **2 1122**
2 2
2 2
2

Использовали 2 и 7-мь следующих цифр (но это не период, т.к. следующая группа цифр начинается с 2, а не с 1 как предыдущие две группы), они заменились на двойку.

2 2 1122 **1122**

2

2

2

Использовали 2 и 5-ть следующих цифр. Далее строка повторяется 1122. Таким образом ПЕРИОД 7+5=12 цифр.

2. Подсчитываем: всего цифр 51*4=204, 204-8 (использовали первые 8-мь цифр, они заменились на 2-у, в промежуточный ответ **записываем 2**) =196, 196:12 (период)=16 (ост 4) (в промежуточный ответ **дописываем 1122,** потому что остаток 4, на частное внимания не обращаем). Промежуточный ответ 2 1122

3. Применяем алгоритм еще раз:

2 1122

2

2

Ответ: 222

Заключение

В статье разобраны три типа решения задания. На уроке сначала показать и отработать навык решения 1 и 2 типов задания. Урок построить так, чтобы подвести обучающихся к самостоятельному выводу о том, что 2 тип оличается от первого только одним пунктом (пункт 1 задача 2). Далее вводим задания типа3. В этом типе нет шаблонных заданий, поэтому нужно выполнять алгоритм формально, не додумывая ничего за исполнителя [2]. Научится решать задания типа3 можно только прорешив большое количество разнообразных примеров.

Литература

1. Кралов С. С. ЕГЭ. Информатика и ИКТ : типовые экзаменационные варианты : 20 вариантов / С. С. Кралов, Т.Е. Чуркина. – М. : Издательство «Национальное образование», 2018. – 400 с. – (ЕГЭ. ФИПИ – школе).

2. Материалы для подготовки к ЕГЭ-2018 по информатике [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://kpolyakov.spb.ru/

ЕГЭ: задачи 6-2 и 15 как способ подготовки к решению задачи 22 и решение задачи 22 обратным способом

И. И. Каширская, email: irkashir@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Предложена последовательность подготовки к решению задачи ЕГЭ на динамическое программирование, и предложен обратный способ решения задачи.*

Ключевые слова: *ЕГЭ, исполнитель, граф, динамическое программирование, обратный ход, обратный способ, реверсный способ.*

Введение

Предлагается рассматривать решение задачи 22 (динамическое программирование) после решения задачи 15 (поиск путей в графе) и задачи 6-2 (анализ и построение алгоритмов для исполнителей) [1, 2].

Обычно задачи 15 и 6 не вызывают у школьников затруднений: по результатам ЕГЭ-2018 в Воронежской области задачу 15 решили 65,08% сдающих, а задачу 6 – 55,98%, тогда как задачу 22 решили только 30,7%. Причем обычно большая часть ошибок в задаче 15 – арифметические, а при решении задачи 22 большая часть ошибок обусловлена непониманием задачи, и только меньшая часть – арифметическими ошибками.

Предлагаемая последовательность подготовки помогает школьникам лучше понять способ решения задачи 22, и закрепить навыки по решению задач 15 и 6-2.

1. Задача 15

При решении задачи 15 обычно используется стандартный способ подсчета количества путей в графе (т. к. предлагаемые составителями графы никогда не содержат циклов): у каждого города пишется его вес, равный сумме весов городов входящих стрелок, начальный город имеет вес, равный единице.

Школьники легко решают эту задачу, записывая веса городов сразу на бланке КИМа. Ошибки же обычно бывают обусловлены ошибочными арифметическими подсчетами в уме или невнимательностью при подсчете стрелок.

© Каширская И. И., 2019

Поэтому для некоторых школьников правильнее будет способ составления таблицы, представленной ниже. Таблица позволит провести проверку решения без необходимости заново проводить подсчеты в уме.

Рассмотрим пример подсчета количества путей из города А в город Т. Граф для этого примера приведен на рис. 1.

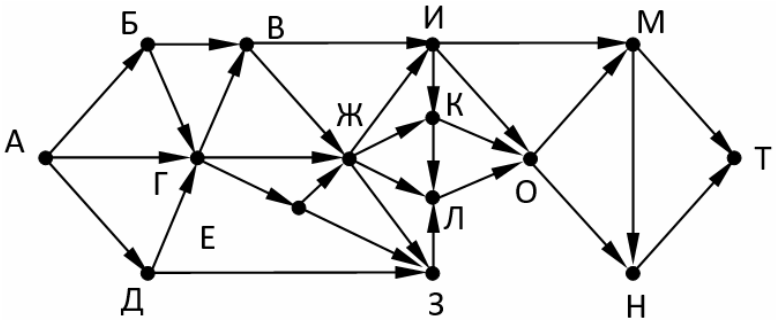


Рис. 1. Граф для задачи 15

Данная таблица разделяет подсчет стрелок и подсчет весов городов, т.к. сначала заполняются первые две графы (город и количество входящих стрелок), причем не в алфавитном порядке, а слева направо в порядке прохождения графа. Далее выписываются в третью графу веса городов входящих стрелок, и подсчитывается их сумма.

Записывать же имена городов входящих стрелок считаю излишним, т. к. при использовании предлагаемой таблицы школьник дважды обращается к графу – при подсчете количества стрелок и подсчете суммы – и сможет легко обнаружить какую-то свою ошибку.

Таблица

Таблица для решения задачи 15

Город	**Кол-во входящих стрелок**	**Формула суммы слагаемых**	**Вес города**
А	0	1	1
Б	1	1	1
Г	3	1+1+1	3
Д	1	1	1
В	2	1+3	4
Е	1	3	3
Ж	3	4+3+3	10
З	3	10+3+1	14

Окончание таблицы

Город	Кол-во входящих стрелок	Формула суммы слагаемых	Вес города
И	2	4+10	14
К	2	14+10	24
Л	3	24+10+14	48
О	3	14+24+48	86
М	2	14+86	100
Н	2	100+86	186
Т	2	100+186	286

2. Решение задачи 6-2

В наборе задач 6-2 со способом решения задачи 22 связаны только задачи на исполнителя *Калькулятор*.

Эти задачи легко решаются школьниками. Причем если одна из команд задачи «раздели», то задача решается прямым ходом, а если «умножь», то удобнее решать в обратной формулировке («отними» меняется на «прибавь», «прибавь» меняется на «отними», «умножь» на «раздели». Школьники хорошо понимают, что умножать можно все числа, а нацело делятся не все, и поэтому обычно не допускают ошибок в решении этой задачи.

3. Задача 22

Задача 6-2 на простых примерах позволяет понять, как работает исполнитель. Если в задаче 6-2 предлагалось выписать последовательность действий, то в задаче 22 предлагается подсчитать количество программ получения из одного числа другого числа – что очень похоже на подсчет в задаче 15 количества путей, ведущих из начального города в конечный. Я предлагаю школьникам решение этой задачи способом построения обратного дерева. Легко воспринимается сравнение этого дерева с разрезанным и развернутым графом из задачи 15.

После того, как дерево будет построено, пройдем по нему от начального числа к исходному тем же способом, что проходили по дереву в задаче 15.

При решении же задач с условием прохода траектории через какое-то или какие-то числа удобнее разбивать задачу на два (или более) деревьев (см. рис. 2). Из исходного числа получаем число, которое должна содержать траектория, Х способами. Затем из него получаем

конечное число Y способами. Для каждой части строится свое обратное дерево.

Например, решим задачу со следующими условиями: *Исполнитель преобразует число на экране. У исполнителя есть две команды, которым присвоены номера:*

1. Прибавить 1

2. Прибавить 3

Первая команда увеличивает число на экране на 1, вторая увеличивает его на 3. Программа для исполнителя – это последовательность команд. Сколько существует программ, для которых при исходном числе 3 результатом является число 21 и при этом траектория вычислений содержит число 12 и не содержит число 18?

Заменим команды «Прибавить 1» и «Прибавить 3» на «Вычесть 1» и «Вычесть 3», и будем получать из числа 21 число 3. Но так как траектория должна содержать число 12, построим обратное дерево получения из числа 12 числа 3 и получим, что 12 может быть получено 19 способами. Далее построим обратное дерево получения из числа 21 числа 12. Вычеркнем из этого дерева число 18 (которое не должна содержать траектория) и подсчитаем конечный результат – это 133 способа.

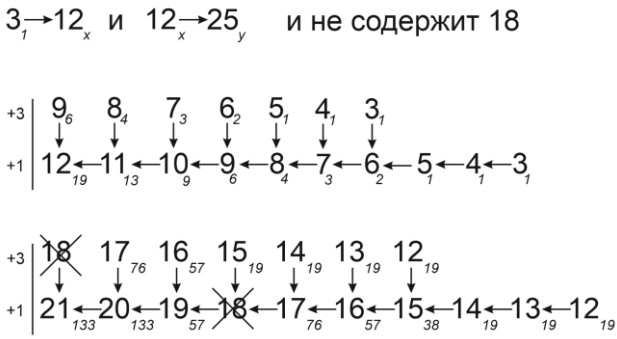


Рис. 2. Решение задачи с помощью обратного хода

Для решения же задач с командами, не позволяющими получить все необходимые числа (обычно это задачи, где отсутствует команда «прибавить один» или «вычесть один»), можно использовать и описанный способ, дополнив его рисованием дерева, включающего недостающие команды, однако лучше использовать громоздкий, но исключающий возможность ошибки, способ построения дерева прямым способом и последующим проходом по этому дереву снизу вверх.

На рис. 3 приведен пример получения из числа 20 числа 35 с использованием трех команд: +2, +3, +5. Сначала строим дерево сверху вниз (необязательно полное дерево – достаточно получить для некоторых чисел требуемое число, и потом, как только встретилось число, для которого не было посчитано количество, достроить дерево) и затем пройти снизу вверх от конечных чисел.

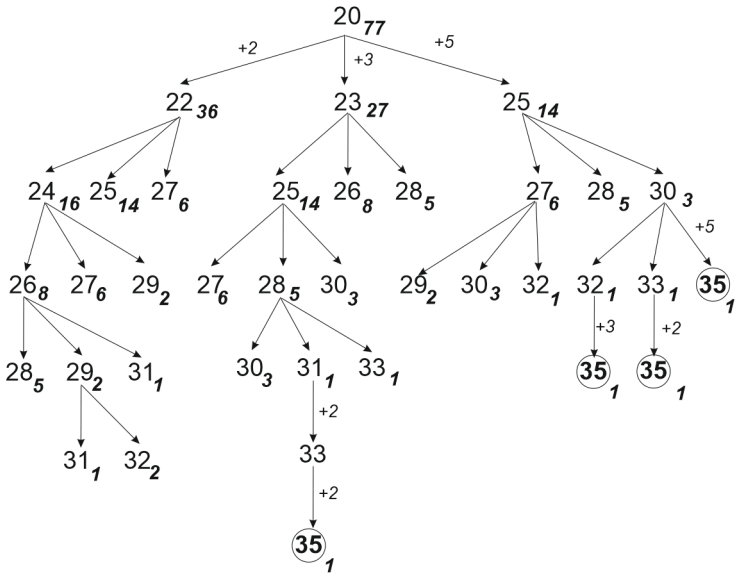


Рис. 3. Дерево, построенное прямым способом

К. Ю. Поляков предлагает [2] решение задачи 22 методом составления рекуррентных формул и заполнением таблицы. Этот метод представляется неудобным в условиях ЕГЭ, т.к. достаточно много времени уходит и на составление формул, и на последующее заполнение таблицы; кроме того, у школьников вызывает трудности не только само составление формул (и уверенность в том, что все формулы найдены), но и их применение.

Данная последовательность подготовки применяется мной уже несколько лет и дает хорошие результаты сдачи ЕГЭ.

Список литературы

1. Открытый банк заданий ЕГЭ по информатике [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://os.fipi.ru/tasks/5/a

2. Поляков К. Ю. Подготовка к ЕГЭ по информатике [Электронный ресурс]. — Режим доступа : http://kpolyakov.spb.ru/school/ege.htm

Системы счисления в ЕГЭ по информатике

М. Е. Старикова, e-mail: starik-marina@yandex.ru

МБОУ СОШ с УИОП №8 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматриваются способы решения задания ЕГЭ по теме «Системы счисления».*

Ключевые слова: *ЕГЭ, информатика, системы счисления.*

Введение

© КИМ ЕГЭ по информатике содержит два задания по теме «Системы счисления». Рассмотрим методику решения задания повышенного уровня (в последние годы задание под номером 16).

Для любого числа n в системе счисления с основанием p имеем (таблица):

Таблица

Запись чисел в системах счисления с разным основанием

	Запись числа $n=p^k$ в системе счисления с основанием p	Количество единиц	Количество нулей	Общее количество цифр
	1	y1	0	1
	10	1	1	2
	100	1	2	3
	1000	1	3	4
..	...	...	...	...

Пример 1. Найдите количество нулей (m) и единиц (e) в двоичной записи результата выражения: а) 2^7-2^2 б) 2^7+2^2

Решение

а) Можно найти результат непосредственными вычислениями:

```
  1 0 0 0 0 0 0 0
-           1 0 0
  1 1 1 1 1 0 0
```

m=2, e=5

© Старикова М.Е., 2019

б) 1 0 0 0 0 0 0 0
\+ 1 0 0
1 0 0 0 0 1 0 0

Ответ: m=6, e=2

Пример 2. Найдите количество нулей (m) и единиц (e) в двоичной записи результата выражения: а) $2^{120}-2^{20}$ б) $2^{120}+2^{20}$

Решение

Здесь проводить непосредственные вычисления нецелесообразно. Найдем формулы для нахождения искомых величин для общего случая.

а) 2^a-2^b (при a>b)

В двоичном виде уменьшаемое является (a+1) -значным числом, а разность будет a-значной. В конце разности будут записаны b нулей. Количество единиц e равно a-b.

Для нашего примера e=100, m=20.

б) 2^a+2^b (при a>b)

В двоичном виде наибольшее слагаемое и сумма являются (a+1)-значными числами.

В сумме будут две единицы, в конце будут записаны b нулей, а всего нулей будет (a-1).

Для нашего примера e=2, m=149.

1. Решение заданий

Задача 1.

Сколько единиц содержится в двоичной записи результата выражения: $16^{2012}-4^{2014}+2^{2020}$?

Решение

Запишем выражение в виде степеней двойки: $2^{8048}-2^{4028}+2^{2020}$.

В двоичной записи разности будет 8048-4028=4020 единиц и 4028 нулей. Добавление числа 2^{2020} увеличит количество единиц на 1.

Ответ: 4029.

Задача 2. [2]

Значение арифметического выражения $49^{10}+7^{30}-49$ записали в системе счисления с основанием 7. Сколько цифр «6» содержится в этой записи?

Решение

Запишем данное выражение в виде степеней семерки:

$7^{20}+7^{30}-7^2=7^{30}+7^{20}-7^2$.

В семеричной записи разности будет 20-2=18 шестерок и два нуля. Добавление числа 7^{30} (представляющего из себя единицу и 30 нулей) количества шестерок не изменит.

Ответ: 18.

Задача 3.

Значение выражения $36^8+6^{20}-12$ записали в системе счисления с основанием 6. Сколько цифр 0 содержится в этой записи?

Решение

Запишем данное выражение в виде степеней шестерки в порядке убывания: $6^{20}+6^{16}-6^1-6^1$.

$6^{16}-6^1$ в системе счисления с основанием 6 будет записано как 16-1=15 пятерок и 1 нуль. Вычитание 6 (единица и нуль в системе счисления с основанием 6) даст 14 пятерок, 1 четверку и 1 нуль. Добавление 6^{20} (1 и двадцать нулей) увеличит количество нулей на 4.

Ответ: 5

Задача 4. [3]

Значение арифметического выражения $9^7 + 3^{21} – 9$ записали в системе

счисления с основанием 3. Сколько цифр «2» содержится в этой записи?

Решение

Запишем данное выражение в виде степеней тройки в порядке убывания: $3^{21} + 3^{14} – 3^2$.

В троичной записи разности будет 14-2=12 двоек и два нуля. Добавление числа 3^{21} (представляющего из себя единицу и 20 нулей) количества двоек не изменит.

Ответ: 12.

2. Заключение

В данной статье рассмотрена методика решения задания повышенного уровня по теме «Системы счисления», которая, по мнению автора, является доступной для учащихся и требует немного времени на выполнение задания.

Список литературы

1. Златопольский, Д. М. Сколько единиц и сколько нулей? / Д. М. Златопольский // Информатика. – М. : Первое сентября, 2012. – №11. – С.64.
2. Демонстрационный вариант ЕГЭ 2018 по информатике.
3. Демонстрационный вариант ЕГЭ 2019 по информатике.

Системы счисления в заданиях ЕГЭ по информатике разных лет

Д. Г. Усков, email: uskov.dan@mail.ru
Н. А. Каплиева, email: kaplieva@amm.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *Анализируются задания ЕГЭ по информатике, относящиеся к разделу «Информационные процессы и системы», которые предлагались выпускникам разных лет.*

Ключевые слова: *Системы счисления, неравномерный код, бит, байт, цепочки символов.*

В наступившем, 2019 году, исполняется 10 лет, когда ЕГЭ по информатике был проведен во всех субъектах Российской Федерации. Впервые ЕГЭ по информатике проходил в 2006 году в одном регионе (г. Санкт-Петербург), в следующем, 2007 году в 13 регионах нашей страны.

Быстрое развитие информационных технологий способствует тому, что по сравнению с другими дисциплинами школьный курс информатики изменяется гораздо быстрее. Это отражается и в заданиях ЕГЭ, являющихся основной формой объективной оценки качества подготовки выпускников общеобразовательных учреждений.

Существенные изменения заданий ЕГЭ по информатике произошли в 2015 году, когда экзаменационная работа стала состоять не из трех, а из двух частей и были полностью исключены задания с выборочным типом ответа [2].

В нашей стране КИМы по информатике, как и по всем образовательным предметам, разрабатываются Федеральным институтом педагогических измерений (ФИПИ). После проведения ЕГЭ ежегодно в соответствии с решением Коллегии Министерства образования и науки Российской Федерации ФИПИ открывает несколько вариантов по всем образовательным предметам, которые входят в перечень сдаваемых ЕГЭ [1].

Приведем несколько примеров заданий ЕГЭ по информатике разных лет.

А1 (2008 г.). Вычислите сумму x и y, при $x = \mathrm{A7}_{16}$, $y = 56_8$. Результат представьте в двоичной системе счисления [3].

© Усков Д. Г., Каплиева Н. А., 2019

1) 11010101_2 2) 11001001_2 3) 10001111_2

Ответ: 1.

А1 (2009 г.). Указать наименьшее основание системы счисления, в которой запись числа 19 трёхзначна [3].

Ответ: 3.

А1 (2010 г.). Указать через запятую в порядке возрастания все основания систем счисления, в которых запись числа 22 оканчивается на цифру 4 [4].

Ответ: 6, 9, 18.

А1 (2011 г.). Дано $a = 6A16,\ b = 154_8$. Какое из чисел записанных в двоичной системе, отвечает условию $a < c < b$? [5].

1) 1101010
2) 1101110
3) 1101011
4) 1101100

А1 (2014 г.). В системе счисления с некоторым основанием число 17 записывается в виде 101. Укажите это основание [6].

Решение.

По правилу перевода числа из системы счисления с основанием x в десятичную

$$101_x = 1 \cdot x^2 + 0 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0 = x^2 + 1$$

По условию это число равно 17. Решаем уравнение

$$x^2 + 1 = 17$$

$$x^2 = 16$$

$$x = \pm 4$$

Основание позиционной системы счисления должно быть больше 1.

Ответ: 4.

1 (2015 г.). Для передачи по каналу связи сообщения, состоящего из символов А, Б, В, Г используется неравномерный (по длине) код А-00, Б-11, В-100, Г-011. Через канал связи передается сообщение ГБВАГВ. Закодируйте сообщение данным кодом. Полученную двоичную последовательность переведите в шестнадцатеричный вид [7].

1) 712112 2) DBCAADC 3) F838 4) 7C1C

Ответ: 4

4 (2015 г.). Сколько значащих нулей в двоичной записи десятичного числа 509? [7].

Ответ: 1

16 (2015 г.). Запишите десятичное число 357 в системе счисления с основанием 7 [7].

Ответ: 1020.

1 (2018 г.). Укажите количество решений неравенства

$$10010100_2 < x < 232_8$$

Ответ: 5.

16 (2018 г.). Сколько единиц содержится в двоичной записи выражения

$$4^{2013} + 2^{2010} - 15\,?$$

Решение.

Преобразуем каждое слагаемое, заменив его через соответствующую степень 2

$$2^{4026} + 2^{2010} - 2^4 + 1$$

Число 2^{4026} представляет собой одну единицу и 4026 нулей.

Выражение $2^{2010} - 2^4$ состоит из 2006 единиц и 4 нулей.

Таким образом получим

$$\begin{array}{l} 1\overbrace{0000\ldots0000000}^{} \\ +\ \underbrace{\qquad\qquad}_{2006}\ 0 \\ +\qquad\qquad\ 1 \end{array}$$

Общее количество единиц $1 + 2006 + 1 = 2008$.

Ответ: 2008.

16 (2018 г.). Из букв В, Г, У составлены все пятибуквенные слова, записанные в алфавитном порядке. Вот начало списка

(1) ВВВВВ
(2) ВВВВГ
(3) ВВВВУ
(4) ВВВГВ

Записать слово, которое стоит на 240 месте [1].

Решение.

Так как при построении слов используется три буквы, то перейдем к троичной системе счисления. Переобозначим буквы В, Г, У троичными цифрами: В – 0, Г – 1, У – 2. Получим

(1) ВВВВВ = 00000_5 = 0_{10}

(2) ВВВВГ = 00001_5 = 1_{10}

(3) ВВВВУ = 00002_5 = 2_{10}

(4) ВВВГВ = 00010_5 = 3_{10}

Таким образом, на 240 месте будет стоять десятичное число 239. Переведем число 239 в троичную систему: 239_{10} = 22212_3 и подставим исходные буквы.

Ответ: УУУГУ.

Заметим в заключение, что настоящая международная научная конференция успешно проводится факультетом компьютерных наук Воронежского государственного университета ежегодно, начиная с 2001 года.

Список литературы

1. Официальный информационный портал единого государственного экзамена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ege.ru

2. Изменение формата ЕГЭ по информатике в 2015 году / А. И. Шашкин [и др.] // Современные методы теории краевых задач. Материалы Международной конференции Воронежская весенняя математическая школа Понтрягинские чтения – XXVI (3–9 мая 2015 г.). – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. – С. 223-224.

3. ЕГЭ 2009. Информатика. Федеральный банк экзаменационных материалов / Авт.-сост. П. А. Якушкин, С. С. Крылов. – М. : Эксмо, 2009. – 160 с.

4. ЕГЭ 2010. Информатика: сборник экзаменационных материалов / Авт.-сост. П. А. Якушкин, С. С. Крылов. – М. : Эксмо, 2010. – 176 с.

5. Самое полное издание типовых вариантов реальных заданий ЕГЭ 2012. Информатика / Авт.-сост. П. А. Якушкин, Д. М. Ушаков. – М. : Астрель, 2012. – 251 с.

6. Крылов, С.С. ЕГЭ 2014. Информатика. Тематические тестовые задания / С. С. Крылов, Д. М. Ушаков. – М. : Издательство «Экзамен», 2014. – 245 с.

7. ЕГЭ 2015. Информатика. Типовые тестовые задания / В. Р. Лещинер. – М. : Издательство «Экзамен», 2015. – 151 с.

8. ЕГЭ 2018. Информатика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ЕГЭ / В. Р. Лещинер. – М. : Издательство «Экзамен», 2018. – 279 с.

Использование индивидуальных проектов в подготовке к ЕГЭ

И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru[1]
Ю. В. Пономарева, email: tsiplok007@mail.ru[1]
Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru[2]

[1]МБОУ СОШ с УИОП №38 им. Е.А.Болховитинова г. Воронежа
[2]МКОУ «Отрадненская СОШ»

Аннотация. *данная статья рассматривает метод проектов, как один из способов подготовить учащихся к ЕГЭ (ОГЭ).*

Ключевые слова: *метод проектов, подготовка к ЕГЭ и ОГЭ, проектная деятельность, защита проекта.*

После отмены традиционной формы экзаменов и введением ЕГЭ, а затем и ГИА (ОГЭ), мне, как и многим другим учителям информатики, пришлось искать новые способы по подготовке учащихся к экзамену. В итоге используя и классические походы в плане подготовки выпускников, так и учитывая новые веяния, мне в определённой степени удалось сформировать свою систему подготовки к итоговой аттестации.

«На этапе основного общего среднего образования происходит включение обучающихся в проектную и исследовательскую деятельность, основу которой составляют такие учебные действия, как умение видеть проблемы, ставить вопросы, классифицировать, наблюдать, проводить эксперимент, делать выводы и умозаключения, объяснять, доказывать, защищать свои идеи, давать определения понятиям…» (ФГОС,2010).

Успех в современном мире во многом определяется способностью человека организовать свою жизнь как проект: определить дальнюю и ближайшую перспективу, найти и привлечь необходимые ресурсы, наметить план действий и, осуществив его, оценить, удалось ли достичь поставленных целей. Сегодня в школе есть все возможности для развития проектного мышления с помощью особого вида деятельности учащихся - проектной деятельности.

Как используя проектную деятельность подготовить учащихся к ОГЭ и ЕГЭ?

© Щербина И. В., Пономарева Ю. В., Кузнецова Т. М., 2019

Проект – работа, направленная на решение конкретной проблемы, на достижение оптимальным способом заранее запланированного результата.

Исследовательская работа - работа, связанная с решением творческой, исследовательской задачи с заранее неизвестным результатом.

Если научное исследование направлено на выяснение истины, на получение нового знания, то учебное исследование имеет целью приобретение учащимися навыка исследовательской деятельности, освоение исследовательского типа мышления. Такая работа имеет большое сходство с проектом. Однако в данном случае исследование - это лишь этап проектной работы.

Проектный метод получил в настоящее время очень широкое распространение в обучении. Его можно использовать в любой школьной дисциплине, где решаются большие по объему задачи, желательно для учащихся среднего и старшего звена.

Информатика хотя, стала изучаться сравнительно недавно, но сразу же при изучении этой дисциплины стал использоваться проектный метод обучения. Сначала проекты составлялись в школе с использованием языков программирования (Basic, Pascal), сейчас же их изучают мало, и в настоящее время проектная деятельность в информатике базируется на прикладных программах (презентации, электронные таблицы, базы данных, язык гипертекстовой разметки HTML).

Большую роль в процессе подготовки учащихся к ОГЭ и ЕГЭ играют такие методы обучения, как метод проектов.

Проектная деятельность направлена на сотрудничество педагога и учащегося, развитие творческих способностей, является формой оценки в процессе непрерывного образования, дает возможность раннего формирования профессионально-значимых умений учащихся. Проектная технология нацелена на развитие личности школьников, их самостоятельности, творчества. Она позволяет сочетать все режимы работы: индивидуальный, парный, групповой, коллективный.

Опираясь на сайт «Решу ЕГЭ (ОГЭ)», на другие Интернет-ресурсы каждому учащемуся по мере изучения даётся тема проекта, соответствующая одному из заданий ЕГЭ (ОГЭ).

Чтобы начать работать над проектом, необходимо при получении темы ознакомиться с критериями оценивания и планом защиты проекта.

Критерии оценивания проекта:

1. **Актуальность проекта** – обоснованность проекта в настоящее время;

2. **Полнота реализации проектного замысла** – уровень воплощения исходной цели, требований в полученном продукте, все ли задачи оказались решены;

3. **Соответствие контексту проектирования** – совпадение темы, проведенной работы и результата;

4. **Социальная (практическая, теоретическая) значимость –** главный стимул деятельности обучающихся как социальных существ;

5. **Эстетичность, оригинальность** – самобытность, неповторимость эстетического объекта или субъекта, проявляющаяся в богатстве и своеобразии содержания и формы;

6. **Потребность дальнейшего развития проектного опыта –** некий предметный результат, если он оказался социально значимым, требует продолжения и развития. Выполненный по одному предмету учебный проект обычно порождает множество новых вопросов, которые лежат уже на стыке нескольких дисциплин;

7. **Представление проекта –** культура речи, манера, использование наглядных средств, чувство времени, импровизационное начало, держание внимания аудитории;

8. **Ответы на вопросы –** полнота, аргументированность, логичность, убежденность, дружелюбие;

9. **Деловые и волевые качества докладчика –** умение принять ответственное решение, готовность к дискуссии, доброжелательность, контактность.

План защиты:

1. Название проекта.
10. Цели и задачи проекта.
11. Актуальность проекта.
12. Демонстрация проектного продукта.
13. Навыки, полученные во время работы над проектом.
14. Проблемы, с которыми пришлось столкнуться при выполнении проекта.
15. Точки роста – в каких направлениях можно развивать проект.
16. Собственная оценка проекта.

Для ученика проект – это возможность максимального раскрытия своего творческого потенциала. Это деятельность, которая позволяет проявить себя индивидуально или в группе, попробовать свои силы, приложить свои знания, принести пользу, показать публично достигнутый результат. Это деятельность, направленная на решение интересной проблемы, помогает наиболее доступным, понятным учащемуся языком подготовиться к заданиям ЕГЭ (ОГЭ). Результат этой деятельности – основательно и подробно разобранные совместно с

одноклассниками задания ЕГЭ (ОГЭ). Причем защита проекта также проходит совместно с одноклассниками, для их повышения качества образования. А для учителя учебный проект – это интегративное дидактическое средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет вырабатывать и развивать специфические умения и навыки проектирования совместно с подготовкой к ЕГЭ (ОГЭ): проблематизация, целеполагание, планирование деятельности, рефлексия и самоанализ, презентация и самопрезентация, а также поиск информации, практическое применение академических знаний, самообучение, исследовательская и творческая деятельность.

Завершается проект обычно **презентаций** найденного учащимся способа решения исходной проблемы, созданного им проектного продукта и **самопрезентацией** компетентности автора проекта. Презентация – это витрина проекта. Все должно быть подчинено одной цели – наилучшим образом показать результаты работы и компетентность ее автора, которую он приобрел в процессе этой работы. Самопрезентация – важнейший социальный навык и позволяет успешно подготовить учащихся к ЕГЭ (ОГЭ). Об этом говорят результаты.

Литература

1. Открытый урок [Электронный урок]. – Режим доступа : http://открытыйурок.рф/статьи/624317/

2. Издательство «БИНОМ. Лаборатория знаний» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : metodist.lbz.ru

3. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки РФ от 17.12.2010 г. №1897

4. Инфоурок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://infourok.ru

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 3
Проектная технология обучения на основе ИКТ

Педагогический дизайн образовательного пространства с помощью интернет-технологий (на примере интернет-проекта «WunderDeutsch или... Немецкий удивляет»)

Н. А. Лавлинская, email: lavliki@rambler.ru

МБОУ СОШ №98

Аннотация. *Проект «WunderDeutsch или... Немецкий удивляет» https://vk.com/wunderdeutsch реализуется с октября-2018 и является примером применения интернет-технологий для расширения пространства урока за счет использования социальной сети ВКонтакте. Это - продукт коллективного творчества учителя немецкого языка и учеников 8-х классов, начавших в этом году обязательное изучение немецкого языка как второго иностранного. Цель проекта – повышение мотивации школьников. В процессе проектной работы дети получают возможность получить не только специфические познания в области иностранного языка, медиажурналистики и IT-сферы, но и приобрести востребованные в современном обществе так называемые soft skills. Проект опирается на принципы и использует элементы смешанного обучения.*

Ключевые слова: *медиатехнологии, социальные сети, второй иностранный язык, немецкий язык, смешанное обучение, проектная технология, цифровые инструменты, педагогический дизайн.*

Введение

С 1 сентября 2018 года второй иностранный язык стал обязательным к изучению учебным предметом. В МБОУ СОШ №98 г. Воронежа данный предмет появился в учебном плане 8-х классов. При этом его преподавание ведется без разделения на подгруппы, как положено при изучении иностранного языка. Многие педагоги, ученики и их родители – категорически «против» такого введения, особенно в условиях целого класса.

Проект «WunderDeutsch или... Немецкий удивляет» – совместная попытка учителя и учеников найти оптимальный выход из сложившейся ситуации, повысив мотивацию школьников через расширение пространственных и временных границ урока. По предложению заинтересованных учеников, создан образовательный интернет-канал в социальной сети «ВКонтакте», посвященный популяризации немецкого языка и оптимизации процесса его изучения.

© Лавлинская Н. А., 2019

Целевая аудитория проекта - в первую очередь, ученики 8-х классов МБОУ СОШ №98, а также другие школьники, изучающие немецкий языка как второй иностранный. Судя по составу подписчиков, канал интересен и ребятам, изучающим немецкий в качестве основного иностранного, а также многим учителям.

Контент канала создается, в основном, подростками, отражая их интересы и позволяя получать и развивать целый комплекс метапредметных умений и навыков. В процессе проектной работы дети получают возможность получить не только специфические познания в области иностранного языка, медиажурналистики и IT-сферы, но и приобрести востребованные в современном обществе так называемые soft skills, без которых данная работа просто невозможна [2].

1. Методологическая база и используемые технологии

Проект опирается на принципы и использует элементы смешанного обучения. При разработке данного проекта детская творческая команда опиралась на успешный опыт реализации Лавлинской Н.А. в 2008-2018 годах социального проекта «Школьный медиа-центр» на базе МБОУ СОШ №16 [5], а также методические рекомендации из сферы медиаобразования в школе.

Кроме того, было изучено большое количество образовательно-языковых каналов в интернете, чтобы «взять на вооружение» самые удачные формы работы.

В итоге, проект «WunderDeutsch или... Немецкий удивляет» сочетает в себе черты и того, и другого: это – детская образовательная журналистика с четкой предметной ориентацией.

В основе работы лежит реализация проектной технологии с использованием цифровых инструментов.

Одной из основополагающих является технология проблемного обучения, так как проектный продукт и все его содержательное наполнение – это попытка решения сложившейся проблемной ситуации в процессе преподавания конкретного учебного предмета.

Технологии смешанного обучения по моделям «перевернутый класс» и «межшкольная группа» помогают перейти от трансляции знаний к интерактивному взаимодействию с учениками.

Технологии коллективного взаимообучения помогают наладить совместную работу большой межшкольнй группы, в процессе которой дети делятся знаниями и умениями друг с другом и с учителем, а потом и с аудиторией проекта, получая, в свою очередь, отклик и комментарии.

Активно применяются в проекте интерактивные медиа-технологии и информационно-коммуникационные технологии с использованием ИКТ-средств разного методического назначения: обучающие

(сообщение знаний); справочные и информационно-поисковые; тренажеры и т. п. [1].

2. Проектные задачи их решение в ходе реализации

В ходе реализации данный проект подтвердил свое главное предназначение: расширить пространство урока, опираясь на принципы открытого образования, за счет публикации обучающих материалов, большая часть которых прошла «детскую экспертизу» или создана подростками под контролем учителя в формате «дети учат детей». Основные критерии публикуемых материалов – увлекательность и актуальность, понятность и доступность информации, стимулирующие интерес к немецкому языку. При этом проект имеет много перспективных преимуществ, ориентированных на решение поставленных задач.

– Расширение временнЫх и пространственных границ урока с помощью интернет-пространства, тем самым повышение образовательных возможностей учащихся за счёт увеличения доступности и гибкости информационно-учебных материалов: проект позволяет «вынести» за пределы урока много дополнительного образовательного материалы, а также предложить для самостоятельного изучения обязательный учебный материал, вызывающий наибольшую сложность, в перспективе – проведение контрольно-измерительных процедур с помощью он-лайн-ресурсов, созданных детьми (тесты, викторины, квесты).

– Практическая реализация метапредметного подхода в образовании, когда ребенок учится комплексно применять полученные в ходе отдельных учебных дисциплин знания, умения и навыки, с использованием современных цифровых инструментов.

– Формирование активной позиции обучающихся, их социальной активности, в том числе, в освоении учебного материала, рефлексии и, как следствие, повышение эффективности образовательного процесса в целом: проект представляет собой интернет-площадку, осуществляющую полноценную информационную поддержку тематических образовательных мероприятий, а также предоставляющую возможность обсудить проблемы и перспективы реализации процесса обучения (уроки, учебники, программы и т.п.). Кроме того, созданный интернет-канал – прекрасное современное информационно-образовательное связующее звено между он-лайн и офф-лайн реализацией сетевых проектов и крупных массовых акций в ходе учебного процесса.

– Расширение кругозора («ненавязчивое» развитие) всех участников проекта: дети узнают сами и делятся с другими способами,

инструментами и материалами для изучения немецкого языка, сделав процесс обучения легче и интереснее. Это позволяет им овладеть не только специфическими языковыми знаниями, но и освоить универсальные инструменты и способы само- и взаимообразования.

– Развитие образовательной активности школьников и формирование soft skills: создание материалов для наполнения интернет-канала позволит детям-участникам проектной группы сформировать реальные практические навыки во многих востребованных сферах. Аудитория проекта получает многочисленные возможности применить свои знания и умения, включаясь в интерактивные задания, опросы, акции, а также комментируя публикации. Кроме того, любой из пассивных участников может стать активным, предложив свои материалы для он-лайн размещения или свою кандидатуру для офф-лайн мероприятий или конкурсных проектных работ.

– Воспитание гармоничного, современно образованного человека, патриота своей Родины, уважающего другие народы и культуры: девиз канала «Родина – это мы! Мы – это будущее! Будущее – это мир!».

Заключение

Опыт данного проекта легко может быть масштабирован и применен к любому школьному предмету, так как предлагает решение основной проблемы современной школы – отсутствие мотивации к обучению.

Формат материалов и выбранная «площадка» для их подачи (социальная сеть) популярны у подростков, а также являются отражением основной тенденции развития современных СМИ. Эти условия «осовременивают» процесс обучения и делают его привлекательным, с точки зрения молодежи.

Процесс реализации проекта – интерактивен. Он позволяет присоединиться к работе представителям других организаций и населенных пунктов при условии наличия интернета.

В принципе, реализация проекта возможна при минимальных затратах, как в нашем случае, опираясь только на имеющиеся в наличии у участников проекта технические средства и базовые знания, полученные на уроках информатики.

Список литературы

1. Селевко, Г. К. Современные образовательные технологии : Учебное пособие / Г. К. Селевко. – М. : Народное образование, 1998. – 256 с.

2. Медиаобразование в школе/ Е. Л. Вартанова [и др.]. – М. : МедиаМир, 2010. – 320 с.

3. Левитская, Н. А. Проектирование современного урока в контексте федеральных стандартов второго поколения / Н. А. Левитская // Школьные технологии. – 2013. – №3. – С. 28-33.

4. Хижник, И. М. Использование новых информационных технологий в обучении иностранному языку / И.М Хижняк // Вестник СГТУ. – 2006. – № 2 (13). – Вып. 2. – С. 203-206.

5. Лавлинская, Н.А. Проект «Школьный медиа-центр» ШДОО МОУ СОШ №16 города Воронежа «RE-актив» как компонент активной информационной среды школы и околошкольного пространства// Информационные технологии в образовательном процессе педагогического вуза и школы: тезисы докладов V Региональной научно-практической конференции. – Воронеж, 28 марта 2011 г. – Воронеж, 2011. – С. 55-57.

6. Малгаров, И. И. Медиаобразование в школе: практический опыт / И. И. Малгаров, Е. А. Барахсанова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 30. – С. 54-57. – Режим доступа : http://e-koncept.ru/2016/56586.htm

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 4
Компьютерное моделирование и образовательные технологии

Компьютерное моделирование при изучении астрономии

О. А. Валуйская, e-mail: olgavalujskaya@yandex.ru

МБОУ «Лицей № 15» города Воронежа

Аннотация. *Компьютерное моделирование при изучении астрономии позволяет учесть следующие особенности процессов и явлений: большая длительность процессов, удаленность небесных тел, особые физические условия.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, астрономия, образование Вселенной, галактик, планетных систем.*

Введение

Информационно-коммуникационные технологии длительный промежуток времени применяются в образовательной деятельности и являются не просто актуальными на сегодняшний день, но и крайне необходимыми в урочной и внеурочной деятельности в любом предметном направлении.

Спектр использования информационно-коммуникационных технологий довольно широк: визуализация учебного материала при изучении новой темы, постановка проблемы, электронные таблицы и структурно-логические схемы для уроков обобщения и систематизации материала, программы для математической обработки результатов эксперимента, ведение проектно-исследовательской деятельности, моделирование различных явлений и процессов. Известно, что в естественнонаучном направлении важное место занимает реальный эксперимент, но в отдельных случаях его невозможно осуществить. Например, изучить строение атома, пронаблюдать треки заряженных частиц в электрическом (магнитном поле), выяснить условие протекания реакции термоядерного синтеза. В этих случаях на помощь приходит метод моделирования различных процессов.

Более подробно необходимо осветить метод моделирования при изучении астрономии. Для объяснения нового материала во многих школах применяют такие материальные модели как модель солнечной системы, ракеты, глобусы звездного неба и т.п. Можно назвать несколько причин, по которым необходимо активнее использовать интерактивные модели при изучении астрономии: большая длительность процессов, удаленность небесных тел, особые физические условия.

© Валуйская О. А., 2019

1. Компьютерные модели

Для демонстрации внутреннего строения различных планет, Солнца, звезд вполне подойдут статичные модели, в которых в разрезе показаны основные особенности того или иного небесного тела.

Динамические модели подойдут при изучении следующих явлений в астрономии: фазы Луны, солнечное и лунное затмения, Луна и ее влияние на Землю, эволюция звезд, образование планет и планетных систем и т.д. В этих случаях является важным понимание того, как и почему меняется положение небесных тел относительно друг друга; в какой последовательности и при каких условиях протекают процессы при образовании звезд, планет, галактик.

Хороший результат при обучении дают применяемые интерактивные модели, в которых возможно изменение геометрических (размеры, расстояния) и физических параметров (плотность, масса, температура, давление) тел Вселенной, что в свою очередь помогает спрогнозировать различные явления, несущие опасность для Земли.

Подвижные карты звездного неба позволяет: представить вид неба в любой момент времени, изучить созвездия.

Самое яркое впечатление вызывают карты звездного неба в 3D формате. Главное назначение таких карт, это возможность космического путешествия, как в пространстве, так и во времени. В динамике хорошо видно взаимное положения тел, изменяющееся во времени; можно приблизиться к какому-либо объекту и более детально его исследовать; оценить пространственные размеры Вселенной.

Заключение

Астрономия один из интереснейших, но сложнейших курсов школьной программы. Применение информационно-коммуникационных технологий и различных программных продуктов, позволяющих моделировать процессы и явления, существенным образом делает процесс обучения более эффективным и мотивирует обучающихся к изучению астрономии, физики, математики и информатики.

Литература

1. Чаругин, В.М. Учебник для общеобразовательных организаций / В. М. Чаругин // Астрономия. – М: «Просвещение», 2018. – 144 с.

Моделирование структуры информационного процесса деловой игры

С. Г. Дураков, e-mail: bak87@list.ru[1]
Т. М. Дуракова, e-mail: mix26@bk.ru[2]
С. Ю. Сидорова, e-mail: s-kondenko2012@yandex.ru[1]

[1] ОГАПОУ «Валуйский индустриальный техникум»,
[2] ОГАПОУ «Валуйский колледж»

Аннотация. *В данной работе рассматривается алгоритм моделирования информационного процесса деловой игры.*

Ключевые слова: *деловая игра, орграф, матрица инциденций орграфа.*

Повышение эффективности подготовки специалистов на основе внедрения новых прогрессивных форм и методов обучения – важная задача, стоящая перед педагогами высших и средних учебных учреждений. Одним из эффективных методов подготовки квалифицированных кадров, получившим широкое распространение среди других форм обучения, являются деловые игры (ДИ) [1].

Решим задачу возможного моделирования структуры информационного процесса деловой игры, для этого будем учитывать факторы вероятности возникновения любого из событий.

Пусть имеется набор всех ситуации:

$$S = (s_1, s_2, ..., s_i, ..., s_n), \quad (1)$$

где s_i - i - ситуация из n - возможных в процессе деловой игры. Используя метод экспертных оценок, установим связь между отдельными ситуациями методом ранжирования возможностей появления ситуации s_j после s_i, где $i, j = 1,2,...,n; i \neq j$. Для моделирования связей между ситуациями воспользуемся понятием ориентированного графа (орграфа).

Зададим орграф $G(S,E)$, где S - множество узлов определяющих все ситуации из S, оно не пусто из условия задачи и его мощность $|S| = n$;

E – множество дуг упорядоченных пар элементов множества S определенных экспертами ранее.

© Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Сидорова С. Ю., 2019

$$E = (e_1, e_2, .., e_m), \quad (2)$$

Необходимо дать понятие смежности для узлов орграфа $G(S,E)$. Пусть s_1, s_2 - узлы орграфа, тогда $e_1 = (s_1, s_2)$ - соединяющее их дуга. Отсюда узел s_1 и дуга по определению графа e инцидентны, узел s_2 и дуга также инцидентны. Две дуги инцидентные одной вершине, называют смежными, два узла инцидентные одной дуге, также называют смежными [2].

Отсюда орграф содержит все важные ситуации, которые являются маршрутом на графе. Отсюда поставим себе задачу определить для полученного орграфа $G(S,E)$ любой произвольный маршрут узлов с учетом фактора вероятности его появления в процессе деловой игры. Если решить поставленную задачу, то возможно получить развитие определенных событий с точностью до вероятности их появления при реальной организации деловой игры.

Для решения данной задачи необходимо ввести понятие матрицы инциденций $D[i, j]$ для произвольного орграфа.

Представление орграфа с помощью матрицы $D[i, j]$, отражающей инцидентность узлов и дуг, называется матрицей инциденций, которая представляется в соответствии:

$$D[i, j] = \begin{cases} 1, \\ 0, \\ -1. \end{cases} \quad (3)$$

где 1 - если узел s_i инцидентен дуге e_j и является его концом; 0 - если узел s_i не инцидентен дуге e_j; -1 - если узел s_i инцидентен дуге e_j и является его началом [2];

Отсюда используя орграф, построим матрицу $D[i, j]$, для этого воспользуемся (3). Используя матрицу инциденций орграфа, возможно, строить различные маршруты на орграфе для этого необходимо определить алгоритм моделирования событий.

Построим возможный алгоритм в форме алгоритмического описания с последующей возможностей реализации на различных языках объектно-ориентированного программирования:

1) введем 6 переменных s:=' ' – пустая строка; b:=false – логическая ; i:=1;j;t,g – число; одну матрицу a[i,j] в которую поместим параметры $D[i, j]$, и один одномерный массив k[t] – для хранения возможностей перехода из одного узла в 2 или более узлов.

2) введем цикл с постусловием, переменным внутри цикла присвоим t:=1; b:=false.

3) введем цикл счетчик от j:=1 до 29

4) внутри цикла счетчика будем проверять условие a[i,j]= -1 и если оно выполнено, то производить расчет k[t]:=j; t:=t+1; b:=true;

5)далее проверяем условие t>=3(если в одномерном массиве более 1 элемента) если оно истинно, то реализуем процедуру вероятностного вычисления одного из них t:=P(t) где P(t) (датчик случайных чисел), – процедура вероятности любого из t;определяем возможный узел орграфа g:=k[t].

Если условие t>=3 ложно, то узел равен g:=k[1];

6)Далее проверяем условие, узел не равен 0 (g<>0) если верно, то найденный узел запоминаем в строку s, переменной i – отвечающей за внешний цикл передаем значения следующего узла для поиска во внутреннем цикле i:=g;

7)Циклом счетчиком t:=1 до 7 обнуляем значение одномерного массива для следующего хранения нескольких узлов k[t]:=0, из которых с помощью P(t) – процедуры вероятности любого из t;определяем возможный узел орграфа из нескольких;

8) Выходим из внешнего цикла, если пройдены все узлы или нет узла имеющего начальные указания на следующий связанный с ним узел;

Представим данный алгоритм более наглядно виде блок-схемы на рисунке.

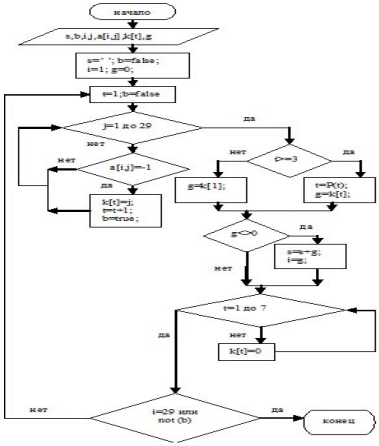


Рисунок. Блок-схема алгоритма.

Список литературы

2. Галина Ванина "Секрет фирмы" № 28 с. 115

3. Новиков, Ф. А. Дискретная математика для программистов / Ф. А. Новиков. – СПб.: Питер, 2002. – 304 с.

4. Кавтарадзе, Д.Н. Обучение и игра: введение в активные методы обучения / Д. Н. Кавтврвдзе // Моск. психолого-соц. ин-т. - М.: Флинта, 1998. – 91 с.

Исследовательские компетенции в модели экономического роста

В. Ф. Минаков, email: m-m-m-m-m@mail.ru, [1]
Т. Е. Минакова, email: t.e.minakova@mail.ru [2]
О. Ю. Шепелёва, email: ShepelevaOY@gmail.com [1]

[1] Санкт-Петербургский государственный экономический университет
[2] Санкт-Петербургский горный университет

Аннотация. *В статье предложена модель рекурсии знаний на базе исследовательских компетенций. Обоснована модель влияния используемых знаний на снижение энтропии в производственных отношениях, а соответственно эффект экономического роста в функции объема знаний, используемых в экономических системах при генерации управляющих воздействий.*

Ключевые слова: *исследовательские компетенции, модель, знания, управляющие воздействия, эффективность.*

Введение

Цифровые технологии изменили способ производства материальных благ, нематериальных активов и даже методы производства, хранения, извлечения, передачи и использования знаний [2]. Существенную трансформацию получили структуры систем производства и распределения материальных благ. В их составе доминирующую роль играют цифровые системы и технологии [3]. Важно отметить, что цифровые ресурсы информационного общества не только стремительно тиражируются, но и эволюционируют на основе инновационных решений.

Достаточно проанализировать разработки беспилотных летательных аппаратов и автомобилей. Они сформировали потребительскую нишу (сегмент потребления) транспортных средств будущего, с которыми традиционные просто неконкурентны. Их интеллектуальные информационные ресурсы существенно сокращают использование труда человека, а соответственно, издержки, что открывает новые перспективы развития транспорта. Прототипы таких систем широко тестируются в России, США и многих других странах.

Аналогичные цифровые решения на основе смарт инноваций разрабатываются для бытовой техники (смарт пылесосы, холодильники,

© Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Шепелёва О. Ю., 2019

микроволновые печи, и тд.), биометрических систем идентификации, медицинских приборов.

Особую роль приобретают инновационные смарт решения в виртуальных системах взаимодействия производителей и потребителей товаров и услуг, а также логистических системах. Они не только снижают затраты труда человека в системах конвергенции стейкхолдеров, но, главное – обеспечивают выбор наиболее эффективных структур, формирующих потребительскую ценность [5].

1. Модель исследовательских компетенций в производстве знаний

Современные средства производства характеризуются высокой эффективностью. В результате появилась возможность производства товаров и услуг в любом наперед заданном объеме, обеспеченном потребительским спросом. Следует одновременно заметить, что степень неопределенности, а соответственно, уровень риска существенно выше, чем в условиях конъюнктуры, когда спрос превышает предложение и для производителей отсутствуют рыночные риски [1]. Действительно, спрос и его тренды априори неизвестны для последующих периодов времени. Особенно остро это проявляется при выводе на рынок инновационной продукции и услуг. В такой ситуации возникает проблема принятия управленческих решений на основе обоснованных сценариев поведения на рынках.

Пусть имеется N вариантов принимаемых решений и сценариев экономической деятельности, а соответственно, исходов. Однако, наилучшим является только одно из числа N. Для выбора этого единственного решения необходимо соответствующее знание. Его получение требует извлечения знаний, выполняемого на базе исследовательской деятельности специалистов, обладающих соответствующими компетенциями (как профессиональными предметно-ориентированными, так, и это главное, исследовательскими компетенциями). Образовательные системы и технологии хорошо выполняют функции формирования профессиональных компетенций (ПК) [4]. ПК включены в федеральные государственные образовательные стандарты программ подготовки бакалавров, магистров и аспирантов. Их формирование проверяется оценочными средствами. Однако, они гарантируют не столько производство знания, сколько использование известных знаний, а также умений и навыки их применения в деятельности носителя компетенций. Исследовательские компетенции можно определить как знания, умения и навыки приращения знаний. В таком понимании объем знаний можно выразить рекуррентной формулой:

$$I_k(t) = I_k(t - \Delta t) + r \cdot \Delta t \quad (1)$$

где: $I_k(t), I_k(t - \Delta t)$ – знания, представленные в форме информации, необходимой для генерации решений в экономической системе

r – компетенции исследователей, используемые для производства знаний, требуемых в системах принятия решений.

Действительно, логика деятельности исследователя состоит в получении приращения знаний. И чем больше времени работает специалист с исследовательскими компетенциями, тем больше генерируется новых знаний. Важно отметить, что это относится не только к научной деятельности (и подтверждается динамикой роста объема информации, содержащей новые знания, например, в наукометрических базах данных), но и управленческой деятельности, системам автоматического управления.

2. Модель исследовательских компетенций в экономике

Для экономических систем потребность в новых знаниях проявляется как в форме инновационных решений, так и в форме управленческих решений, для снижения неопределенности при принятии решений [???]. Действительно, повышение количества используемой информации снижает энтропию системы:

$$I = \Delta H = H_1 - H_2 \quad (2)$$

А так как энтропия определяется вероятностями событий p_i, обратно пропорциональными числу равновероятных результатов N:

$$H = -\sum_1^N (p_i \cdot \ln(p_i)) H = -\sum_1^N (1/N \cdot \ln(1/N)), \quad (3)$$

то вероятность получения положительного результата растет, а соответственно число событий с заранее заданным результатом повышается:

$$N = e^I. \quad (4)$$

Причем, снижение энтропии до нуля (ситуация, когда количества информации достаточно для однозначного априори верного решения) обращает принимаемое решение в детерминированное (при котором вероятность благоприятного исхода событий равна единице).

Результативность экономических процессов растет пропорционально числу решений, обеспечивающих успешные исходы событий:

$$\eta = e^{I + r \cdot t} \quad (5)$$

где I – количество информации, используемой в производственном процессе на момент начала отсчета.

Если события обеспечивают производство продукции или услуг, то их объем:

$$V_D = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot e^{I+r \cdot t}, \quad (6)$$

где A – константа масштаба производства;
K – размер капитала, вовлеченного в производство;
L – количество трудовых ресурсов, вовлеченных в производство;
α, β – коэффициенты эластичности производства по капиталу и по труду соответственно.

На рисунке визуализирован результат моделирования η.

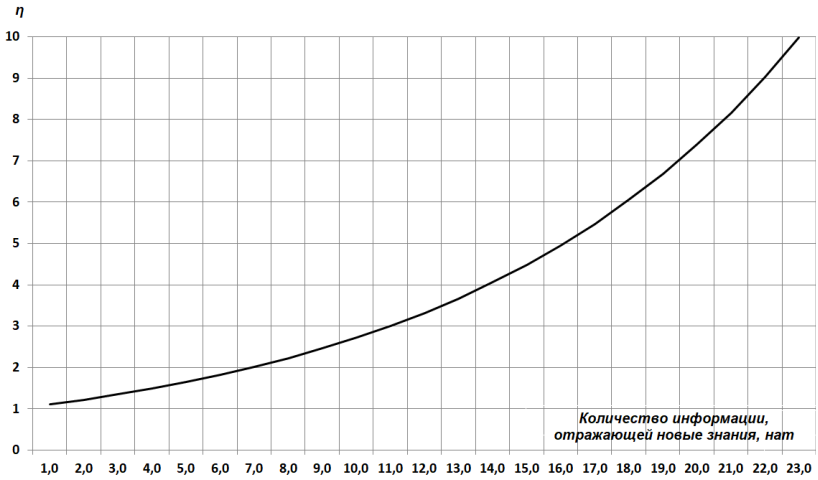


Рисунок. Эффективность (в относительных единицах) использования знаний

Данные рисунка , во-первых, показывают степень влияния знаний на результаты экономических процессов, во-вторых, позволяют в каждом конкретном случае принимать обоснованное решение о целесообразности получения новых знаний, исходя из требуемого результата.

Заключение

Получена математическая модель зависимости эффективности экономических процессов от количества информации, выражающих знания, необходимые для принятия решений в экономических системах

в условиях неопределенности. Модель отражает экспоненциальный экономических рост в функции производимых на базе исследовательских компетенций знаний. Принципиальное значение имеет существенное отличие закона экономического роста: если от труда и капитала рост характеризуется убывающей предельной производительностью (α, β меньше единицы), то в функции знаний экономический рост характеризуется нарастающим темпом.

Список литературы

1. Мельников, А. Б. Инвестиционный климат и отток капитала в системе основных рисков устойчивости экономики России / А. Б. Мельников, Р. Г. Романенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 100. – С. 1098-1117.
2. Мельников, А. Б. Венчурное инвестирование в информационно-коммуникационные технологии как инновационный фактор развития российской экономики / А. Б. Мельников, А. О. Сидельникова // В сборнике: Факторы экономического роста: мировые тренды и российские реалии Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной памяти чл.-корр. РАСХН А.А. Семенова. – 2017. – С. 204-210.
3. Силкина, Г. Ю. Инновационные процессы в цифровой экономике. Информационно-коммуникационные драйверы / Г. Ю. Силкина, С. Ю. Шевченко. – СПб .: Изд-во политехн. ун-та, 2017. – 262 с.
4. Склярова, Ю. М. Применение программного продукта «Поэтапный анализ инвестиционной привлекательности и потенциала предприятий» в подготовке специалистов экономического профиля / Ю. М. Склярова, И. Ю. Скляров // В сборнике: Информационные и коммуникационные технологии и активизация учебного процесса в вузе. – Ставрополь : Агрус. – 2005. – С. 158-165.
5. Склярова, Ю. М. Теоретико-методические основы оценки качества управления активами коммерческих банков / Ю. М. Склярова, И. Ю. Скляров, В. В. Ланг // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 10 (99). – С. 1300-1305.

Реализация системно-деятельного подхода в преподавании информатики

Н. Д. Черникова, e-mail: mk_nataly65@mail.ru
Г. И. Барабаш, e-mail: bgi-09@mail.ru

МБОУ СОШ с УИОП № 8 г. Воронеж

Аннотация. *Предмет информатика – наиболее яркий представитель из всех школьных предметов, в котором системно-деятельностный подход особенно актуален. Современные ресурсы обучения для учащихся (учебники, рабочие тетради) и учителей (книги, методические рекомендации, поурочные планирования и др.), документы, представленные в электронной цифровой форме, готовят прочную основу при изучении базового курса информатики, способствуют формированию деятельностного подхода в освоении предмета.*

Ключевые слова: *системно-деятельностный подход, дидактические принцип, педагогические технологии.*

Фундаментом образовательных стандартов нового поколения является системно-деятельностный подход, (дальше СДП). Системно-деятельностный подход – это такой метод, при котором ученик является действенной фигурой педагогического процесса. Регулярная учительская практика, включающая СДП, обеспечивает современной школе:

– вырабатывание готовности обучающегося к самообразованию;
– проектирование и конструирование социальной среды развития школьников;
– активную деятельность не только познавательного, но и тренировочного характера, связанную с отработкой умений и навыков;
– выстраивание образовательного процесса с учётом различных особенностей школьника (индивидуальных, возрастных, психологических и физиологических).

СДП – это такой метод организации учебного процесса, в котором главное место отводится самостоятельной, познавательной деятельности школьника, который делится на следующие структурные элементы:

– самооценка;
– пробное действие;
– мотивация;

© Черникова Н. Д., Барабаш Г. И., 2019

– затруднение;
– реализация проекта;
– самоконтроль.

В практическом преподавании информатики при реализации СДП возможна любая из программ, которая обеспечивается следующей конструкцией дидактических принципов:

1. **Принцип деятельности** – ученик развивается лучше не тогда, когда получает от учителя готовые знания, а в процессе собственного «открытия»;

2. **Принцип непрерывности** – преемственность между этапами обучения на уровне технологии и методик, с учётом психических и интеллектуальных особенностей детей;

3. **Принцип целостности** - предполагает формирование системного общего представления о мире (это наука, общество, природа);

4. **Принцип минимакса** – школа должна предложить освоение знаний обучающемуся на максимальном уровне при соблюдении государственного стандарта знаний.

5. **Принцип психологической комфортности** – предполагает минимизацию стрессообразующих факторов учебного процесса, создание в школе и классе неагрессивной атмосферы.

6. **Принцип вариантности** – предполагает формирование у учащихся навыка систематического перебора вариантов и принятия решений в альтернативных ситуациях.

7. **Принцип творчества** – максимальная ориентация на творческое начало в образовательном процессе и приобретение учащимися опыта творческой деятельности.

Главное – это уход от информационного репродуктивного знания к знанию действия. Знание учащихся должны быть результатом их собственных поисков, а учитель организует эти поиски и развивает познавательную деятельность.

Для примера сравним урок в режиме СДП с традиционным подходом по ряду элементов

Таблица

Элементы сравнения	**Традиционный урок (учитель)**	**Урок в режиме СДП (учащиеся)**
Формулирование темы урока	Сообщает сам	Формируют школьники

Окончание таблицы

Элементы сравнения	**Традиционный урок (учитель)**	**Урок в режиме СДП (учащиеся)**
Постановка целей и задач	Даёт тему и определяет - чему дети должны научиться	Формируют сами и определяют границы – знаю, не знаю
Планирование	Сообщает, какую работу должны выполнить	Планируют способы достижения цели
Практическая деятельность	Под руководством учителя выполняется ряд практических задач (фронтальная форма организаторской деятельности)	Учебные действия идут по намеченному плану (применяется групповая и индивидуальная деятельность)
Контроль	Учитель осуществляет контроль за выполнением практической работы	Дети сами осуществляют контроль (самоконтроль и взаимоконтроль по предложенному эталону)
Коррекция	Сам оценивает работу на уроке	Участвуют в оценке (самооценка, оценка результатов деятельности товарищей)
Итог	Учитель выясняет, что запомнили дети	Проводится рефлексия
Домашнее задание	Даёт одно задание на всех	Ученики могут выбирать задание с учётом индивидуальных возможностей

Задача учителя – организовать урок таким образом, чтобы включить детей в деятельность. Перед учителем встаёт вопрос: какими средствами реализовать СДП? Механизмом реализации СДП являются такие технологии как:

- информационно- коммуникативные;
- основанные на создании учебной ситуации;
- основанные на реализации проектной деятельности;
- основанные на уровневой дифференциации;
- системно-деятельного подхода.

В условиях применения СДП отношение школьников к миру всё чаще не укладывается в привычную схему **«знаю - не знаю»**, а сменяется параметрами **«ищу и нахожу», «думаю и узнаю»**, **«пробую и делаю»**. Функция учителя заключается не в обучении, а в

сопровождении учебного процесса: подготовка дидактического материала для работы, организация различных форм сотрудничества, активное участие в деятельности учащихся через наводящие вопросы, создание условий для самоконтроля и самооценки. Этапы урока кардинально преображаются и главным является активная продуктивная деятельность самого школьника.

Чтобы более ярко подтвердить теоретические выкладки, мы приведем пример работы на уроках информатики с деформированным планом. Такие уроки можно проводить по темам «Единицы измерения информации», «Обработка графической информации» (7 класс), «Системы счисления», «Выполнение вычислений в различных системах счисления», «Решение логических задач» (8 класс), «Начала программирования» (9 класс) и т.д. На уроке самостоятельная и оценочная работа учащихся формируется следующим образом:

– в начале урока каждый ученик получает оценочный лист и на протяжении урока заполняет его после выполнения самостоятельной работы, находя в своих знаниях пробелы;

– получив результат самостоятельной работы, каждый ребёнок сам выставляет себе оценку и выступает в качестве взрослого, проверяя работу одноклассников;

– подсчитывается общий результат за урок и выставляется средний балл.

Работа с оценочным листом может показаться очень трудоёмкой, но даёт быстрые положительные результаты. Учитель использует различные способы включения учащихся в учебно-познавательную деятельность. На каждом уроке проводится устные тесты. Использование таких упражнений сокращает число письменных заданий на уроке, приводит к эффективному развитию речи.

В начале урока можно использовать мини-экзамен. Любой учащийся выходит к доске и отвечает на вопросы других учащихся, можно задавать вопросы на листочках. Если ученик не отвечает на вопросы, ему помогает любой ученик класса. Ребята сами могут составлять карточки с примерами на соответствующие темы.

Организуется работа в парах, группах, индивидуальная и фронтальная работа. Группы могут состоять не только из сильных или слабых, можно организовывать и смешанные группы учащихся. Ребятам даётся возможность исправить неудовлетворительные оценки, они работают самостоятельно.

В основе СДП учитель и ученик являются равными участниками образовательного процесса, используют все формы урочной и

внеурочной деятельности, как урок-экскурсия, урок-дискуссия, урок–семинар, путешествие, поединок, бой, эстафета, КВН, «Звёздный час».

Приведем ещё примеры проведения урока в контексте ФГОС. При введении понятия «система счисления» в 8-а классе дети получали только задания, вопросы не задавались. После сообщения темы, не подглядывая в учебник, предлагаем написать числа, которые входили бы в двоичную, в троичную, четверичную и т.д. системы счисления, и как можно было бы совершать простейшие арифметические действия с этими числами. На экран потом выводятся правильные варианты и ученикам предлагается повесить листочки с их числами и вычислениями рядом на доске. Один ученик отвечает на несколько вопросов, взятых из листочков, и строит свои гипотезы, потом другие учащиеся выдвигают свои версии. В конце излагаем материал или предлагаем прочесть учебник. Большинство детей формулируют правильно и часто обоснованно объясняют.

Чтобы закрепить изучаемый материал предлагаем решить неординарные, но близкие к жизни и быту задачи. При изучении построения диаграмм в электронных таблицах даём варианты данных, приведенных в обычных таблицах, например, «Таблица изменения температуры и влажности на протяжении суток», «Таблица пищевой ценности продукта», «Таблица успеваемости школьника по отдельным предметам» и т.д. Надо определить, какой тип диаграммы наиболее наглядно изобразит информацию, размещенную в таблицах? При изучении темы «Встроенные функции в MS Excel» предлагаем определить, с помощью каких функций и вычислений можно определить стоимость израсходованной за год электроэнергии в доме; рассчитать свой возраст, начиная с текущего года и по 2030 год; используя функцию «Если», определить, какие продукты из ежедневного употребления по калорийности превышают допустимую норму и т.д.

На вышеперечисленных примерах мы показали, что через СДП, посредством разнообразных технологий и форм, обеспечивается рост творческой активности школьника, одновременно приобретается большой багаж знаний и выполняются требования ФГОС по информатике в школе.

Литература

1. Федеральный Государственный образовательный стандарт начального общего образования / Министерство образования и науки РФ. – 2-е изд. – Просвещение, 2011. – 31 с.

2. Ушинский, К. Д. Педагогические сочинения, в 6 т. / К. Д. Ушинский. – М. : Педагогика, 1989. – Т. 2. – 528 с.

3. Богоявленская, Д. Б. Психология творческих способностей / Д. Б. Богоявлинская. – М. : Академия, 2002. – 320 с.

4. Полат, Е. С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. С. Полат. – М., 2004.

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 5
Технологии информационного поиска в сети Интернет

Поисковые системы и технологии виртуальной реальности

Т. О. Сундукова, email: sto-ata@yandex.ru
Г. В. Ваныкина, email: dist-edu@yandex.ru

Тульский государственный педагогический университет
им. Л.Н. Толстого

Аннотация. *Важным аспектом преподавания информатики в школе является формирование у обучающихся понимания роли и значения информационных технологий в современном обществе. Изучение актуальных и перспективных технологий способствует повышению интереса к обучению, формированию у будущих выпускников компетенций, востребованных в цифровом обществе.*

Ключевые слова: *виртуальная реальность, поисковые системы, интерактивность, библиотечные системы, информационные технологии, среднее образование, информатика.*

Введение

Глобальное увеличение объемов хранимых данных в мировом информационном пространстве ставит перед поисковыми системами комплекс задач, одной из которых является разработка новых алгоритмов и подходов к предоставлению ресурсов. Технология виртуальной реальности имеет преимущества перед традиционными технологиями поиска, являясь увлекательной, интерактивной и воображаемой. Она добавляет новые многомерные ощущения и методы взаимодействия человека и компьютера, имеет широкую перспективу в библиотечно-научном поиске, проектировании информационных ресурсов и обслуживания читателей. На современном этапе данная технология сталкивается с проблемами низкой коммерциализации технологического оборудования виртуальной реальности в библиотечных приложениях, отсутствием грамотного применения технологии генерации визуализации и нехваткой библиотек, использующих технологию виртуальной реальности. Библиотека будущего должна активно фокусироваться на виртуальной технологии реального мира, а технологии генерации визуальных сцен используются взаимозаменяемо для увеличения информированности и продвижения технологий виртуальной реальности в сервисах. Формирование навыков работы с виртуальными системами будущего целесообразно

© Сундукова Т. О., Ваныкина Г. В., 2019

осуществлять на этапе школьного образования, в частности, на уроках информатики.

1. Виртуальная реальность и пользователь: взаимодействие

Учащиеся школ демонстрируют повышенный интерес к технологиям, позволяющим расширять пространство взаимодействия и способы коммуникаций. Основные направления рассматриваемых приложений можно охарактеризовать как игровые технологии, виртуальные коммуникации, использование ресурсов медийных порталов, образовательные информационные системы. Сочетать популярные технологии, аппаратное обеспечение мобильного доступа к контенту с образовательными и воспитательными задачами, с формированием навыков безопасной работы с сетевыми ресурсами необходимо при изучении в школе сетевых технологий и их приложений, в частности, применение виртуальной реальности в библиотечных поисковых системах.

Развитие библиотечных систем в мировой практике сопряжено с увеличением объемов хранимой информации, с разработкой сложных иерархических структур для обеспечения доступа к ресурсам, с реализацией технологии клиент-сервер для дистанционного использования материалов. Все перечисленные технологии построены на алгоритмах поиска данных в структурированных хранилищах данных. Рост числа пользователей библиотечных систем, необходимость повышения скорости обработки запросов к данным, структуризация ресурсов, использование систем искусственного интеллекта для реализации поиска – это реалии сегодняшнего дня. Традиционно используемые технологии для обеспечения функционирования библиотечных систем – это технологии баз данных и различными архитектурами, двумерная технология кода, технология радиочастоты, технология Wi-fi, технология работы в режиме реального времени. Большинство из перечисленных технологий являются базовыми в библиотечных системах, при этом растущие потребности пользователей не всегда могут быть удовлетворены только за счет традиционных подходов.

Виртуальная реальность реализуется специализированной виртуальной окружающей средой, искусственной реальностью. Она обычно включает в себя моделирование, взаимодействие, искусственное, иммерсивное, когнитивное и сетевое общение [1-3]. Технология виртуальной реальности рассматривается как «вычислительная платформа следующего поколения» [1]. Его целью является создание виртуальной среды, позволяющей пользователям погрузиться в виртуальный мир и взаимодействовать с ним. С помощью

специального оборудования реальная среда моделируется и максимально имитируется в виртуальной среде. Технология виртуальной реальности реализует уровень симуляции на основе взаимодействия искусственных, иммерсивных, когнитивных, сетевых средств, предоставляя пользователю возможность взаимодействия со средой, с одной стороны, по правилам функционирования смоделированных процессов с другой, – на основе собственных ощущений, чувств, жизненного опыта, целей и задач взаимодействия.

Предоставление читателям персонализированных услуг стало важной целью развития и реформирования библиотеки. Развитие науки и техники, активное использование высоких технологий для обслуживания пользователей стали важной мерой оценки качества улучшения читательского обслуживания библиотеки. Однако на данном этапе развития цифрового общества исследователи еще отмечают отставание аппаратных ресурсов и уровня подготовки кадрового обеспечения библиотечных систем, что снижает возможности использования новых технологий в полном объеме [3]. Исследования по изучению эффекта от внедрения технологий в данном направлении показывают, что развитие и модернизация программного обеспечения, оборудования компьютера приведут к увеличению популярности иммерсионных систем виртуальной реальности, к расширению доступности и сфер применения [4,5].

2. Технологические особенности моделирования виртуальной реальности

Рассмотрим технологический инструментарий, используемый при построении виртуальной реальности. Конструкция сцены является частью визуальной генерации пространства технологии виртуальной реальности, то есть построения реалистичных виртуальных взаимодействующих между собой объектов. Принимая реалистичную библиотеку в качестве прототипа, проектирование виртуальной сцены библиотеки с иммерсивным смыслом является самой важной проблемой, которую технология виртуальной реальности решает в библиотечных приложениях. Построение виртуальной сцены в библиотеке может не только реализовать сцену роуминга в библиотечном пространстве, но и включать в себя конкретную работу, такую как расположение книг, регулировка положения стеллажей, выбор местоположения читального зала и виртуальную сцену. Физические конструкции используются для облегчения работы сотрудников, экономии трудовых и материальных ресурсов.

Построение информационных ресурсов, то есть моделирование коллекций, использование технологии виртуальной реальности может

изменить статус самих информационных ресурсов. Существующие информационные ресурсы включают бумажные и цифровые аналоги. На основе цифровых коллекций использование технологии виртуальной реальности для отображения знаний в книге в виде виртуального мира позволит максимально повысить воспитательную функцию библиотеки.

Популярным и востребованным инструментарием в библиотеке остается поисковый сервис. Если читателям надо воспользоваться ресурсами, они могут сначала запросить параметры и назвать количество книг, а поисковая система формирует результаты запроса к данным хранилищ. Читатель может получить доступ к реальным аналогам информации, согласно запросу получить книги – так реализуется традиционный метод поиска, который ставит проблему получения физических книг с определенными временными затратами (следует предусмотреть ситуацию, когда нужный ресурс отсутствует в данный момент времени). Применение технологий виртуальной реальности в библиотеке может решить эту проблему, так как построена на основе моделирования библиотеки в трех измерениях. Общая архитектура библиотеки и трехмерное положение каждой книги отображаются в трехмерной окружающей среде. Читатель может сначала запросить специфическое положение искомой книги, и в тоже время может произвести оптимизированный путь навигации от настоящего положения читателя к положению книжных полок с нужным ресурсом.

Заключение

Применение технологии виртуальной реальности в библиотеке поможет библиотеке предоставить пользователям современный опыт в создании ресурсов, в управлении процессами поиска, в создании психологически комфортных условий для работы, а также позволить повысить воспитательный эффект и привлечь новую потенциально активную читательскую аудиторию. Благодаря сочетанию смартфонов с ультравысоким разрешением и очков виртуальной реальности, применяемых в библиотеке, пользователи могут реально просматривать культурные, исторические сайты и ресурсы в библиотечных базах данных. Виртуальная среда воспроизводится на смартфонах с ультравысоким разрешением, что, несомненно, принесет пользователям больше реальных ощущений. Можно предположить, что технология виртуальной реальности, как новая востребованная современная технология продолжит исследования в библиотеке приложений.

Список литературы

1. Sheridan, T. B. Defining our terms / T. B. Sheridan // Presence: Teleoperators & Virtual Environments. – 1992. – Vol. 1. – №. 2. – P. 272-274.

2. Shapiro, J. J. Information literacy as a liberal art? / J. J.Shapiro, S. K. Hughes // Educom review. – 2015. – Vol. 31. – P. 31-35.

3. Xiao, Yi D. Experiencing the library in a panorama virtual reality environment / Yi Xiao D. // Library Hi Tech. – 2000. – Vol. 18. – №. 2. – P. 177-184.

4. Zyda, M. From visual simulation to virtual reality to games / M. Zyda // Computer. – 2005. – Vol. 38. – №. 9. – P. 25-32.

5. Moshell, M. Three views of virtual reality: virtual environments in the US military / M. Moshell //Computer. – 1993. – Vol. 26. – №. 2. – P. 81-82.

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 6
Разработка и использование электронных образовательных ресурсов

Система исследования и развития регулятивных универсальных учебных действий школьников на основе электронно-образовательного ресурса «Лабораторный учебно-исследовательский комплекс по биологии»

В. А. Егорова, e-mail: 79517229929@yandex.ru

ГБОУ СОШ школа №544 с углубленным изучением английского языка Московского района Санкт-Петербурга

Аннотация. *В статье рассматривается система исследования и развития регулятивных универсальных учебных действий школьников на основе электронно-образовательного ресурса «Лабораторный учебно-исследовательский комплекс по биологии». Комплекс состоит из модулей, представленных на электронно-образовательном ресурсе: исследовательского и формирования, и развития регулятивных универсальных учебных действий школьников. Ресурс обеспечивает открытый доступ к теоретическим, контрольно-измерительным, аналитическим и практическим материалам и системе лабораторных работ.*

Ключевые слова: *система исследования, развитие, универсальные учебные действия, школьники, биология, электронно-образовательный ресурс, лабораторные работы.*

Введение

В настоящее время в школах РФ наблюдается заметное снижение мотивации и способностей школьников к самостоятельному осуществлению универсальных учебных действий (далее – УУД) при изучении биологии. Под термином «Универсальные учебные действия» как правило, понимают «умение учиться», способность обучающихся к саморазвитию и самосовершенствованию через сознательное и активное присвоение нового социального опыта [10, с.11] [13, с.17].

В статье предлагается система исследования и развития регулятивных универсальных учебных действий школьников на основе электронно-образовательного ресурса [6] [8] «Лабораторный учебно-исследовательский комплекс по биологии». Комплекс состоит из реализованных на электронно-образовательном ресурсе (далее – ЭОР) модулях: исследовательско-коммуникационного [1] и формирования и развития регулятивных УУД.

© Егорова В. А., 2019

На ЭОР размещены различные виды лабораторно-исследовательских работ, а также контрольно-измерительные средства и методики исследования регулятивных универсальных учебных действий школьников по биологии, обеспечивающие перспективное развитие регулятивных УУД.

1. Разработка электронно-образовательного ресурса

Исследовательско-коммуникационный модуль ЭОР содержит четыре функционально-аналитических блока изучения содержания, уровней и методик регулятивных УУД: 1) личностных, 2) регулятивных, 3) познавательных, 4) коммуникативных. [2] [7] Модуль формирования и развития регулятивных УУД ЭОР состоит из 2 блоков: «Формирование регулятивных УУД» и «Развитие регулятивных УУД». [16] Каждый из блоков представлен структурой сервисных вкладок: «Принципы и методы УУД деятельности по биологии», «Инструменты и средства УУД деятельности», «Формы и технологии УУД деятельности» «Актуальные исследования, статьи и текущие новости в области УУД деятельности», «Современные ресурсы и учебные материалы по биологии для формирования и/или развития УУД деятельности», «Лабораторные работы для формирования и/или развития УУД деятельности по биологии», «Электронные словари, справочные материалы, энциклопедии и готовые решения проблем формирования и/или развития УУД деятельности по биологии». [9]

Вкладка «Принципы и методы УУД деятельности по биологии» содержит панели: история биологии, свойства живых организмов, уровни организации жизни. Вкладка «Актуальные исследования, статьи и текущие новости в области УУД деятельности» включает последние события и актуальные исследования в области медицины, биотехнологии, экологии, генетики, молекулярной биологии и нейробиологии. На вкладке будет представлена информация по возрастным группам учеников, охватывающая основные разделы биологии: ботанику, морфологию, зоологию, селекцию, генетику, анатомию, цитологию, физиологию. Например, в познавательных целях для усиления мотивании в ЭОР представлена галерея фото- и видеоматериалов, звуки животных, птиц, растений. Вкладка «Лабораторные работы для формирования и/или развития УУД деятельности по биологии» содержит различные виды лабораторных работ с применением методов компьютерной анимации, чат-ботов, интерактивных тренажеров, деловых игр и виртуальных сред.

На каждой из панелей представлены контрольно-измерительные материалы для исследования соответствующих уровней и содержания УУД.

Например, при использовании лабораторных работ с применением метода компьютерной анимации, сервисов чат-ботов учащиеся могут наблюдать за анимационными персонажами ЭОР чат-ботов [12, с.191] которые допускают заранее запланированные ошибки в соблюдении правил, например, в технике безопасности, планировании работ, формулировании гипотез, определении результатов и представлении обобщающих выводов. Задача обучающихся состоит не только в поиске ошибок, допущенных анимационными объектами, но и в обосновании собственных действий [11, с.238].

Лабораторные работы в ЭОР с применением интерактивного тренажера сопровождаются демонстрацией, например, в MS PowerPoint и содержат различные исследовательские и эвристические задания: поиск и анализ пропущенных данных в учебном материале, генерация логического соответствия, функциональное наполнение данных, например электронного кроссворда, восстановление линейной последовательности и данных в таблицах. Биологическое содержание и методический аппарат обучения будут соответствовать принципам гуманизации обучения [4] динамической и статической наглядности за счет использования актуальных моделей [3] и доступных текстовых источников, звуков, музыки и видеофрагментов. [5]

Виртуальные лабораторные работы в ЭОР представлены на экране монитора со всем необходимым исследовательским оборудованием: пробирки, стаканы, колбы, предметные и покровные стекла. Чтобы избежать переполнения визуального пространства на экране компьютера, учащимся доступен лишь тот набор лабораторного оборудования, который необходим для проведения конкретного опыта. Используя биологическое оборудование, учащиеся могут проводить необходимые опытные измерения и заносить свои наблюдения в лабораторный журнал в форме изображений, «снятых» с экрана с помощью виртуального фотоаппарата, а также делать записи, интерпретировать и комментировать данные, полученные в ходе эксперимента.

Вкладка «Электронные словари, справочные материалы, энциклопедии и готовые решения проблем формирования и/или развития УУД деятельности по биологии» включает около полутора тысяч определений, в которых дается полное и грамотное толкование научных терминов, приводятся основные биографические сведения о знаменитых биологах и подробно описываются различные виды животных и растений.

Заключение

Модуль исследования личностных действий обучаемых позволит сделать учение осмысленным, обеспечит значимость решения учебных задач, увязывая их с реальными жизненными целями и ситуациями. При этом личностные действия школьников будут направлены на осознание, исследование и принятие жизненных ценностей и смыслов, что позволит им сориентироваться в нравственных нормах, правилах и оценках. Модуль исследования регулятивных действий школьников обеспечит возможность управления познавательной и учебной деятельностью посредством выбора целей, планирования, контроля, коррекции своих действий и оценки успешности усвоения. Последовательный переход к самоуправлению и саморегуляции в учебной деятельности обеспечит школьникам базу будущего профессионального образования и самосовершенствования.

Модуль исследования познавательных действий включает действия по исследованию, поиску и отбору необходимой информации, ее структурированию; моделированию изучаемого содержания, логические действия и операции, способы решения учебных задач.

Модуль исследования коммуникативных действий обеспечит возможности сотрудничества школьников – умение слышать, слушать и понимать партнера, планировать и согласованно выполнять совместную деятельность, распределять роли, взаимно контролировать действия друг друга, уметь договариваться, вести дискуссию, правильно выражать свои мысли в речи, уважать в общении и сотрудничестве партнера и самого себя.

Литература

1. Абрамян, Г. В. Модели и технологии оптимизации телекоммуникаций в науке и образовании северо-западного региона на основе использования SAAS/SOD облачных сервисов / Г. В. Абрамян Г.В. // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. - С. 27

2. Абрамян, Г. В. Модели развития научно-исследовательских, учебно-образовательных и промышленно-производственных технологий, сервисов и процессов в России и странах ближнего зарубежья на основе глобализации сотрудничества и интеграции инфотелекоммуникаций / Г. В. Абрамян // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. – СПб., 2015. – С. 668-673

3. Абрамян, Г. В. Нормативно-правовая, инновационно-исследовательская и ресурсно-технологическая модели совместной деятельности вуза с учреждениями региона в информационной среде /

Г. В. Абрамян // Информатика: проблемы, методология, технологии. Под редакцией Крыловецкого А.А. – 2016. – С. 20-25.

4. Проблемы гуманизации естественно-научного образования / Г. В. Абрамян [и др.] // АПН СССР, НИИ НОВ. – Ленинград, 1991.

5. Абрамян, Г. В. Системы и технологии электронного обучения как потенциальные объекты риска информационно-образовательной среды вузов и школ Российской Федерации / Г. В. Абрамян // Электронное обучение в вузе и школе. РГПУ им. А. И. Герцена. – 2014. – С. 17-20.

6. Абрамян, Г.В. Проект интеллектуальной информационной системы образовательных сервисов и услуг северо-западного региона / Г.В. Абрамян, С.А. Рысков // Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. – 2016. – С. 1390-1392.

7. Абрамян, Г. В. Новые информационные технологии в гуманитарной сфере / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин. – Санкт-Петербург, 2006.

8. Атаян, А. М. Основы информационных технологий. Учебное пособие / А. М. Атаян, А. М. Гагоева. – Владикавказ, 2011.

9. Казарова, О. А. Адаптивно-инновационный подход в организации лабораторных работ по биологии и химии [Текст] / В. А. Егорова // Российская наука: тенденции и возможности: Сборник научных статей. Ч. I / Научный ред. д. филос. наук, проф. Л.И. Ермакова. – М.: Издательство «Перо», 2018. – 100 с.

10. Карабанова, О. А. Что такое универсальные учебные действия и зачем они нужны [Текст] / О.А. Карабанова // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. –2010. – №5. – С. 11-12.

11. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // «РИ-2012». – 2012. – С. 238-239.

12. Прокофьева, Е.С. История развития, структура, функции и особенности использования чат-ботов в преподавании экологии и биологии / Е. С. Прокофьева, Г. В. Абрамян // Информационные технологии в экологии. – 2018. – С. 191-194.

13. Ручка О. Н. Структура и содержание универсальных учебных действий [Текст] / О. Н. Ручка // Аксиома: актуальные аспекты гуманитарных наук. – 2016 – №4 (4). – С. 17-19.

14. Федоров, К. П. Эвристические методы и методики обучения информатике в школах с углубленным изучением иностранных языков / К. П. Федоров, Г. В. Абрамян // "РИ-2012". – 2012. – С. 268-269.

15. Федоров, К. П. Эвристические программные средства и их использование с целью развития информационно-коммуникационных компетенций учащихся школ лингвистического профиля / К. П. Федоров, Г. В. Абрамян // Региональная информатика "РИ-2014". – 2014. – С. 375

16. Щукина, Э. С. Проблемы развития и перспективы использования технологий электронного обучения в школе на уроках экологии и биологии / Э. С. Щукина, Г. В. Абрамян // Информационные технологии в экологии. – 2018. – С. 197-201.

Интерактивный образовательный сервис для обучения применению оператора SELECT языка SQL

Ю. Д. Комарова, email: koyukomarova@gmail.com
М. В. Матвеева, email: marie.matveeva@gmail.com

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрен процесс разработки приложения для обучения одному из операторов языка SQL.*

Ключевые слова: *образование, информационная система, SQL, SELECT.*

Введение

На рынке современных web-приложений существует множество сервисов, посвященных обучению языку SQL. Часто такие сервисы предлагают пользователю возможность самостоятельно написать операторы, которые должны вернуть или изменить данные, требуемые заданием. Подобный подход является привлекательным как для желающих приобрести или повысить навыки в написании операторов манипулирования данных, так и для преподавателей, использующих подобные методы в своей профессиональной деятельности.

Многие из существующих решений реализуют фиксированные короткие образовательные программы. Другие не отвечают современным требованиям к web-приложению в сфере оформления визуальных интерфейсов и удобства в эксплуатации. Нечасто реализуется рейтинговая система, стимулирующая пользователей к решению задач.

Таким образом, возникает необходимость создания сервиса, позволяющего реализовывать расширяемые программы для обучения студентов и начинающих изучать язык SQL, с которым было бы удобно работать как студенту, так и преподавателю.

1. Анализ задачи

В настоящее время существует большое количество интерактивных сервисов, обучающих языку SQL. Среди них наиболее известные:

- sql-ex;
- codewars;
- codecademy;
- sqlzoo.

© Комарова Ю. Д., Матвеева М. В., 2019

Сравнительный анализ их функциональности приведен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ существующих приложений

Критерий сравнения	**sql-ex**	**codewars**	**codecademy**	**sqlzoo**
Личный кабинет	-	+	+	-
Подсветка синтаксиса	-	+	+	-
Рейтинг пользователей	+	+	-	-
Современный дизайн	-	+	+	-
Поддержка русского языка	+	-	-	-
Платный контент	-	+	+	-
Поддержка оператора SELECT	+	+	+	+
Поддержка операторов INSERT, UPDATE, DELETE	+	-	-	-

Из представленных данных следует необходимость создания приложения, учитывающего недостатки существующих сервисов и поддерживающее их преимущества.

В ходе работы была выведена необходимая функциональность приложения (рис. 1).

Далее был проведен анализ структуры приложения. В рамках поставленной задачи для безопасного хранения и обращения к данным необходимо выделить две базы данных: учебная база данных и база данных приложения.

Последняя хранит информацию о пользователях, учебных задачах и другую информацию, необходимую для функционирования системы. К учебной базе данных будет обращаться пользователь для решения поставленных ему задач и проверки результата.

За исключением описанной выше особенности, для реализации приложения использовалась классическая трехуровневая архитектура.

2. Реализация

На основе проведенного анализа был разработан программный комплекс, реализующий заявленную функциональность.

Была разработана база данных приложения. Ниже представлена ER-диаграмма базы данных в нотации Мартина (рис. 1).

В таблице user хранится информация о пользователях. Поля name и hash хранят данные об имени пользователя и хеш-функцию от его пароля. Поле rating отвечает за набранный пользователем рейтинг.

Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Таблица task хранит данные об учебных задачах, а именно условие задачи (text), sql-запрос, возвращающий требуемый условием задачи набор данных (sql), рекомендуемые для решения задачи sql-команды (commands) и зачисляемый за решение задачи рейтинг (rating).

Таблица user_task раскрывает связь «многие ко многим» между таблицами user и task. Поле isPassed указывает на то, решил ли конкретный пользователь конкретную задачу, а в поле sql сохраняется пользовательский вариант решения задачи.

В справочной таблице user_role хранятся данные о всех возможных ролях пользователя.

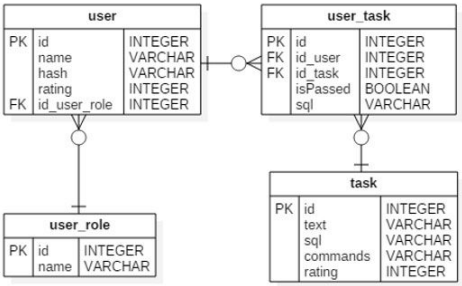


Рис. 2. ER-диаграмма базы данных приложения

Взаимодействие функциональных блоков Backend сервера наглядно продемонстрировано на диаграмме компонентов (рис. 3). В табл. 2 кратко описан каждый блок.

Диаграмма компонентов на рис. 4 демонстрирует взаимодействие функциональных блоков сервера приложений. Компоненты диаграммы описаны в табл. 3.

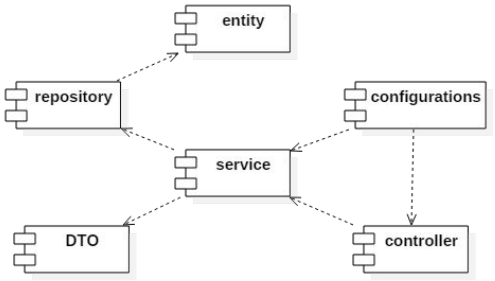


Рис. 3. Диаграмма компонентов Backend сервера

Таблица 2

Компоненты Backend сервера

Компонент	**Описание**
entity	Описание модели данных.
repository	Слой объектов, обеспечивающих доступ к данным.
DTO	DTO (Data Transfer Object) используется для передачи данных между подсистемами приложения.
service	Содержит реализацию функционала приложения.
controller	Используется для управления потока приложения. В контроллерах реализуются API запросы на сервер приложений.
configurations	Конфигурация приложения.

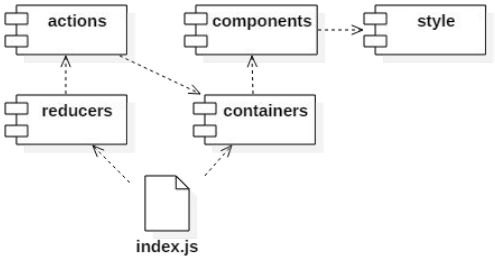


Рис. 4. Диаграмма компонентов сервера приложений

Таблица 3

Компоненты сервера приложений

Компонент	**Описание**
components	Описание структуры HTML-страницы.
containers	Реализация бизнес-логики приложения.
actions	Action реагирует на взаимодействие сервера приложений с пользователем и с backend сервером. Инициирует изменение состояния.
reducers	Регистрирует изменения в состоянии подсистемы.
style	CSS-файлы, описывающие внешний вид компонентов.

Заключение

По итогам работы было спроектировано и реализовано web-приложение, позволяющее:

– регистрироваться и авторизоваться новым пользователям;

– решать пользователю SQL задачи на тему «оператор select»;

– автоматически проверять задачи и выводить результаты их проверки;

– вести рейтинг пользователей и формировать топы лучших результатов;

– просмотреть пользователю свой личный кабинет и рейтинг;

– добавлять, удалять, изменять задачи пользователю с правами администратора.

На данный момент приложение находится на стадии тестирования. В дальнейшем планируется включить поддержку других операторов языка SQL, внедрение системы в учебный процесс.

Список литературы

1. Уоллс, К. Spring в действии / К. Уолл ; пер. с англ. Д. А. Мовчан. – Москва: ДМК пресс, 2015. – 754 с.
2. Вендеров, А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем/ А. М. Вендеров. ; – Москва: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.
3. Spring Framework Documentation [Электронный ресурс] : Режим доступа: https://docs.spring.io/spring/docs/
4. React Documentation [Электронный ресурс] : Режим доступа: https://reactjs.org/docs/

Разработка сайта с учебно-методическим материалом по дисциплине на основе облачных технологий

О. Б. Кремер, email: olgaborisovna_k@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной статье представлены этапы разработки сайта с учебно-методическим материалом по дисциплине, расположенном в облачном хранилище Google.*

Ключевые слова: *сайт, учебно-методический материал, дисциплина, облачные технологии.*

Введение

В статье 16 Федерального закона об образовании дается понятие электронного обучения следующим образом: «Организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников» [1].

К такому виду обучения можно отнести представляемый в статье ресурс с учебно-методическим материалом по дисциплине «Информационное обеспечение профессиональной деятельности», который позволяет преподавателю осуществлять учебный процесс с применением современных информационных технологий, компьютерных сетей и интернета.

1. Этапы разработки сайта

В компьютерных классах одного из корпусов ВГТУ предоставлен доступ к учебным ресурсам, расположенным в интернете, поэтому возникла потребность создания сайта с учебно-методическим материалом, подготовленным преподавателем по дисциплине.

Представим этапы разработки данного электронного ресурса.

Предварительный этап разработки сайта состоял из следующих шагов. Были рассмотрены возможные подходы и аналоги учебных ресурсов в интернете, определены предполагаемые временные затраты на создание сайта, определены возможности работы в интернете

© Кремер О. Б., 2019

студентов двух групп, определены знания и навыки, которые должен получить студент, использующий ресурс.

Подготовительный этап разработки сайта состоял из следующих шагов. Была разработана иерархическая структура сайта, непосредственно связанная с тематическим планом программы изучения дисциплины и построена модель освоения учебного материала, выполнен подбор материалов для ресурса, проведена подготовка тестовых заданий и разработка практических заданий.

Основной этап – непосредственное создание электронного ресурса.

Завершающий этап состоял в проверке содержания и тестовых заданий ресурса, внесении поправок, тестировании и отладке сайта.

2. Программные средства для разработки сайта

Перед основным этапом был сделан выбор программного обеспечения для реализации данного сайта – это сервисы Google и конструктор курсов iSpring Suite для создания тестов.

Для разработки ресурса использованы следующие сервисы Google:

– Google Drive, облачное хранилище от Google с возможностью онлайн просмотра содержимого различных типов файлов;

– Google Sites, бесплатный хостинг, использующий вики-технологию;

– Gmail, бесплатная электронная почта; также является OpenID-провайдером для всех служб Google [2].

Конструктор курсов iSpring Suite позволил быстро создать тест, добавить в него графические, видео и аудио файлы, формулы. В конструкторе можно выбрать такие типы вопросов, как выбор одного или нескольких вариантов ответов, вопросы на соответствие, определение верной последовательности, заполнение пропусков или выбор верного ответа из открывающегося списка, задание на перетаскивание объектов, выбор области, перетаскивание слов, ввод числового или краткого ответа на вопрос.

3. Основной этап реализации сайта

На основном этапе был разработан сайт со стартовой страницей ресурса, включающей перечень разделов, тем и практических работ дисциплины (рис. 1). Доступ к учебному материалу реализован с помощью гиперссылки на файл с материалом после его выбора из перечня.

Сам файл с материалом расположен в личном облачном хранилище преподавателя с организацией совместного доступа к нему всех пользователей, имеющих адрес данного сайта в интернете.

На страницах есть поиск информации по ключевому слову или словосочетанию.

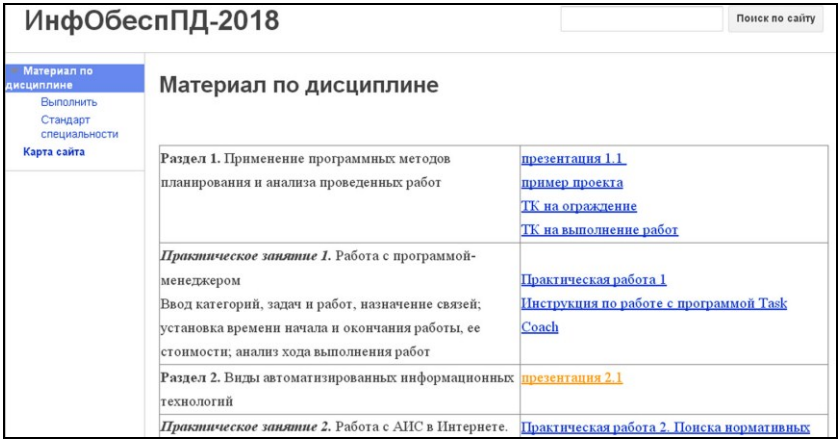


Рис. 1. Главная страница учебно-методического ресурса

После выбора пользователем файла с презентацией, представляющей теоретический материал дисциплины, открывается новая страница, на которой можно просмотреть слайды презентации с материалом (рис. 2).

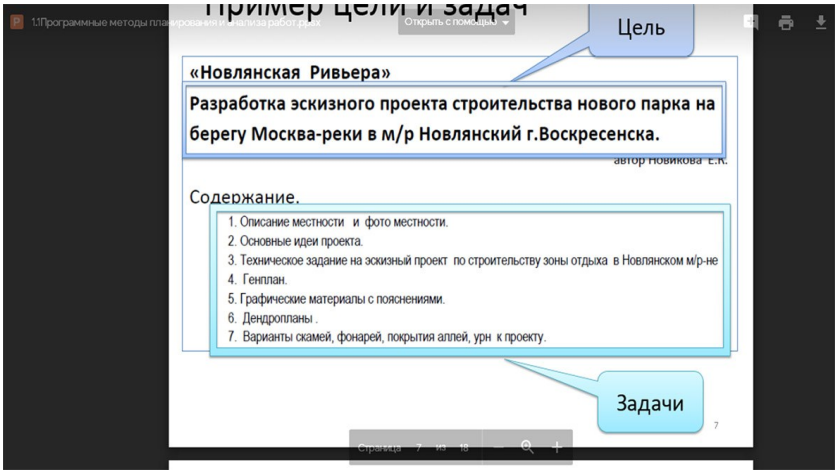


Рис. 2. Просмотр презентации с сайта

Если презентация содержит анимационные объекты, то презентацию необходимо сохранить на компьютере пользователя и запустить ее в режиме показа.

Аналогичным образом файл с описанием практической работы открывается на новой странице сайта, и есть возможность сохранить его на диске компьютера пользователя (рис. 3).

По одной теоретической теме или практической работе зачастую присутствует группа файлов с материалом, содержащим примеры, подробные инструкции по работе с программными средствами, справочный материал. Каждый файл открывается на новой странице, что удобно для выполнения заданий.

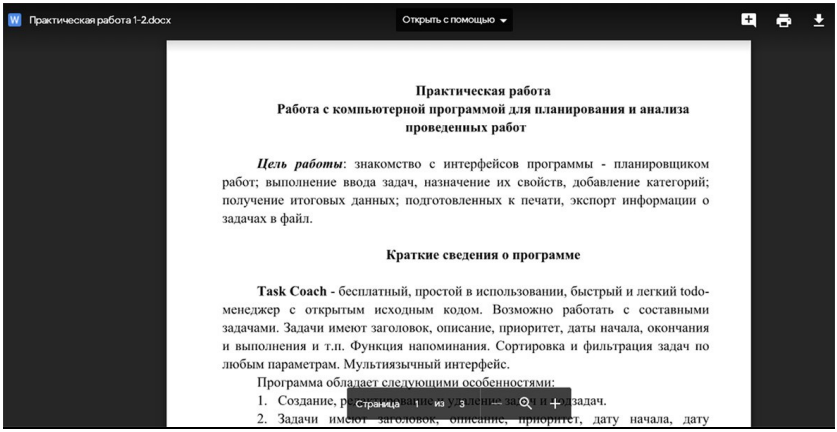


Рис. 3. Просмотр задания практической работы

По каждому разделу дисциплины создан тест, который можно запустить на любом компьютере с выходом в интернет, итоговое тестирование доступно только в учебной аудитории (рис. 4).

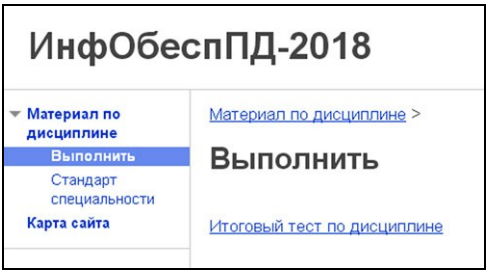


Рис. 4. Страница сайта для итогового тестирования

Пример тестового вопроса на соответствие представлен на рис. 5.

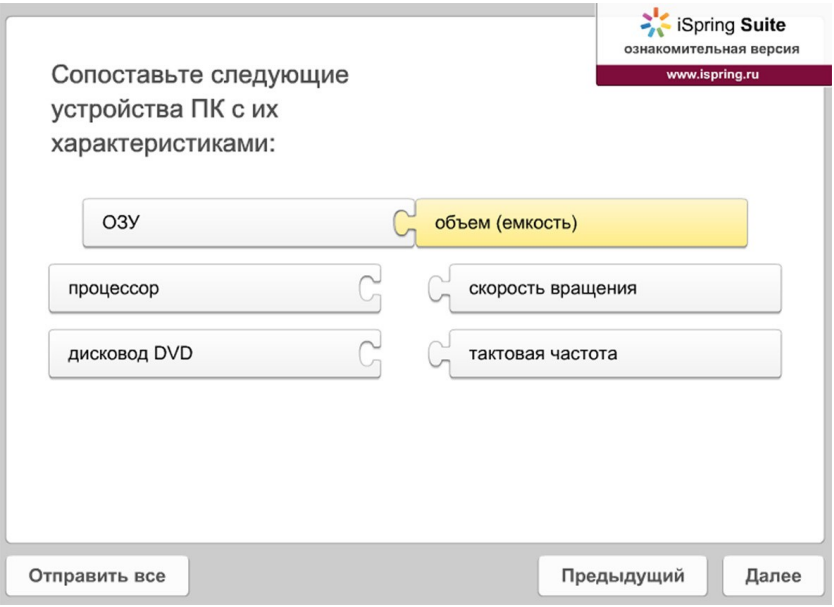


Рис. 5. Пример тестового вопроса

За итоговое тестирование студент получает оценку, зависящую от процента правильных ответов и набранных баллов.

Заключение

Таким образом, разработанный сайт используется на занятиях в учебных аудиториях вуза, доступен студентам в ходе самостоятельной работы, а также для выполнения пропущенных практических работ.

Данный ресурс может войти в состав электронного учебно-методического комплекса по дисциплине электронной информационно-образовательной среды вуза, которая размещена на сервере ВГТУ.

Список литературы

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

2. Список сервисов и инструментов Google [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/71833

3. Конструктор курсов iSpring Suite [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://www.ispring.ru/ispring-suite

Обучение и информатизация в высшей школе

Т. И. Назаров, email: timyr.ru@mail.ru
И. Ю. Чугункин, email: timyr777@yandex.ru

Филиал Военного учебно-научного центра ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» в г. Сызрани

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы информатизации образования и проблемы связанные с применение средств информатизации в обучении.*

Ключевые слова: *Информатизация образование, электронный учебник, обучение, самоконтроль, электронные технологии обучения, электронные образовательные ресурсы.*

Введение

В настоящее время от современного высшего учебного заведения требуется внедрение новых подходов к обучению, обеспечивающих наряду с его фундаментальностью и соблюдением требований ГОС развитие коммуникативных, творческих и профессиональных компетенций, потребностей в самообразовании на основе потенциальной вариативности в содержании и организации образовательного процесса. Ожидается, что именно информатизация образования, формирование современной образовательной среды учебного заведения будут способствовать решению этих задач.

1. Цели информатизации высшего профессионального образования

Исходя из сказанного во введении, сегодня можно сформулировать как минимум *две первоочередные цели информатизации высшего профессионального образования.*

Первая – повышение уровня подготовки будущих специалистов за счет совершенствования технологий обучения, применяемых в высшей школе, и широкого внедрения в учебный процесс информационных и телекоммуникационных средств. Создание в вузе условий, направленных на формирование специальной информационно-компьютерной обучающей среды, способствующей установлению информационного взаимодействия между обучающимися и преподавателями на основе использования современных профессионально-ориентированных информационных технологий

© Назаров Т. И., Чугукин И. Ю., 2019

обучения. *Вторая* – овладение выпускником высшей школы комплексом знаний, навыков и умений, выработка качеств личности, обеспечивающих успешное выполнение задач профессиональной деятельности в условиях информационного общества.

Дело в том, что будущий специалист должен обладать профессиональной мобильностью, оперативно реагировать на постоянно возникающие изменения в практической и в научной деятельности, в общественной практике в целом. Мы исходим из того, что формированию личности современного специалиста, ответственного и самоорганизованного, будет способствовать опора на имеющиеся у него мотивы усвоения профессии. Это характерно для педагогического процесса технологически обеспечивающего открытое образование с использованием (информационно-компьютерных технологий) ИКТ [1]. Определяющим фактором в достижении такого результата является деятельность обучаемого, отсюда мы выделяем следующие основные функции информационных технологий: *мотивационная:* стимулирует познавательную деятельность обучаемых при обучении в условиях ИКС (информационно-компьютерной среды) за счет передачи им части функций управления учебной деятельностью, фиксации конкретных ее результатов, а также обучения в контексте будущей профессиональной деятельности и т.д.; *развивающая:* обучение в условиях ИКС способствует развитию рефлексивных и активитизирует продуктивные формы мышления; *прогностическая:* позволяет использовать прогностическую информацию для определения перспективы обучения , как правило, она реализуется за счёт снятия текущей нагрузки по обработке входной информации; *контролирующая:* обеспечивает контроль за усвоением учебного материала обучаемыми на основе использования систем автоматизированного тестового контроля; *компенсаторная:* способствует устранению пробелов в знании обучаемых за счет использования дидактических информационных комплексов в период самоподготовки, тренинга; *информационная:* предоставляет обучаемым доступ к справочной информации, нормативным документам, передовому опыту, педагогическим программным средствам через различного характера базы данных и т.д.; *моделирующая:* дает возможность расширить учебно-познавательную деятельность за счет решения задач управления объектами в интерактивном режиме; *коммуникативная:* позволяет осуществить переход обучающихся на позицию субъекта учебно-познавательной деятельности [4].

Анализируя различные определения технологии можно удостовериться, что каждое из них описывает некоторые этапы

информационного процесса. Стадия технологического знания включает в себя такие этапы информационного процесса, как генерация, рецепция, кодирование, хранение информации; стадия технологического процесса – этапы кодирования, передача информации, построения оператора для целенаправленных действий; стадия репликации продуктов технологии – этап редупликации информации. Трактовка создания технологии как информационного процесса позволила установить, что различные дефиниции понятия «технология» соответствуют определённым этапам информационного процесса и стадиям разработки технологии [9]. Мы выяснили, что цель информатизации обучения состоит в том, чтобы не просто дать технические средства, но помочь обучаемым научиться думать лучше и глубже. Для достижения этой цели создаются новые технические и программные среды – как новые формы электронной бумаги, на которой могут быть прочерчены новые пути представления новых идей.

В последние время термин «компьютерные технологии обучения» все чаще заменяется термином «информационные технологии». Уже сейчас рассматриваются тенденции, которые могут круто изменить традиционные педагогические технологии. Все информационные технологии связаны с компьютерным обучением. Основными причинами неиспользования огромного спектра возможностей компьютерных технологий являются неэффективность учебно-методической базы, связанной с ИКТ, и с отсутствием специалистов-преподавателей. Современные ИКТ предоставляют широкие возможности индивидуализации образования, что находит своё отражение в проектировании образовательных программ для самого широкого круга специальностей. На современном этапе в сфере образования сформировались следующие основные направления использования электронных технологий: компьютер как средство самопознания, саморазвития, самообразования и контроля знаний; мультимедиа-технологии как средство повышения эффективности подачи информации, усвоения учебного материала, вовлечения в активные действия при обучении; лабораторный практикум с применением компьютерного моделирования объектов и процессов; Интернет-страницы с учебно-методическими разработками, рекомендациями и данными информационно-познавательского характера; дистанционное обучение с помощью информационных и модулирующих автоматизированных систем.

Широкий спектр информационно-коммуникационных технологий позволяет: повысить познавательный интерес и мотивацию к изучению дисциплины; предоставить субъектам образовательного процесса

доступ к информации учебного и научно-методического характера, формировать их информационную культуру; визуализировать учебный материал; проводить моделирование сложных процессов и объектов; осуществлять автоматизированный контроль качества полученных знаний; реализовывать технологии дистанционного и личностно-ориентированного обучения.

Мобильность и гибкость учебных планов, программ, учебных и методических материалов недостижимы без эффективного использования информационно-компьютерных технологий. Это справедливо и для повышения роли самостоятельной работы обучаемых. Сегодня её невозможно представить без электронных учебников, электронных (учебно-методических комплексов) УМК, компьютерных программ контроля знаний, интерактивных форм обсуждения актуальных учебных проблем. Всё вышеназванное – а доводов приводить можно великое множество - позволяет сделать однозначный вывод: информационно-компьютерные технологии в образовании не дань моде, а революционно новый, инновационный, фундаментальный компонент развития высшего профессионального образования. Итак, применение ИТ (информационных технологий) позволяет достичь: *реальной индивидуализации процесса обучения: снижения и перераспределения аудиторной нагрузки; внедрение активных форм обучения и новых технологических технологий, снижение доступности баз данных; создание учебно-методического комплекса по дисциплинам реализуемых учебных планах (в виде электронных образовательных ресурсов и сформированных кейс-пакетов); сочетания традиционной (аудиторной) и виртуальной технологии непрерывного консультирования студентов (в режимах on - и off-line); обеспечения оперативного мониторинга и управления качеством учебного процесса* [3].

Использование ИКТ будет оправдано лишь в том случае, если оно удовлетворяет конкретные потребности образовательного процесса, т.е. если обучение в полном объёме без использования соответствующих средств информатизации невозможно или затруднительно. К первой группе можно отнести потребности, связанные с формированием у обучающихся систем знаний. Вторая группа потребностей определяется необходимостью овладения учащимися репродуктивными умениями. Третья группа потребностей связана с необходимостью формирования у учащихся творческих умений. Четвёртая группа потребностей связана с формированием определённых личностных качеств [2].

Наряду с вышеприведенными потребностями для оправданного и эффективного использования ИКТ педагогам необходимо знать

положительные и отрицательные аспекты информатизации обучения. Очевидно, что знание таких аспектов поможет преподавателям не только использовать преимущества информатизации, но и минимизировать ее возможные негативные моменты.

Заключение

Анализ педагогической практики позволяет сформулировать следующие требования к преподавателю в системе ИТ. Он должен: владеть профессиональными знаниями предметной области и осуществлять все виды учебных занятий реализуемой образовательной программы; уметь использовать в образовательном процессе современные ИКТ в объёме характерном для «продвинутых» пользователей; знать и уметь использовать интерактивные и методические материалы; уметь подготовить и провести групповые занятия с использованием современных педагогических технологий; уметь обеспечивать единство учебной, социально-коммуникативной и профессиональной сред; обладать специальными знаниями и умениями в области организации учебного процесса, мониторинга качества знаний; владеть техникой, методами и приёмами индивидуальных виртуальных консультаций.

Приведенные аргументы, с одной стороны, свидетельствуют о необходимости подготовки и переподготовки педагогических кадров в области информатизации образования. С другой стороны, упомянутые проблемы говорят о том, что применение средств информатизации в обучении по принципу «чем больше, тем лучше» не может привести к реальному повышению эффективности системы образования. В использовании образовательных электронных изданий и ресурсов необходим взвешенный и аргументированный подход.

Список литературы

1. Архангельский, С.И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерности и основные методы / С. И. Архангельский. – М. : Высшая школа, 1980. – 200 с.

2. Басова, Н.В. Педагогика и практическая психология: учебное пособие / Н. В. Басова. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2000. – 413 с.

3. Бордовская, Н.В. Педагогика. Учебник для вузов / Н. В. Бордовская, А. А. Реан – СПб. : Питер, 2000. – 311 с.

4. Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе / А. А. Вербицкий. – М. : Высшая школа, 1991. – 156 с.

Дидактические возможности авторских веб-квестов по математике

А. В. Уразова, email: avbmatan@rambler.ru

МКОУ Верхнехавская СОШ №1
Верхнехавского района Воронежской области

Аннотация. *В статье раскрыт дидактический потенциал авторских веб-квестов по математике; на конкретных примерах обоснована необходимость использования технологии образовательных веб-квестов в учебно-воспитательном процессе для расширения образовательного пространства обучающихся.*

Ключевые слова: *веб-квест, компонент дистанционного обучения, катализатор проектно-исследовательской деятельности, безопасный поисково-информационный процесс, собственный образовательный маршрут, методологическая «геометрия» нестандартного урока, политехническая направленность.*

Введение

Традиционное подходы к обучению – это «руки-ноги» образования, опора фундаментальных знаний, умений, навыков человека. Нестандартные подходы – это «крылья», которые помогают человеку подняться на уровень личностных, метапредметных умений. Личностно-ориентированная педагогика выдвигает на передний план нетрадиционные подходы к организации процесса обучения в современной школе. Главная миссия современного учителя – найти, разработать такие модели интеграции современных образовательных и информационно-коммуникационных технологий, которые позволили бы наиболее эффективно построить процесс обучения. В своей педагогической деятельности использую сочетание технологий проблемного обучения, критического мышления, проектной технологии с различными web-сервисами, интерактивными математическими средами, компьютерным оборудованием. В результате такой интеграции появилась возможность не только использовать готовые учебные ресурсы, но и создавать собственные методические разработки, электронные образовательные ресурсы по новым формам организации процесса обучения: веб-квесты, динамические модели абстрактных математических объектов, виртуальные лаборатории, интерактивные упражнения, тесты и другое [1]. Методическая основа образовательного

© Уразова А. В., 2019

веб-квеста – деятельностный подход и организация максимально продуктивной творческой работы обучающихся. Главная задача – сформировать у школьников первичные представления об учебном исследовании. На рис. 1 представлены дидактические возможности веб-квестов.

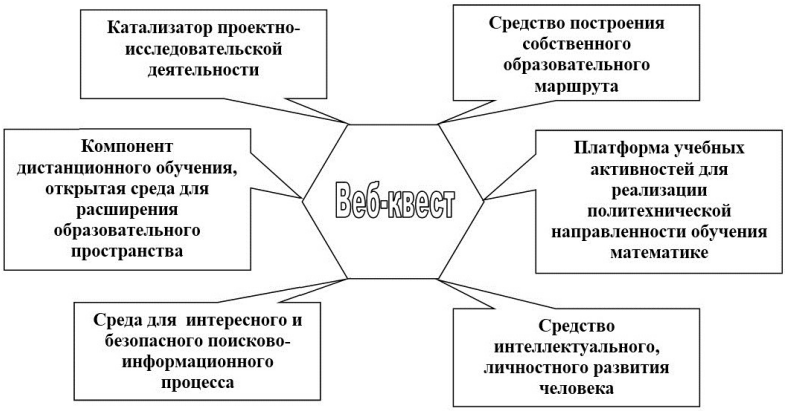


Рис. 1. Схема дидактических возможностей веб-квеста

2. Организация проектно-исследовательской деятельности обучающихся.

Одним из требований к результатам обучения и освоению содержания курса школьной математики в предметном направлении является развитие пространственных представлений и изобразительных умений, приобретение навыков геометрических построений, переоценить роль которых невозможно. Конструктивные навыки способствуют развитию ребёнка в личностном направлении через эстетическое воспитание. Именно в процессе создания геометрического рисунка школьники учатся аккуратности, начинают видеть, а затем пытаются самостоятельно воспроизводить красоту и взаимосвязь форм окружающего мира. И вот здесь точная строгая наука, можно сказать, соприкасается с искусством, творчеством.

Приведу один из возможных вариантов нестандартного изучения темы «Правильные многоугольники» в 9 классе с помощью авторского веб-квеста «Квазиконструктор» правильных многоугольников», размещенного в Интернет-сети по адресу http://urazovakonstruktor.jimdo.com (рис.2).

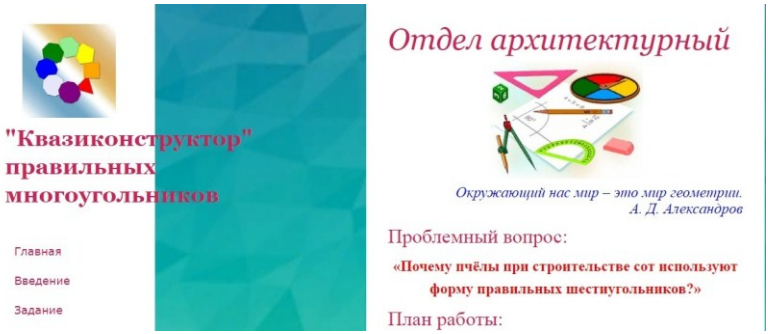


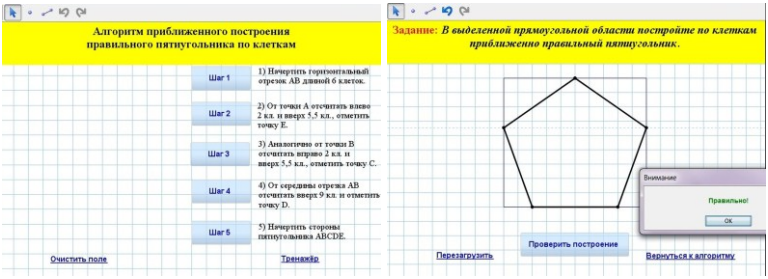
Рис. 2. Страница веб-квеста «Квазиконструктор» правильных многоугольников»

Данный веб-квест представляет собой форму организации проектно-исследовательской деятельности учащихся 9-11 классов по проблеме «Приближенное построение правильных многоугольников», в ходе которой учащиеся должны исследовать некоторые приёмы приближенного изображения правильных многоугольников на специально разработанных автором динамических моделях среды «1С: Математический конструктор». Выбор учебной темы обусловлен методической ценностью описываемых приёмов построения фигур по клеткам с помощью линейки, поскольку они позволяют школьнику быстро, красиво и легко получить нужный чертёж для расчётной задачи, где точность построений совсем необязательна.

Перед школьниками ставятся проблемные вопросы: «Какова степень точности приближённого построения правильных многоугольников по клеткам?», «Почему пчёлы при строительстве сот используют форму правильных шестиугольников?», «Как строятся правильные многоугольники по приёму Биона?» и другие. Приведу пример мини-проекта «Создание обучающего видео по приближённым построениям на клетчатой бумаге» в рамках данного веб-квеста. Обучающимся предлагается разработать образовательный ресурс для сверстников в программах Windows Movie Maker, Screencast-O-Matic, пользуясь интерактивной МК-моделью (моделью, разработанной в программе «1С: Математический конструктор») «Приближённое построение правильных пятиугольников, шестиугольников, семиугольников, восьмиугольников и девятиугольников на клетчатой бумаге». МК-модель состоит из двух листов (рис. 3). Первый лист – *демонстрационный*, представляет собой алгоритм, пошаговый показ построений. Второй лист – *рабочий*, представляет собой задание-

тренажер самостоятельных построений с помощью необходимого инструментария с последующей проверкой.

Обучающее видео как продукт проектной работы размещается веб-квесте для свободного доступа всем старшеклассникам и служит тренажёром выработки умения делать аккуратный чертеж к геометрической расчётной задаче.



а б

Рис. 3. МК-модель «Приближённо правильный пятиугольник»: а – демонстрационный лист, б – рабочий лист

Примером организации учебного исследования инженерной направленности является работа старшеклассников с интерактивной моделью «Оценка относительной погрешности приближённого построения правильных многоугольников по клеткам». Она предназначена для определения степени точности приближенных построений некоторых правильных многоугольников на клетчатой бумаге. МК-модель представляет собой рабочую область для мини-исследования, снабженную чертежом, планом, необходимым инструментарием, кнопками управления (рис. 4).

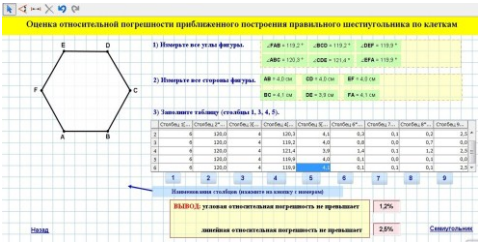


Рис. 4. МК-модель «Оценка относительной погрешности приближённого построения правильных многоугольников по клеткам»

Учащиеся измеряют величины углов *n*-угольника, длины сторон *n*-угольника, результаты переносят в таблицу, определяют значения угловой и линейной погрешностей [2].

3. Построение новой методологической «геометрии» нестандартного урока – интеграция урочной и внеурочной деятельности

Часто творцы мифов создают новых невиданных существ, соединяя вместе хорошо известные природные данные. Этот процесс мы можем назвать мифологической «геометрией». Например, кентавр – это «сумма» человека и лошади; минотавр – это «сумма» человека и быка; сфинкс – это «сумма» человека, льва и птицы. Предлагаю методологическую «геометрию» нестандартного урока математики: внеурочная деятельность (веб-квест) + урочная деятельность (урок) + внеурочная деятельность (практикум) [3]. Это урок, который начинается не со звонка, и не оканчивается им. В такой открытой координатно-временной среде обучающиеся получают возможность свободно начинать учебную деятельность дома, продолжать её в школе (и наоборот), делиться своими успехами с родителями. Раздвигаются границы традиционного класса, расширяется образовательное пространство. А принцип доступности и бесплатности всех используемых материалов и информационных ресурсов позволяет достичь стратегической цели – возможности качественного обучения для всех на протяжении всей жизни. Так веб-квест становится компонентом дистанционного обучения для школьников, которые, например, не хотят прерывать учёбу во время болезни, живут в удалённых от школы населённых пунктах и так далее.

Речь идет об уроке-исследовании, уроке репортажей, посвящённом изучению темы «Графический метод решения задач с параметром в интерактивной творческой среде «1С: Математический конструктор» в 11 классе. Предложенный веб-квест создаёт обратную конструкцию – «домашнее задание + урок», которая позволит обучающимся сравнивать, делать логические выводы и, что очень важно, проявлять самостоятельность в поиске решения. А сам урок-исследование позволяет провести диспут, который развивает навыки культурного диалога, умение отвечать на вопросы оппонентов, излагать и обосновывать свою точку зрения, отстаивать правоту суждений, анализировать результаты, а также позволяет сделать окончательные выводы-«репортажи», содержащие алгоритм действий при проведении практикума [2].

Этап 1. Внеурочная часть – работа с авторским веб-квестом «Право знать «Параметр» https://sites.google.com/site/webkvestpravoznatparametr/ (рис. 5).

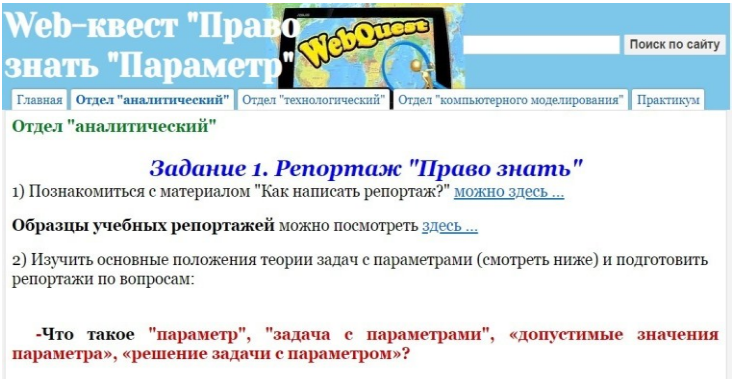


Рис. 5. Страница веб-квеста «Право знать «Параметр»

О предстоящем уроке учащиеся узнают от учителя заранее, примерно за неделю до его проведения. Осуществляется знакомство старшеклассников с веб-квестом, в ходе которого они занимаются учебно-исследовательской деятельностью в виде ролевой деловой игры по математике. Школьники самостоятельно изучают содержание веб-квеста: Введение, Задание-проблема, Отдел «аналитический», Отдел «технологический», Отдел «компьютерного моделирования». На основе материалов «аналитического отдела» готовят репортажи «Право знать» по вопросам: Что такое "параметр", "задача с параметрами", «допустимые значения параметра», «решение задачи с параметром»? Методы решения задач с параметрами: графический, аналитический и метод изменения ролей переменных в решении задач с параметрами. Отличительные черты заданий с параметром, решаемых графическим методом. Алгоритмы построений графиков элементарных функций. Решение квадратных уравнений относительно параметра.

Обучающиеся выполняют также практическое задание по теме «Построение графика квадратичной функции». В веб-квесте старшеклассникам предлагаются для знакомства примеры видеорепортажей по учебной теме, подготовленные учащимися-предшественниками. Следует отметить, что содержание веб-квеста является динамичным: учитель систематически обогащает его актуальным материалом, видоизменяет, структурирует информацию. Основная цель данного этапа – выдвижение школьниками различных

гипотез по теме в форме репортажей. Каждый обучающийся свои репортаж и практическое задание отправляет учителю по электронной почте за два дня до урока для проверки и редактирования. Учитель определяет лучшие из работ для выступлений на уроке.

В «технологическом отделе» старшеклассники разбирают задания-образцы графического решения некоторых типов уравнений с параметром. В «отделе компьютерного моделирования» старшеклассники учатся строить графики функций в среде «1С: Математический конструктор» с помощью МК-модели, разработанной автором и размещенной в веб-квесте. Школьникам предлагается предварительно установить на своих компьютерах МК-плеер, являющийся свободным продуктом.

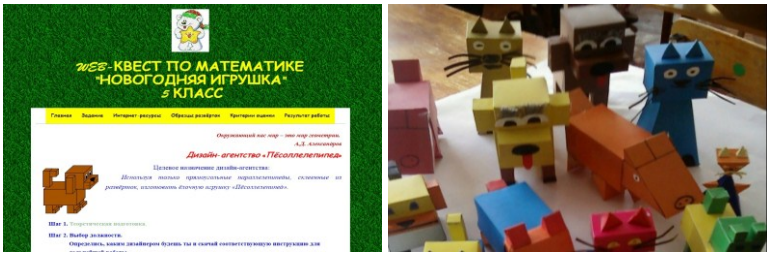
Этап 2. Урок – «Журнал репортажей». Класс разбивается на группы. Члены каждой группы распределяют между собой роли: репортер, критик, сценарист-аналитик, художник-консерватор, художник-новатор. В соответствии с выбранными ролями участники одновременно выполняют задания, придерживаясь инструкций на листах планирования самостоятельной деятельности учащихся. I. Оргмомент. Репортаж №1 «Место встречи»: показ мотивационного видеоролика и вступительное слово учителя. II. Актуализация опорных знаний. Выполнение интерактивного упражнения Learning Apps: https://clck.ru/Ec9Sg и теста https://clck.ru/F5NdL Репортаж №2 «Право голоса»: дискуссия между группами по учебному материалу – публичные выступления «репортеров», контрольные вопросы от «критиков». III. Практическая часть. Репортаж №3 «В центре событий»: каждая группа получает уравнение с параметром одного из четырёх типов, например, методом жеребьёвки; выполняют алгебраические преобразования, получают формулы функций, «сценарист-аналитик» отчитывается у доски; «художник-консерватор» определяет соответствующий заданию график на клетчатой бумаге из множества графиков домашнего практического задания; «художник-новатор» строит график в «1С: Математический конструктор». Все группы по очереди у доски презентуют свои решения типовых заданий остальным одноклассникам. IV. Рефлексия. Репортаж №3 «Итоги»: организуется совместная работа всех учащихся под руководством педагога по обобщению и классификации уравнений с параметром, решаемых графическим методом.

Этап 3. Практикум. Обучающиеся получают дифференцированные задания для самостоятельной подготовки к выполнению №18 на ЕГЭ по профильной математике, размещенные в веб-квесте «Право знать «Параметр».

4. Использование в качестве платформы учебных активностей для реализации политехнической направленности обучения математике

Технология веб-квестов позволяет объединить средства достижения практической и прикладной направленности школьной математики в единое пространство. С этой точки зрения, веб-квест становится платформой для учебных активностей (моделирование, построение чертежей и графиков функций, проведение виртуальных экспериментов в динамических средах и другое). В качестве примера приведу авторский веб-квест «Новогодняя игрушка», разработанный для 5 класса и размещенный по адресу http://urazovamathematik.jimdo.com

Пятиклассникам предлагается разделиться на группы и поработать «дизайнерами» в виртуальных «дизайн-агентствах»: «Пёсоллелепипед», «Призмасвин», «Пирамикот». Каждый член группы выполняет индивидуальное задание, являющееся неотъемлемой частью общей задачи, заключающейся в создании необычной новогодней игрушки – геометрической «зверушки», изготовленной из плотной бумаги и состоящей только из указанных многогранников (параллелепипед, призма, пирамида) (рис. 6) [4].



а б

Рис. 6. Страницы веб-квеста «Новогодняя игрушка»: а – задание, б – результат работы

Заключение

Разработка и использование веб-квестов в обучении задают новые роли для учителя и обучающихся, активно вовлечённых в учебно-воспитательный процесс. Учитель организует и направляет обучение, но уже не является единственным источником информации. Классно-урочная система интегрируется с внеурочной деятельностью, очное обучение – с дистанционным. Так осуществляется расширение образовательного пространства обучающихся. Образовательный эффект веб-квеста зависит не только от его содержания, но и от способов организации работы с данным ресурсом. Но какой бы вариант не был

выбран, все они объединены реализацией перехода от репродуктивной деятельности к активным формам взаимодействия участников образовательного процесса.

Список литературы

1. Уразова, А.В. Возможности технологии веб-квеста для развития исследовательских навыков обучающихся / А. В. Уразова // Педагогический опыт: решения и находки: сборник научно-методических статей. Выпуск 31. Часть 2 / ред. кол.: И.А. Дендебер [и др.]; отв. ред.: И. А. Дендебер. – Воронеж : Воронежский государственный педагогический университет, 2017. – С. 193-203.

2. Уразова, А.В. Проектно-исследовательская деятельность школьников: веб-квест «Квазиконструктор правильных многоугольников» / А. В. Уразова // Информатика и образование. – 2016. – №7. – С.57-63.

3. Уразова, А.В. Образовательный веб-квест как инновационное средство организации нестандартных уроков математики / А. В. Уразова // Информатизация учебного процесса и управления образованием. Сетевые и Интернет-технологии: Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, 15-4-15 декабря 2018 г., г. Воронеж, в 3-х частях. – Часть 2. – Воронеж : ВИРО, 2018. – С. 188-191.

4. Уразова, А.В. Использование WEB-квеста на уроках математики / А. В. Уразова // Образовательные технологии, обеспечивающие достижение требований ФГОС к результатам деятельности общеобразовательной школы: материалы региональной начно-практической конференции 20 мая 2015 года. – Воронеж : ВИРО, 2015. – С.141-144.

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 7
Применение информационных технологий в преподавании различных дисциплин

Ways of Development of Supercomputer Education

S. D. Kurgalin, email: kurgalin@bk.ru
S. V. Borzunov
I. V. Shershen

Voronezh State University

Аннотация. Abstract. *The work substantiates the creation of a system of "end-to-end" training in supercomputer technologies under "school-university-employer" interaction on the platform of the Supercomputer Center of Voronezh State University.*

Ключевые слова: Keywords: *higher education, supercomputer technologies, "end-to-end" training.*

The work substantiates the creation of a system of "end-to-end" training in supercomputer technologies (SCT) under "school-university-employer" interaction on the platform of the Supercomputer Center (SCC) [1] of Voronezh State University. This makes it possible to implement a knowledge model and competence-based approach, combining educational levels in the context of specialized training in computer science and SCT, taking into account the interests of the business environment. The conceptual model of the system includes adapted mechanisms of organizational and methodological support for the introduction of SCT in the educational processes of secondary schools and universities. Their goal is to increase the level of training of specialists in the field of SCT and strengthen partnerships of educational organizations with employers. A new modern complex of textbooks on supercomputer technologies has been created for trainees of different levels of training [2-5]. It is distinguished by its focus on the practical application of knowledge and on the formation of competences in the field of solving real computational problems. The complex has been tested both on university students and on trainees of the advanced training system; it can also be applied to lifelong education systems in the implementation of the concept of "Lifelong Learning". Supercomputer topics are being introduced into various courses, first of all, mathematical ones. A number of textbooks have already been prepared, in particular, on discrete mathematics [6,7]. There is a system of organizing special groups of students, starting from the first year, which express an active desire to study supercomputer technologies that are immediately connected to work at SCC [1].

© Kurgalin S. D., Borzunov S. V., Shershen I. V., 2019

References

1. Kurgalin, S. D. Supercomputer technologies at Voronezh State University / S. D. Kurgalin, S. V. Borzunov // Proceedings of Voronezh State University. Series: Problems of higher education, 2018. – N 3. – P. 183-187.

2. Borzunov, S. V. Using the resources of the Supercomputer Center of Voronezh State University in learning processes and scientific researches / S. V. Borzunov, S. D. Kurgalin // Russian Supercomputer Days: Proceedings of International Conf. – Moscow : MSU Publishing, 2018. – P. 972-977.

3. Borzunov, S. V. High-Performance Computing: A Practical Approach / S. V. Borzunov, S. D. Kurgalin. – St. Petersburg: BHV, 2019. – 256 p.

4. Borzunov, S. V. Practical Parallel Programming / S.V. Borzunov, S.D. Kurgalin. – St. Petersburg: BHV, 2017. – 236 p.

5. Kurgalin, S. A Practical Approach to High-Performance Computing / S. Kurgalin, S. Borzunov. – Cham: Springer International Publishing, 2019.

6. Kurgalin, S. The Discrete Math Workbook. A Companion Manual for Practical Study / S. Kurgalin, S. Borzunov. – Cham: Springer International Publishing, 2018. – 485 p. – Series: Texts in Computer Science.

7. Borzunov, S. V. Problems on Discrete Mathematics / S. V. Borzunov, S. D. Kurgalin. – St. Petersburg: BHV, 2016. – 528 p.

Информатизация физических процессов

Е. М. Анненко, email: evg-annenko@yandex.ru

МБОУ «Каменская СОШ№2»

Аннотация. *В данной работе рассматривается межпредметная связь информатики с физикой, ориентация учителя в современной вычислительной технике, понимание назначения и функционирования различных устройств.*

Ключевые слова: *международная конференция, межпредметная связь, физика, информатика.*

Введение

Современный мир трудно представить без информатизации почти всех механических процессов. Поэтому все более явно становится проблема в создании системы описания, хранения и использования знаний, для формирования основных элементов технологии формализации физических знаний.

С появлением ЭВМ впервые в человеческой истории стал возможен способ записи и долговременного хранения профессиональных знаний, ранее формализованных математическими методами (алгоритмов, программ, баз данных, эвристик и т.д.). Эти знания, а также опыт, навыки, интуиция могли уже использоваться широко и без промежуточного воздействия на человека влиять на режим работы производственного оборудования. Процесс записи ранее формализованных профессиональных знаний в форме, готовой для воздействия на механизмы (автоматы), получил изначально название программирование.

1. Информационные процессы

Информатика как наука занимается изучением информационных процессов и методов их автоматизации на основе программно-аппаратных средств вычислительной техники и средств связи.

Исторически информатика изучала научную информацию и способы ее структуризации, систематизации, хранения и распространения. Появление средств вычислительной техники позволило автоматизировать часть указанных операций. Дальнейшее изучение процессов возникновения, накопления информации, ее структуризации, передачи, обработки и представления потребовало

© Анненко Е. М., 2019

создания специального аппарата, позволяющего описывать, анализировать и систематизировать различные фазы информационных процессов. Так возник аппарат информационного моделирования. Наличие частных моделей информационных процессов позволило целенаправленно использовать средства вычислительной техники и связи, которые, в свою очередь, совершенствовались для большего удовлетворения потребностей информатики.

Информатика имеет характерные черты и других групп наук - технических и гуманитарных (физика, химия и др.).

Черты технической науки придают информатике ее аспекты, связанные с созданием и функционированием машинных систем обработки информации. Науке информатике присущи и некоторые черты гуманитарной (общественной) науки, что обусловлено ее вкладом в развитие и совершенствование социальной сферы. Таким образом, информатика является комплексной, междисциплинарной отраслью научного знания.

2. Взаимосвязь дисциплины

Как комплексная научная дисциплина информатика связана с:

– философией и психологией — через учение об информации и теорию познания;

– математикой — через теорию математического моделирования, дискретную математику, математическую логику и теорию алгоритмов;

– физикой и химией, электроникой и радиотехникой — через «материальную» часть компьютера и информационных систем.

Установление межпредметных связей в курсе физики, информатики, химии и других учебных дисциплин повышает эффективность политехнической и практической направленности обучения.

Содержание и объем материала по межпредметным связям в школьном курсе определяется учебной программой. В рубрике «Межпредметные связи» программа одиннадцатилетней средней школы включает вопросы, изученные по другим предметам. Перечень этих вопросов помогает учителю определить, на какие знания по другим предметам нужно опираться при изучении тех или иных тем курса. Отсюда важность сопоставительного рассмотрения фактов, выявления не только их сходства, но и известного различия в пределах определенного единства (элементы фонетического строя языков, отражение того или иного исторического явления в произведениях литературы, живописи, киноискусства и т.д.).

Не каждый из изучаемых фактов служит базой для теоретических обобщений: есть факты, например, в истории, имеющие

самостоятельную ценность. Но осмысление и обобщение фактов, как и превращение понятий частных наук в общенаучные, — закономерность науки. Познавая многие факты, учащиеся поднимаются к обобщениям — философским, экономическим, политическим и т.д., к пониманию идей, теорий, законов, к овладению понятиями. Так, например, изучая предметы естественнонаучного цикла, они приходят к пониманию теории строения вещества, законов сохранения.

3. Взаимосвязь информатики с физикой

Что можно сказать о связи физики и информатики – связь очевидна. Эта связь будет усиливаться в связи с внедрением новых компьютерных технологий в жизнь человека этот прорыв в технике невозможен без знания физических законов, процессов в тех же самых полупроводниках без которых не было даже электронных наручных часов. В тоже время без компьютера, этого мощного устройства обработки информации, невозможен дальнейший прогресс в развитии физики и других наук. Компьютерные технологии можно представить, как ступеньку на огромной лестнице к разгадке многих тайн природы.

В современном учебном процессе по физике большое внимание уделяется формированию знаний учащихся об общих принципах и теориях физики, основных физических законах и умений применять эти знания для самостоятельного объяснения частных научных фактов, явлений, технических применений физики. Одним из технических применений физики служит как раз, применение компьютера для наиболее полного и насыщенного усвоения школьного материала.

В организации внеклассных занятий большое значение имеет отбор учебного материала для всех исследований, который должен строго соответствовать основным принципам дидактики: научности, систематичности, последовательности, доступности, наглядности, индивидуальному подходу к учащимся в условиях коллективной работы, развивающему обучению, связи теории с практикой. В реальном процессе обучения эти принципы должны быть в тесном взаимодействии друг с другом. Процесс обучения учащихся на внеклассных исследовательских работах определяется многими закономерностями, и только при правильном их применении можно рассчитывать на полный успех в учении школьников. Любой из рассмотренных выше принципов приобретает свое действенное значение только в тесной связи с остальными.

4. Что надо уметь учителю

В идеале учитель должен уметь объяснять взаимодействие рассмотренных блоков компьютера при решении различных задач: ввод

текста, выполнение математических операции, запись и считывание информации из внешней памяти, информационный обмен между оперативной памятью и устройствами ввода вывода и т.д. Учителю следует сообщить о возможности построения различных электронных устройств: логических элементов, выполняющих операции И, ИЛИ, НЕ, генератора импульсов, вырабатывающего прямоугольные импульсы, триггера, способного находиться в двух устойчивых состояниях и запоминать 1 бит информации и т.д. Учащиеся должны понимать, что на их основе могут быть созданы такие узлы ЭВМ, как регистр памяти, сумматор, арифметико-логическое устройство, оперативная память, шифратор и дешифратор и т.д. На уроке, посвященном принципу радиосвязи и передаче информации посредством электромагнитных волн, учитель может напомнить учащимся о современных достижениях в области телекоммуникации. Имеет смысл рассмотреть или упомянуть амплитудную, частотную и фазовую модуляции, принцип частотного и временного разделения канала связи, использование оптоволокна для одновременной коммутации нескольких источников и потребителей информации и т.д. Примерами использования внешнего и внутреннего фотоэффекта является работа лазерного принтера, сканера, фото и видео камеры, фотодатчиков. Изучение магнитных свойств вещества, явления остаточной намагниченности, электромагнитной индукции может сопровождаться рассмотрением работы магнитных запоминающих устройств.

Заключение

Учитель физики, информатики должен приблизительно ориентироваться в современной вычислительной технике, понимать назначение и функционирование различных устройств.

Список литературы

1. Акулов, О. А. Информатика: учебник / О. А. Акулов, Н. В. Медведев. – М. : Омега-П, 2007. – 270 с.

2. Макарова, Н. В. Информатика: учеб. пособие для вузов / Н. В. Макарова, Н. В. Бройдо. – М. : Академия, 2003. – 768 с.

3. Грушевицкая, Т. Г. Культурология : учебник для вузов / Т. Г. Грушевицкая, А. П. Садохин. – 3-е изд., перераб, и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 687 с.

Информационные технологии в спорте

С. Н. Батан, email: batan@msu.by
Л. М. Гейченко, email: geichenko@msu.by

Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение информационных технологий в физической культуре и спорте, обучении спортсменов на примере программного продукта IRoNDooM*

Ключевые слова: *информационные технологии в спорте, тренировки*

Информационные технологии играют большую роль в жизни современного человека. Различные электронные ресурсы используются везде: на работе, в школе, университете, дома. Мы живем в веке информационных технологий, в котором задействованы все сферы жизни человека. Поэтому для свободной ориентации в информационных потоках современный специалист любой специальности должен уметь получать, обрабатывать и использовать информацию с помощью компьютеров, телекоммуникационных и других средств информационных технологий. Все сказанное в полной мере относится и к специалистам, работающим в с сфере физической культуре и спорта.

Эффективное развитие и управление любой организацией и спортивной в частности, невозможно без своевременного получения достоверной информации о состоянии дел по всем направлениям деятельности. Поэтому возросла роль информационных технологий, которые сегодня способны оказать значительную помощь в подготовке спортсменов любого уровня и качественно улучшить их организацию подготовки и управление.

Как известно, информационные технологии представляют собой совокупность устройств, методов и средств, позволяющих манипулировать информацией вне мозга человека. Сюда относятся компьютеры и программное обеспечение, периферийные устройства и системы связи.

Несмотря на трудности, связанным с организационными, научно-методическими и материально-техническими аспектами внедрения современных технологий в область спорта и физической культуры, они интересуют ряд специалистов, так как существует большая потребность перехода от традиционных средств к использованию новых

© Батан С. Н., Гейченко Л. М., 2019

информационных технологий, которые позволяют гораздо эффективнее осуществлять сбор, обработку и передачу информации, качественно изменить методы и организационные формы подготовки высококвалифицированных спортсменов, тренеров и судей, а также проведения физкультурно-оздоровительной работы с населением. Благодаря новейшим разработкам тренировочные процессы становятся содержательнее и эффективнее, снаряды – совершеннее, а итоговые результаты – лучше.

Тренировки профессиональных спортсменов претерпели изменения из-за появления новых технологий. Если раньше спортсмены могли менять план своих тренировок исходя лишь из собственного опыта и ощущений, то сейчас, наблюдается такая картина: спортсмен бежит на беговой дорожке, к его телу прицеплены датчики, на нём самом может быть надета маска, которая может фиксировать объём выдыхаемого воздуха. В результате отображается полная информация о биометрических параметрах человека, и, исходя из этих результатов, тренера узнают текущее состояние, и в случае необходимости откорректировать план тренировок, учитывая, в том числе и особенности организма конкретного спортсмена.

Существует достаточно много программных продуктов, которые могут использовать как тренеры, так и спортсмены. Рассмотрим один из них. Программный продукт IRoNDooM предназначен для ведения базы данных тренировок спортсменов различных уровней подготовленности. В первую очередь предназначен для спортсменов занимающихся бодибилдингом, пауэрлифтингом и тяжелой атлетикой. Программа крайне проста в использовании, эффективна и обладает большим количеством полезных возможностей, которые способны удовлетворить потребности, как профессионалов, так и любителей. Она окажет помощь тем, кто тренируется и в других видах спорта по тренировочным программам, требующих ведение дневников, планирование тренировочных нагрузок и др. IRoNDooM, как полнофункциональная программа, позволит организовать тренировочные будни спортсменов и систематизировать всю имеющийся информацию о тренировках до и после их проведения.

Программа IRoNDooM включает в себя следующие модули:

– продвинутый навигационный календарь тренировок;

– расширенный Справочник упражнений с подробным описанием и демонстрацией правильной техники выполнения упражнений;

– полноценный редактор тренировок;

– справочник продуктов питания, предоставляющий полную информацию о витаминно-минеральном комплексе и питательности продуктов питания;

– легконастраиваемый Мастер отчетов текущих тренировок и достигнутых результатов;

– простой в использовании калькулятор расчета Max. веса, Повторений, Рабочего веса, Мышечной массы;

– иллюстрированный Анатомический атлас.

Программа IRoNDooM позволяет запланировать и сохранить до 3 тренировок в день, импортировать и экспортировать тренировки в файл и из файла, рассчитать необходимую тренировочную нагрузку, оценить свои пропорции по известным расчетным схемам профессионалов, оперировать разрядными нормативами, сохранять получаемые отчеты в файл различных форматов и др.

Программа сохраняет результаты работы в три файла базы данных (База данных тренировок, База данных упражнений, База данных продуктов питания) это позволяет с легкостью оперировать базами, как отдельными структурными единицами (создавать, удалять, копировать, делиться с друзьями, размещать в Интернете и др.). Дополнительно, возможно ручное редактирование баз данных в Microsoft Access.

Программа позволяет спортсменам: составить индивидуальный план тренировок; вносить изменения в существующую систему тренировок; рассчитать необходимую тренировочную нагрузку; определять необходимые шаги для усиления результатов; рассчитать свои пропорции по известным расчётным схемам профессионалов; импортировать и экспортировать свои планы тренировок в файл и из файла; создавать всевозможные отчеты, например: планы тренировок, результаты и изменения результатов за неделю, месяц, квартал и т.д.; сохранять получаемые отчёты в файлы различных форматов, включая: rtf, html, txt и др; строить различные графики и диаграммы, сохранять их в файлы следующих форматов: tee, png, Jpg, Bmp, pdf, всего более 14 форматов; выводить на печать; и многое другое.

За последние годы информатизация современного общества обретает все новые и новые масштабы с каждым днем. Самое главное, что на сегодняшний день с использованием самых современных информационных технологий, подготовка профессиональных спортсменов и квалифицированных специалистов не вызывает затруднений. Но ни для кого не секрет, что далеко не все спортивные школы и вузы могут позволить себе современное информационное оборудование. И, хотя темпы модернизации оборудования в вузах

крайне впечатляют, они еще недостаточно отвечают требованиям качественного современного образования.

Новое время требует новых подходов в образовании, новых технологий, в том числе и компьютерных. Действительно, использование компьютерных технологий на уроках физической культуры дает возможность воздействовать на три канала восприятия человека: визуальный, аудиальный, кинестетический, а значит, способствует эффективному усвоению учебному материала. Увеличивается объем материала за счет экономии времени. Расширяются возможности применения дифференцированного подхода в обучении, осуществляются межпредметные связи. Но, пожалуй, самое главное преимущество их использования на уроках – повышение мотивации обучения, создание положительного настроя, активизация самостоятельной деятельности учащихся.

Безусловно, компьютер не заменит учителя или учебник, поэтому он рассчитан на использование в комплексе с другими имеющимися методическими средствами. Каждый учитель в состоянии распланировать свои уроки таким образом, чтобы использование компьютерной поддержки было наиболее продуктивным, уместным и интересным для учащихся. Методически оправданное использование компьютерных технологий в сочетании с традиционными формами организации учебной деятельности позволяет развивать познавательные навыки исследовательской деятельности, творческие способности учащихся, сформировать у школьников умение работать с информацией, развивать коммуникативные способности, создать благоприятный психологический климат на уроках.

Литература

1. Иванова, Л.А. Анализ информационных технологий в области физической культуры и спорта / Л. А. Иванова, О. В. Савельева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – № 8 (август). – С. 81–85. – Режим доступа : http://e-koncept.ru/2015/15273.htm

2. Петров, П. К. Информационные технологии в физической культуре и спорте: учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / П. К.Петров. – М. : ИЦ Академия, 2008. – 288 с.

3. Смирнова, Т. В. Современные информационные системы управления данными спортивной сборной команды: тематическая папка / Т. В.Смирнова – Красноярск. Кр. ин-т повыш. квалиф. физ. культуры и спорта. – Красноярск, 2015. – 27 с.

4. IRoNDooM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://irondoom.ru

Разработка комплекса лабораторных работ по курсу «Криптографические методы защиты информации»

Б. Н. Воронков, email: vrnkv@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Комплекс лабораторных работ позволяет изучить и провести анализ алгоритмов криптопреобразований, реализованных в стандартах России и США.*

Ключевые слова: *стандарты шифрования, электронная подпись, криптосистема RSA, алгоритм Эль Гамаля.*

Введение

Широкое внедрение компьютеров и компьютерных технологий во все сферы человеческой деятельности помимо очевидных преимуществ несёт с собой и многочисленные проблемы, наиболее сложной из которых является информационная безопасность, так как автоматизированные системы обработки информации чрезвычайно уязвимы по отношению к злоумышленным действиям.

В связи с этим, важнейшей характеристикой любой компьютерной системы, независимо от её сложности и назначения, становится безопасность циркулирующей в ней информации.

Учебная дисциплина "Криптографические методы защиты информации" является важнейшим компонентом подготовки студентов для выполнения профессиональной деятельности, решения задач информационной безопасности. Данная дисциплина вносит вклад в подготовку будущего специалиста по защите информации по освоению криптографических методов и средств обеспечения информационной безопасности, приобретению навыков построения защищённых информационных систем. Содержание дисциплины "Криптографические методы защиты информации" опирается на знания из других отраслей информационной безопасности, которые изучаются в учебных дисциплинах: "Математический анализ", "Теория вероятностей и математическая статистика", "Информатика", "Технология и методы программирования в задачах защиты информации". Учебный материал дисциплины "Криптографические методы защиты информации" используется для следующих дисциплин: "Криптографические протоколы и стандарты", "Программно-аппаратная защита информации", "Безопасность сетей ЭВМ", "Математические

© Воронков Б. Н., 2019

методы в криптографии", "Математические основы защиты информации и информационной безопасности". Цель изучения дисциплины: получение студентами знаний и освоение основных принципов и методов, применяемых при синтезе и анализе криптографических систем. Важнейшей составляющей дисциплины является выполнение лабораторных работ [1].

1. Описание комплекса лабораторных работ

Комплекс лабораторных работ включает в себя изучение и анализ, как алгоритмов, так и разработанных обучающих компьютерных программ по следующим темам:

1. Первый публичный стандарт шифрования (США) – DES (Date Encryption Standard).
2. Российский стандарт шифрования – ГОСТ Р 34.12-2015 («Магма») и режимы его работы – ГОСТ Р 34.13-2015.
3. Современный американский стандарт шифрования – AES (Advanced Encryption Standard).
4. Российский стандарт шифрования – ГОСТ Р 34.12-2015 («Кузнечик») и режимы его работы – ГОСТ Р 34.13-2015 [2].
5. Первая асимметричная (двухключевая) криптосистема – RSA (Rivest, Shamir, Adleman).
6. Криптосистема Эль Гамаля.
7. Стандарт электронной подписи России – ГОСТ Р 34.10-2012 (на базе эллиптических кривых).

Все лабораторные работы объединяет тот факт, что студентам предлагается не только изучить используемые криптографические преобразования, но и на практике пройти все требуемые этапы обучения, в случае необходимости исправить допущенные ошибки, провести тестирование каждой из обучающих программ, ответить на контрольные вопросы и сформулировать (а также обосновать!) принципы работы изученных криптоалгоритмов.

Правильное оформление отчётов по лабораторным работам (в соответствии с существующими стандартами [3]), а также их защита, позволяет подготовить студентов к завершающему этапу реализации выпускной квалификационной работы.

В качестве примера ниже приводится описание одной из лабораторных работ.

2. Российский стандарт шифрования – ГОСТ Р 34.12-2015 («Кузнечик») и режимы его работы – ГОСТ Р 34.13-2015

Постановка задачи лабораторной работы

1. Ознакомиться с обучающей программой «OPSKuz» [4].

2. Изучить и описать алгоритм блочного шифрования «Кузнечик».
3. Зафиксировать последовательность этапов и результаты обучения.
4. Провести исследование программы с целью выявления ошибок и недочётов.
5. Сформулировать и обосновать принципы работы алгоритма «Кузнечик».
6. Ответить на контрольные вопросы.
7. Составить отчёт о проделанной работе.

Этапы обучения:

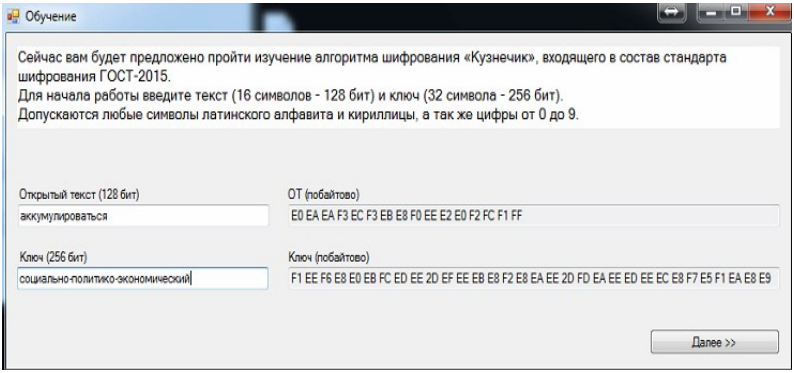


Рис. 1. Начало обучения

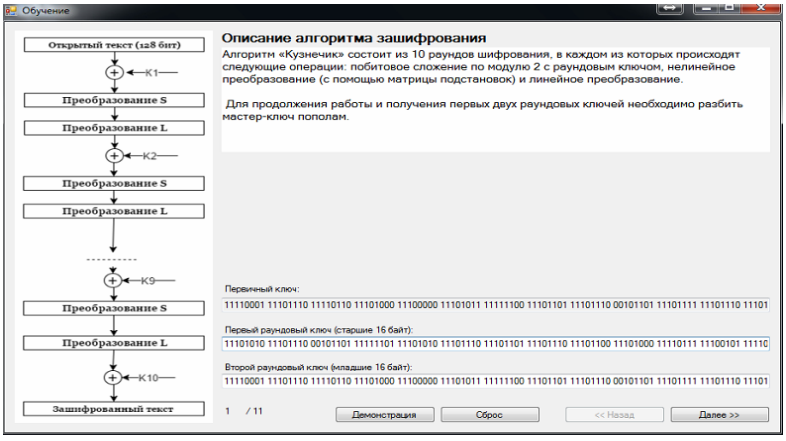


Рис. 2. Описание алгоритма зашифрования и разбиение мастер-ключа пополам

И таким образом осуществляются все одиннадцать этапов обучения, включая основное нелинейное преобразование

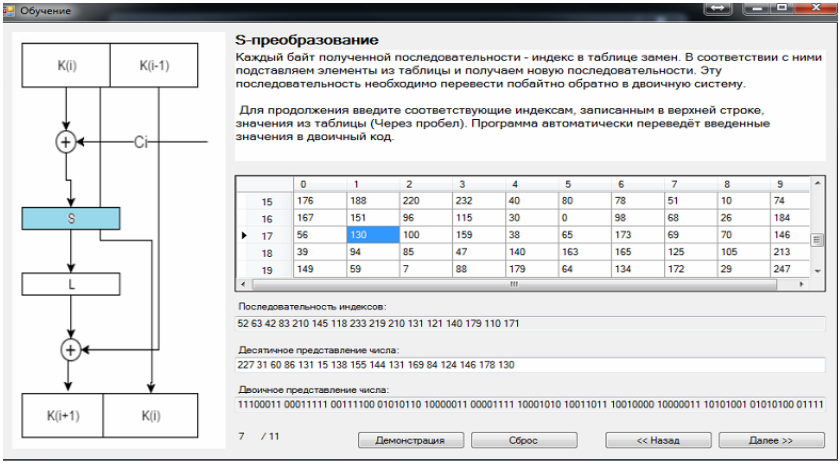


Рис. 3. Реализация нелинейного S-преобразования

Результатом работы обучающей программы является формирование зашифрованного текста и вывод на экран количества ошибок, допущенных при обучении.

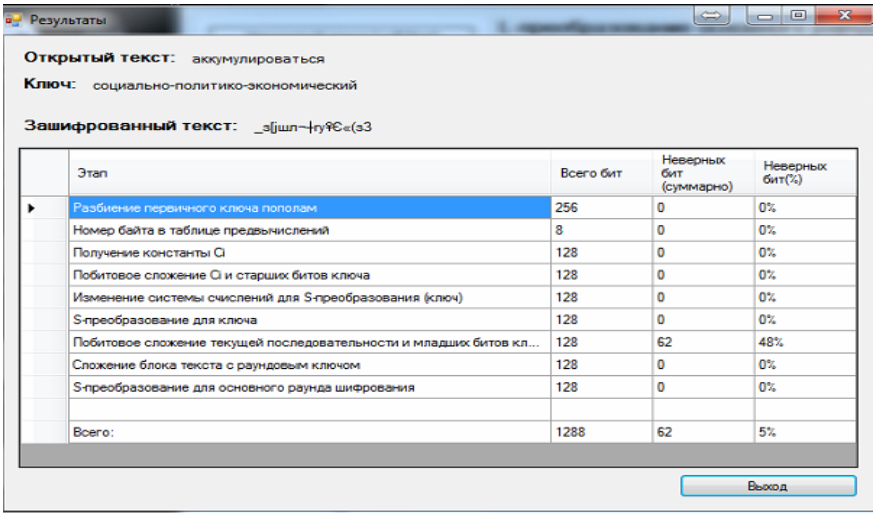


Рис. 4. Результаты работы обучающей программы

Заключение

Таким образом, использование обучающей компьютерной программы позволяет закрепить знания, полученные при изучении алгоритма блочного шифрования «Кузнечик», лучше понять основные особенности процессов зашифрования и расшифрования информации, сформулировать и обосновать принципы работы криптографической системы.

Список литературы

1. Методические материалы XXII пленума ФУМО ВО ИБ. Сборник методических указаний по выполнению лабораторных работ по дисциплинам бакалавриата и специалитета в области информационной безопасности (Краснодар, 2 – 7 октября 2018 г.) / Сост.: Е. Б. Белов, В. А. Частикова, Т. Т. Зангиев; отв. за выпуск: В. А. Частикова; Федеральное учебно-методическое объединение в системе ВО по УГСНП 10.00.00 «Информационная безопасность»; институт криптографии, связи и информатики Академии ФСБ России; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар: Издательство Дон-Юг, 2018. – 312 с.
2. ГОСТ Р 34.12-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. – Введ. 2016-01-01 – М.: Стандартинформ, 2015. – 21 с.
3. Методические указания по оформлению ВКР : учебно-методическое пособие / М. А. Артемов [и др.]. – Воронеж: ВГУ, 2018. – 33 с.
4. Воронков, Б. Н. Приложение для изучения криптостандарта «Кузнечик» / Б. Н. Воронков, Н. Ю. Варфоломеев // Сборник трудов международной НТК «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики (18 – 20 декабря 2017 г., г. Воронеж). – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2017. – С. 1428-1434.

Учебная дисциплина «Интеллектуальные системы принятия решений (ИСПР)»

И. Х. Галеев, e-mail: monap@kstu.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Аннотация. *В работе рассматривается содержание учебной дисциплины "Интеллектуальные системы принятия решений (ИСПР)". В процессе обучения студенты разрабатывают прототипные системы, обеспечивающие различные дополнительные сервисы пользователям РИНЦ.*

Ключевые слова: *Интеллектуальные системы принятия решений (ИСПР), Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ)*

Новым направлением в повышении эффективности принятия решений и управления являются информационные системы на базе искусственного интеллекта, который позволяет принимать решения и формировать управления на основе использования знаний. Такие системы принято называть интеллектуальными системами принятия решений (ИСПР).

Активно развиваются ИСПР, использующие Интернет и другие телекоммуникационные сети для сбора, хранения, обработки и распространения информации. Это позволяет формировать большие объемы достоверной информации для аналитической работы и оперативно готовить необходимые документы при совместной работе коллектива лиц. Примером такой системы может служить Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ) https://elibrary.ru/projects/citation/cit_index.asp.

Рассматривается содержание учебной дисциплины "Интеллектуальные системы принятия решений (ИСПР)", входящей в учебные планы подготовки студентов-магистрантов по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии» в магистратуре КНИТУ-КАИ. Основной целью изучения дисциплины является формирование у будущих магистров компетенций для создания и применения ИСПР. Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, из них аудиторные занятия: лекции - 12 часов, лабораторные работы - 24 часа. На самостоятельную работу студентов и подготовку к

© Галеев И. Х., 2019

аттестации отведено 108 часов. В лекционном материале можно выделить следующие основные темы:

- Основные понятия,
- Отличие знаний от данных,
- Модели представления знаний,
- Экспертные системы (ЭС) как основной класс ИСПР,
- Механизм вывода в продукционных ЭС,
- Разработка и применение ЭС,
- Средства и этапы разработки ЭС,
- Приобретение знаний,
- Основные типы ЭС.

Отличительной чертой рассматриваемого курса является то, что значительное внимание (основная часть выделенного времени) уделено разработке ИСПР (лабораторные работы и самостоятельная работа). В качестве проблемной области для разработки ИСПР предложен РИНЦ, то есть студенты разрабатывают прототипные системы, обеспечивающие различные дополнительные сервисы пользователям РИНЦ. При выполнении лабораторных работ студентам прививаются следующие практические навыки:

- работы с Научно - электронной библиотекой (eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/) и РИНЦ,
- выбора подходящей проблемы для проектирования системы и формулировки соответствующей аннотации,
- проектирования инфологической модели базы данных разрабатываемой системы,
- создания базы данных разрабатываемой системы,
- проектирования бизнес-логики разрабатываемой системы,
- описания разработанной системы.

На рисунке представлен интерфейс разработанной студентами системы формирования рейтинга авторов на основе интегральной оценки их публикационной активности.

Актуальность разработанной студентами ИСПР, объясняется тем, что в РИНЦ не формируется рейтинг публикационной активности авторов [1]. В то же время, рейтинг научных журналов формируется на основе целого ряда параметров [2-6]. Студенты выбирают наиболее значимые, по их мнению, параметры, характеризующие публикационную активность авторов, и строят на их основе различные алгоритмы интегрированной оценки авторов.

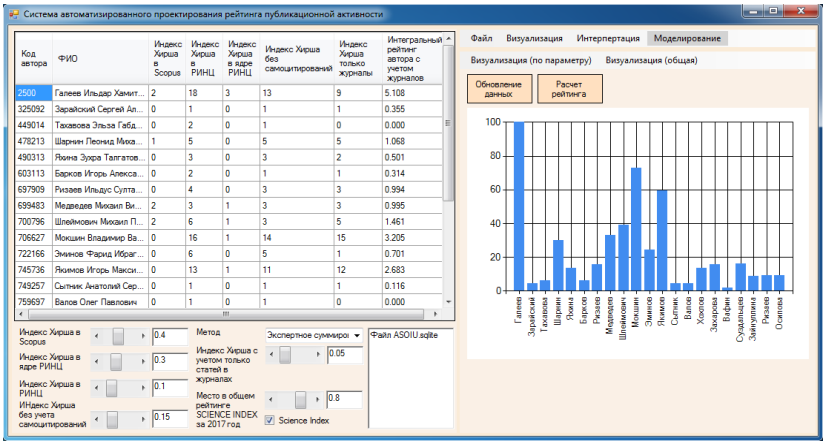


Рисунок. Интерфейс системы формирования рейтинга авторов

В связи с достаточно высокой для студентов трудоемкостью проектирования ИСПР в качестве педагогического подхода в преподавании и обучении используется коллаборативное обучение (обучение в сотрудничестве), которое представляет собой групповую работу учащихся для решения проблемы, выполнения задания или создания какого-либо продукта (системы). Следует отметить, что достигается синергетический эффект, изучая проектирование ИСПР, студенты осваивают основы наукометрии.

Список литературы

1. Галеев, И.Х. Практика применения баз данных научного цитирования при оценке публикационной активности КНИТУ / И. Х. Галеев // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)". – 2013. – Vol. 16. – №4. – С.387-402.

2. Галеев, И.Х. Динамика развития международного электронного журнала «Образовательные технологии и общество» / И. Х. Галеев // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)". – 2007. – Vol. 10. – №1. – С.315-328.

3. Галеев, И.Х. Научный журнал в информационном пространстве / И. Х. Галеев // Высшее образование в России. – 2009. – № 3. – С. 92 – 95.

4. Галеев, И.Х. Информационно-образовательное пространство России и «перечень» журналов / И. Х. Галеев // Высшее образование в России. – 2009. – № 10. – С. 15-23.

5. Галеев И.Х. Оценка полноты и интеллектуальности РИНЦ / И. Х. Галеев // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" – 2014. – Vol. 17. – №3. – С.583-602.

6. Галеев И.Х. Анализ юзабилити системы SCIENCE INDEX* [организация] / И. Х. Галеев // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)». – 2015. – Vol. 18. – №4. – С.767-779.

Использование образовательной платформы Alt Linux на физико-математическом факультете ВГПУ

Г. В. Гаркавенко, e-mail: g.garkavenko@mail.ru
О. А. Сидорова, e-mail: sidorova_oa@mail.ru

Воронежский государственный педагогический университет

Аннотация. *Статья посвящена проблемам перехода преподавания различных дисциплин с использованием ОС Windows на преподавание с использованием Alt Linux.*

Ключевые слова: *Alt Linux, преподавание информатики, программирование, математические пакеты.*

Введение

В настоящее время при использовании персональных компьютеров, наибольшее распространение получила операционная система Windows. В 2015 году вышел закон о создании реестра отечественного программного обеспечения. В 2016 году такой реестр был создан и в 2018 году начался процесс импортозамещения программного обеспечения. Поскольку лицензия на ПО у нашего вуза закончилась в июне этого года, было принято решение в учебном процессе использовать отечественное программное обеспечение. Для образования рекомендуется использовать операционную систему Alt Образование, созданную на основе операционной системы Linux, включающую в себя совокупность интегрированных программных продуктов.

В силу привычки работать с операционной системой семейства Windows и соответствующими программными продуктами, переход на другую платформу сопровождается определенными трудностями. Сейчас во всех компьютерных классах физико-математического факультета ВГПУ установили операционную систему Alt Образование на основе Linux.

Естественно, вместе с операционной системой изменился набор программ, которые можно использовать для поддержки тех или иных дисциплин. В первую очередь встал вопрос об организации рабочего пространства на компьютерах, предназначенного для работы студентов. Файловая система в Linux организована несколько иначе, чем в Windows. Раньше, у нас диск был разделен на две части, например C и D, одна предназначалась для установки программ и была защищена от несанкционированного доступа студентов, на диска D были созданы

© Гаркавенко Г. В., Сидорова О. А., 2019

папки с фамилиями преподавателей, а студенты создавали свои каталоги внутри папок соответствующих преподавателей. В Linux файловая система другая, и нет привычных дисков C и D, пути к файлам и папкам, начинающиеся в Windows с имени диска, здесь начинаются с символа '/' – имени корневого раздела «root». Для хранения основных настроек приложений и файлов пользователей создается раздел home, так что теперь путь до какой либо папки начинается непривычно для нас и наших студентов /home/user…, хотя студенты привыкают достаточно быстро. Чтобы упорядочить сохранение файлов, создаваемых студентами, было решено так же создать папки с фамилиями преподавателей. Такие папки разместили в каталоге Documents, причем названия папок пришлось сделать на латинице и не более 8 символов, так как не все программные продукты, имеющиеся в системе Alt Образование, поддерживают русификацию и длинные имена.

1. Поддержка курса «Языки и методы программирования»

На физико-математическом факультете ВГПУ подготовка студентов осуществляется по нескольким направлениям, в рамках подготовки по которым ведётся курс «Языки и методы программирования». На профилях подготовки, связанных с направлением «Педагогическое образование» изучается программирование на языке Паскаль [1-2], так как будущие учителя информатики в школе чаще всего сталкиваются с преподаванием именно этого языка программирования. Несколько лет назад, так же как и школы, наш вуз стал осуществлять преподавание языка программирования Паскаль с использованием среды программирования PascalABC.Net, заменившей всем известный Turbo Pascal [2]. При проведении различного рода олимпиад по программированию, а учителям с этим приходится сталкиваться, декларировалось использование Free Pascal.

На направлениях подготовки «Прикладная информатика» и «Прикладная математика» преподавание курса «Языки и методы программирования» осуществляется с использованием языка программирования C++. Для проведения лабораторных работ использовалась среда Microsoft Visual Studio.

Для изучения программирования на языке Паскаль в Alt Образование предлагается среда Free Pascal (рис. 1). Приспособиться к ней студентам, привыкшим и в школе, и в начале своего обучения в вузе, к среде PascalABC.Net непросто. В первую очередь это относится к правилам сохранения и именования файлов и папок, в которые файлы сохраняются. При открытии папок и файлов в среде Free Pascal, которые были ранее сохранены с именами записанными русскими буквами, они видятся нечитаемыми, и трудно понять, что это за файл или папка.

Возвращаемся к старому правилу: имена файлов и папок не долее 8 латинских символов и цифр.

Кроме этого студенты, привыкшие в PascalABC.Net при запуске программы, вводить информацию в нижней части экрана и сразу виден результат её выполнения. В среде Free Pascal, после запуска кода на выполнение, студенты попадают на черный экран, который закрывается после ввода информации и вместо результатов выполнения программы появляется синий экран с листингом программы, а результаты работы программы надо смотреть с использованием Alt+F5.

Имеются у Free Pascal недостатки, с которыми трудно «ужиться», поэтому многие преподаватели предпочли установить PascalABC, такая возможность имеется с использованием виртуальной машины WINE.

К недостаткам работы с Free Pascal относится работа с окном, в котором выполняется программа, оно автоматически не очищается, и при этом курсор для ввода устанавливается в верхней части экрана, там, где не удалена информация от предыдущего выполнения программы. Вопрос этот приходится решать программно, прописывая в коде программы модуль crt, и команду очистки экрана. Это не очень удобно.

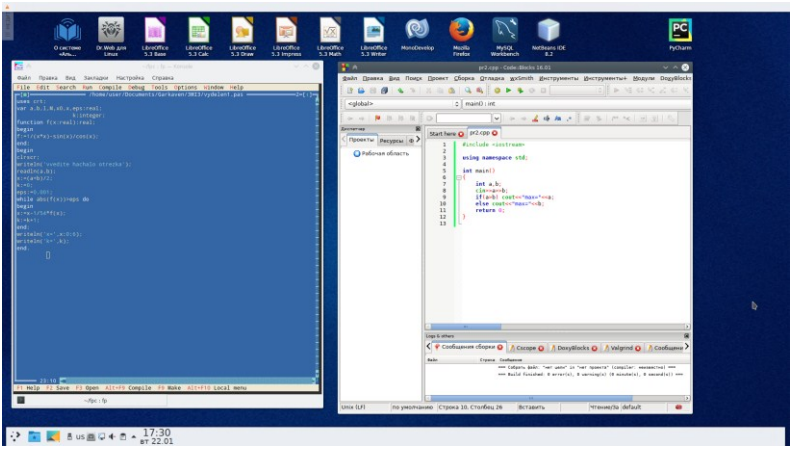


Рис. 1. Операционная система Alt Образование, с запущенными программами Free Pascal и Code::Blocks

Понятно, что студенты не всегда аккуратно работают с программным продуктом, соблюдая все правила. Во Free Pascal после внесения изменений в код программы, её надо обязательно сохранять, потом компилировать и лишь потом, запускать на выполнение. Если не произвести перекомпиляцию программы перед запуском после внесения

изменений, запускается предыдущий вариант программы. Кроме этого, если программа содержит ошибку и по какой-то причине «зависает», не получается прервать её выполнение, и приходится закрывать полностью среду Free Pascal.

При изучении языка программирования C++ в качестве среды разработки используется Code::Blocks (рис. 1). Эта среда имеет одинаковый функционал и под Windows, и в операционной системе Linux. Поэтому здесь, нет таких проблем при переходе с одной операционной системы на другую. А при переходе от работы с Microsoft Visual Studio к работе с Code::Blocks, опять же проблемы связаны с привычкой работать в той или иной среде разработки.

2. Поддержка курса «Численные методы» с использованием математических пакетов

До недавнего времени в качестве компьютерной поддержки дисциплины «Численные методы» использовался математический пакет MathCad, электронные таблицы Excel, а также такие среды программирования, как PascalABC.NET и Microsoft Visual Studio. Это программное обеспечение позволяло реализовать все, изучаемые в рамках рабочей программы, методы. На сегодняшний день преподавание указанной дисциплины осуществляется с использованием таблиц Calc из офисного пакета LibreOffice, а узкоспециализированные задачи могут быть решены в Scilab [3], входящей в состав Alt Образование.

Scilab – это система компьютерной математики, которая по функциональным возможностям мало уступает математическому пакету MathCad, но по синтаксису встроенного языка и по интерфейсу очень близка к MatLab.

Scilab позволяет решать уравнения и системы; выполнять дифференцирование и интегрирование; получать решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем, и т.д. Для реализации нестандартных задач, рассматриваемых в рамках дисциплины, можно воспользоваться встроенным объектно-ориентированным языком программирования [4].

Также при проведении занятий по численным методам можно использовать систему компьютерной алгебры Maxima.

В отличие от дисциплины «Языки и методы программирования» сложностей восприятия студентами нового программного продукта не возникло, потому что «Численные методы» изучаются в течение одного-двух семестров и обучающимся не пришлось перестраиваться с одного программного обеспечения на другое. Среда русифицирована, некоторые элементы управления и пункты меню очень схожи с

интерфейсом Windows приложений. Определенные трудности возникают у студентов на этапе изучения встроенного языка программирования, так как его синтаксис несколько отличается от языка Паскаль и С++.

Заключение

Переход с работы в операционной системе Windows на работу в операционной системе Alt Образование основанной на Linux сопряжен со многими трудностями, и в первую очередь связанными с привычкой долгие годы использовать все те удобства, которые предоставляет Windows. Дистрибутив Alt Образование входит в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных и предназначен для использования в образовательных учреждениях.

Литература

1. Гаркавенко, Г. В. Об обучении программированию / Г. В. Гаркавенко // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы: Материалы X Региональной научно-практической конференции. – Воронеж, 2016. – С. 37-39.

2. Гаркавенко, Г. В. О проблемах преподавания языков программирования в педагогическом вузе / Г. В. Гаркавенко, Е. А. Кубряков // Информатика: проблемы, методология, технологии. Информатика в образовании, материалы XVIII Международной школы-конференции. – 2018. – С. 17-22.

3. Сидорова, О. А. Развитие познавательных универсальных учебных действий у учащихся в рамках изучения дисциплин математического и естественнонаучного цикла / О. А. Сидорова, И. О. Недосейкина // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы: Материалы XII Региональной научно-практической конференции. – Воронеж, 2018. – С. 106-109.

4. Мозговой, Н. В. Трехмерная модель процесса тепломассопереноса в наклонной цилиндрической емкости с использованием уравнения Пуассона для давления / Н. В. Мозговой, О. А. Сидорова // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 90-93.

Экспертная система поддержки принятия решений в управлении бизнес-процессами

В. А. Глебов, email: vasihc@gmail.com
В. Г. Рудалев, email: rudalev@amm.vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В докладе обсуждаются вопросы построения и использования учебной экспертной системы для задач управления бизнес-процессами. Система реализована в виде Web-приложения, опубликованного в сети Internet*

Ключевые слова: *экспертные системы, нейронные сети, бизнес-процессы*

В современном мире много внимания уделяется автоматизации бизнес-процессов, в частности с использованием технологий интеллектуальных экспертных систем. В то же время анализ существующих решений показал, что большинство из них чрезмерно сложны и малопригодны для использования в учебном процессе.

В качестве примеров можно выделить CLIPS [1] – весьма популярную оболочку для построения экспертных систем. CLIPS является открытым проектом, но работа с ней не представляется возможной для человека, не имеющих знаний в программировании. Альтернативное решение OpenCyc, позволяющее решать сложные задачи из области ИИ на основе логического вывода, тем не менее, считается одним из самых противоречивых начинаний в истории ИИ в связи с чрезмерной сложностью системы. Средства пакета MathLab весьма удобны, но скрывают от студента логику принятия решения.

В докладе представлен специализированный программный инструмент для построения и обучения нейро-нечетких экспертных систем принятия решений (NFLExSys – Neuro Fuzzy Logic Expert System). Инструмент относительно прост в использовании, имеет интуитивно понятный Web интерфейс, опубликованный по адресу *nflhub.azurewebsites.net* и доступный любому пользователю после регистрации. Инструмент пригоден как для решения многих практических задач, так и в учебном процессе. Например, он может использоваться в системе спецкурсов, читаемых на кафедре ERP-систем и управления бизнес-процессами ВГУ.

© Глебов В. А., Рудалев В. Г., 2019

Web-приложение выполняет следующие функции:

- Создание и загрузка модели экспертной системы;
- Визуальное представление нейронной сети;
- Создание и обучение модели, прием и обработка данных для обучения;
- Редактирование параметров и настроек нейронной сети;
- Решение вспомогательной задачи кластеризации данных;
- Выдача прогнозов и рекомендаций, причем принятое решение должно быть прозрачно и понятно для пользователя.

NFLExSys основывается на нечеткой логике. Это дает возможность описывать входные данные в степени принадлежности лингвистическим переменным и всегда иметь информацию о внутреннем состоянии системы, что позволит наблюдать ход рассуждений экспертной системы.

Обобщенная структура нейро-нечеткой сети, относящейся к классу ANFIS [2] представлена на рис. 1.

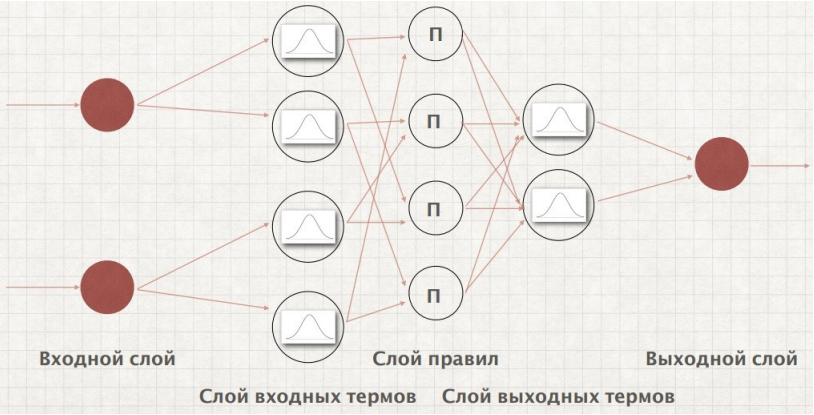


Рис. 1. Пример нейро-нечеткой сети

NFLExSys принимает на вход численные значения и подает их на первый слой системы. Применяя функцию активации, система передает значения на следующий слой. Используя пользовательский опыт в виде базы нечетких правил, система принимает решение и преобразует результат в численное значение.

Система нечетких рассуждений состоят из пяти функциональных блоков: блок «фаззификации», преобразующий численные входные значения в степени соответствия лингвистическим переменным; база правил, содержащая набор нечетких правил типа «если-то»; база данных, в которой определены функции принадлежности нечетких

множеств, используемых в нечетких правилах; блок принятия решений, совершающий операции вывода на основании имеющихся правил; блок «дефаззификации», преобразующий результаты вывода в численные значения.

Проектирование нейро-нечеткой сети реализуется в несколько шагов:

1. Генерация «fuzzy input sets» – структуры, в рамках которой определяются параметры функций принадлежности.
2. Генерация базы правил, на данном этапе определяется число правил, предпосылки и заключения для каждого правила.
3. Задаются параметры обучения: количество эпох, минимальная ошибка обучения, скорость обучения сети и начальные параметры: обнуляется счетчик эпох, и другие переменные, используемые при обучении.
4. Если количество эпох меньше заданного или ошибка более заданной, начинаем новую эпоху обучения и переходим на шаг 5, иначе на шаг 9.
5. Если есть необученные выборки, то считываем данные очередной выборки и переходим на этап 6, иначе на этап 8.
6. Обучение сети по текущей выборке методом обратного распространения ошибки;
7. Определяем ошибку после обучения и переходим на шаг алгоритма 5.
8. Рассчитываем ошибку обучения как среднеквадратичное отклонение ошибки каждой выборки и переходим на шаг 4.
9. Выводим результаты в окно браузера.

Так как структура представляет собой многослойную сеть с прямым распространением сигнала, то систему будем обучать так же, как и обычную нейронную сеть, с помощью известного алгоритма обратного распространения ошибки [1,2].

Кратко рассмотрим порядок работы с системой. Интерфейс приложения англоязычный (см. рис. 2).

Пользователь начинает работу с авторизации, после успеха которой переходит в основное окно. Список систем представлен в виде таблицы, содержащей колонки с именем и описанием системы, а также элементы управления. На этой странице есть возможность загрузить из файла ранее созданную систему, или создать и сохранить новую.

На панели управления системой (рис. 2, справа) расположены кнопки удаления, редактирования, настройки параметров, просмотра системы. Необходимым условием для обучения системы является использование «тренировочных» файлов в формате CSV.

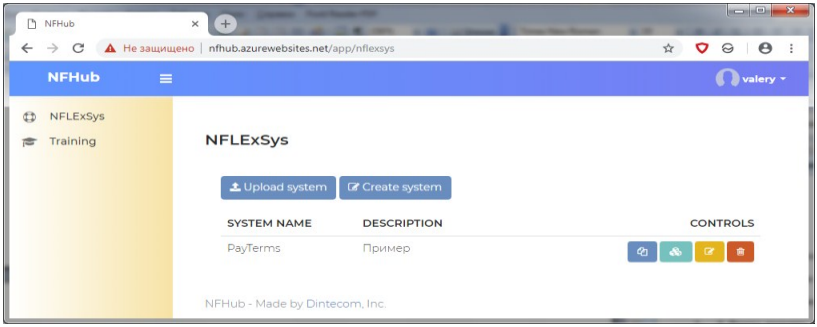


Рис. 2. Главное окно NFLExSys

Рассмотрим работу системы на примере движения денежных средств для оплаты услуг поставщиков. Здесь важно контролировать задолженность и, в то же время, сохранять достаточный финансовый резерв для решения производственных задач и повышения прибыли.

С помощью NFLExSys мы можем построить систему, которая будет описывать следующие входные условия: степень важности поставщика, сумма на оплату, крайний день оплаты. Выходным значением будет число, предсказывающее количество дней, через которое необходимо оплатить конкретный счет.

Приступим к работе с NFLExSys. Первым этапом является создание или загрузка системы. Создание новой системы выполняется визуально. Здесь необходимо добавить узлы для всех слоев, не считая третьего. Для него узлы создадутся автоматически, как перемножение узлов первого и второго слоев. Ссылки для всех узлов также создадутся автоматически. Но пользователь может задать начальные веса связей между третьим и четвертым слоями.

Воспользуемся инструментом создания системы и опишем условия и результирующее значение. Создание системы представлено на рис. 3.

Далее загрузим файл для обучения, а после установим настройки принадлежности в окне Data Layout. Затем переходим к установке множеств узлов на втором и четвертом слое, для этого поочередно выбираем каждый узел в окне Clustering и выбираем количество Sets переменных – оно будет равно количеству полученных кластеров. В результате процесса обучения настроятся веса в связях между третьим и

четвертыми слоями, что можно наблюдать в окне визуализации Network Graph. К сожалению, из-за ограниченности объема доклада предоставить объемные скриншоты, иллюстрирующие процессы кластеризации и визуализацию сети, не представляется возможным.

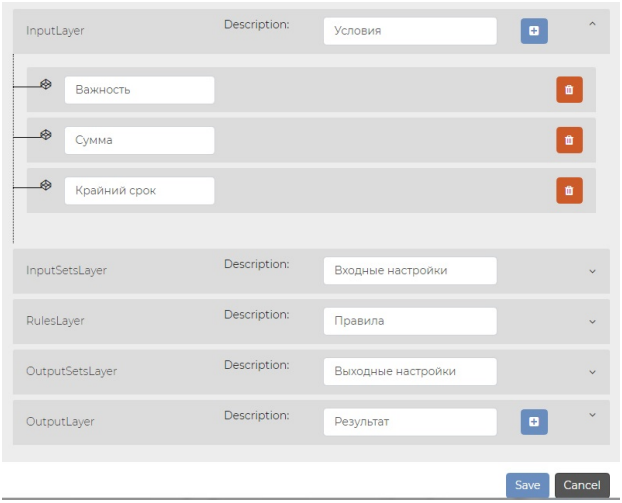


Рис. 3. Создание системы

Для оценки качества обучения рассчитывается кросс-валидация. Она требуется, чтобы проверить способность модели предсказать новые данные, которые не использовались при ее обучении, чтобы дать представление о том, как модель будет обобщаться на независимый набор данных. В данном примере значение перекрестной проверки показало 0.84, что в целом неплохой результат. Тем не менее, полученная система должна пройти дополнительное тестирование экспертом для окончательного решения о ее корректности.

Список литературы

1. Джарратано, Д. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. 4-е издание / Д. Джарратано, Г. Райли. – М. : Вильямс, 2007. – 1152 с.

2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия. Телеком, 2006. – 452 с.

Информационно-коммуникационные технологии в образовательном процессе

Н. А. Гречишникова, email: sch2-2005@yandex.ru
Е. В. Заболотских
Л. П. Рябич
В. А. Кульбака

МКОУ «Новоусманская СОШ № 2»

Аннотация. *Для организации учебного процесса используются электронные образовательные ресурсы, проектная деятельность. Одним из видов проектной деятельности является разработка электронных образовательных ресурсов*

Ключевые слова: *учебные телекоммуникационые проекты, электронно-образовательные ресурсы.*

Введение

Благодаря современным информационным технологиям можно соединять в одно целое учебные занятия, внеклассные мероприятия по информатике и другим школьным предметам.

В современной школе для организации учебного процесса широко используются электронные образовательные ресурсы. Одним из видов проектной деятельности является разработка электронных образовательных ресурсов.

1. Информационные технологии на различных уроках

Идея создания видеоуроков для объяснения теоретических основ информатики помогает организовать учебный процесс. Применение нестандартных форм обучения повышает интерес обучающихся к предмету. В сфере здоровьесберегающих технологий видеоуроки полезны тем, что появляется возможность оптимизировать процесс обучения для отстающих учеников.

iSpring Free Cam – это программа, которая позволяет записывать видео с экрана, вносить изменения и тут же загружать ролик на YouTube. Перед записью вам предложат выбрать захватываемую область при помощи удобной рамки, размеры и положение которой программа позволяет менять прямо в процессе записи. Также имеется функция записи голоса с подключенного микрофона, которая будет особенно полезна при создании видеоуроков. Пригодятся для создания

© Гречишникова Н. А., Заболотских Е. В., Рябич Л. П., Кульбака В. А., 2019

видеоуроков функции подсветки курсора и индикации нажимаемых клавиш клавиатуры.

В настоящее время учителями широко используются различные современные образовательные технологии. Одним из приоритетных является метод проектов. Согласно новому образовательному стандарту преподаватель не навязывает новую тему, а преподносит ее по мере требования учащихся. Например, на уроке русского языка при изучении раздела «Имя существительное» в 6 классе есть упражнение 263 («Русский язык»,6 класс. М.Т.Баранов и др.), где требуется подготовить публичное выступление о происхождении имен. Хочется сказать, что учащиеся достаточно быстро находят информацию в Интернете, сложнее обстоит дело с отбором наиболее важной. Безусловно, здесь на помощь им должен прийти учитель – консультант. Были и такие учащиеся, которые заинтересовались происхождением своих фамилий. Так появился интересный проект «Фамилии родного края». В нем отразилась история села Новая Усмань, прозвучали распространенные фамилии, доступно объяснялось их происхождение. Ведь у славян издавна существовала традиция давать человеку прозвище в дополнение к имени, полученному при крещении. В качестве источников могли использоваться: указание на особенности характера или внешности человека, название национальности или местности, выходцем из которой был человек.

Благодаря информационным – коммуникационным технологиям стали интересны и познавательны и уроки литературы, особенно в старших классах. Старшеклассники весьма любознательны, пытаются дойти до самой сути. Довольно часто сами предлагают темы проектов, скрупулезно отбирают материал, создают презентации, видеофильмы, видеоуроки . Подведение итогов работы организуется на уроке в виде представления и защиты с использованием мультимедийного проектора. Так в 10 -11классах на уроках литературы были созданы следующие проектные работы: «Живопись Возрождения и поэзия Серебряного века», «Жизнь и творчество А. Ахматовой», «Я лиру посвятил народу своему», «Правда и ложь, реальность и фантастика в повести «Невский проспект» и другие.

На базе МКОУ «Новоусманская СОШ №2» учащиеся 7 класса реализовали учебный проект «Использование технических средств учениками школы». Цель данного проекта изначально была определена следующим образом: проанализировать влияние современных гаджитов на здоровье человека. Проект предусматривал выполнение следующих задач: 1) организовать здоровьесберегающую деятельность на уроках и внеурочной деятельности; 2) проведение диагностики создания

оптимальных условий путем ведения мониторинга по определению доли учащихся, занимающихся самостоятельным контролем работы за компьютером. В результате пришли к выводу, что длительная концентрация зрения на небольшом объекте может стать причиной раздражения глаз, а это, в свою очередь, чревато воспалением или инфекцией. Что же касается слуха, то громкая музыка в наушниках может спровоцировать так называемую индуцированную потерю слуха. По итогам исследования были сформулированы рекомендации.

Проектная методика предполагает устранение прямой зависимости обучаемого от преподавателя путем перестраивания их отношений в процессе активно-познавательной мыслительной деятельности.

Окружающая жизнь – это лаборатория, в которой происходит процесс познания. Физика – наука экспериментальная. Опыт работы показал, что восприятие обучающимися той или иной темы проходит гораздо лучше, если теория подтверждается демонстрацией опытов.

Однако многие эксперименты в условиях школьного физического кабинета осуществить невозможно. К примеру, это явления микромира из раздела «Молекулярная физика», либо быстропротекающие или опасные процессы из раздела «Ядерная физика», либо опыты с приборами, отсутствующими в кабинете.

Выход из сложившейся ситуации мы нашли в реализации проектных работ обучающимися 9-11 классов. Группа из нескольких учеников выбирала для себя конкретную главу, и до начала её изучения в классе, делала подборку виртуальных опытов с использованием различных мультимедийных ресурсов, в том числе сети Интернет. Отчет о проделанной работе представлялся на уроках как экспериментальная составляющая при объяснении нового материала учителем.

Например, при изучении темы «Деление ядер урана. Ядерный реактор» были продемонстрированы виртуальная цепная реакция, принципы работы разных типов реакторов, обучающиеся побывали на действующей АЭС, что оказало положительное влияние на усвоение нового материала.

За несколько лет обучающие сделали подборку виртуальных экспериментов и экскурсий практически по всем разделам школьного курса физики. Кроме того, в прошлом году группа учащихся 10 класса выполнила проект, результатом которого стали 4 виртуальных лабораторных работы, выполнение которых было затруднено из-за отсутствия необходимого оборудования.

Заключение

Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе влечет за собой повышение мотивации

учебной деятельности. Проектная методика предполагает устранение прямой зависимости обучаемого от преподавателя путем перестраивания их отношений в процессе активно-познавательной мыслительной деятельности.

Учебный проект с точки зрения обучающегося – это возможность максимального раскрытия своего творческого потенциала.

Учебный проект с точки зрения учителя – это интегративное дидактическое средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет выработать и развить специфические умения и навыки у обучающихся.

Литература

1. Беляев, Ю. В. Неврологический эффект и мобильные коммуникации / Ю. В. Беляев. – М. : Мысль, 1998.
2. Ильин, Е. П. Мотивация и мотивы / Е. П. Ильин. – СПб. : Питер, 2011. – 512с.
3. Журнал «Здоровье детей» №1, 2. – 2008 г.
4. Захарова, И. Г. Информационные технологии в образовании / И. Г. Захарова. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 192 с.

Организация познавательной деятельности учащихся на примере веб-квеста межпредметной тематики

Л. А. Гусева, email: lguseva87@ gmail.com
Е. А. Пешкова, email: elena.a.peshkova@gmail.com

МАОУ «Лицей №82», г. Нижний Новгород

Аннотация. *Веб-квест как одна из форм организации познавательной деятельности позволяет педагогу формировать учебные задания при помощи Интернет-технологий. В статье предлагается описание веб-квеста «Космический десант», разработанного и проведенного для учащихся Нижегородской области.*

Ключевые слова: *веб-квест, космонавтика, межпредметная интеграция, интерактивность, дистанционные образовательные технологии.*

Введение

Веб-квест как одна из форм организации дистанционного обучения является инструментом, позволяющим ребенку с интересом изучать учебный материал. Подобные квесты обладают тем достоинством, что совмещают игровой потенциал с познавательными и исследовательскими возможностями.

Квест соответствует образовательным и развивающим задачам проектной деятельности, а также отвечает ее основным принципам, в числе которых создание таких условий для учащихся, при которых будут достигаться их полноценное личностное развитие, а также активное формирование их жизненной позиции. Поэтому веб-квест можно рассматривать как один из вариантов организации проектной деятельности.

Он направлен на формирование ключевых компетенций путем их применения именно в практической деятельности. Задача педагога — направлять, координировать работу учеников для достижения поставленной цели. Результатом деятельности является продукт, разработанный участниками веб-квеста.

1. Описание веб-квеста

Веб-квест «Космический десант» размещен на страницах Google-сайта [1].

© Гусева Л. А., Пешкова Е. А., 2019

Веб-квест относится к предметной области «Физика» и предназначен для изучения темы «Закон сохранения импульса. Реактивное движение», предполагая межпредметную интеграцию с астрономией, историей космонавтики, биологией и информатикой. Логика веб-квеста выстроена таким образом, что учащиеся последовательно приобретают не только необходимые для дальнейшей работы знания, но также умения и навыки.

Цель веб-квеста: формирование у учащихся представления об освоении космического пространства путем организации совместной работы с привлечением игровых технологий.

Задачи веб-квеста:

– познакомить учащихся с понятиями: импульс, закон сохранения импульса, реактивное движение;

– научить объяснять явления и процессы с помощью знаний о реактивном движении;

– научить применять полученные знания к решению физических задач на закон сохранения импульса;

– научить сравнивать конструкции ракет, выделять общие черты, преимущества и недостатки;

– научить делать выводы о вкладе разных наук в развитие космонавтики;

– научить разрабатывать идеи, создавать информационные и натурные модели, конструировать.

Возрастная категория учащихся: IX—XI классы (при изучении соответствующих тем на кружковых занятиях по астрономии может быть использован и раньше).

Процесс организации веб-квеста.

Веб-квест рассчитан на 12–16 дней и предполагает заочное обучение и очные консультации. Изучая самостоятельно во внеурочное время материалы квеста, на уроках учащиеся могут получить консультации по теме. Также на занятиях предполагается уделить внимание решению задач повышенной сложности по теме «Закон сохранения импульса».

Полное методическое описание веб-квеста можно найти на странице сайта «Для преподавателя».

По легенде, в Научно-исследовательский институт «Центр подготовки космических полетов» (НИИ ЦПКП) требуются сотрудники. Учащиеся, проходя стажировку, знакомятся с принципами реактивного движения, теоретическими основами космических полетов, изучают конструкции космических аппаратов и историю космонавтики.

Стажерам предстоит примерить на себя роли историков, космобиологов, программистов, инженеров, конструкторов и журналистов. Ученики последовательно проходят этапы освоения теоретических знаний, учатся работать с информацией, получают навыки совместной работы в облачных сервисах и представляют итоговый продукт.

На этапе регистрации ребята выбирают для себя желаемую специальность: историк, космобиолог, программист, инженер, конструктор, журналист, и заполняют резюме (в виде формы Google) для приема на работу. Резюме рассматривается, и ученик принимается на стажировку. Формируются группы профессионалов.

Обучение предполагает пять ступеней. Задания появляются на сайте веб-квеста последовательно, в соответствии с графиком, размещенным на главной странице.

На странице «Ступень 1» учащимся предстоит знакомство с историей и традициями НИИ ЦПКП. Здесь с помощью программы для распознавания QR-кодов необходимо расшифровать надпись-изречение К. Э. Циолковского. Далее стажерам предстоит разгадать ребусы и дать определения полученным физическим терминам. Таким образом учащиеся постепенно знакомятся с необходимой для дальнейшего обучения терминологией. Кроме того, на первой ступени стажеры получают первый навык работы в совместных документах — создают эмблему НИИ ЦПКП в Google Рисунках.

На странице «Ступень 2» ученики самостоятельно изучают основные законы космонавтики: знакомятся с предложенными видеоматериалами, интерактивными презентациями и текстовыми документами. Полученные знания будут необходимы для решения задач и прохождения теста по итогам обучения на второй ступени. Для тестовых вопросов в Google Формах настроена автоматическая проверка, что экономит время учителя. Одно из заданий предполагает работу в сервисе Onlinetestpad, где из предложенных слов необходимо составить формулировки законов. В задании № 3 второй ступени приведены обучающие ролики по решению задач на тему «Закон сохранения импульса». Учащимся предложено решить аналогичные задачи.

На странице «Ступень 3» учащиеся продолжают знакомство с теоретическим материалом, касающимся реактивного движения. Изучив видеоматериалы, интерактивные презентации и текстовые документы, стажерам необходимо ответить на вопросы теста. После этого ученикам предстоит сделать выбор специализации и изучить особенности космических полетов с точки зрения выбранной специальности:

– *историки* — изучают историю космонавтики, прослеживают этапы совершенствования космических аппаратов;

– *космобиологи* — исследуют способности животных и растений к реактивному движению;

– *программисты* — изучают особенности моделирования запуска ракеты и программ для управления полетом;

– *инженеры* — изучают особенности космических полетов и конструкций ракет;

– *конструкторы* — изучают особенности конструкций космических аппаратов;

– *журналисты* — изучают этапы развития космонавтики и совершенствования космических аппаратов в периодических изданиях.

Выполняя интерактивные задания в сервисе Learningapps.org, учащиеся получают кусочки фраз, из которых им предстоит составить высказывание С. П. Королева. На этой же ступени продолжается формирование навыка совместной работы при заполнении Google-документа. Для общения руководителей и участников проекта используется функция *Комментарии.* Кроме того, стажеры подбирают информацию, необходимую для реализации творческого проекта, задание к которому размещено на странице «Ступень 4».

На данном этапе группам предстоит самостоятельно организовать совместную работу.

Историки — создают ленту времени в сервисе для совместной работы Timeline, включающую знаковые события в области космонавтики и совершенствования конструкций ракет.

– Космобиологи — создают в сервисе Google Презентации каталог растений и животных, использующих принцип реактивного движения.

– Программисты — программируют в Scratch-сообществе запуск и полет космического корабля.

– Инженеры — создают в сервисе для совместной работы Cacoo проект ракеты для полета к выбранному объекту космоса.

– Конструкторы — конструируют ракету и исследуют ее летные характеристики, оформляя отчет в сервисе Google Презентации.

– Журналисты — публикуют результаты журналистского расследования в сервисе для создания совместных заметок Linoit.

На странице «Ступень 5» размещается галерея работ участников веб-квеста, производится самооценка вклада учащегося в работу группы и взаимооценивание готовых проектов. К каждому из заданий приведены критерии оценивания для самоконтроля стажером

выполнения задачи. Полученные ответы и результаты своей работы на каждой ступени учащиеся заносят в Google-форму итогового отчета.

На странице «Заключение» учащимся необходимо оставить отзыв о стажировке в формате синквейна, заполнив соответствующую Google-форму. Здесь же размещены вопросы, над которыми предлагается поразмышлять и, возможно, выбрать себе направление дальнейших исследований. В качестве подарка предлагается осуществить виртуальное космическое путешествие.

Заключение

Веб-квест был апробирован с учащимися МАОУ «Лицей № 82» Нижнего Новгорода, доработан и проведен с учениками школ Нижнего Новгорода и Нижегородской области. Итоги квеста подведены 12 апреля 2017 года, в День космонавтики. Результаты прохождения отражены в аналитической справке [2]. Награждение участников и победителей веб-квеста состоялось в Нижегородском планетарии им. Г. М. Гречко 29 апреля, в День астрономии.

Участники квеста отметили высокое качество информационных источников — инструкций по работе с сервисами, теории по физике в видеоформате. Их необходимость была положительно оценена.

Кроме того, сама форма задания — игровая — показалась увлекательной. Дети отмечали, что даже после уроков выполнять задания было в удовольствие. Они узнали много нового, освежили знания по физике.

Преимущество получения знаний в форме веб-квеста заключается в виртуальной организации образовательного процесса. В нем могут принять участие даже отсутствующие на уроке по причине болезни учащиеся. Кроме того, он дает возможность организации дистанционного мероприятия с учащимися разных удаленных школ.

Форма работы — интерактивная, игровая — привлекает учащихся, мотивирует их. В процессе игры, выхода на новый этап незаметно формируется стремление узнавать, учиться и создавать новое.

Список литературы

1. Веб-квест «Космический десант» [Электронный ресурс] . – Режим доступа : https://sites.google.com/view/space-marines/

2. Аналитическая справка [Электронный ресурс] . – Режим доступа : https://goo.gl/3XN3ZE

Использование информационных технологий в процессе обучения математическим основам криптографии

О. Ю. Данилова, e-mail: danilova_olga@hotmail.com
С. А. Телкова, e-mail: tsa76@inbox.ru

Воронежский институт МВД России

Аннотация. *Рассмотрено применение информационных технологий, в частности пакетов прикладных математических программ, при обучении математическим основам криптографии. Приводится пример использования пакета Mathcad для решения задачи шифрования и дешифрации сообщения матричным криптопротоколом при проведении лабораторного занятия по данной дисциплине.*

Ключевые слова: *информационные технологии, пакет прикладных программ, эффективность учебного процесса, активные методы обучения, матричный криптопротокол.*

Введение

В настоящее время информационные технологии находят применение во всех сферах деятельности человека. Для подготовки к их эффективному использованию изменяются содержание и методы обучения в образовательных организациях высшего образования, в том числе и в образовательных организациях МВД России. Современный специалист по защите информации – сотрудник органов внутренних дел – должен обладать фундаментальными математическими знаниями, умениями, навыками и компетенциями, необходимыми при решении, например, таких профессиональных задач, как разработка математических моделей защищаемых процессов и средств защиты информации и систем, обеспечивающих информационную безопасность объектов. Поэтому ставится вопрос о повышении эффективности обучения математическим дисциплинам с использованием информационных технологий, которые обеспечивают: доступность учебного материала, его дифференциацию согласно сложности, объема, временным ограничениям и т.д.; компьютерную визуализацию учебной информации; моделирование и имитацию исследуемых объектов, процессов и явлений; контроль с обратной связью и диагностикой ошибок, в том числе самостоятельный контроль и коррекцию; быстродействие в проведении сложных и трудоемких вычислений;

© Данилова О. Ю., Телкова С. А., 2019

адаптацию к индивидуальным способностям и особенностям обучающегося, формирование информационной культуры.

В дисциплине «Математические основы криптографии» широко используются умения и навыки, полученные при изучении алгебры и геометрии как базовой дисциплины. При решении задач производятся действия с матрицами, обратными матрицами, векторами, определителями, нахождение сравнений по модулю [1]. Эти вычисления в традиционном виде занимают достаточно много времени, отнимая внимание от сути исследуемой задачи.

Активизация процесса обучения с использованием информационных технологий в преподавании математических дисциплин основана на широких возможностях вычислительных средств, компьютерных обучающих программ, а также специальных пакетах прикладных программ. Современные пакеты математических программ Mathcad, Mathlab, Mathematika, Maple имеют мощный аппарат операторов и встроенных функций для решения задач, связанных с повторяющимися вычислительными действиями, построением графиков [2].

При использовании пакетов математических программ возникает ряд проблем: наличие лицензионных версий пакетов, наличие в курсе математических дисциплин времени на изучение интерфейса, уровень материально-технического обеспечения дисциплин, квалификация преподавателей, наличие методических разработок занятий с использованием пакетов математических программ. Однако эти проблемы решаются организационно-управленческими кадрами в вузе и оптимизацией подготовки и самосовершенствованием участников процесса обучения.

1. Пример использование системы Mathcad при решении задач криптографии

В своей работе при обучении математическим основам криптографии мы используем систему компьютерной математики Mathcad, характеризующуюся возможностью численного и символьного решения математических задач, простотой записи математических формул и ввода данных, при этом при изменении переменных, параметров или формул в выражении, оно автоматически пересчитывается.

Наиболее эффективное и рациональное применение Mathcad находит при проведении лабораторных занятий [3]. Приведем пример решения задачи шифрования и дешифрации сообщения с использованием матричного криптопротокола. Используя данный пример, обучающиеся на занятии самостоятельно выполняют

аналогичное задание, получая индивидуальное сообщение для шифрования. В качестве отчета о проделанной работе выступает страница вычислений в Mathcad, что позволяет преподавателю оперативно проверить и оценить работу, а курсантам вовремя исправить при наличии допущенные при проведении аналитических расчетов ошибки.

Формулировка задачи. Используя матричный криптопротокол $Y = AX \pmod{31}$, зашифровать сообщение

$X =$«Математика_гимнастика_ума»

криптоключом $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \in M_2(Z_{31})$.

Для шифрования использовать таблицу кодирования, где каждой букве русского алфавита поставлено в соответствие число (код). Буквы «е» и «ё», «и» и «й», «ь» и «ъ» отождествлены без потери информативности сообщения. Символу «_» соответствует число 31=0.

Приведем алгоритм шифрования сообщения.

1.1 шаг. Каждой букве сообщения

$X =$«Математика_гимнастика_ума»

ставим в соответствие число из таблицы кодирования, в результате чего имеем последовательность чисел:

$X =$ "12, 1, 18, 6, 12, 1, 18, 10, 1, 0, 4, 9, 12, 13, 1, 23, 24, 9, 16, 1, 0, 25, 12, 1" .

1.2 шаг. Полученную последовательность чисел разбиваем на блоки по два числа, так как шифрующая матрица второго порядка:

$X =$ "{12, 1}, {18, 6}, {12, 1}, {18, 10}, {1, 0}, {4, 9}, {12, 13}, {1, 23}, {24, 9}, {16, 1}, {0, 25}, {12, 1}".

1.3. шаг. Умножаем каждый блок, записанный в виде вектор-столбца на ключевую матрицу. Результатом действий являются вектор-столбцы, содержащие по два числа.

Фрагмент вычислений в системе Mathcad:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 12 \\ 1 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 14 \\ 40 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 18 \\ 6 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 30 \\ 78 \end{pmatrix} \text{ и т.д.}$$

Получаем набор вектор столбцов:

{14, 40}, {30, 78}, {14,40}, {38, 94}, {1, 3}, {22, 48}, {38, 88}, {47, 95}, {42, 108}, {18, 52}, {50, 100}, {14, 40}.

1.4 шаг. Каждый элемент вектора-столбца считаем по модулю 31 и записываем полученные числа в последовательность блоками по два.

Фрагмент вычислений в системе Mathcad:

$$\text{mod}(14,31) \to 14, \text{mod}(40,31) \to 9, \text{mod}(30,31) \to 30, \text{mod}(78,31) \to 16$$

и т.д.

{14, 9}, {30, 16}, {14, 9}, {7, 1}, {1, 3}, {22, 17}, {7, 26}, {16, 2},

{11, 15}, {18, 21}, {19, 7}, {14, 9}

1.5 шаг. По таблице кодирования выписываем последовательность букв, соответствующих числам из 1.4 шага. Получаем зашифрованное сообщение Y:

$Y =$ «о, и, я, р, о, и, ж, а, а, в, ц, с, ж, ы, р, б, л, п, т, х, у, ж, о, и».

Для расшифровки этого сообщения вычисляем обратный ключ A_1 по формуле $A \cdot A_1 = I \pmod{31}$, т.е. $A_1 = A^{-1} \pmod{31}$, используя следующий алгоритм.

2.1 шаг. Найдем определитель матрицы A и все ее алгебраические дополнения.

Фрагмент вычислений в системе Mathcad:

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} \to -2 .$$

2.2 шаг. Составим обратную матрицу A^{-1} в поле вещественных чисел.

Фрагмент вычислений в системе Mathcad:

$$\mathrm{mod}(14,31) \to 14, \mathrm{mod}(40,31) \to 9, \mathrm{mod}(30,31) \to 30, \mathrm{mod}(78,31) \to 16$$

2.3 шаг. Переведем все компоненты матрицы A^{-1} из поля R в кольцо Z_{31}. Для этого решим сравнение вида $a \equiv x \pmod{31}$ методом Эйлера для элементов A^{-1}.

Фрагмент вычислений в системе Mathcad:

$$\mathrm{mod}(-2,31) \to 29, \mathrm{mod}(1,31) \to 1, \mathrm{mod}\left(\frac{3}{2},31\right) \to 17, \mathrm{mod}\left(\frac{-1}{2},31\right) \to 15 .$$

Таким образом, $A^{-1} \equiv \begin{pmatrix} 29 & 1 \\ 17 & 15 \end{pmatrix} \pmod{31}$.

2.4 шаг. Проверяем правильность вычислений по формуле $A \cdot A^{-1} \equiv A^{-1} \cdot A \equiv I \pmod{31}$.

Фрагмент вычислений в системе Mathcad:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 29 & 1 \\ 17 & 15 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 63 & 31 \\ 155 & 63 \end{pmatrix} .$$

$$\mathrm{mod}(63,31) \to 1, \mathrm{mod}(31,31) \to 0, \mathrm{mod}(155,31) \to 1 .$$

$$\begin{pmatrix} 29 & 1 \\ 17 & 15 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 32 & 62 \\ 62 & 94 \end{pmatrix}.$$

$\mathrm{mod}(32,31) \to 1, \mathrm{mod}(62,31) \to 0, \mathrm{mod}(94,31) \to 1$.

Следовательно,

$$A^{-1} \cdot A \equiv \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 29 & 1 \\ 17 & 15 \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} 63 & 31 \\ 155 & 63 \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} (\mathrm{mod}\, 31)$$

$$A \cdot A^{-1} \equiv \begin{pmatrix} 29 & 1 \\ 17 & 15 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} 32 & 62 \\ 62 & 94 \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} (\mathrm{mod}\, 31).$$

2.5 шаг. Для дешифрации сообщения Y применяем 1.3-1.5 шаги алгоритма шифрования матрицы, где в качестве ключевой матрицы выступает A^{-1}.

В итоге получаем искомое сообщение

$X =$ «Математика_гимнастика_ума».

Заключение

Таким образом, применение пакета математических программ Mathcad при решении задач криптографии повышает интенсивность учебного процесса, выполняет адаптивную и мотивационную функции, способствуя стимулированию и активизации познавательной деятельности обучающихся, сокращая временные затраты на выполнение однотипных расчетов.

Литература

1. Думачев, В. Н. Алгебра и геометрия : учебник / В. Н. Думачев, В.В. Меньших, С.А. Телкова. – Воронеж : ВИ МВД РФ, 2014. – 431 с.

2. Дьяконов, В. П. Mathcad 11/12/13 в математике / В. П. Дьяконов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 958 с.

3. Данилова, О. Ю. Математические основы криптографии : учебник / О. Ю. Данилова, В. Н. Думачев. – Воронеж : ВИ МВД РФ, 2017. – 300 с.

Моделирование движения дефектов в кристаллах с использованием объектно-ориентированного программирования

В. В. Дежин, e-mail: viktor.dezhin@mail.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *Рассмотрено имитационное моделирование движения дислокаций и точечных дефектов с использованием понятия объектных типов. Каждому типу дефектов ставился в соответствие свой объект, в котором описывались переменные, характеризующие положение и вид дефекта, а также процедуры и методы-конструкторы, необходимые для создания, уничтожения и перемещения дефекта.*

Ключевые слова: *моделирование, объектные типы, метод-конструктор, дислокации, точечные дефекты.*

В настоящей статье рассмотрен пример лабораторной работы «Моделирование движения дефектов в кристаллах», разработанной для студентов направлений «Материаловедение и технологии материалов» и «Техническая физика». Исследуется движение шести типов дефектов кристалла [1]. Перечислим переменные и методы, необходимые для работы с каждым из этих дефектов.

1) ◦ – вакансия. Здесь требуются переменные x и y для задания положения, процедура для определения этих переменных, процедура изображения вакансии выбранным цветом, процедура изображения вакансии цветом фона и процедура перемещения.

2) • – атом внедрения. Здесь требуются переменные x и y для задания положения, процедура для определения этих переменных, процедура изображения атома внедрения выбранным цветом, процедура изображения атома внедрения цветом фона и процедура перемещения.

3) $\perp$ – положительная краевая дислокация. Здесь требуются переменные x и y для задания положения, процедура для определения этих переменных, процедура изображения дислокации выбранным цветом, процедура изображения дислокации цветом фона и процедура перемещения.

4) $\top$ – отрицательная краевая дислокация. Здесь требуются переменные x и y для задания положения, процедура для определения этих переменных, процедура изображения дислокации выбранным

© Дежин В. В., 2019

цветом, процедура изображения дислокации цветом фона и процедура перемещения.

5) Θ – положительная винтовая дислокация. Здесь требуются переменные *x* и *y* для задания положения, процедура для определения этих переменных, процедура изображения дислокации выбранным цветом, процедура изображения дислокации цветом фона и процедура перемещения.

6) ⊕ – отрицательная винтовая дислокация. Здесь требуются переменные *x* и *y* для задания положения, процедура для определения этих переменных, процедура изображения дислокации выбранным цветом, процедура изображения дислокации цветом фона и процедура перемещения.

Процедуру для определения переменных *x* и *y* назовем *init* с параметрами *a* и *b* типа *integer*. Процедуры изображения дефекта выбранным цветом и цветом фона объединим в одну процедуру *izobr* с параметром *color* типа *word*, где *color* может принимать значения выбранного цвета или цвета фона. Структуру процедуры перемещения *move(dx,dy:integer)* выбираем следующим образом: процедура задержки *delay(n)*, процедура *izobr(цвет фона)*, операторы для изменения положения дефекта *x:=x+dx*, *y:=y+dy* и процедура *izobr(выбранный цвет)*. Таким образом, для каждого дефекта необходимо создать свой объект [2], включающий вышеназванные переменные и процедуры.

В данной лабораторной работе каждому студенту дается свой вариант с одним точечным дефектом, краевой и винтовой дислокацией. Рассмотрим далее вариант с атомом внедрения, положительной краевой дислокацией и отрицательной винтовой дислокацией. Заметим, что переменные *x* и *y*, а также процедура *init* одинаковы для каждого объекта, поэтому объекты *disl_k* (краевая дислокация) и *disl_v* (винтовая дислокация) сделаем объектами-потомками объекта *point* (атом внедрения) и в составе объектов *disl_k* и *disl_v* не будем указывать переменные *x*, *y* и процедуру *init* (она наследуется от объекта *point*). Процедура *izobr* для каждого объекта разная, поэтому ее нельзя наследовать. Заметим далее, что процедуры *move* для всех дефектов имеют одинаковую структуру, но содержат процедуру *izobr*, которая различна для разных дефектов. Если не указывать процедуру *move* в объектах *disl_k* и *disl_v*, то при вызове процедур *disl_k.move* и *disl_v.move* будет вызываться процедура *point.izobr*. Чтобы разорвать эту связь, определим процедуры *disl_k.izobr* и *disl_v.izobr* как виртуальные. При этом каждый объектный тип должен содержать метод, называемый конструктором. Метод-конструктор должен быть вызван в программе до

первого вызова виртуального метода. В нашем примере в качестве конструктора можно определить процедуру *init*.

Учитывая вышеизложенное, запишем фрагмент программы, в котором определим все требуемые объекты и определим все процедуры.

Листинг

```
uses crt, graph;
type
  point=object
    x,y:integer;
    constructor init(a,b:integer);
    procedure izobr(color:word); virtual;
    procedure move(dx,dy:integer)
  end;
  disl_k=object(point)
    procedure izobr(color:word); virtual;
  end;
  disl_v=object(point)
    procedure izobr(color:word); virtual;
  end;

constructor point.init(a,b:integer);
begin
  x:=a; y:=b
end;
procedure point.izobr(color:word);
begin
  putpixel(x,y,color)
end;
procedure point.move(dx,dy:integer; color:word);
begin
  delay(20);
  izobr(fon);
  x:=x+dx; y:=y+dy;
  izobr(color)
end;

procedure disl_k.izobr(color:word);
begin
setcolor(color);
line(x-3,y,x+3,y);
line(x,y,x,y-4)
end;

procedure disl_v.izobr(color:word);
begin
  setcolor(color);
  circle(x,y,5);
  line(x-2,y,x+2,y);
  line(x,y-2,x,y+2)
end;
```

Автор надеется, что разработанная лабораторная работа, как и другие работы, рассмотренные ранее [3-6] позволят студентам материаловедческих специальностей лучше усвоить основные разделы и положения соответствующих спецкурсов, а также будут полезны для дальнейшей профессиональной деятельности.

Литература

1. Орлов, А. Н. Введение в теорию дефектов в кристаллах: учебное пособие для вузов / А. Н. Орлов. – М.: Высш. шк., 1983. – 144 с.
2. Павловская, Т. А. Паскаль. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов / Т. А. Павловская. – СПб. : Питер, 2007. – 393 с.
3. Дежин, В. В. О разработке лабораторной работы по построению фазовых траекторий динамической системы / В. В. Дежин // Матер. междунар. научно-методич. конф. «Современное образование: практико-ориентированные технологии подготовки инженерных кадров» (Томск, 29-30 января 2015 г.). – Томск: Изд-во ТУСУР, 2015. – С. 175-176.
4. Дежин, В. В. Построение двухфазных диаграмм состояния с помощью пакета Maxima / В. В. Дежин // Матер. XVI Междунар. научно-методич. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Т. 4: VII Школа-конф. «Информатика в образовании» (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж: Издат. дом ВГУ, 2016. – С. 237-240.
5. Дежин, В. В. О лабораторной работе по моделированию диаграмм трехфазного равновесия с эвтектикой / В. В. Дежин // Матер. XVII Междунар. научно-методич. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Т. 5: VIII Школа-конф. «Информатика в образовании» (Воронеж, 9-10 февраля 2017 г.). – Воронеж: Издат. дом ВГУ, 2017. – С. 180-184.
6. Дежин, В. В. О лабораторной работе по моделированию диаграмм трехфазного равновесия с перитектическим превращением / В. В. Дежин // Матер. XVIII Междунар. научно-методич. конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии». – Т. 7: IX Школа-конф. «Информатика в образовании» (Воронеж, 8-9 февраля 2018 г.). – Воронеж : Издат. дом ВГУ, 2018. – С. 209-213.

Информационная модель обучения спасению на воде на основе методологии IDEF0

С. Т. Джавадова, email: samaya798@gmail.com

Санкт-Петербургский университет ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

Аннотация. *В статье рассматривается информационная модель обучения спасению на воде на основе методологии IDEF0. Представлены основные потоки и структура системы управления*

Ключевые слова: *информационная модель, обучение, спасение на воде, управление, IDEF-диаграмма*

Введение

Обеспечение безопасности на водных объектах является важной задачей, которую предусматривает программа «Водная стратегия Всероссийского Общества Спасания на водах (ВОСВОД) на период до 2020 г.». Согласно статистике, с 1995 по 2018 г.г. в РФ произошло существенное снижение количества утонувших: в 1995 году- затонуло 20 378 человек, в 2001 -17 634 человек, в 2006 году – 11937 человек, в 2010 году – 7575 человек, в 2017 – 1511, в 2018 – 1500 человек. Снижению этих показателей, по-нашему мнению, способствовала как эффективная работа по обучению спасению на воде, так и предупредительная работа среди населения, система обучения плаванию, в первую очередь детей, и оказание первой помощи тонущим гражданам. [1] В РФ работают различные организации и центры по спасению на воде – ВОСВОД – (http://vosvod.org.ru/), МЧС – (http://www.extremum.spb.ru), Всероссийский студенческий корпус спасателей (http://vsks.ru/rubriki/region/7/), ФГБОУ ВО СПБ УГПС МЧС России – (https://www.igps.ru/), однако учебные программы центров зачастую дублируют друг друга и не скоординированы между собой. Образовательные программы центров и учебных учреждений предполагают изучение основных разделов и формирование навыков: 1) использования средств спасения, 2) скорости плавания, 3) работы в ситуации с утопающим в сознательном и бессознательном состоянии, 4) транспортировки пострадавшего на сушу, 5) оказания первой помощи пострадавшему в случае сознательного и бессознательного состояния.

Для координации и унификации образовательного процесса, по нашему мнению, необходимо реализовать единую модель обучения и

© Джавадова С. Т., 2019

систему управления обучением, которая позволит организаторам обучения в автоматизированном режиме планировать и контролировать процесс обучения спасению на воде. [2] [3] [4]

1. Разработка модели

Функционирование процесса «Проведение обучения спасению на воде» предполагает, что для его реализации необходимы входные данные: научные рекомендации и материалы, методические указания, аудио и видео материалы в области спасения на воде. [5] [6] [7]

Условиями реализации данного процесса являются: источники финансирования, нормативные материалы, методические рекомендации, временные ресурсы необходимые для реализации основного процесса. Механизмами реализации процесса являются: учебные помещения, бассейны, специальное оборудование, вспомогательные материалы, [8] обучаемые, тренер по плаванию, преподаватель. Выходными данными являются компетенции (знания, умения и навыки) специалистов. [9]

Декомпозиция основного процесса, представленная на Рис. 1 описывает семь подпроцессов – «Формирование теоретической части», «Классификация обучаемых на группы по уровню теоретических знаний», «Лекционные занятия (для каждой из групп)», «Аттестационный тест», «Классификация обучаемых по уровню навыков поведения на воде», «Практика обучения на воде (для каждой из групп) и экзамен». [10]

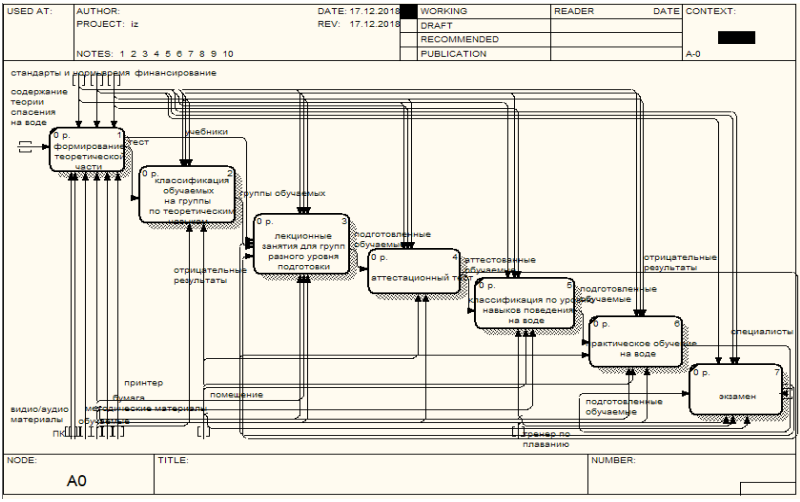


Рисунок. Информационная модель процесса обучения спасению

Подпроцесс 1. «Формирование теоретической части (методических материалов)» обеспечивает обновление уже существующих материалов о правилах поведения на воде, классификаций видов утопления, причин утопления, оказания первой медицинской помощи, основные приемы спасения на основе использования имеющихся знаний о системах спасения на воде и создание новых, актуальных знаний и методик. В результате реализации процесса на выходе будут получены учебные материалы и тестовые задания. Механизмами реализации процесса являются: вспомогательные материалы, обучаемые, преподаватель, тренер по плаванию. Входными данными является содержание программы спасения на воде. Условиями являются нормативные документы, финансирование, временные ресурсы. [11] [12]

Подпроцесс 2. «Классификация обучаемых на группы по уровню теоретических знаний» моделирует подпроцесс дифференциации обучаемых в зависимости от уровня входных знаний (начальный и продвинутый), на основе которых будут сформированы группы обучаемых. Для этого будет использовано тестирование. Входными данными является результаты подпроцесса «Формирование теоретической части (методических материалов)» – тесты. Условиями реализации подпроцесса являются нормативные документы, финансирование, временные ресурсы. Механизмами реализации процесса являются: вспомогательные материалы, обучаемые, преподаватель. [13]

Подпроцесс 3 «Лекционные занятия для групп разного уровня подготовки» реализует получение обучаемыми новых знаний, а также закрепление уже имеющихся. Например, физиологические процессы, происходящие при нахождении человека под водой.

Подпроцесс 4 «Аттестационный тест» позволяет организовать проверку закрепления теоретического материала. Например, «Выберите действия спасателя при приближении на воде к утопающему человеку в сознательном состоянии?» В случае неудовлетворительных результатов тестирования обучаемый возвращается на предыдущий этап.

Подпроцесс 5 «Классификация по уровню навыков поведения на воде» моделирует подпроцесс дифференциации обучаемых в зависимости от имеющихся навыков поведения на воде (начальный и продвинутый), на основе которых будут сформированы группы обучаемых. [14] В данный этап проходят учащиеся успешно завершившие предыдущий. Разделение на группы необходимо для контроля процесса обучения. Так же для групп предусмотрен индивидуальный план обучения.

Подпроцесс 6 «Практическое обучение на воде» реализует получение жизненно важных навыков и новых техник плавания. Например, навыки транспортировки человека на сушу.

Подпроцесс 7 «Экзамен» описывает процесс итогового выходного контроля знаний с целью присвоения квалификации. В случае отрицательного результата, обучаемый возвращается на предыдущие этапы в зависимости от его результата.

Заключение

Моделирование процессов обучения спасению на воде экипажа судна на основе методологии IDEF0 позволяет наглядно представить основные этапы обучения. Модель может быть использована при: 1) подготовке экипажей судов, спасателей МЧС, инструкторов – спасателей спортивно развлекательных комплексов, спасателей добровольцев, 2) при подготовке студентов в ВУЗах и колледжах МЧС, университетах и колледжах морского и речного флота, в специализированных центрах подготовки спасателей. [15] [16] В перспективе модель может быть расширена и модернизирована в части унификации подпроцессов 1,2,4 в масштабах Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайной ситуации и ликвидации последствий стихийных бедствий. В частности могут быть разработаны всероссийские стандарты лекционных и экзаменационных материалов, разработаны тесты и Web-среда распределенного тестирования.

Список литературы

1. Тищенко, В. Е. Обучение спасению на воде. Методическое пособие. / В. Е. Тищенко, И. В. Шуть/ – Санкт-Петербург, 2013. – 46 с.

2. Информационные технологии менеджмента на морском флоте / Г. П. Евдокимов [и др.] // Центральный научно-исследовательский институт морского флота (ЦНИИМФ). – Санкт-Петербург, 2005.

3. Атаян, А. М. Методы оптимальных решений / А. М. Атаян, М.Л. Казарян, Ж.Н. Кцоева. – Владикавказ, 2013.

4. Соколов, Н. Е. Архитектура предприятия / Н. Е. Соколов, В. А. Кокунов, С. В. Солоненко. – СПб.: Изд-во «Скифия-Принт». – 2014.

5. Ипатова, Э. Р. Методологии и технологии системного проектирования информационных систем / Э. Р. Ипатова, Ю. В. Ипатов. – М. : Флинта, 2008. – 256 с.

6. Шарабаева, Л. Ю. Архитектура предприятия как предмет бизнес-инжинирнга. / Л. Ю Шарабаева, Т. Н. Гурьева // Государство и бизнес. Современные проблемы экономики. РАНХиГС при Президенте РФ. – 2016. – С. 96-100.

7. Лукавый, А. П. Моделирование бизнес-процессов /А. П. Лукавый, Н. Е. Соколов, А. Б. Еловиков. – СПб.: Скифия-Принт, 2014.

8. Фокин, Р. Р. Технические средства обучения и Hardware / Р. Р. Фокин, Г. В. Абрамян // Телекоммуникации, математика и информатика-исследования и инновации. – СПб., 2002. – С. 20-21.

9. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и их техническая реализация / Г. В. Абрамян, Р. Р. Фокин, Б. Т. Мозгирев // ЛГОУ им. А. С. Пушкина. – СПб., 2004

10. Абрамян, Г. В. Проект интеллектуальной информационной системы образовательных сервисов и услуг северо-западного региона / Г. В. Абрамян, С. А. Рысков / Восемнадцатая всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета. – 2016. – С. 1390-1392.

11. Абрамян, Г. В. Информационные технологии и модели автоматизации управления автономным образовательным учреждением / Г.В. Абрамян // Региональная информатика "РИ-2010". – 2010. – С. 220-221.

12. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г. Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Региональная информатика "РИ-2012". – 2012. – С. 238-239.

13. Абрамян, Г. В. Синергетический подход как основа развития информационно-коммуникационных технологий образования / Г. В. Абрамян // Информационно-коммуникационные технологии: современные особенности и тенденции развития. – СПб. : ГУП., 2007. – С. 4-6.

14. Абрамян, Г. В. Синергетический подход – основа развития ИКТ образования / Г. В. Абрамян // Региональная информатика. – 2008. – С. 197.

15. Информационная модель оптимизации инфокоммуникаций в вузе на основе интерактивной системы взаимодействия студентов и преподавателей / А. А. Ситдиков [и др.] // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. – 2015. – С. 18.

16. Абрамян, Г. В. К вопросу о научно-методических аспектах, подходах и возможностях информационного моделирования элементов инновационного развития университетских комплексов на современном этапе / Г. В. Абрамян // Формирование университетских комплексов – путь стратегического инновационного развития образовательных учреждений СПб ГУСЭ. – СПб., 2008. – С. 19-23.

Опыт применения информационных технологий в преподавании химии и биологии

Н. В. Дубенко, email: dubenkonv@mail.ru

МБОУ «Каменская СОШ№2»

Аннотация. *В данной работе учитель делится опытом графического составления интеллект – карт, а также делается попытка показать эффективные приемы работы с образовательным ресурсом «ЯКласс», сервисом Learning Apps. org.*

Ключевые слова: *Интеллект – карты, образовательный ресурс, ФГОС.*

Введение

Современные информационные и коммуникационные технологии позволяют сформировать образовательную среду, в которой возможно достижение важнейших целей образования. Основными ИКТ, которые используются в учебном процессе являются:

– офисные технологии (позволяют подготовить большинство учебных материалов в MC word, MC excel, MC power point);

– сетевые технологии (позволяют использовать учебные материалы в рамках локальной сети учебного заведения, а также глобальной сети Интернет);

– телекоммуникационные технологии (теле-, видео- и почтовые конференции, чаты, форумы, электронная почта).

ИКТ - технологии на уроке химии и биологии я рассматриваю не как цель, а как еще один инструмент исследования; как источник дополнительной информации по предмету; как возможность личностно-ориентированного подхода; как способ самоорганизации труда и самообразования.

1. Что позволяют информационные технологии

Информационные технологии позволяют:

– обеспечить каждому ученику индивидуальную траекторию обучения в открытой системе образования;

– способствовать формированию системного мышления;

– использовать компьютеры с целью индивидуализации учебного процесса и обратиться к цифровым образовательным ресурсам;

© Дубенко Н. В., 2019

– изучать и моделировать объекты и процессы макро- и микромира с помощью современного программного обеспечения и онлайн ресурсов;

– замещать лабораторные и практические работы, недоступные в силу отсутствия оборудования аналогичными за счет использования онлайн ресурсов Интернета.

Применение ИКТ - технологий возможно на различных этапах урока. Учителю необходимо внимательно подходить к выбору самого ресурса и времени, когда он будет использован:

– в начале урока целесообразно применять те ресурсы, которые будут способствовать повышению мотивации, заинтересованности школьников;

– просмотр flash-приложений, выполнение виртуальных лабораторных работ, экспериментов, требующих доступа к сети, эффективно разместить в середине урока;

– обращение к on-line тестированию лучше осуществить на этапе контроля или закрепления нового материала.

2. Информационные ресурсы

1) Специализированный инновационный образовательный ресурс «ЯКласс».

Некоторое время назад я познакомилась с сайтом «ЯКласс», и он стал моим помощником в организации учебной деятельности. Использую задания «ЯКласса» для повторения, закрепления нового материала, для домашнего задания. Проверка работ учащихся осуществляется автоматически. Заданий бесконечное множество, их можно использовать и как тренажер по школьной программе для закрепления, для подготовки к ЕГЭ. Ресурс «ЯКласс» поможет мне, как учителю, мгновенно подготовить и проверить домашние задания в режиме «онлайн».

2) Интеллект-карты.

Целью новых ФГОС является – воспитание выпускника нового типа, не только обладающего знаниями, но и способного

самостоятельно добывать эти знания, творчески, правильно применять их в повседневной жизни. Для реализации этой цели на своих уроках я начала использовать метод составления интеллект - карт.

Интеллект - карты – это метод графического выражения процессов восприятия, обработки и запоминания информации, творческих задач, инструмент развития памяти и мышления. Данная технология способствует формированию критического мышления и ИКТ – компетенции учащихся, что проявляется в работе с различными источниками информации при создании собственной продукции.

Рисовать интеллект - карты можно руками на бумаге, но для реализации системно – деятельностного подхода и формирования ИКТ – компетенций, обучающихся на уроках я использую компьютерное решение Concept Draw MINDMAPP Professional Ru.

Программное решение использую как для конструирования самого урока, так и во время урока для организации активной деятельности и формирования ИКТ – компетенций обучающихся. На занятиях курсов внеурочной деятельности - для создания алгоритмов выполнения универсальных учебных действий учащихся: сравнения, классификации, обобщения, составления таблиц, планов, схем, выдвижения гипотез, проведения наблюдения. Активно использую технологию на учебных курсах по подготовке учащихся к ГИА, а также для планирования выступлений на методических семинарах и конференциях.

Данная технология позволяет мне на учебных занятиях химии и биологии:

– формировать компетентности (метапредметная область): информационную, коммуникативную, личностную, регулятивную;

– диагностировать сформированность ЗУНов и компетентностей; визуализировать процессы мышления и способы деятельности обучающихся;

– организовывать и управлять учебно – познавательной деятельностью школьников;

– систематизировать и обобщать предметное содержание, проводить подготовку к итоговой аттестации.

Использование данной технологии позволило добиться положительных результатов:

– высокий уровень мышления, творческой и познавательной активности у большинства обучающихся;

– овладение учащимися ключевыми компетенциями;

– повышение мотивации на уроках химии и биологии;

– повышение качества обученности по предметам и положительная динамика по результатам итоговой аттестации в 9 и 11 классах.

3) Сайт Learning Apps.org позволяет создавать электронные интерактивные упражнении для уроков. На мой взгляд, при желании любой учитель, имеющий самые минимальные навыки работы с ИКТ, может создать свой ресурс – небольшое упражнение для объяснения нового материала, для закрепления, тренинга, контроля. Например, тест на выбор ответа, найти пару и соответствие в сетке (установление соответствия изображений с названиями, аудио или видео), таблица

соответствий, классификация (распределение элементов знаний по категориям), расставить по порядку (распределить тексты, изображения в правильной последовательности), заполнить пропуски или таблицу, кроссворды.

Заключение

Таким образом, применение информационно-коммуникативных технологий в учебном процессе позволяет облегчить труд учителя, направить интеллектуальный потенциал учащихся в позитивное русло. На этом эмоциональном фоне приобретенные знания и навыки становятся интегральной частью жизненного опыта ребят. Сочетание внеурочной и учебной деятельности способствует развитию личности обучающихся, т. к. позволяет каждому школьнику осуществить индивидуальный образовательный маршрут, реализовать свои творческие возможности, познавательные интересы, приобрести коммуникативные навыки.

Список литературы

1. Быхоский, Я. С. Видеоматериалы и сетевые ресурсы в работе учителя: практическое пособие. / Я.С. Быховский. – 2-е изд., перераб, и доп. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 159 с.

2. Брыксина, О. Ф. ИКТ на уроках химии: реализация деятельностного подхода.: учебно-методическое пособие / О. Ф. Брыксина, Н. В. Щербатых. – 3-е изд., перераб, и доп. – Самара; ПГСГА МОУ гимназия №1. – Самара, 2011. – 119 с.

Организация образовательной деятельности студентов в процессе изучения спецдисциплин с использованием интерактивных технологий

С. Г. Дураков, e-mail: bak87@list.ru[1]
Т. М. Дуракова, e-mail: mix26@bk.ru[2]
С. Ю. Сидорова, e-mail: s-kondenko2012@yandex.ru[1]

[1] ОГАПОУ «Валуйский индустриальный техникум»
[2] ОГАПОУ «Валуйский колледж»

Аннотация. *Рассматривается организация образовательной деятельности студентов в процессе изучения спецдисциплин с использованием интерактивной доски и прикладной программы «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ».*

Ключевые слова: *интерактивное обучение, интерактивная доска, интерактивная модель обучения.*

В работах [2, 3] определи, что новое поколение студентов, выросшее на компьютерах, планшетах и мобильных телефонах, имеет большую потребность в визуальной информации и зрительной стимуляции. Студенты этого поколения значительно реже читают книги, предпочитая их познавательным ресурсам информационной сети Интернет.

Одним из технических средств, используемых дли реализации технологии интерактивного обучении, является интерактивная доска. Интерактивность означает способность взаимодействовать или находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо (человеком) или чем-либо (например, компьютером) [1]. Интерактивное обучение применяется в техникуме на занятиях по: информатике, математике, МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных предприятий. Все участники обучения взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы.

Поэтому для активизации учебной деятельности студентов нашего техникума на сегодняшний день уже недостаточно традиционных методов и приемов обучения. Отсюда актуально использовать интерактивную доску в учебном процессе по обще учебным и специальным дисциплинам для повышения эффективности усвоения материала студентами, при значительной экономии времени. Используя

© Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Сидорова С. Ю., 2019

в учебном процессе интерактивные методы и приемы работы на доске, мы заметили, что студенты с удовольствием удерживают повышенную динамичность информационного потока, создаваемого с помощью интерактивной доски. Они с интересом воспринимают мультимедийные материалы и прямые обращения к интернет-сайтам прямо с её поверхности. Работа на занятиях становится живым действием, вызывающим у студента неподдельную заинтересованность.

Например, на занятии по МДК.01.02 по теме «Устройство, назначение, применение и эксплуатация защитной аппаратуры». Интерактивная доска использовалась в комплексе с бесплатной прикладной программой «Начала ЭЛЕКТРОНИКИ». Позволяла в режиме реального времени изучать принципы работы плавких предохранителей в электрических цепях. Из набора панели детали конструктора в программе на интерактивной доске собирались электрические цепи с напряжением 220В, подбирались предохранители для защиты, питающей осветительные и электронагревательные приборы. При неверном выборе предохранитель перегорал, и питание в цепи прекращалась. Все манипуляции с основными приборами электрической проводились на интерактивной доске студентами в режиме реального времени с возможностью неверного решения и последствий, которые будут получены в результате (т.е. выход из стоя электрической цепи без ущерба материальной базы и здоровья обучаемого).

Мы считаем, что обучение с помощью интерактивной доски особенно по дисциплинам МДК имеет свои особенности, связанные, прежде всего, с тем, что содержание предмета усваивается в большей степени через решение задач, показ применения теоретический знаний и взаимосвязей между ними на практике. Это говорит о том, что в преподавании дисциплин МДК следует, умело сочетать традиционные и инновационные формы обучения.

В отличие от обычного мультимедийного проектора интерактивная доска имеет больше возможностей. Она позволяет управлять процессом презентации (двустороннее движение) на занятиях, вносить поправки и коррективы, делать цветом пометки и комментарии, сохранять материалы занятия для дальнейшего использования и редактирования. Интерактивная доска позволяет выполнять геометрические построения и строить графики функций с помощью набора виртуальных инструментов, что дает возможность вовлечь студентов в исследовательскую работу.

По сравнению с традиционными формами ведения занятий, интерактивная модель обучения предусматривает существенное

изменение роли преподавателя в учебном процессе — из источника знаний и информации преподаватель превращается в помощника и консультанта, организатора и координатора занятий.

В техникуме, интерактивная доска используется как экран для демонстрации видеоматериалов, медиалекций, собственных презентаций, интерактивных пособий преподавателей. Но мы считаем, все-таки, главное преимущество электронной доски – возможность создания флипчарта. Один файл может объединить в себе и презентацию, и фрагмент медиалекции с учебного диска, и интерактивный режим решения задач, и обычную доску с набором всевозможных инструментов. Это позволяет нам реализовать большинство педагогических приемов, повышать плотность урока, насытить его увлекательным содержанием. Обучение с увлечением не только улучшает запоминание материала, но делает его более осмысленным и долговременным.

По проведённому мини-исследованию занятий по одной и той же тематике с интерактивной доской и без неё были получены следующие результаты.

С применением интерактивной доски в памяти у студента остается:

- 25% услышанного материала,
- 33% увиденного,
- 50% увиденного и услышанного,
- 75% всего материала занятия.

Все это обусловлено тем, что студент вовлекается в активные действия в процессе обучения.

Интерактивную доску мы применяем как на лекциях, так и на практических занятиях. На лекциях при изучении нового материала важную роль играет наглядность, поэтому новый материал по некоторым темам представляем в виде презентации, воспроизведенной через интерактивную доску. Преимущество презентации, воспроизведенной через интерактивную доску в том, что можно делать в ней пометки, дополнительные записи, выделять цветом наиболее важную информацию. Все это позволяет акцентировать внимание студентов на значимых моментах излагаемой информации. При текущем контроле знаний, например, при проверке усвоения устного материала с помощью маркера можно использовать задания для установления соответствия, задания на повторение изученных формул и задания с пропусками. На данном этапе электронная ширма может скрыть рисунок, решения, которые потом можно открыть в нужный момент. Удобно использовать интерактивную доску для проведения самостоятельной работы студентов с последующей проверкой

(электронная ширма или затенение). Возможности интерактивной доски позволяют создавать видео уроки, которые помогают студентам самостоятельно с использованием компьютера освоить новый материал.

Таким образом, мы выделим следующие основные преимущества работы с интерактивной доской: занятия становится более интересными для студентов, следствием этого является повышение интереса к предмету; лучшее понимание учебного материала студентами, так как интерактивная доска делает изучаемый материал наглядным и иллюстративным; возможность многократного использования материала; предоставление больше возможностей для взаимодействия студентов и обсуждения; быстрое получение обратной связи, что дает возможность своевременно корректировать процесс обучения; возможность для студентов быстро включаться в учебный процесс.

Важно отметить, что применение интерактивной доски на всех занятиях должно сочетаться с традиционными методами обучения. Студенты не должны утратить навыки работы с учебником, дополнительной литературой, наглядными пособиями. Преподаватель должен четко определять целесообразность применения интерактивной доски, являющейся одним из инструментов педагогической деятельности и требующей соответствующего ему применения.

Список литературы

1. Интерактивный семинар «Интерактивные доски и их применение в образовательном процессе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ext.spb.ru/webinars/7867-05062015-l-r.html

2. Интерактивные методы преподавания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://knowledge.allbest.ru/pedagogics/3c0b65635b3ac78a5c53a89421216c36_0.html

3. Методические приемы использования интерактивных технологий в образовательном процессе [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.studfiles.ru/preview/4420710/

Опыт преподавания дисциплин «Электротехника» и «Электроника и схемотехника» с помощью пакетов программ эмуляции

С. А. Зуев, email: zsa_zuev@mail.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Рассмотрены проблемы преподавания дисциплин «Электротехника» и «Электроника и схемотехника» с помощью пакетов программ эмуляции принципиальных электрических схем для студентов факультетов ПММ и ФКН.*

Ключевые слова: *Electronic Workshop, E-program, эмуляция принципиальных электрических схем, электротехника, схемотехника, электроника.*

Введение

Современные методы изучения и разработки электрических и электронных схем всё интенсивнее используют моделирование или эмуляцию функционирования устройств, базирующих на таких схемах.

Такие пакеты позволяют существенно сократить время разработки и отладки электронных устройств, накапливают базу данных конкретного разработчика и предоставляют возможность сквозного осуществления проекта от схемы до готового устройства.

Оставляя в стороне все «подводные камни» такого подхода, особенно при первоначальном изучении электротехники и электроники, остановимся на особенностях усвоения студентами материала предмета, при практическом его освоении на базе программных средств моделирования электрических процессов.

1. Применение полностью бесплатной программы E-program

При выборе программ моделирования электрических схем для учебных целей, основное внимание приходится уделять не полноте и функциональности пакета, а цене, доступности и простоте освоения.

Поэтому основное внимание уделяется поиску бесплатных программ эмуляции электронных схем. К счастью, такие программы есть, понятно, что они не перегружены излишней функциональностью и, как правило, именно благодаря своей простоте, легко осваиваются студентами, основная профессия которых создавать подобные программы.

© Зуев С. А., 2019

Одна из подобных программ была найдена на просторах интернета под названием E-program. На представленном ниже рис. 1 показан внешний вид интерфейса программы [1].

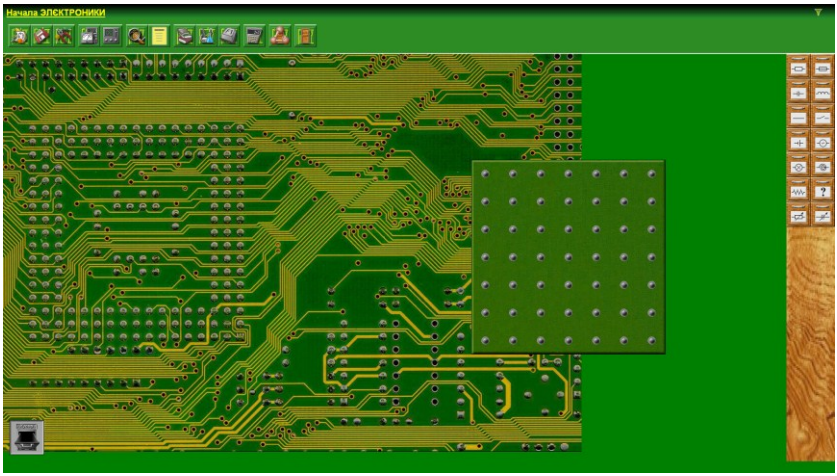


Рис. 1. Внешний вид E-program

Программа предназначена в помощь учащимся (и преподавателям) для изучения разделов курса "Электротехника". Он естественным образом дополняет классическую схему обучения, состоящую из усвоения теоретического материала и выработки практических навыков экспериментирования в электротехнической лаборатории.

Программа представляет собой электронный конструктор, позволяющий имитировать на экране монитора процессы сборки электрических схем, исследовать особенности их работы, проводить измерения электрических величин так, как это делается в реальном физическом эксперименте.

С помощью конструктора можно:

- изучать зависимость сопротивления проводников от удельного сопротивления его материала, длины и поперечного сечения;
- изучать законы постоянного тока – закон Ома для участка цепи и закон Ома для полной цепи;
- изучать законы последовательного и параллельного соединения проводников, конденсаторов и катушек;
- изучать принципы использования предохранителей в электронных схемах;

- изучать законы выделения тепловой энергии в электронагревательных и осветительных приборах, принципы согласования источников тока с нагрузкой;
- ознакомиться с принципами проведения измерений тока и напряжения в электронных схемах с помощью современных измерительных приборов (мультиметр, двухканальный осциллограф), наблюдать вид переменного тока на отдельных деталях, сдвиг фаз между током и напряжением в цепях переменного тока;
- изучать проявление емкостного и индуктивного сопротивлений в цепях переменного тока, их зависимость от частоты генератора переменного тока и номиналов деталей;
- изучать выделение мощности в цепях переменного тока;
- исследовать явление резонанса в цепях с последовательным и параллельным колебательным контуром;
- определять параметры неизвестной детали;
- исследовать принципы построения электрических фильтров для цепей переменного тока.

Конструктор можно также использовать в рамках его возможностей и для других задач в самостоятельной творческой работе студентов.

Одной из главных особенностей комплекса является максимально возможная имитация реального физического процесса. Для этой цели предусмотрено, например, следующее:

изображения деталей конструктора и измерительных приборов приводятся не схематически, а в таком виде, как "на самом деле";

при превышении номинальной мощности электрического тока, протекающего через сопротивление, последнее "сгорает" и приобретает вид почерневшей детали;

лампочка и электронагревательный прибор при номинальной мощности начинают светиться и "перегорают", если мощность, рассеиваемая на них, превышает рабочее значение;

при превышении рабочего напряжения на конденсаторе, последний также "выходит из строя";

при превышении номинального рабочего тока через предохранитель, он "перегорает";

большинство операций и их результаты сопровождаются звуковыми эффектами.

Это делается для того, чтобы учащийся наглядно видел последствия своих ошибок, учился разбираться в причинах того или иного неудачного эксперимента и вырабатывал необходимые навыки предварительного анализа схем.

В конструкторе можно использовать следующие детали (см. рис. 2).

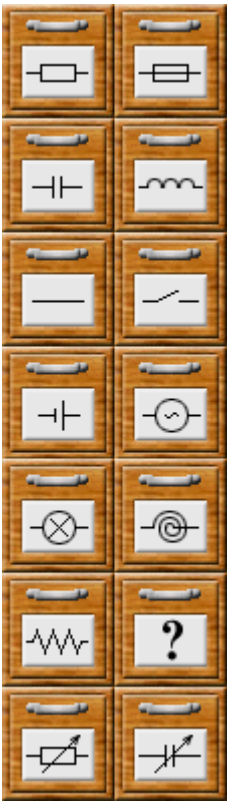


Рис. 2. Внешний вид ящика с деталями

В ящике с деталями находится следующее:

- резистор (характеризуется сопротивлением в Омах и мощностью в Ваттах, "сгорает" при ее превышении);
- предохранитель (характеризуется максимальным рабочим током, "сгорает" при его превышении);
- конденсатор (характеризуется ёмкостью в Фарадах и рабочим напряжением, выходит из строя при его превышении);
- катушка индуктивности (характеризуется индуктивностью в Генри, имеет очень малое активное сопротивление);
- монтажный провод (имеет очень малое сопротивление);

– выключатель (характеризуется двумя состояниями – "разомкнуто" и "замкнуто");
– элемент питания (характеризуется полярностью, ЭДС в Вольтах и внутренним сопротивлением в Омах);
– генератор синусоидального напряжения (характеризуется амплитудой и частотой переменного напряжения);
– лампочка (характеризуется рабочим напряжением в Вольтах, рабочим током в миллиамперах или мощностью в Ваттах, "перегорает" при их превышении);
– электронагреватель (характеризуется рабочим напряжением и рабочей мощностью, "перегорает" при их превышении);
– реальный проводник (характеризуется материалом, длиной и площадью сечения);
– неизвестная деталь (может быть резистором, конденсатором, катушкой, элементом питания или генератором);
– реостат (характеризуется максимальным сопротивлением в Омах);
– конденсатор переменной ёмкости (характеризуется максимальной ёмкостью в Фарадах).

Описание функций кнопок панели управления приведено в нижеследующих таблицах 1-3:

Таблица 1

Кнопки вызова и сохранения файла

Загрузить схему из файла
Кнопка открывает окно с папкой, в которой хранятся файлы со схемами, сохраненными ранее командой "Сохранить схему как…". Можно выбрать файл с необходимой схемой и открыть его стандартным способом, что приведет к появлению схемы в готовом виде на монтажном столе.

Сохранить схему как…
Кнопка открывает окно, в котором необходимо указать имя файла для сохраняемой схемы, и при необходимости указать папку, в которой следует поместить файл. Схема, расположенная на монтажном столе, будет сохранена в указанном файле и папке. На монтажном столе схема остается. В дальнейшем, сохраненная схема может быть вызвана на монтажный стол командой "Загрузить схему из файла".

Таблица 2

Кнопки управления рабочим столом

Очистить монтажный стол.
Кнопка удаляет собранную на монтажном столе схему. После подтверждения операции схема удаляется безвозвратно!

Взять мультиметр.
Нажатие кнопки приводит к появлению на рабочем столе измерительного прибора "Мультиметр". Можно одновременно иметь не более двух мультиметров. Убрать мультиметр можно стандартным способом – "щелкнув" на кнопке x в его правом верхнем углу.

Взять осциллограф.
Нажатие кнопки приводит к появлению двухканального осциллографа. Убрать осциллограф можно так же как мультиметр.

Показать/Спрятать окно "Параметры детали".
Кнопка показывает или прячет окно "Параметры детали", в котором можно просматривать и изменять параметры выбранной на монтажном столе детали. Выбор детали осуществляется установкой на нее указателя "мыши" (он принимает вид пинцета) и щелчком левой кнопки мыши. Выбранная деталь отмечается желтыми метками. Изменять значения параметров можно двумя способами: или выбирать их из выпадающего списка, после нажатия кнопки t справа от окна значения параметра, или заданием значения с клавиатуры (для этого необходимо сначала открыть выпадающий список). Окно "Параметры детали" автоматически появляется на экране после двойного "щелчка" левой кнопкой на детали.

Показать/Спрятать окно "Состояние детали".
Кнопка показывает или прячет окно "Состояние детали", в котором можно видеть действительную и мнимую части сопротивления, тока, напряжения и мощности, рассеиваемой на детали в данный момент времени. Данная кнопка появляется на панели управления лишь при запуске программы в режиме "преподаватель" (с E.EXE /teacher). Это сделано для того, чтобы ученик не мог воспользоваться столь простым способом решать задачи.

Таблица 3

Кнопки вызова справки и вспомогательные кнопки

Язык.
Данная кнопка открывает окно, в котором можно выбрать язык (русский или казахский) для текстов справочной системы, описаний лабораторных работ и справочника по электричеству.

Справочник по электричеству.
Кнопка открывает окно, со справочными материалами, составленными из кратких описаний данного раздела курса, содержащих формулы, иллюстрации и примеры.

Лабораторные работы.
Кнопка открывает окно с описаниями набора лабораторных работ, предлагаемых учащимся для выполнения. В работах приводится краткая теория, методика выполнения, указания по измерениям и расчетам, которые необходимо провести, а также контрольные вопросы для оценки усвоения материала.

Как работать с программой?
Эта кнопка открывает окно со справочной информацией, содержащей описание правил работы с программой.

Калькулятор Windows.
Кнопка вызывает стандартный калькулятор Windows.

О программе.
Кнопка отображает сведения об авторах данного программного продукта.

Выход из программы.

Общий вид мультиметра показан на рис. 3. Показаны расположение элементов управления и гнезд для подключения мультиметра к электронной схеме. Переключение режимов работы и пределов измерения производится "щелчком" манипулятора "мышь" на метках соответствующих пределов (при установке указателя на пределы он принимает вид руки).

Общий вид и назначение деталей двухлучевого осциллографа показан на рис. 4.

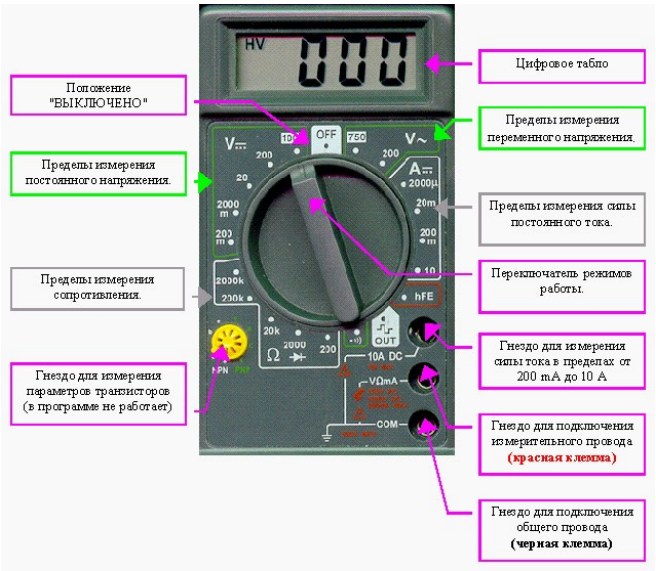


Рис. 3. Общий вид мультиметра

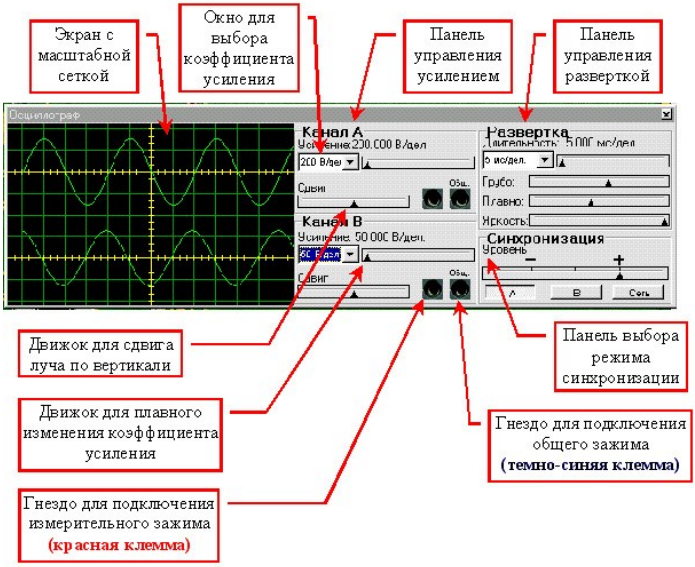


Рис. 4. Общий вид осциллографа

Лицевая панель осциллографа содержит следующие части:

- экран с масштабной сеткой для наблюдения формы сигнала и количественных измерений;
- панель управления усилением каналов и сдвига лучей по вертикали;
- панель управления разверткой, сдвига лучей по горизонтали, выбора режимов синхронизации и некоторых вспомогательных функций.

С помощью данной программы студенты имеют возможность изучить закон Ома и законы Кирхгофа, как для постоянного, так и для переменного тока. Кроме того программа позволяет изучить явление резонанса в цепях переменного тока, а также различные электрические фильтры. Примеры решения некоторых задач приводятся на нижеследующих рисунках (рис. 5-7):

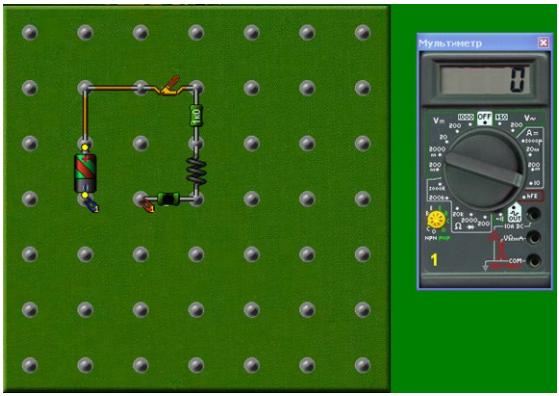


Рис. 5. Недостаточная мощность нижнего резистора

2. Использование программы Electronics Workbench

Вышерассмотренная бесплатная программа имеет целый ряд недочётов, что не позволяет с её помощью полностью изучить курс «Электротехника» и, практически полностью, не пригодна к изучению курса «Электроника и схемотехника», особенно раздел цифровых схем.

Эти недостатки следующие:

- возможно иметь только два амперовольтметра в одной схеме;
- возможен только один осциллограф;
- присутствует не весь спектр радиодеталей;
- нет возможности изучать трёхфазные цепи;
- нет возможности подключения аналоговых и цифровых микросхем.

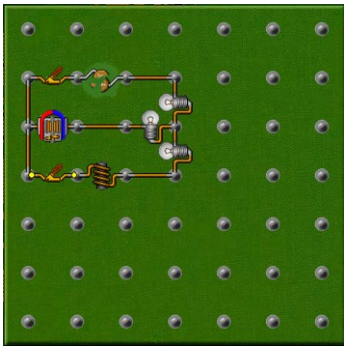


Рис. 6. Не правильно выбрано рабочее напряжение конденсатора

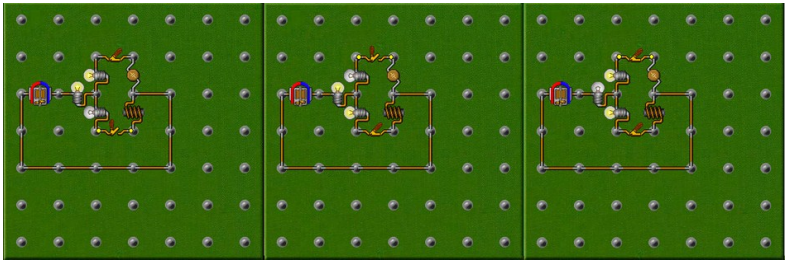


Рис. 7. Резонанс токов

Всех этих недостатков лишена программа Electronics Workbench [2].

Внешний вид интерфейса программы показан на рис. 8.

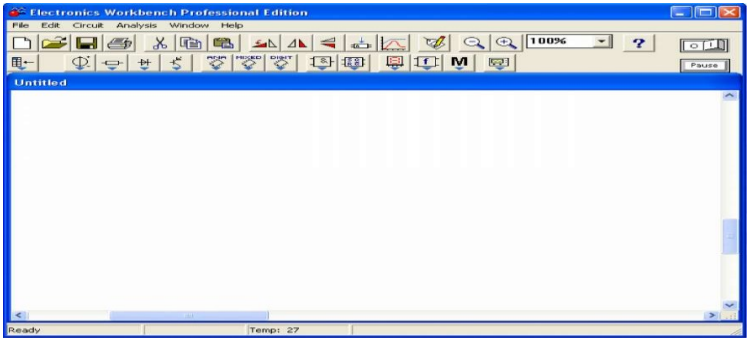
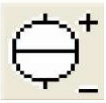
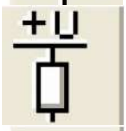
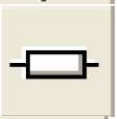
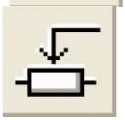


Рис. 8. Внешний вид интерфейса программы Electronics Workbench

Описание функций кнопок панели управления не вызывает трудностей в понимании их назначения. Мелькающие значки типа (см. табл 4)

Таблица 4

Простейшие пиктограммы программы Electronics Workbench

	Соединяющий узел.
	Источник постоянного напряжения. Все источники в Electronics Workbench идеальные.
	Источник постоянного тока**.**
	*Источник переменного напряжения***.** Действующее значение напряжения источника измеряется в вольтах и задается производными величинами (от мкВ до кВ).
	Источник переменного тока.
	Генератор тактовых импульсов.
	Источник напряжения +5 В.
	Источник сигнала «логическая единица».
	Резистор.
	Переменный резистор.

Как правило, не вызывают у студентов ни трудностей, ни любопытства. Но что это, интересное пояснение (см. табл 5):

Таблица 5

Особенности применения заземления.

Заземление.

НЕ ВСЕ схемы нуждаются в заземлении для моделирования, однако, любая схема, содержащая:

- операционный усилитель;
- трансформатор;
- управляемый источник;
- осциллограф,

должна быть обязательно заземлена, иначе приборы не будут производить измерения или их показания окажутся неправильными.

Кроме того вызывает определённые трудности описание Боде-плоттера, цифрового осциллографа и генератора слов — табл. 6:

Таблица 6

Описание Боде-плоттера и осциллографа

Боде-плоттер (графопостроитель) используется для получения амплитудно-частотных (АЧХ) и фазочастотных (ФЧХ) характеристик схемы.

Боде-плоттер измеряет отношение амплитуд сигналов в двух точках схемы и фазовый сдвиг между ними. Отношение амплитуд сигналов может измеряться в децибелах. Для измерения Боде-плоттер генерирует собственный спектр частот, диапазон которого может задаваться при настройке прибора. Частота любого переменного источника в исследуемой схеме игнорируется, однако схема должна включать какой-либо источник переменного тока.

Осциллограф, имитируемый программой Electronics Workbench, представляет собой аналог двухлучевого запоминающего осциллографа и имеет две модификации. Расширенная модификация по своим возможностям приближается к лучшим цифровым запоминающим осциллографам. Расширенная модель занимает много места на рабочем поле, рекомендуется начинать исследования простой моделью, а для подробного исследования процессов использовать расширенную модель.

Двойным щелчком мыши по уменьшенному изображению открывается изображение передней панели простой модели осциллографа с кнопками управления, информационными полями и экраном (рис. 9).

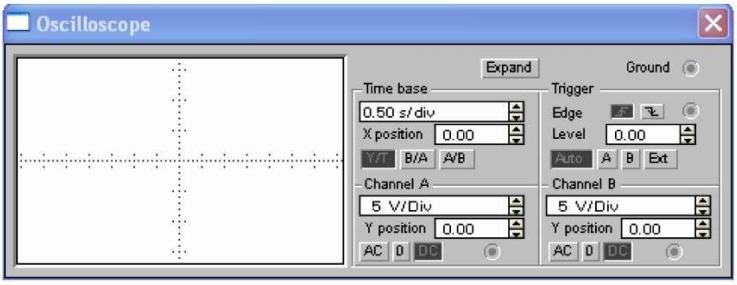


Рис. 9. Увеличенная модель осциллографа

Таблица 7

Описание генератора слов

Генератор слов используется для задания цифровых последовательностей. На шестнадцать выходов в нижней части генератора параллельно подаются биты генерируемого слова. На выход тактового сигнала подается последовательность тактовых импульсов с заданной частотой. Вход синхронизации используется для подачи синхронизирующего сигнала от внешнего источника.

Двойным щелчком мыши открывается расширенное изображение (рис. 10).

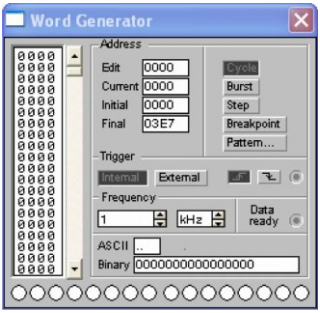


Рис. 10. Расширенный генератор слов

Левая часть генератора содержит 1023 слова. Выделением отмечается слово, активное в данный момент. Значения этого слова отражаются в шестнадцатиричной системе (левое окно), или в двоичной системе окно ***Binary,*** или в международной системе кодов окно ***ASCII.***

Ниже приведены примеры построения и изучения электронных схем с помощью Electronic Workbench.

Для моделирования транзисторного автогенератора необходимо собрать его схему (рис. 11). Для этого нужно нанести все компоненты схемы на рабочую область Electronics Workbench и соединить все контакты проводниками. Модель транзистора находится в наборе деталей Transistors, а источник питания в наборе Sources. После соединения моделей деталей в схему необходимо настроить параметры каждого компонента путем двойного нажатия на нем левой клавишей мыши и заполнением окон параметров. После настройки параметров можно попытаться включить источник питания путем нажатия клавиши переключения питания и проверить наблюдением за панелью осциллографа, выходит ли генератор в режим генерации. Если же на выходе не появляется сигнал переменного напряжения, то нужно повторить расчет параметров схемы и изменить их соответствующим образом.

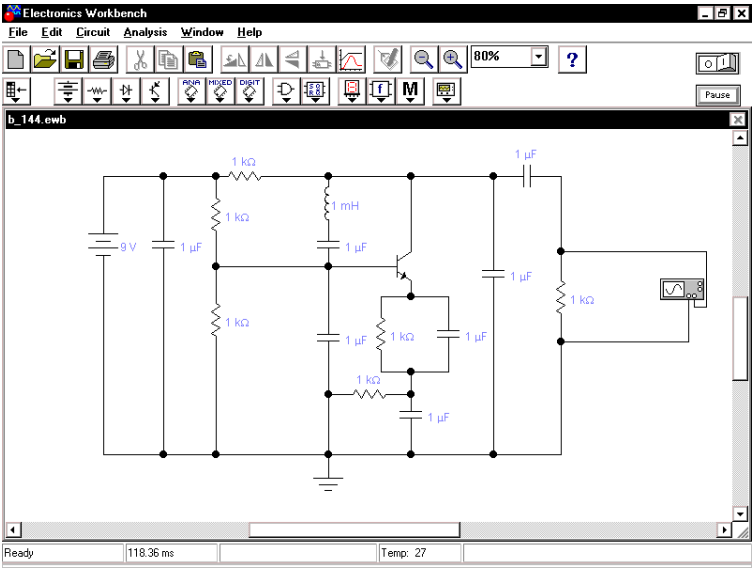


Рис. 11. Схема транзисторного автогенератора

За сигналом на выходе генератора удобно наблюдать, используя расширенное окно терминала осциллографа. На рис. 12 показан момент начала генерации сигнала и момент установки стабильного режима транзисторного автогенератора. Для более детального изучения можно пользуясь полосами прокрутки и изменениями параметров терминала.

Для получения более точной модели можно заменить компоненты реальными моделями существующих, т.е., например, заменить идеальный транзистор моделью реально существующего транзистора. Electronics Workbench включает в себя достаточно большое количество реальных моделей деталей широко известных производителей.

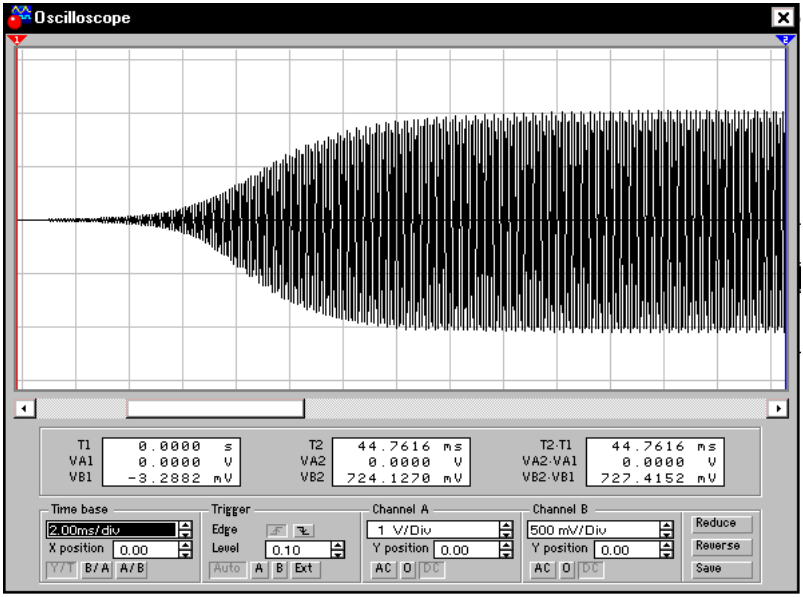


Рис. 12. Начальный (нестационарный) процесс работы генератора

На рис. 13 продемонстрирована работающая схема дешифратора для семисегментного LED-индикатора с генератором слов. На основе данной схемы работают серийно выпускаемые семисегментные дешифраторы таких производителей как Motorola (сейчас ON), Texas Instruments, Fairchild, Siemens и других.

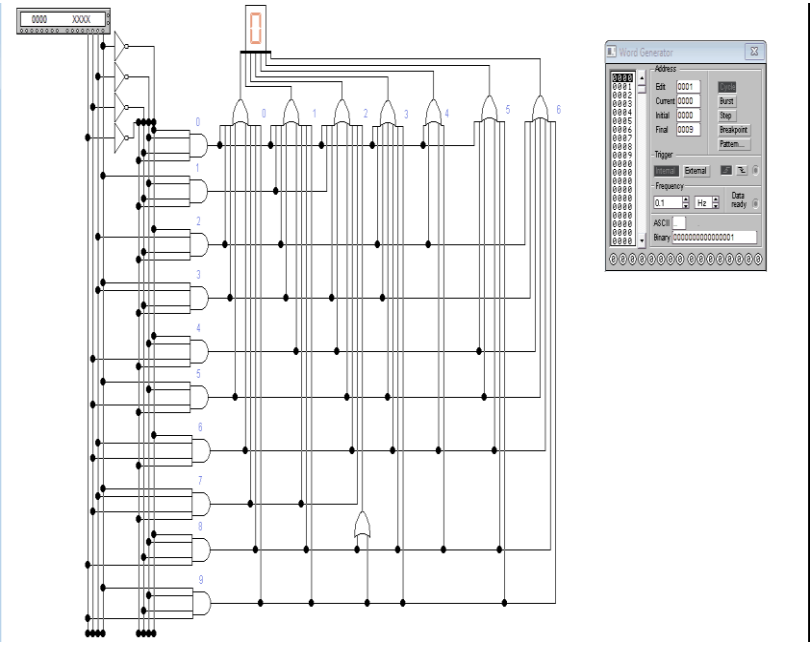


Рис. 13. Дешифратор 7-сегментного индикатора

Заключение

В данной статье были рассмотрены особенности обучения студентов ПММ и ФКН дисциплин «Электротехника» и «Электроника и схемотехника» с помощью пакетов программ эмуляции принципиальных электрических и электронных схем. Сделан акцент на наиболее трудно понимаемых вопросах при использовании двух программ E-program и Electronic Workbench. Отмечены достоинства и недостатки каждой из них.

Список литературы

1. Внутренний help E-program.
2. Electronic Workbench: Информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.mini-soft.ru/document/rabota-s-electronics-workbench

Концепция SMART системы графического образования

А. Н. Ивлев, e-mail: alexivlev@rambler.ru
О. В. Терновская, e-mail: olgaternovskay@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

Аннотация. *В данной работе рассматриваются вопросы посвященные разработке SMART системы графического образования, позволяющей эффективно построить образовательный процесс и оценить качество подготовки студентов.*

Ключевые слова: *графическое образование, SMART система, конструкторский документ.*

Введение

Графическое образование предполагает получение знаний, умений и навыков работы с информацией, которая представляется в наглядной форме, т.е. с использованием графических объектов – прямых и кривых линий, на основе которых создаются более сложные графические формы. Документ, созданный таким образом, как правило, лишен поясняющей текстовой составляющей, что определяет необходимость при составлении и чтении такой документации следовать известным правилам. Если говорить о конструкторской документации, эти правила общеизвестны и приведены в соответствующей нормативно-технической документации и обязательны к исполнению.

Наиболее значительную долю конструкторских документов составляют графические документы – чертежи, именно они являются базовой частью комплекта конструкторских документов, цифровая графика лишь привела к изменению технологии их разработки и внесла коррективы в состав конструкторской документации, предусмотрев в ее составе электронную форму чертежей и дополнив рядом документов разрабатываемых и хранимых в электронном виде.

Таким образом, графическое образование сегодня – это совокупность правил и технологии разработки конструкторских документов на основе современных графических редакторов. Все это приводит к существенному увеличению информационной нагрузки как на студента при изучении графических дисциплин, так и на преподавателя, который должен излагать материал, в увеличенном объеме и сложности, а также производить контроль усвоенных студентом знаний.

© Ивлев А. Н., Терновская О. В., 2019

1. SMART система графического образования

В настоящее время, благодаря возрастающим возможностям современной электронной вычислительной техники, идеи программированного обучения становятся всё более актуальными и востребованными. Использование SMART системы кафедры может решить проблему реализации индивидуального обучения в условиях фронтальной системы образования. В такой системе учебный процесс рассматривается как «умная» система, преподаватель в ней реализует творческие аспекты учебной деятельности, а нетворческую работу выполняет ЭВМ. Индивидуальный подход к обучению каждого студента не всегда присутствует, но для него есть предпосылки.

SMART образование можно расшифровать как:

– S – Self-Directed (самоуправляемое, самонаправляемое и самоконтролируемое);
– M – Motivated (мотивированное);
– A – Adaptive (адаптивное, гибкое);
– R – Resource-enriched (обогащенное различными ресурсами);
– T – Technological (технологичное).

Концепция SMART-образования – гибкость, предполагающая наличие большого количества источников, максимальное разнообразие мультимедиа, способность быстро и просто настраиваться.

В состав SMART системы графического образования, представленной на рисунке, входят графические редакторы используемые для подготовки конструкторской документации, автоматизированная система выдачи заданий (АСВЗ), система предоставления методической информации (СПМИ), автоматизированная система контроля знаний (АСКЗ), система анализа успеваемости студентов (САУС). Взаимодействие преподавателя и студента осуществляется посредством образовательных мероприятий – лекций, практических, лабораторных занятий, а также консультаций. Графические редакторы используются студентами для подготовки расчетно-графических работ, а также курсовых работ и проектов.

В процессе обучения студентам выдаются задания для выполнения расчетно-графических, курсовых работ и курсовых проектов, которые составляют базу данных автоматизированной системы выдачи заданий (АСВЗ).

Система предоставления методической информации (СПМИ) содержит методическую документацию: рабочие программы преподавания курсов, методические указания, учебные пособия, дополнительную литературу.

Автоматизированная система контроля знаний студентов (АСКЗ) [1, 2, 3] содержит базу данных тестовых заданий промежуточного и итогового контроля, а также алгоритмы их обработки. Результаты тестирования служат исходными данными для системы анализа успеваемости студентов (САУС) [4, 5], а также расчета ряда показателей позволяющих оценить уровень усвоения знаний студентами в динамике и общее качество преподавания дисциплин на основе обобщенных показателей.

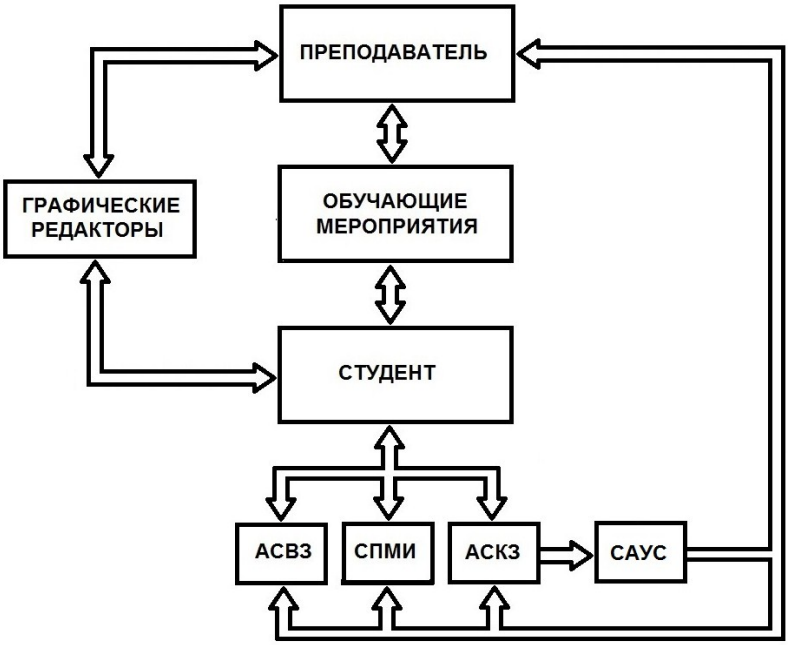


Рисунок. Структурная схема SMART системы графического образования

Для работы SMART системы все учебные материалы по дисциплине «Инженерная графика» разбиты на блоки. Блоки соответствуют темам дисциплины и содержат учебные материалы необходимые студенту для самостоятельной работы при подготовке к учебным занятиям. Не следует исключать из учебного процесса такие традиционные формы проведения занятий как: чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий. При правильной организации этих занятий они позволяют активизировать учебный

процесс студентов, дать им цель и направление в изучении отдельных разделов «Инженерной графики». Опытный преподаватель грамотно распределит лекционный материал и подготовит студента к самостоятельному мышлению с использованием полученных сведений.

Основополагающим в системе обучения является практика, она позволяет закрепить полученный теоретический материал. Поэтому к проведению практических и лабораторных занятий преподавателю необходимо подойти творчески, создав во время их проведения атмосферу способствующую формированию у студента потребности в самообразовании.

Использование графических редакторов при выполнении заданий позволяет визуализировать информацию, улучшить восприятие пространства студентом, развить образное мышление и дает возможность на высоком графическом уровне оформить конструкторскую документацию. Практика показывает, что отношение студентов к своим чертежам, выполненным с использованием графических редакторов, на порядок выше. Они горды собой, т.к. выполнить чертежи на высоком графическом уровне в «ручной» графике они не могут в силу того, что многие не имели элементарного школьного графического образования, а часы на отработку графики в университетах с каждым годом уменьшаются. Опыт работы с графическими редакторами при выполнении заданий по графическим дисциплинам поможет студентам в дальнейшем, как в процессе обучения в стенах высшего учебного учреждения, так и в процессе профессионального роста.

Заключение

Использование рассмотренной SMART системы позволяет максимально освободить преподавателя от выполнения рутинных операций, способствуя, таким образом, увеличению количества времени на индивидуальную работу со студентами.

Все рассмотренные системы являются подсистемами SMART системы, при этом машинной части системы отводится роль формирования и хранения конструкторской, методической документации, а также расчета и хранения показателей успеваемости студентов – индивидуальных и групповых.

Контент всех рассмотренных подсистем является актуальным т.к. периодически обновляется профессорско-преподавательским составом и определяется требованиями ФГОС.

Список литературы

1. Ивлев, А.Н. Программа тестирования по дисциплине «Инженерная графика» / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская, В.И. Нилова // Компьютерные учебные программы и инновации. – 2007. – №4. – С. 58.

2. Терновская, О.В. Программа тестирования по дисциплине «Инженерная графика» раздел «Машиностроительное черчение» тема «Соединения». / О.В. Терновская, В.И. Нилова, И.В. Попов, П.И. Иванищев // Компьютерные учебные программы и инновации. – 2008. – № 9.

3. Программа тестирования по дисциплине «Инженерная графика» раздел «Проекционное черчение» (информационная карта) / А.Н. Ивлев, О. В. Терновская, С. А. Полежаев. – Инв. номер 50201550217 от 22.05.2015.

4. Ивлев, А.Н. Использование информационной системы для повышения эффективности преподавания графических дисциплин / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XVIII международной научно-методической конференции: в 7 т. / под редакцией. А.А. Крыловецкого; Воронеж, Воронежский государственный университет, 8-9 февраля 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно- исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2018. – Т. 7.– С. 234-237.

5. Пат. 177622 Российская Федерация, МПК[7] G 06 F 15/00 Устройство, реализующее функции экспертной системы оценки эффективности методики преподавания [Текст] / Ивлев А. Н., Терновская О. В.; заявители и патентообладатели : Ивлев А. Н., Терновская О. В. – № 2017115102; заявл. 27.04.17; опубл. 02.03.18, Бюл. 7 – 5 с.: ил.

Информационно-технологическое обеспечение высшего образования

С. Р. Каберов, email: sanek11.91@inbox.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора
Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В данной работе рассматривается информационно-технологическое обеспечение учебного процесса обучения как специфическое средство, своеобразный «инструмент» в руках педагога, позволяющий организовать гарантированное достижение учебных задач.*

Ключевые слова: *учебный процесс, информационно-технологическое обеспечение, программно-методический комплекс.*

Введение

В настоящее время, в условиях информатизации высшего образования, насыщения учебного процесса современными информационными и телекоммуникационными средствами, требуется по-новому оценить проблему его всестороннего обеспечения. Это связано с тем, что дидактика как наука не стоит на месте, она постоянно развивается, наполняясь новым смыслом и содержанием.

Если проследить исторический путь разработки и становления различных видов обеспечения учебного процесса в высшей школе, то вполне ответственно можно утверждать, что их рассмотрение напрямую связано с совершенствованием отдельных компонентов методической системы обучения. Особенно эта связь очевидна со становлением различных методов обучения и появлением новых дидактических средств. Так, например, разработка теоретических основ методического обеспечения ассоциируется с бурным развитием в 80 – 90-е годы XX века частных методик обучения, а введение понятий «учебно-методическое» и «программно-методическое обеспечение» – с внедрением в учебный процесс соответственно учебно-методических и программно-методических комплексов (УМК и ПМК) [1].

1. Задачи информационно-технологическое обеспечение учебного процесса

По аналогии информационно-технологическое обеспечение целесообразно рассматривать с позиций широкого использования в

© Каберов С. Р., 2019

образовательном процессе высшей школы информационных средств и информационной продукции учебного назначения, а также современных технологий обучения.

В качестве методологической основы информационно-технологическое обеспечение учебного процесса (ИТОУП) выступает теория дидактического единства содержательной и процессуальной сторон обучения. Согласно данной теории, содержательная и процессуальная стороны обучения неразрывно связаны между собой, они взаимозависимы и взаимодополняемы. Изменение любой из них приводит к изменению другой. С этих позиций информационно-технологическое обеспечение учебного процесса предполагает включение двух составляющих – информационной и технологической.

Информационную составляющую, реализующую содержательный аспект обучения, целесообразно рассматривать в контексте задачи полного и адекватного предоставления обучающимся и педагогу учебной и другого рода вспомогательной информации, способствующей достижению поставленных дидактических целей и обеспечивающей достижение гарантированного педагогического результата. Раньше в условиях информатизации обучения эта задача решалась, как правило, использованием в учебном процессе соответствующих дидактических средств – программных педагогических продуктов. Они специально разрабатывались в интересах реализации определенной методики обучения, или, как свидетельствует педагогическая практика, уже под готовые программные продукты формировалась соответствующая методика их применения. В совокупности методика обучения и поддерживающие ее программные продукты составляли программно-методические комплексы (ПМК), выступающий в качестве основы программно-методического обеспечения. Такой подход и сегодня имеет широкое применение в ряде высших учебных заведений России, но у него есть и ряд серьезных недостатков [2]:

– в условиях информатизации учебного процесса применение ПМК позволяет успешно решать лишь достаточно узкий класс частных дидактических задач, направленных в основном на достижение тактических учебных целей. Это обусловлено изначальной их ориентацией на определенную методику обучения;

– большинство из применяемых сегодня в высшей школе ПМК носит узкоспециальный характер, определяемый методикой проведения отдельных видов учебных занятий в рамках изучаемой предметной области. Это значительно ограничивает возможности их применения за пределами одного вуза;

– ПМК, используемые в интересах изучения одной учебной дисциплины, слабо интегрируются в единую дидактическую систему с целью решения общих (стратегических) задач профессиональной подготовки специалистов конкретного профиля;

– программные продукты, входящие в состав ПМК, часто разрабатываются на разной программно-технической базе, что также существенно затрудняет их системную интеграцию и применение в единой информационной среде вуза;

– в абсолютном большинстве случаев ПМК ориентированы только на компьютерные методы обучения, и поэтому в их состав не включаются такие дидактические средства, как методические разработки и учебные материалы.

Все это свидетельствует о том, что, актуален поиск путей устранения указанных недостатков.

Технологическая составляющая ИТОУП объективно связана с процессом технологизации обучения, происходящим в вузах страны. Сейчас уже недостаточно говорить о хорошей или плохой подготовке выпускников учебного заведения. В настоящее время стоит задача обучения обучающихся с гарантированным качеством, позволяющим им активно реализовывать свои знания, навыки, умения, свой творческий потенциал в условиях будущей профессиональной деятельности. Решение этой задачи может быть обеспечено на базе применения в учебном процессе современных технологий обучения [3].

Рассмотрим, какое место занимает технология обучения в структуре ИТОУП, в чем проявляются особенности ее использования.

Во-первых, технология обучения в рамках названного вида обеспечения выполняет связующую функцию, т.е. является как бы стержнем, вокруг которого формируется необходимая информационная среда, способствующая активному педагогическому взаимодействию преподавателя и обучающихся.

Во-вторых, при ее проектировании педагогом изначально, в соответствии с целями и содержанием обучения, решаемыми задачами и используемыми методами, определяются структура и содержание дидактических комплексов (ДК). В этом случае последний выступает в качестве ключевого элемента технологии и, по существу, служит ее основой.

В-третьих, в рамках информационно-технологического обеспечения, технология обучения рассматривается не как процесс обучения, а как, результат его проектирования и конструирования преподавателем в соответствии с целями и задачами подготовки специалиста с заданными профессиональными качествами личности. В

связи с этим технология обучения в рамках рассматриваемого вида обеспечения может быть реализована в виде технологической карты, которая представляет собой некий паспорт проекта будущего учебного процесса с изначально определенными его основными параметрами, обеспечивающими успех обучения: целеполагание, диагностику, логическую структуру проекта, дозирование материала и контрольных заданий, описание дидактического процесса в виде пошаговой, поэтапной последовательности действий педагога с указанием очередности применения соответствующих элементов ДК, систему контроля, оценки и коррекции.

Заключение

В условиях информационно-технологического обеспечения учебного процесса будет правомерно рассматривать технологию обучения не только как процесс или результат его проектирования (описание, модель), но и как специфическое средство, своеобразный «инструмент» в руках педагога, позволяющий организовать технологическое обеспечение учебного процесса. ИТОУП понимается как дидактическая система, представляющая собой целостное единство функционально и структурно связанных между собой информационной и технологической составляющих, подчиненных единым целям всестороннего обеспечения учебного процесса. Первая составляющая реализуется в учебном процессе в рамках дидактического комплекса информационного обеспечения учебной дисциплины, а вторая – через спроектированную и осуществляемую преподавателем технологию обучения, которая в материализованной форме может быть представлена в виде технологической карты. Системное использование названных составляющих в их взаимосвязи и взаимодействии, с учетом технических и человеческих ресурсов, позволяет педагогу организовывать активное информационное взаимодействие с обучающимися с целью гарантированного достижения дидактических целей.

Литература

1. Архангельский, С.И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы / С. И. Архангельский. – М. : Высшая школа, 1980. – 368 с.

2. Беспалько, В. П. Слагаемые педагогической технологии / В. П. Беспалько. – М.: Педагогика, 1989. – 192 с.

3. Беспалько, В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1995. – 412 с.

Уроки математики с применением информационных технологий

Т. О. Калинина, email: kalinina-t-o@yandex.ru [1]
С. О. Добрикова, email: dobrikova-s-o@yandex.ru [2]
Н. В. Калинин, email: korl111@yandex.ru [3]

[1] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей №15 г. Воронеж
[2] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №74 г. Воронеж
[3] Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей №3 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение мультимедийного сопровождения уроков математики. Подчеркиваются аспекты развивающей эффективности таких уроков за счет переключений на разнообразные виды деятельности.*

Ключевые слова: *информационные технологии, современный урок, мультимедийное сопровождение.*

Введение

Основой современного урока является совместная деятельность, сотворчество учителя и учащихся, которые помогают формированию и развитию у учащихся необходимых компетенций, побуждают к активному познанию окружающей действительности, к осмыслению и нахождению причинно-следственных связей, к развитию логики, мышления, коммуникативных способностей. Уроки математики с применением информационных технологий в большей степени, чем обычные, способствуют развитию речи, формированию умения сравнивать, обобщать, делать выводы. При подготовке к мультимедийному сопровождению урока и в ходе его проведения учитель и ученики работают с различными источниками, самостоятельно ищут, систематизируют, анализируют и отбирают необходимую информацию, преобразовывают, сохраняют и передают её, овладевают науками использования мультимедийных устройств, применяют для учебных задач информационные и телекоммуникационные технологии. Такое обучение не только повышает эффективность урока, но и мотивируют к самовыражению учащихся. Использование различных видов работы поддерживает

© Калинина Т. О., Добрикова С. О., Калинин Н. В., 2019

внимание учеников на высоком уровне, что позволяет говорить о развивающей эффективности таких уроков. Они снимают утомляемость, перенапряжение учащихся за счет переключений на разнообразные виды деятельности, повышают познавательный интерес. Форма проведения мультимедийных уроков нестандартна, увлекательна.

1. Примеры использования мультимедийных технологий

Выбирая форму организации урока, учитель руководствуется необходимостью формировать многомерное осознание и восприятие у ученика, умение творчески подходить к задаче, находить нестандартные варианты решений.

Отличным подспорьем здесь является сопровождение текста задачи готовым чертежом или анимацией. Не секрет, что современные дети, испытывая затруднения при выполнении домашней работы, идут по пути наименьшего сопротивления – заходят на сайты с готовым домашним заданием и бездумно переписывают чужое решение. В этой ситуации я использую прием проверки домашней работы, давая в качестве заданий письменного опроса номера из учебника, которые должны быть отработаны дома. Безусловно, это побуждает более внимательно работать с готовой информацией.

Уроки геометрии бессмысленны без чертежей. Здесь подспорьем является интерактивная доска. Она позволяет выполнять дополнительные построения на готовых чертежах, что существенно экономит время при отработке типовых задач на знание определений и формул. Задания с соотнесением ответа, построение сечений и возможность трехмерного изображения трудно переоценить для понимания задач, где речь идет о комбинации фигур.

Любой урок математики сопровождается устным счетом, который точно так же можно проводить в качестве разминки и с использованием аудиосопровождения- словарные терминологические диктанты для отработки грамотного написания, математические диктанты для восприятия задачи «на слух».

Математика является обязательным предметом, курс изучается на протяжение всего обучения в школе, поэтому объем и насыщенность материалы являются по сравнению с другими предметами самыми большими.

Сопровождение урока мультимедийной презентацией позволяет охватить весь необходимый наглядный материал урока от схем, алгоритмов, сделать самостоятельно наиболее важные выводы. При этом сохраняется возможность для варьирования материала в зависимости от особенностей класса, его подготовленности и тематического плана.

Презентация прочно вошла в школьную жизнь, используется практически на каждом уроке. Она может иметь различные формы, применение которых зависит от целей и задач конкретного занятия и аудитории. Эффективно использовать презентацию как при проведении лекции, так и практического занятия, при проверке знаний в форме самостоятельной работы или тестирования.

По ходу лекции можно поэтапно выводить необходимый материал на экран, рассматривать основные вопросы, возвращаться к повторению наиболее сложных моментов данной темы. В случае использования слайда-задания учитель может организовать обсуждение поставленного вопроса и подвести его итоги. Возможности программы заменить текст, рисунок, просто скрыть ненужные слайды, позволяет настраивать любую имеющуюся презентацию.

Современные средства обучения на основе медиатехнологий могут обладать уникальными свойствами и функциями наглядности, которые способны изменить весь процесс обучения. Цифровые образовательные ресурсы позволяют объединять огромное количество изобразительных, звуковых, условно-графических, видео и анимационных материалов. Наглядные материалы должны отвечать общедидактическим, эргономическим и методическим требованиям, от соблюдения которых может зависеть скорость восприятия учебной информации, ее понимание, усвоение и закрепление полученных знаний. Так, наглядные средства обучения должны быть:

– ориентированы на мотивацию обучения, вызывать интерес и увлекать познавательной деятельностью;

– доступными, то есть соответствовать возрастным особенностям учащихся. Каждому учителю хорошо известно, что школьникам можно давать только такой материал, который они готовы воспринимать;

– содержательными с позиций современной науки и для передачи полноты теоретического материала. Теоретическое изложение наглядного материала позволяет обеспечивать системность, последовательность и прочность усвоения изучаемой темы;

– интерактивными, способными организовывать коммуникативные ситуации. В компьютерных средствах обучения, в технологии которых изначально заложен принцип интерактивности (то есть обратной связи), это требование часто используется на самом простом уровне;

– иллюстративными, когда используется разного вида материалы в трудных для понимания содержания текста. Но здесь надо очень осторожно использовать образность наглядного материала, так как

чрезмерное увлечение представления информации может увести учащихся от основной идеи автора наглядного пособия;

– дозированными, с оптимальным использованием наглядности. Наверное, каждый педагог может привести пример использования готовых средств обучения, в которых огромное количество информации. С одной стороны, это хорошо, но с другой – переизбыток информации может привести и к обратному эффекту. Внимание учащихся может отвлекаться на посторонние детали.

Заключение

Использование мультимедийных технологий на уроке математики является мощным подспорьем не только в изложении учебного материала, отработке знаний и умений, но и при повторении изученного, контроле знаний. Дает возможность осуществлять дистанционное обучение в индивидуальном режиме, если учащийся пропустил занятие или его собственная образовательная траектория опережает деятельность класса.

Следует отметить, что использование информационных технологий на уроках позволяет заменить многие традиционные средства обучения, позволяет поддерживать у школьников интерес к изучаемому предмету, а учителю оперативно сочетать разнообразные средства, экономить учебное время и индивидуализировать процесс обучения. Мультимедийные средства обучения, созданные своими руками, полностью отвечают потребностям конкретного пользователя: класс, слабый или сильный ученик, надомники и пр.

Список литературы

1. Уроки математики с применением информационных технологий : методическое пособие с электронным приложением / Л. И. Горохова [и др.] // Современная школа. – 3-е изд., стереотип. – М. : Планета, 2011. – 272 с.

2. Молянинова, О. Г. Мультимедиа в образовании(теоретические основы и методика использования) : монография / О. Г. Молянинова. – К. : КрасГУ, 2002. – 300 с.

Применение информационных технологий в преподавании русского языка в начальной школе

Е. П. Кистерева, e-mail: katyakistereva@mail.ru

МБОУ «Лицей №15»

Аннотация. *Русский язык является основным предметом в системе обучения младшего школьника. Использование информационных технологий в преподавании русского языка в начальной школе оптимизирует процессы запоминания и понимания у младших школьников, активизирует и мотивирует учебную деятельность, позволяя вывести ее на более высокий уровень, дает возможность индивидуализировать и дифференцировать учебный процесс для подстройки к особенностям каждого конкретного ребенка.*

Ключевые слова: *информационные технологии, начальная школа, русский язык*

Введение

Одним из важнейших направлений развития современной педагогической и методической науки в настоящее время является внедрение новых информационных технологий в сферу обучения русскому языку. Среди других дисциплин в российском образовании русский язык является самой важной. Это не только предмет обучения, но и средство приобретения, хранения и передачи знаний, национальной самоидентичности и нравственности.

В соответствии с новым Федеральным государственным образовательным стандартом формирование личности, свободно владеющей речью во всех ее формах, является основной целью уроков гуманитарного цикла в современной школе. Достижение поставленной цели требует принципиально новых подходов в преподавании курса русского языка в начальной школе [1].

Внедрение новых информационных технологий обучения в учебный процесс позволит интенсифицировать процесс обучения, реализовать в нем идеи развивающего обучения, повысить темп урока, увеличить объем самостоятельной работы обучающихся.

«Особенностями компьютерного обучения являются пошаговость в организации учебного процесса, наличие оперативной обратной связи на основе которой осуществляется и дифференциация обучения, обеспечивается беспрерывный контроль за деятельностью учащихся на

© Кистерева Е. П., 2019

каждом этапе его обучения. Важным компонентом такой организации учебного процесса является управление обучением с помощью компьютера, что приводит к резкому повышению эффективности усвоения материала, активизации мыслительной деятельности учащихся, выработки у них языковой культуры умственного труда, обеспечивающими в конечном счете развитие их речи» [2].

Очевидны преимущества использования информационно-коммуникационных технологий на уроках русского языка в сравнении с обычным традиционным обучением. Во-первых, использование информационно-коммуникационных технологий создает положительное настроение у детей, мотивируя и побуждая к учебной деятельности, поскольку красочная графика привлекает взор детей, создает атмосферу игры и творчества. Во-вторых, дети воспринимают учебную деятельность таким образом, что игровая цель кажется ведущей и ставится на первое место, что дает возможность обучать детей игровыми способами, что особенно актуально для детей младшего школьного возраста. В-третьих, очевидна происходящая интенсификация учебного процесса за счет повышения объема информации и увеличения числа каналов ее воздействия на школьников.

Существуют различные способы, с помощью которых можно встраивать информационно-коммуникационные технологии в уроки русского языка. Рассмотрим некоторые из них:

1) изложение нового материала;

2) закрепление изложенного материала;

3) в самостоятельной деятельности учеников;

4) система контроля и проверки;

5) внеклассные мероприятия и интегрированные уроки и т.д.

Информационные технологии необходимо применять на уроках русского языка так как:

– благодаря им можно организовать самостоятельную, парную и групповую работу на уроках;

– они способствуют совершенствованию навыков и умений учеников;

– процесс обучения становится более индивидуализированным;

– у учеников повышается интерес к процессу обучения;

– они позволяют сделать уроки русского языка более интересными и эффективными;

– развивают также и творческий потенциал у учеников, активизируя процессы развития школьников;

– делают уроки более современными.

Заключение

Новые информационные технологии в процессе обучения – это эффективное сопровождение учебного процесса в виде всевозможных ресурсов и электронных устройств. Также, можно сделать вывод о том, что современные технологии в образовательном процессе являются эффективным дополнением к учебному процессу, поскольку они оснащают урок электронными средствами, ресурсами, программной средой, дополняя учителя и делая уроки более продуманными и полезными.

Использование современных средств в обучении оптимизирует процессы запоминания и понимания у учеников, активизирует и мотивирует учебную деятельность, позволяя вывести ее на более высокий уровень, дает возможность индивидуализировать и дифференцировать учебный процесс для подстройки к особенностям каждого конкретного ребенка.

Грамотное использование широких возможностей компьютерной среды позволяет доступно и эффектно представить необходимую для изучения информацию, заинтересовать детей, привлечь их внимание. Следует отметить, что именно активное использование новых информационно-коммуникационных технологий позволяет максимально эффективно сочетать как устный рассказ педагога, так и необходимую сопровождающую демонстрацию иллюстративного материала.

Литература

1. Тезисы докладов студенческой научной конференции по итогам работы за 2017 год. . – Вып. 22. – Воронеж : Воронежский государственный педагогический университет, 2018. – 464 с.

2. Хахалева, Н. Н. Использование информационно-коммуникационных технологий на уроках русского языка в начальных классах как одно из условий реализации ФГОС / Н. Н. Хахалева // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы – Воронеж : Воронежский государственный педагогический университет, 2018. – С.32-34.

Система корпоративного обучения на основе IDEF0 функциональной модели оформления сделок купли-продажи недвижимости на вторичном рынке

Ю. А. Клепко, e-mail: gumrf79@mail.ru

Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С. О. Макарова

Аннотация. *В работе рассматривается система корпоративного обучения на основе IDEF0 функциональной модели оформления сделок купли-продажи недвижимости на вторичном рынке. В процессе обучения слушатели курсов смогут графически представить и описать функциональные возможности основных подпроцессов, отразить входящие и исходящие информационные потоки, управляющие воздействия и вовлеченные ресурсы.*

Ключевые слова: *корпоративное обучение, информационная система, IDEF-диаграмма, функциональная модель приобретения недвижимости, IDEF0, оформление сделок, купля-продажа, недвижимость, вторичный рынок.*

Введение

В настоящее время на российском рынке широко представлены информационные системы (ИС) поддержки купли-продажи недвижимости: CRM-системы (например Microsoft Dynamics CRM), АИС «Недвижимость» (Элко Технологии), АИС ГП «Центр по недвижимости», REIS (Real Estate Information System), PTIMS (Property Tax Information Management System), ГИС системы - ArcView GIS, ARC/INFO (ESRI), ArcGIS, MapInfo, ЭЛИС: «МЕНЕДЖЕР. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЧЕТ СДЕЛОК», различные порталы и сайты услуг (portal.rosreestr.ru, RussianRealty.ru и др.) [1-2]. Данные ИС позволяют вести базы данных по объектам недвижимости, обеспечивают взаимодействие с клиентами, публикацию объявлений по объектам на различных Интернет-площадках, выполняют управление расчетами по договорам, ведение учета расходов и итогового расчета прибыльности сделок. [3-6].

Однако автоматизация оценки возможности заключения сделки купли-продажи, включая, например, комплексную проверку юридической чистоты объекта недвижимости, в данных системах не реализована [7]. Сбор данных, как правило, осуществляется на

© Клепко Ю. А., 2019

бумажных носителях. В работе предлагается IDEF-диаграмма модели ИС по оформлению сделок купли продажи недвижимости, включающей в себя проверку юридической чистоты квартиры, и систему корпоративного обучения сотрудников. [8] [9]

1. Разработка модели

В рамках модели процесс оформления в многофункциональных центрах (МФЦ) сделок купли-продажи недвижимости на вторичном рынке включает в себя подпроцессы: 1) запрос сведений о юридической чистоте квартиры, 2) подготовка ответа на запрос, 3) проверка указанной в договоре стоимости жилья, 4) подготовка договора купли – продажи для подписания сторонами. (Рисунок)

Основными данными для подготовки ответа на запрос в соответствии с требованиями регламентов предоставления данной услуги МФЦ, а также государственных учреждений, предоставляющих сведения, являются данные, отраженные в:

– выписке ЕГРН, подтверждающей кто является собственником данного объекта на текущую дату, наличие (отсутствие) обременений у объекта;

– документе-основании возникновения права собственности на недвижимость;

– выписке из домовой книги либо единого жилищного документа, подтверждающего кто имеет право пользования объектом;

– справке об отсутствии задолженности по коммунальным платежам;

– паспорте собственника квартиры, доверенности от собственника;

– кадастровом паспорте квартиры (при отсутствии постановки на кадастровый учет);

– дополнительных документах: согласие органов опеки и попечительства и пр.

Содержание ответа на запрос формируется с учетом взвешенной оценки данных и возможности заключения сделки купли-продажи объекта. При формировании ответа синхронно выполняются несколько запросов в различные государственные учреждения на получение данных, производится обработка поступившей информации с последующей ее консолидацией согласно имеющимся требованиям.

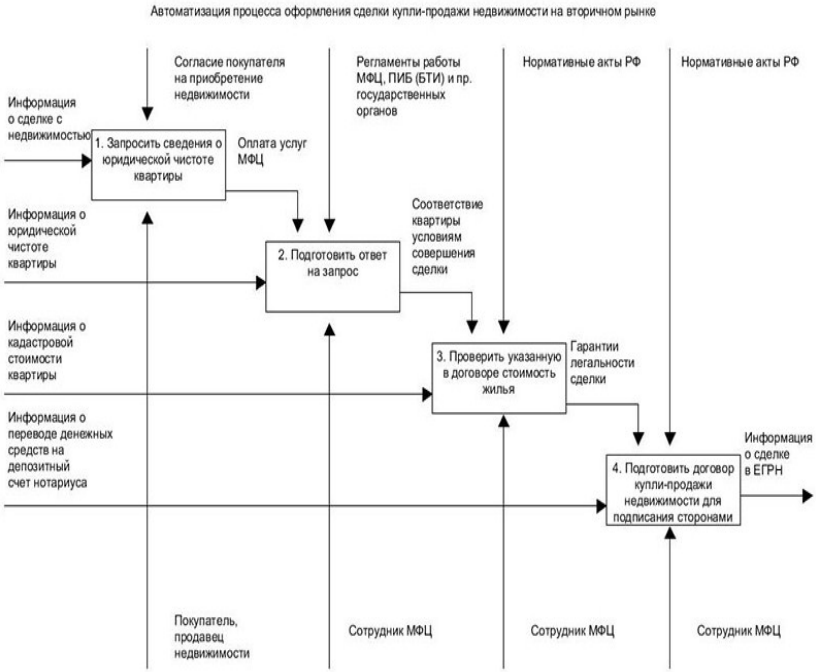


Рисунок. Функциональная модель описания процессов накопления и использования данных в информационной системе

Автоматизированная модель позволяет организовать систему корпоративного обучения оформлению сделок купли-продажи недвижимости [10-11]. В процессе обучения на основе реинжиниринга и анализа модели слушатели курсов смогут графически представить и описать функциональные возможности основных подпроцессов, отразить входящие и исходящие информационные потоки, управляющие воздействия и вовлеченные ресурсы [12-14]. В процессе обучения слушатели: 1) могут моделировать выходные данные - информацию о заключении договора купли-продажи недвижимости, направляемую в ЕГРН, 2) определят и опишут процессы формирования входных данных, которые определяются регламентами ответственных государственных органов, нормативной базой РФ, 3) смогут организовать игровое обучение с учетом основных ролей исполнителей процессов – покупателей, продавцов объектов недвижимости, сотрудников МФЦ, нотариусов [15].

2. Заключение

Система корпоративного обучения на основе IDEF-диаграммы модели информационной системы, осуществляющей консолидацию информации по сделкам с недвижимостью на вторичном рынке, будет полезна работникам агентств недвижимости, сотрудникам МФЦ и нотариальных контор. Корпоративное обучение сбору и обработке информации о купле-продаже недвижимости по принципу единого окна будет способствовать повышению безопасности и прозрачности сделок, снижению уровня мошенничества, гарантированию правильности налогообложения [16].

Литература

1. Лукавый, А. П. Моделирование бизнес-процессов / А. П. Лукавый, Н. Е. Соколов, А. Б. Еловиков. – СПб.: Скифия-Принт. – 2014.
2. Соколов, Н. Е. Информационные системы класса BPMS - эффективный инструмент современного бизнеса / Н. Е. Соколов// Актуальные проблемы экономики и новые технологии преподавания (Смирновские чтения). – СПб. : МБИ, 2012.
3. Гурьева, Т. Н. Применение технологий интеллектуальных систем поддержки принятия решений для динамических процессов / Гурьева Т. Н. Шарабаева Л. Ю. // Современные проблемы и тенденции развития экономики, управления и информатики в XXI веке. – Спб. 2016. – С. 130-133.
4. Абрамян, Г. В. Программные продукты инвестиционного и финансового анализа сферы услуг / Г. В. Абрамян // Экономика и управление в сфере услуг: перспективы развития. – СПб.: ГУП, 2006. – С. 102-106
5. Соколов, Н. Е. Архитектура предприятия / Н. Е. Соколов, В. А. Кокунов, С.В. Солоненко – СПб.: Скифия-Принт, 2014.
6. Шарабаева, Л. Ю. Архитектура предприятия как предмет бизнес-инжинирнга. / Л. Ю Шарабаева, Т. Н. Гурьева // Государство и бизнес. Современные проблемы экономики. РАНХиГС при Президенте РФ. – 2016. – С. 96-100.
7. Абрамян, Г. В. К вопросу о проблеме управления развитием и функционированием общества потребления в условиях информационного общества / Г. В. Абрамян // Общество потребления и современные проблемы сферы услуг. – СПб.: ГУСЭ, 2010. – С. 19
8. Хамхоева, Х. М. Информационная модель интеллектуальной системы навигации маршрутов поиска, дистанционного консультирования и покупок товаров народного потребления /

Х. М. Хамхоева, Г. В. Абрамян / Региональная информатика "РИ-2016". – 2016. – С. 264-265

9. Абрамян, Г. В. Методология формирования и реализации систем интеллектуальной поддержки принятия решения при управлении предприятиями сферы финансов, экономики и образования / Г. В. Абрамян, Г. Р. Катасонова // Перспективы и пути развития образования в России и в мире. Дагестанский ИПКПК. – 2013. – С. 14-21.

10. Абрамян, Г. В. Инновационные технологии нелинейного развития современного образования для подготовки кадров сферы сервиса и экономики в информационной среде / Г. В. Абрамян // Проблемы развития экономики и сферы сервиса в регионе. – СПб.: ГУСЭ, 2012. – С. 188-190.

11. Катасонова, Г. Р. Современные подходы и информационные технологии моделирования управления образовательными процессами / Г.Р. Катасонова, Г. В. Абрамян // Региональная информатика "РИ-2012". – 2012. – С. 238-239.

12. Атаян, А. М. Дидактические основы формирования информационной культуры личности в условиях информатизации общества / А. М. Атаян // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова. – Владикавказ. – 2001. – 177 с.

13. Абрамян, Г. В. Синергетический подход - основа развития ИКТ образования / Г. В. Абрамян // Региональная информатика. – 2008. – С. 197.

14. Абрамян, Г. В. Синергетический подход как основа развития информационно-коммуникационных технологий образования / Г. В. Абрамян // Информационно-коммуникационные технологии: современные особенности и тенденции развития. – СПб.: ГУП, 2007. – С. 4-6.

15. Алборова, С. З. Компьютерные деловые игры как средство развития информационной культуры / С. З. Алборова, А. М. Атаян // Информационные технологии в образовании. – М., 2001. – С. 5-6.

16. Атаян, А. М. Методы оптимальных решений / А. М. Атаян, М. Л. Казарян, Ж. Н. Кцоева // Учебное пособие. – Владикавказ, 2013.

Электронные образовательные ресурсы для оценки качества обучения в современной школе

Л. Н. Копалиани, e-mail: ramaz-kopaliani@yandex.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя общеобразовательная школа № 25 с углубленным изучением отдельных предметов имени Героя Советского Союза Б.И. Рябцева» г. Россоши Россошанского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *Любой урок, включающий в себя элементы контроля знаний, в наше время немыслим без тестирования, которое является неотъемлемой частью подготовки к ЕГЭ. Каждый учитель математики хотя бы раз задумывался о выборе электронной среды для тестирования учащихся. В настоящее время существует много электронных изданий, которые можно использовать для закрепления и повторения изученного материала с учетом уровня развития детей. В данной статье пойдет речь о таких образовательных ресурсах.*

Ключевые слова: *оценка качества обучения, образовательные ресурсы, сайт http://uztest.ru, онлайн-тесты, индивидуальный подход.*

Введение

Одним из приоритетных направлений модернизации образования становится сегодня совершенствование контроля и управления качеством образования. Поэтому возникла необходимость в новой модели обучения, построенной на основе современных информационных технологий, которые не только облегчают доступ к информации, но и позволяют по-новому выстроить всю образовательную систему.

Любой урок, включающий в себя элементы контроля знаний, в наше время немыслим без тестирования, которое является неотъемлемой частью подготовки к ЕГЭ. Каждый учитель математики хотя бы раз задумывался о выборе электронной среды для тестирования учащихся. Такая форма контроля как тесты дают возможность заметно улучшить образовательный процесс, так как обладают рядом преимуществ перед другими методами контроля знаний; являясь обязательной частью многих педагогических новаций, они снижают затраты на проверку знаний, помогают выявить индивидуальный темп обучения, а также пробелы в текущей и итоговой подготовке [2].

© Копалиани Л. Н., 2019

1. Электронные образовательные ресурсы

Контроль знаний учащихся является составной частью процесса обучения. Одной из форм контроля является тестирование.

В настоящее время существует множество электронных образовательных ресурсов, которые можно использовать для закрепления, повторения и контроля изученного материала с учетом уровня развития детей [1] .

Организация самостоятельной работы учащихся, должна быть направлена на пробуждение активности обучаемого и сохранение его индивидуальности при обучении. Интерактивные тесты, созданные на сервисе «Дневник.ру» в модуле «Тесты», позволяют это сделать.

Тест можно опубликовать – дать возможность пройти тест другим пользователям. Настройки модуля «Тесты» позволяют сделать публикуемый тест доступным как пользователям Дневник.ру, так и другим пользователям сети Интернет. Существует возможность формировать отчеты о результатах прохождения тестов. По своему назначению тесты могут быть учебными или развлекательными. По организатору – школьными и глобальными.

Тестовый контроль с помощью компьютера предполагает возможность быстрее и объективнее, чем при традиционном способе, выявить знание и незнание обучающихся. Этот способ организации учебного процесса удобен и прост для оценивания в современной системе обработке информации [2].

На уроках математики в качестве проверки знаний также использую тесты, созданные в программе iSpring QuizMaker. Нормы выставления оценок оговариваются с учащимися класса заранее. Учитываются индивидуальные особенности каждого ребенка. На уроках увеличивается объем самостоятельной работы. Оптимально используются новые компьютерные технологии.

Программа iSpring QuizMaker позволяет создавать тесты разного уровня сложности, что позволяет осуществлять разноуровневый подход к обучению математики. Можно создавать тесты, используя разные типы вопросов, в том числе выбор одного правильного ответа, задания на установление последовательности, вопросы на соответствие, ввод строки и другие.

iSpring QuizMaker помогает создавать математические тесты с графиками, формулами и изображениями. Эта программа позволяет создавать множество различных тестов с помощью функции случайной выборки вопросов из набора заданий. Достаточно ввести набор вопросов по теме, и iSpring QuizMaker сгенерирует тест, выбирая необходимое количество случайных вопросов из заданного набора,

также программа даёт удобную возможность экспорта тестов в Microsoft Word, что позволяет создать его бумажную копию для проведения тестирования в классе (на бумажной основе). Программа iSpring QuizMaker – идеальный конструктор тестов для контроля уровня знаний учащихся.

В настоящее время существует множество сайтов, которые являются оболочками, для создания своих индивидуальных тестов. Одним из таких является образовательный ресурс, который я использую уже несколько лет, это сайт http://uztest.ru, он организован в виде виртуального кабинета учителя, в нём размещены информационные ресурсы и интерактивные сервисы для подготовки и проведения занятий по математике. Его использование может повысить мотивацию учения, позволяет ученику работать индивидуально в своём темпе, а учителю даёт возможность оперативно проконтролировать и оценить результаты обучения, а при необходимости и дать консультацию дистанционно. Вопросы для теста выбираются из всей базы на сайте, можно установить дату и время открытия и закрытия теста (тест доступен для решения учениками от времени открытия до времени закрытия). Можно установить время показа результатов теста ученику: сразу после решения теста или после даты закрытия теста или вообще не показывать. Во время выполнения теста ученик может менять свои ответы. Учитель может написать вступление к тесту – какие-то комментарии для учащихся. Для выполнения теста можно выбрать весь класс или несколько человек. Учитель имеет возможность посмотреть демо-версию составленного им теста.

На сайте uztest.ru можно создать тест практически по любому разделу школьной математики, для этого имеется множество задач, уникальных, не опубликованных в учебниках и задачниках. Программа автоматически формирует индивидуальные задания для каждого ученика, согласно заданным учителем условиям. Результаты выполнения работ учитель видит на своём компьютере, также он может войти в личный кабинет любого ученика и наблюдать за его работой и ошибками. Если это необходимо, учитель может ответить на вопросы своих учеников или дать консультацию дистанционно.

Программа MS PowerPoint позволяет создавать как проверочные тесты, так и обучающе-контролирующие ресурсы. Может содержать как слайды с заданиями (с единственным или множественным выбором), так и информационные слайды.

Презентация-тест – это презентация, которая представляет собой тест с выбором ответов. Главная особенность такой презентации состоит в том, что каждый вариант ответа оформляется на слайде в виде

гиперссылки, и в зависимости от того, правильный или ошибочный вариант ответа выбрал ученик, осуществляется переход на один слайд, неправильному ответу- на другой слайд.

В любой момент разработки теста можно добавлять или удалять слайды с заданиями и информационные слайды, произвольно менять их порядок следования. Количество вариантов ответов для выбора – от двух до шести и может быть разным на разных слайдах. Ведется учет времени, затраченного на прохождение теста, которое можно ограничить, включив таймер обратного отсчета. Время на информационных слайдах можно остановить. До истечения времени тестирования можно вернуться к предыдущим слайдам и исправить ответ.

Предусмотрена возможность вывода подробных итогов тестирования в скрытый текстовый файл, что позволяет проконтролировать результаты тестирования не только на рабочем месте, но и удаленно через локальную сеть, с последующей автоматической их обработкой и обобщением с помощью «Менеджера тестирования».

Заключение

Таким образом, выполнение учащимися тестовых заданий и последующий их анализ учителем способствуют творческому росту педагога, так как требуют от него поиска новых подходов в обучении и особенно в индивидуальной работе.

Современное образование отказывается от традиционного представления результатов обучения в виде знаний, умений и навыков. Также изменяются и технологии обучения, внедрение электронных ресурсов открывает значительные возможности расширения образовательных рамок по каждому предмету в общеобразовательном учреждении. Информационные технологии на уроках математики в условиях введения ФГОС предполагают индивидуальный подход ко всем учащимся, позволяют организовать работу в уровневых группах, в парах. Использование образовательных ресурсов в учебном процессе предполагает повышение качества образования – одной из насущных проблем для современного общества.

Литература

1. Дворецкая, А. В. О месте компьютерной обучающей программы в когнитивной образовательной технологии / А. В. Дворецкая // Педагогические технологии. – 2007. – №2.

2. Селевко, Г. К. Педагогические технологии на основе информационно-коммуникационных средств / Г. К. Селевко. – М. : НИИ школьных технологий, 2005. – 208 с.

Применение информационных технологий в профессиональном образовании

А. А. Корнев, email: boltnev_i@mail.ru

ГБПОУ ВО «ВПТ»

Аннотация. Аннотация. *В данной статье рассматривается актуальная задача повышения профессиональной квалификации (компетенции) выпускников СПО, в соответствии с ФГОС 4 поколения, на примере применения информационных технологий при преподавании дисциплины «Устройство автомобилей».*

Ключевые слова: Ключевые слова*: «Устройство автомобилей», информационные технологии, профессиональная компетентность.*

В современном мире образование неотъемлемо связано с развитием общества, его конкурентоспособности, необходимо, чтобы дипломники были востребованы на отечественном и мировом рынке специалистов. Поэтому студентов-выпускников, которые были победителями олимпиад математики, информатики стараются заполучить крупнейшие технологические фирмы за рубежом. Одной из них является кремниевая долина в США, на территории которой располагаются 10 компаний. Например, компания Google предлагает годовую зарплату за подписание контракта на сотрудничество. Чтобы удержать штат работающих в данной компании, они вынуждены предоставлять льготы по сравнению с конкурентами. Например, в компании Google можно посещать бесплатно тренажерные залы (в свободное от работы время), в течение дня пользоваться буфетным способом подачи пищи, так называемым шведским столом, причем еду можно брать в любом количестве и, даже, домой. Немаловажно, что в меню представлены пять кухонь мира, включая русскую. Значит и в настоящее время происходит утечка мозгов.

В связи с этим приняты новые образовательные стандарты, включая среднее профессиональное образования (ФГОС СПО нового поколения), которые делают акцент на получение студентами не только профессиональных знаний, но умения принимать решения в нестандартных ситуациях, работать в коллективе и, самое главное, владеть информационными технологиями.

Согласно перечню групп профессий и специальностей среднего профессионального образования в первый десяток входят

© Корнев А. А., 2019

«Информационные и коммуникационные технологии» и «Обслуживание транспорта и логистика», что вполне закономерно в наш информационный век. По телевизору мы видим, как в Китае презентовали первого робота-ведущего новостей, появление российских беспилотных автомобилей, роль водителей в которых будет брать на себя искусственный интеллект, а также летающих автомобилей, электромобилей, привыкли ежедневно пользоваться услугами интернет для общения, для оплаты коммунальных услуг, для заказа билетов, не говоря об интернет-магазинах, интернет-музеях. Даже пенсионеры должны зарегистрироваться на портале государственных услуг Российской Федерации. Поэтому в 2014 году «Ростелеком» и Пенсионный фонд Российской Федерации подписали соглашение о сотрудничестве в сфере обучения пенсионеров компьютерной грамотности. Эксперты прогнозируют, что к 2030 году на дорогах будут кататься автомобили с полностью компьютерным управлением, а также все автомобили будут связаны между собой дорожной структурой в единое целое.

Из всего вышеизложенного следует, во-первых, в скоростной век автомобилей без профессии автомеханика не обойтись, во-вторых, в век информационных технологий нельзя не пользоваться компьютерами и интернет. Мне очень повезло, что при проведении занятий я могу совмещать технологии мультимедиа со знанием устройства и ремонта автомобилей. Я преподаю в Воронежском политехническом техникуме более 10 лет, в последние годы веду курс «Устройство автомобилей». И только в прошлом году я остро ощутил потребность разнообразить уроки с помощью информационных технологий. Причем вначале вспомнил слова знаменитого биолога и физиолога, нобелевского лауреата, академика И.П. Павлова, что лучший отдых – это смена вида работы, потом на ум пришла и фраза К.Д. Ушинского: «Дитя требует деятельности беспрестанно, а утомляется не деятельностью, а ее однообразием».

Например, в начале года все студенты с интересом слушают лекции, выполняют практические задания, стараются ответить на тесты, а в следующем семестре не все студенты работают с полной отдачей, некоторые стараются просто высидеть положенные пары.

В прошлом году на просторах сети интернет нашел на https://www.youtube.com видеофайлы по ремонту автомобилей, затем «Открытую образовательную модульную мультимедийную систему (ОМС)» (http://fcior.edu.ru), и стал использовать интерактивные задания, контрольные и практические работы данного ресурса. В результате смог разнообразить лекции не только презентациями. Сейчас большую часть

презентаций создают студенты старших курсов, потому что имеют автомобили, компьютеры, смартфоны, желание показать свои успехи в ремонте автомобиля, а также проявить знания при работе с программой MS Powerpoint. В ноябре я провел интегрированный урок в игровой форме на проверку знаний по пройденному материалу по принципу телевизионной игры «Самый умный». Студенты группы были разделены на 2 команды, всего было два тура. Общее количество вопросов – 40, причем вопросы оценивались разным количеством баллов (от 50 до 300). Ни сразу все студенты включились в данную форму проведения занятия, но результатом стали высокие баллы, набранные каждой из команд и положительные эмоции студентов.

На собственном опыте могу утверждать, что внедрение ИКТ позволяет разнообразить формы проведения уроков, повышает творческую активность студентов, активизирует их познавательную деятельность, обеспечивает наглядность и доступ к электронным книгам, повышает качество и эффективность обучения. Если иметь мобильный компьютерный класс, то можно говорить о дифференцированных заданиях, об индивидуальной работе студентов. А за всем этим, необходим высокий профессионализм преподавателя, энтузиазм в работе, колоссальный труд.

В настоящее время разрабатываю электронную рабочую тетрадь, задания из которой можно выполнять на занятиях всей группой, демонстрируя их на компьютере, или индивидуально, пользуясь документом на бумажном носителе.

Никогда не испытывал комплекса по поводу возраста, поскольку считал, что с возрастом человек приобретает опыт, профессиональную компетентность. Сейчас же ощущаю потребность в помощи более молодых педагогов при создании сайта и обучающих пособий по устройству и ремонту автомобилей с применением анимации, выполненной в профессиональных программах. Есть такая избитая фраза: "Современным детям нужны современно образованные педагоги" – но она как никогда актуальна на сегодняшний день.

Заключение

Хочу закончить статью цитатой: «Основной целью профессионального образования является подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной

мобильности; удовлетворению потребностей личности в получении соответствующего образования».

Список литературы

1. Миронова, Н.О. Роль педагога в личности ребенка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://урок.рф/library/rol_pedagoga_v_lichnosti_rebenka_130420.html

2. Румянцева, Н.Л. Образование в России: стратегии развития / Н. Л. Румянцева // Материалы Всероссийской научной конференции «Стратегии России в историческом и мировом пространствах». – Москва, 5 июня 2009 г. – Москва, 2009. – 576 с.

Применение программы Microsoft Excel в введение документации педагога-психолога в школе

О. Е. Кузьмина, e-mail: klimkuz@mail.ru

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 69 г. Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается применение программы Microsoft Excel при использовании электронного рабочего журнала как основного рабочего документа педагога-психолога образовательного учреждения. Рабочий журнал показывает широкому кругу читателей эффективные приемы структурирования деятельности психолога, определяет оценку непосредственной нагрузки, объемные показатели выполнения различных видов работ специалистом.*

Ключевые слова: *электронный журнал учета работ, электронные таблицы, статистический анализ, программа Microsoft Excel, документация педагога-психолога*

Введение

На современном этапе развития образования ни одна школа не обходиться без психологической службы. Сегодня никого не удивляет присутствие психолога в школе, обращение к нему стало привычным как для детей, так и для педагогов и родителей.

Использование информационно – компьютерных технологий становится неотъемлемой частью образовательного процесса. Учителя предметники используют ИКТ для развития познавательного интереса у обучающихся к предмету, для наилучшего усвоения ЗУН. Так и психологи не остались в стороне. Внедрение современных компьютерных технологий в школьную психологическую практику позволяет сделать работу психолога более продуктивной и эффективной. При этом использование ИКТ органично дополняет традиционные формы работы школьного психолога, расширяя возможности организации взаимодействия психолога с другими участниками образовательного процесса.

1. Описание работы в электронном журнале

Очень важной и часто проблемной для педагогов – психологов является фиксация результатов психологической работы в журнале

© Кузьмина О. Е., 2019

учета видов деятельности. Некоторые педагоги-психологи заводят отдельные тетради на каждый вид деятельности. Благодаря электронному журналу педагог – психолог может заносить данные о проделанной работе, которые автоматически распределяются по разным направлениям. Кроме того, информация подлежит автоматическому подсчету и ее можно быстро распечатать, если это необходимо.

С помощью программы Microsoft Excel можно создавать разные по сложности виды отчетов, как графические, так и текстовые. Электронный журнал может являться основной рабочей документацией педагога-психолога, позволяющей не только структурировать деятельность психолога в образовательном учреждении в целом, но и определить непосредственную нагрузку специалиста, оценить объемные показатели выполнения всех видов работ. Рабочий журнал охватывает основные виды деятельности психолога образования.

Рабочий журнал создавался на основе «Рабочего журнала психолога образовательного учреждения» кандидата психологических наук М.М.Семаго. Апробация данной версии журнала с 2018-20189 учебного года проходит во всех школах г. Воронежа.

В основу рабочего журнала легли нормативные документы по организации деятельности службы практической психологии Министерства образования РФ.

В журнал включены следующие виды работ:

– групповая и индивидуальная диагностическая работа;
– индивидуальные и групповые консультации;
– профилактическая и просветительская работа;
– индивидуальная и групповая коррекционно-развивающая работа;
– методическая и экспертная работа.

Кроме того, отдельно в журнале есть статистический отчёт, включается список программ и методик.

Как работать с журналом ?

1. Диагностическая работа.

Слева – таблица групповой диагностики, где заполняются графы: дата проведения, время, количество участников, состав участников – обучающиеся, родители и сотрудники. Далее указывается класс(если обучающиеся) и методика диагностической работы. Опытные пользователи могут сделать ссылку со страницы «Список методик».

Справа – таблица индивидуальной диагностики, там так же заполняются графы даты, времени консультации, данные участника (можно код для сохранения конфиденциальности), класс, в графах «обучающийся». «родитель», «сотрудник» отмечается количество

участников (так как это индивидуальная диагностика, то это цифра «1»). Далее – код обращения, который является основанием для выбора диагностического направления. Мной использовались здесь следующие коды и сокращения:

ПО – проблемы общения

ПП – проблемы поведения

АП – агрессивное поведение

Кф – конфликты

ТО – трудности обучения

ОМ – особенности мотивации

КП – профориентация

ПА – проблемы адаптации

ЭП – эмоциональные проблемы (тревожность)

В конце – характеристика диагностики.

Внизу таблиц подсчитывается количество участников диагностической работы по категориям, которое потом автоматически переносится в статистический отчёт.

2. Консультативная деятельность.

Данная таблица предназначена для фиксации индивидуальных консультаций. Сначала заполняются графы: дата консультации, время, код обращения. Используются следующие коды:

ПО – проблемы общения

ПП – проблемы поведения

АП – агрессивное поведение

Кф – конфликты

ТО – трудности обучения

ОМ – особенности мотивации

КП – профориентация

ПА – проблемы адаптации

ЭП – эмоциональные проблемы (тревожность)

Пэф – профилактика эмоционального выгорания (для сотрудников).

Далее в соответствующей графе указывается фамилия или код обратившегося, цифрой «1» или более отмечается, с кем проводится консультация – обучающийся, родитель или сотрудник ОУ. так же отмечается характеристика консультации, основная тематика. Примечания.

Внизу таблицы ведётся подсчёт количества консультаций обучающихся («О») родителей («Р»), сотрудников («С»). Эти данные автоматически переносятся в статистический отчёт.

3. Просветительская и профилактическая работа.

Данная таблица фиксирует просветительскую и профилактическую работу. Сначала фиксируются дата, время мероприятия. Затем из списка выбирается форма мероприятия: классный час, тренинг, семинар, круглый стол, родительское собрание, педсовет. Затем указывается тема мероприятия, класс (кроме сотрудников), количество участников в соответствующей графе (обучающиеся, родители, сотрудники), количество мероприятий («1») для статистики, примечания. Внизу таблицы автоматически подсчитывается количество участников и количество мероприятий. Эти данные автоматически переносятся в статистический отчёт.

4. Индивидуальная коррекционная/развивающая работа.

Фиксируются дата, время занятий, фамилия или код участника, количество консультаций («1»), программа занятий, тема занятия. Внизу таблицы подсчитывается количество индивидуальных занятий. Эти данные автоматически переносятся в статистический отчёт.

5. Групповые коррекционные/развивающие занятия.

Фиксируются дата, время занятий, класс, количество участников, количество занятий, программа занятий, тема занятия. Внизу подсчитываются количество участников и количество занятий.

6. Методическая и экспертная деятельность.

Фиксируется участие в психолого-медико-педагогических консилиумах, комиссиях, административных совещаниях по принятию каких-либо решений, требующих психологического разъяснения ситуации, посещение и анализ уроков занятий. В таблице отмечаются дата, время, содержание работы и количество участников.

7. Статистический отчёт.

В таблице автоматически фиксируются статистические данные по основным направлениям деятельности. данные о коррекционно-развивающем направлении вносятся вручную.

8. Список методик.

В таблицу заносятся все используемые в работе психодиагностические методики.

9. Список программ.

В таблицу заносятся все используемые коррекционные и развивающие программы со всеми выходными данными.

Заключение

Таким образом, полноценное осуществление педагогом-психологом профессиональной деятельности сегодня невозможно без использования ИКТ. От этого зависит мобильность, своевременность и эффективность работы психолога.

Можно выделить основные результаты применения электронного журнала, благодаря использования его происходит оптимизация работы психолога за счет сокращения рутинных и трудоемких операций при подготовке документов, статистических отчетов, введение его упрощает подсчет количественных результатов по различным направлениям работы психологической службы школы.

Список литературы

1. Семаго, М. М. Рабочий журнал педагога-психолога / М. М.Семаго. – М. : Сфера, 2015. – 160 с.

2. Сизанов, А. Н. Рабочий журнал педагога-психолога / А. Н. Сизанов, С. А. Литвин. – Мозырь : ООО ИД «Белый Ветер», 2005. – 122 с.

Новый тип учебного пособия для подготовки ИТ-специалистов

С. Д. Кургалин, email: kurgalin@bk.ru
С. В. Борзунов
Т. А. Чуракова

Воронежский государственный университет

Аннотация. *Работа посвящена опыту создания учебного пособия нового типа по линейной алгебре и аналитической геометрии. Пособие отличают ориентированность на практическое применение знаний и на формирование компетенций в области решения реальных вычислительных задач.*

Ключевые слова: *учебное пособие, высшее образование, образовательный процесс, линейная алгебра, аналитическая геометрия, информационные технологии.*

Бурное развитие информационных технологий (ИТ) предъявляет особые требования к подготовке молодых специалистов в этой области. Одновременно с быстрым ростом мощности современных вычислительных систем растет и сложность научно-технических задач, решаемых для нужд науки, промышленности и экономики. В связи с этим необходимым условием подготовки кадров в области ИТ является фундаментальное знание математических основ методов решения таких задач.

К важным разделам математики, идеи и результаты которых используются при создании информационных систем и в крупных бизнес-проектах, следует отнести линейную алгебру и аналитическую геометрию.

Базовыми понятиями алгебры являются числовые матрицы и методы работы с ними – матричные алгоритмы. Они находят широкое применение в научно-технических задачах и в проектах игровой индустрии. Взрывное развитие игровых технологий, концепций дополненной и альтернативной реальности привело к необходимости уделять в университетском курсе геометрии особое внимание методам аналитической геометрии, свойствам фигур в трёхмерном пространстве и быстрым алгоритмам работы с двух- и трёхмерными объектами.

Еще одна перспективная область применения алгоритмов линейной алгебры получила стремительное развитие буквально в последние

© Кургалин С. Д., Борзунов С. В., Чуракова Т. А., 2019

несколько лет – это Big Data. Анализ предельно больших массивов данных требует применения не только известных методов, но и ставит задачу разработки новых подходов и эффективных алгоритмов.

В связи с вышесказанным возникает необходимость создания новых типов учебных пособий для традиционных математических курсов, учитывающих повышение уровня используемых информационных технологий и необходимость обеспечения эффективности подготовки современных специалистов. Будущие специалисты в области ИТ-сферы, начиная уже с первых курсов обучения, должны получать компетенции, связанные с применением компьютерных технологий для решения практических задач.

На кафедре цифровых технологий факультета компьютерных наук Воронежского государственного университета предпринята попытка создания такого пособия [1]. Его отличают ориентированность на практическое применение знаний и на формирование компетенций в области решения реальных вычислительных задач. Учебное пособие является введением в линейную алгебру и аналитическую геометрию, читаемые на естественно-научных факультетах вузов, и включает в себя основные темы курсов «Алгебра и геометрия», «Аналитическая геометрия» и «Фундаментальная и компьютерная алгебра», которые преподаются для студентов первого курса факультета компьютерных наук. Оно предназначено как для обеспечения теоретической подготовки (в качестве дополнения к известным учебникам), так и может быть использовано при проведении практических занятий, а также для самостоятельной работы при освоении программ учебных курсов. Авторы стремились сделать изложение материала максимально доступным, не теряя при этом строгости в формулировках определений и теорем.

Заметим, что в пособии даются фундаментальные основы алгебры и геометрии в научно-методической форме, наиболее подходящей для курсов подготовки будущих ИТ-специалистов. Рассмотрены базовые алгоритмы работы с матрицами, векторами, системами линейных уравнений. Теоретический материал содержит решения основных типов задач и дополняется большим количеством подробно разобранных примеров. В конце каждой главы приведены задачи для самостоятельной работы.

В качестве языка программирования использован высокоуровневый язык Си. Его выбор связан с тем, что это язык общего назначения, широко доступный и используемый для разработки программ численных вычислений.

Отличительной особенностью пособия является его направленность на применение в учебном процессе факультетов, ведущих подготовку специалистов в области информационно-коммуникационных технологий. Помимо разделов, традиционно включаемых в курсы алгебры и геометрии, одна из глав пособия посвящена математическим основам одного из современных разделов криптографии, а именно, криптографии эллиптических кривых. Наличие данного раздела послужит связующим звеном между математическими курсами и методами, применяемыми в практической деятельности разработчика программного обеспечения.

В настоящее время создается второе издание этого учебного пособия, в котором значительно увеличивается число алгоритмов, используемых для иллюстрации, а в качестве языка программирования используется Python. Это позволит знакомить обучающихся с методами решения практических задач уже на первоначальном этапе освоения материала. Выбор языка Python обусловлен тем, что он является универсальным современным языком программирования общего назначения, подходящим для реализации численных алгоритмов. Язык Python постоянно развивается, многие его реализации являются программным обеспечением с открытым исходным кодом. Он широко распространен, обладает средствами автоматической проверки ошибок в программном коде. Наличие большого количества дополнительных библиотек значительно расширяет возможности программиста. Таким образом, этот язык вполне подходит для обучения методам анализа и программирования алгоритмов линейной алгебры и аналитической геометрии.

В пособии переработаны разделы задач для самостоятельной работы, ко многим из них приводятся не только полные ответы, но также даются развернутые решения, что поможет обучающимся во внеаудиторной работе с пособием.

Создание нового типа учебника для традиционного математического курса с большим числом примеров алгоритмов основывается на имеющемся у авторов опыте создания аналогичных учебников по другим важным для будущих программистов курсам – дискретной математике [2] и параллельному программированию [3,4]. Был выпущен расширенный перевод учебника по дискретной математике на английском языке [5].

Издание учебного пособия, переработанное и дополненное с учетом представления важнейших алгоритмов на современном, активно развивающемся языке Python, позволит, как мы надеемся, повысить уровень подготовки специалистов в ИТ-области.

Список литературы

1. Борзунов, С. В. Основы линейной алгебры и аналитической геометрии : учебное пособие / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин, Т. А. Чуракова. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. – 118 с.

2. Борзунов, С. В. Задачи по дискретной математике / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2016. – 528 с. – (Серия: Учебная литература для вузов).

3. Борзунов, С. В. Практикум по параллельному программированию / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин, А. В. Флегель. – Санкт-Петербург : БХВ, 2017. – 236 с. – (Серия: Учебная литература для вузов).

4. Борзунов, С. В. Суперкомпьютерные вычисления: практический подход / С. В. Борзунов, С. Д. Кургалин. – СПб. : БХВ, 2019. – 256 с. – (Серия: Учебная литература для вузов).

5. Kurgalin, S. The Discrete Math Workbook : A Companion Manual for Practical Study / S. Kurgalin, S. Borzunov. – Springer International Publishing, 2018. – 485 p. – (Series: Texts in Computer Science).

Формирование электронной информационно-образовательной среды поддержки деятельности обучающихся в ВУЗе

С. П. Кухаренко, email: serp@rambler.ru
О. Л. Дзюбенко, email: enot1881@mail.ru
Д. Н. Смирнов, email:48dimka54@mail.ru
Д. А. Клюев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *В статье рассматривается определение состава электронного учебно-методического комплекса в учреждениях высшего профессионального образования.*

Ключевые слова: *учебно-методический комплекс, дидактические единицы.*

Интенсификация умственного труда может вызвать переутомление участников учебного процесса и, как следствие, потерю интереса к процессу образования. Вероятность такого отрицательного эффекта внедрения ИКТ особенно велика для военных высших учебных заведений. Так, например, возросшая роль информационно емких фундаментальных наук, обеспечивающих конкретно-содержательные специальные знания, обусловила некоторое сокращение бюджета времени на изучение общепрофессиональных дисциплин. В то же время информационная емкость основных программ общепрофессиональных дисциплин высшего профессионального образования существенно возросла. Основной идеей создания в учреждениях высшего профессионального образования методики современной электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является создание такой информационной среды, которая способна интенсифицировать учебный процесс с помощью компьютерных информационных источников, электронных библиотек, видео- и аудиотек, книг и учебных пособий. Учитывая специфику высших военных учебных заведений, совмещающих образовательную и военную служебную деятельность, а также сокращение бюджета времени на изучение общепрофесиональных дисциплин, нетрудно предположить повышенную утомляемость курсантов на занятиях.

© Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Клюев Д. А., 2019

Поэтому разработка ЭИОС существенно интенсифицируют образовательный процесс общепрофессионального цикла дисциплин, безусловно, требуют научно обоснованной организации умственного труда всех участников. Поэтому сценарии обучающих программ, входящих в состав современных ЭИОС обязательно должны содержать элементы управления.

Состав электронного учебно-методического комплекса в учреждениях высшего профессионального образования определяют в процессе его проектирования на основе модели содержания учебного материала, руководствуясь методом последовательного обучения по уровням усвоения [1-3]. Система ЭИОС должна предусматривать определенную последовательность применения различных составляющих учебных комплексов, а именно: учебное пособие, автоматизировнный учебный курс (АУК), тренажеры, пакет прикладных программ (ППП), показанные на концептуальной схеме рисунка.

Рисунок. Концептуальная схема системы ЭИОС

Учебное пособие является обязательным компонентом комплекса. Его учебный потенциал заключен в обычном чтении текста. В учебное пособие входят учебные тексты с графическими иллюстрациями, рекомендации по применению комплекса для преподавателей и курсантов, описание и набор задач для тренажеров и учебных пакетов прикладных программ (ППП). Содержание учебных текстов определяют структуру и перечень учебных элементов УЭ (модулей), вид описания.

Рекомендации по применению содержат возможные схемы использования комплекса (на аудиторных занятиях, при самоподготовке, при самостоятельном изучении темы и т.п.), инструкции по эксплуатации и поддержанию программно-информационного обеспечения. Описание задач включает формулировку и описание типовых задач, сборники задач для обеспечения многовариантной учебной работы, рекомендации по модификации и расширению сборников задач [4].

Обязательным компонентом учебного комплекса является также АУК или набор автоматизированных курсов. АУК включает структурированную информацию и систему упражнений для осмысления и закрепления учебного материала после изучения пособия. Форма, содержание и тип упражнений, разрабатываемых для АУК, в существенной мере определяются показателями последовательного обучения по уровням усвоения, о чем будет сказано ниже. Необходимо иметь в виду, что возможности АУК, особенно для технических дисциплин, ограничены преимущественно репродуктивным типом обучения из-за отсутствия в инструментальных авторских системах средств для математического моделирования. Поэтому целесообразно планировать АУК в основном для осмысления и запоминания теории.

Тренажеры не являются обязательными компонентами комплекса. Они необходимы только для тех учебных элементов, для которых требования репродуктивной деятельности курсантов не могут быть выполнены с помощью АУК. Комплекс может содержать несколько тренажеров. Основное их назначение – формирование и развитие практических умений и навыков, ускоренное накопление профессионального опыта. Тренажеры основаны на математическом моделировании объектов и процессов, для них пока не существует универсальных инструментальных средств. Поэтому процесс разработки тренажеров – это весьма трудоемкое дело. Однако их обучающий потенциал весьма высок. Иногда тренажеры используют и для развития творческих способностей, профессиональной интуиции, т.е. усвоения материала на уровне продуктивно-творческой деятельности.

Особое место в учебном комплексе занимают учебные пакеты прикладных программ (ППП). Диапазон их применения достаточно велик: от решения типовых задач по данной дисциплине до поисковых междисциплинарных исследований. Особенно велика потребность компьютерных средств решения этих частных задач в ходе курсового и дипломного проектирования, когда общая задача имеет комплексный характер и решается с помощью декомпозиции на ряд частных задач,

относящихся к различным темам и дисциплинам. Поэтому целесообразно иметь в составе учебных комплексов для общепрофессионального цикла дисциплин такие ППП, которые позволяли бы (в отличие от тренажеров, имеющих заранее подобранный набор задач) решать задачи по теме комплекса, сформулированные самим обучаемым.

Анализ состава компьютерных систем учебного назначения, разрабатываемых в международной практике электронного обучения (e-Learning), позволяет выделить основные этапы проектирования полидисциплинарной ЭИОС применительно к общепрофессиональному циклу, а именно [5]:

– построение модели содержания учебного материала, с учетом междисциплинарных связей;

– формирование модели освоения учебного материала, с учетом специфики образовательного процесса в высших военных учебных заведениях;

– определение состава комплекса;

– написание рукописи учебного пособия;

– подготовка АУК;

– разработка сценариев для тренажеров;

– построение сценариев и алгоритмов для учебных пакетов прикладных программ с учетом эргономичесих требований к интерфейсу.

Таким образом, построение модели содержания учебного материала начинают с формулировки требований по уровню представления. В последующих моделях формулируются требования к уровню усвоения, степени автоматизации (если это необходимо) и уровню осознанности.

Список литературы

1. Шрейдер, Ю. А. Экспертные системы, их возможности в обучении / Ю. А. Шрейдер // Вестник высш. шк. – 1987. – № 2. – С. 14-19.

2. Шапиро, Э. Л. Компоненты знаний и их соотношения в сферах интеллектуальной деятельности / Э. Л. Шапиро // Вестник высш. шк. – 1990. – № 11. – с. 26-31.

3. Савельев, А.Я., Подготовка информации для автоматизированных обучающих систем / А. Я. Савельев, В. А. Новиков, Ю. И. Лобанов. – М. : Высш. шк., 1986. – 176 с.

4. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н. Ф. Талызина. – М. : МГУ, 1975. – 344 с.

5. Лещенко, Е. М. Теоретические основы проектирования интегрированной системы управления обучением: Монография / Е. М. Лещенко // Воронеж : Центрально-Черноземное книжное издательство. – 2004. – 136 с.

Школьная математика: от концепции к решению

Л. М. Милованова, email: m-lm-info@mail.ru

МБОУ СОШ №4, г.Воронеж

Аннотация. *В данной работе рассматривается «невидимый» ежедневный путь школьного учителя от концепции развития математического образования в России к решению конкретных «бытовых» проблем преподавания математики.*

Ключевые слова: *концепция развития, математическое образование, решение проблем, преподавание математики.*

Введение

Цель концепции развития математического образования в России – «мировое лидерство». Её разработчики определили три направления: кадры, мотивация. содержание. Работа в этих направлениях предполагает усовершенствование учебных программ, повысить квалификацию учителей, сделать доступными информационные ресурсы и распространение математических знаний. Воплощение концепции в жизнь затронет всю страну и проникнет во все уровни образования.

Концепция – это хорошо, а что же на практике? Проблемы есть, их надо решать. Во-первых, низкая мотивация обучающихся на уроках. Во-вторых, недостатки в выявлении и ликвидации пробелов. В-третьих, отсутствие логической культуры обучающихся. Решение этих проблем начинают с изменения примерной образовательной программы ООО: увеличивают долю практических заданий на использование математических знаний в жизни, заданий на логику при выполнении арифметических действий. Это нужно для того, чтобы выполнялись требования концепции к результатам: «математика для жизни», «математика для профессии» и «творческая работа в математике». Далее будут внесены изменения в примерную программу СОО. Чтобы эти изменения были обоснованы, всех желающих и неравнодушных приглашают он-лайн к обсуждению в общественных слушаниях. Там можно внести свои поправки и предложения к проекту очередного документа. В результате изменения концепции математического образования будет происходить изменение содержания всего образования. То есть, будут меняться учебники, информационные ресурсы, аттестация учителей. Между тем, большое внимание уделяется

© Милованова Л. М., 2019

оценке качества образования: появляется двухуровневое ЕГЭ, вводятся НИКО по математике и информатике, осуществляется система ВПР. Здесь очень важно развивать коммуникативные навыки, так необходимые в современном мире. Считаю большим плюсом то, что для профориентации выпускников отведено большее количество часов на элементы теории вероятности, математическую статистику и элементы дискретной математики (работа в сфере ИКТ).

Так как же нам, простым учителям, привить положительное отношение к урокам математики, получению математических знаний? Как показать всю прелесть математических навыков, не вызвав в ответ негатив, раздражение и ненависть? Ведь мы обязаны учить «всех и каждого».

Первое, что приходит на ум – использование ИКТ-технологий: наглядно, увлекательно, интересно. Среди множества таких технологий ЭОР занимает не последнее место. Всевозможные ЭОР делят на: источники, учебные издания, учебные материалы. и инструменты для работы с информацией. Применение ЭОР дает мне, как учителю, возможность наиболее глубоко и всесторонне осветить практически любой теоретический вопрос за очень короткое время. А это самое ценное в нашей работе – «урок-то не резиновый». Обучающимся ЭОР помогает подробнее изучить различные взаимосвязи, которые не могли бы быть изучены без использования интерактивных ресурсов. Целью использования ЭОР на уроках математики считаю создание активной дидактической среды, которая помогает продуктивно познавать новые знания и развивать мышление обучающихся, и, конечно же, проверять усвоенные знания. И если – о, чудо – в кабинете есть сеть Интернет, то на помощь придут ЭОР. Главное их достоинство в том, что учитель может открыть доступ к заданиям для всех обучающихся, и ученики будут выполнять задания, находясь в личных кабинетах как в школе, так и дома. Повторюсь, но нужен компьютерный класс и Интернет. Плюсы в применении ЭОР для конкретного учителя: массовость применения; мультимедийность (т.е. в ЭОР могут быть видео и аудио материалы, компьютерная анимация); интерактивность (самостоятельно определяется последовательность обучения и участия обучающегося в изучении данного материала); доступность (ЭОР можно выложить на сайте, предоставить по электронной почте или на носителе). Это «провоцирует» у обучающихся: повышение интереса к предмету, привлекательность процесса познания; экономится время на усвоение нового материала; происходит воздействие на все системы восприятия обучающихся; развиваются межпредметные связи математики и информатики; появляется возможность изготовления печатных

материалов. Из минусов применения ЭОР: требует больших затрат времени на подготовку; определенных навыков работы с техническим оборудованием и программным обеспечением; недостаточное количество технических средств для работы; недостаточное количество программного материала, ориентированного на эффективное применение электронных ресурсов при обучении. Важно, чтобы применение ЭОР в образовательном процессе не являлось целью работы учителя.

Заключение

Мне кажется, чтобы поднять престиж математического образования и мотивацию получения математических знаний надо развивать работу с математически одаренными детьми. Хорошо бы начать развивать математические навыки у каждого обучающегося как можно раньше, чтобы не останавливать процесс математического развития. Лично я всегда руководствовалась утверждением «Нет детей, неспособных к математике». Для меня важно работать по принципу «умеешь сам, научи другого». Для этого в своей работе я применяю ЭОР. Их лаконичность и точность предоставляют множество возможностей на уроке, дают возможность увеличить качество обучения, преподнести ученику нужное знание, дать толчок к развитию самостоятельности в творческой работе и мотивировать на закрепление пройденного материала. И, главное, не дают нам скучать!

Список литературы

1. Учебный портал по использованию ЭОР в образовательной деятельности [Электронный ресурс] : учебный портал. – Режим доступа : http://eor.it.ru

2. Информационно-насыщенная среда как условие развития образовательного учреждения и профессионального роста учителя. Терещенко В.И. [Электронный ресурс] : электронный журнал «Вопросы интернет образования». – Режим доступа : http://vio.uchim.info/Vio_95/cd_site/articles/art_2_4.htm

3. Еще раз об интерактивности урока или использование интерактивных средств обучения на уроках информатики как инструмент организации деятельного обучения учащихся. Молчанова С.Н. [Электронный ресурс] : электронный журнал «Вопросы интернет образования». – Режим доступа : http://digital-edu.info/vyp/2/?ELEMENT_ID=1543

Применение информационных технологий в преподавании методов оптимизации

Н. П. Можей, e-mail: mozheynatalya@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. *Работа написана на основании опыта преподавания методов оптимизации, в ней присутствует описание учебно-методического комплекса по дисциплине, основанного на применении информационных технологий и уровневой технологии организации учебного процесса. Описывается применение в преподавании курса «Методы оптимизации» прикладных пакетов, анализируются возможности и преимущества проведения занятий и контрольных мероприятий с использованием компьютера для улучшения качества и совершенствования процесса обучения, для систематизации и повышения уровня знаний студентов.*

Ключевые слова: *методы оптимизации, учебно-методический комплекс, информационные технологии, пакеты прикладных программ.*

Введение

В настоящее время выпускник технического вуза должен владеть методами моделирования и уметь применять информационные технологии для решения задач специальности. Целью преподавания методов оптимизации является усвоение студентами методологических принципов и конкретных подходов к постановке, решению и анализу задач оптимального управления. Истоки уровневой методологии организации учебного процесса по различным дисциплинам можно найти, например, в работах [1, 2].

1. Описание технологии

Целью уровневой технологии обучения является создание условий для включения каждого студента в деятельность, соответствующую зоне его ближайшего развития, обеспечение условий для самостоятельного (и/или под контролем преподавателя) усвоения материала в том размере и с той глубиной, которую позволяют индивидуальные особенности студента. Стоит отметить некоторые принципиальные моменты уровневой технологии организации учебного процесса. Весь материал по дисциплине разбивается на модули, которые классифицируются по

© Можей Н. П., 2019

трем уровням. Материал первого уровня – обязательное поле знаний по изучаемому курсу – минимальный (базовый) уровень знаний, необходимый для успешного продолжения обучения. Второй уровень содержит материал, расширяющий представления студента об изучаемых темах, устанавливает связи между понятиями и методами различных тем, дает их строгое математическое обоснование, а также примеры применения методов оптимизации при решении прикладных задач. Материал превых двух уровней (профильный) охватывает всю стандартную программу дисциплины и является достаточным для обеспечения работы студента с учебной литературой, его полное усвоение соответствует высшей оценке на экзамене. Третий уровень (необязательный) содержит материал повышенной сложности – это и математическое моделирование, и исследование реальных практических задач специальности, и нестандартные задачи, требующие поиска методов решения, и т. п. Материал трех уровней (углубленный) открывает путь к научным исследованиям. При этом материал более низкого уровня не требует обращения к более высокому уровню.

Уровневая система обучения требует серьезной подготовительной работы по методическому обеспечению учебного процесса. Процесс включения информационных технологий в обучение требует задания цели изучения раздела (темы, вопроса), т.е. формирования знаний и представлений об оптимизационных методах с перспективой их дальнейшего применения в профессиональной деятельности; отбора и структурирования материала, адекватного поставленной цели (требуется выявить смысловые связи между элементами и расположить изучаемый материал в соответствии с логикой их взаимосвязи); установления требуемого исходного уровня знаний студентов, начинающих изучение раздела; построения матрицы связей между разделами, темами дисциплины, а также с другими дисциплинами (отражающей связь учебных вопросов рассматриваемого раздела с предыдущими и с другими дисциплинами, которые влияют на изучение раздела); выбора (или разработки) программно-методических средств обучения, разработки заданий для контроля усвоения материала раздела. Таким образом, курс разбивается на ряд законченных модулей, информация структурируется в виде графа, вершины которого соответствуют тематическим разделам, а ребра – отношениям между ними, закладывая последовательность, этапность и системность обучения.

В лекциях появляется система обозначения уровней. Первый уровень содержит обоснование вводимых понятий, формулировки основных утверждений и комментарии к ним, примеры. Второй уровень включает строгие формулировки, доказательства и материал для более

глубокого понимания рассматриваемых тем, расширяющий представление обучаемого о предмете. На практических занятиях каждый студент получает одно из равносильных заданий по теме сразу на всех уровнях, но к выполнению следующего уровня приступает только после выполнения всех заданий предыдущего, т.е. сильный студент, как и слабый, обязан выполнить стандартные задачи первого уровня, при этом часто он это делает гораздо быстрее, а то и более оригинальным способом. После этого он (под руководством преподавателя) переходит к исследованию зависимости результата от изменения параметров, выясняет допустимые пределы их изменения, анализирует экстремальные свойства решений и т.п., таким образом, к моменту окончания занятия каждый студент осваивает материал на своем уровне. Обладая подробными указаниями и примерами решения типовых задач, студенты могут проводить исследования самостоятельно, что особенно важно для дистанционных форм обучения. Теоретический и практический минимум включает краткие теоретические сведения, иллюстрированные решенными примерами, а также практический минимум и вопросы для самопроверки. Задания минимума нацелены на обеспечение базового начального уровня, что позволяет заложить основы для успешного продолжения обучения. Полное усвоение теоретического и практического минимума (теоретических сведений и практических навыков) дает возможность дальнейшего успешного обучения.

2. Применение прикладных пакетов

Выполнение лабораторных работ должно развивать у студентов навыки математического моделирования и умения использовать вычислительные средства и методы современной компьютерной математики. В лабораторном практикуме формулируются цели выполнения лабораторной работы, перечисляются задачи ее выполнения, приводятся контрольные вопросы, описывается ход работы. При выполнении заданий студенты могут использовать ряд предусмотренных в пакете MS Excel прикладных надстроек, с Excel удобно работать, если требуется провести расчеты по формулам, зависящим от большого количества данных, например, при решении задач линейного и нелинейного программирования, автоматизируя громоздкие вычисления. В реальных практических задачах в большинстве случаев выбор параметров, элементов происходит в условиях ограниченных материалов, времени, денежных средств, энергии и других ресурсов. Excel обладает единым инструментом решения оптимизационных задач – средством «поиск решения» (для его применения нужно подключить соответствующую надстройку). При

этом главное, что требуется от студента, – грамотно сформулировать задачу и составить ее математическую модель, а оптимизационное решение находит компьютер. Благодаря применению компьютера в круг рассматриваемых задач можно включать объекты с более сложными связями между параметрами, не требуя математической простоты моделей. Проблемы выбора решений, возникающие при управлении различными процессами, можно сформулировать в виде задач математического программирования (максимизации или минимизации целевой функции при заданных ограничениях). Примерами таких задач являются задачи оптимального использования ресурсов, загрузки оборудования, распределения станков по операциям, оптимизации грузопотоков, планирования производства, составления расписаний, сплавов и смесей. Студенты находят оптимальные решения и анализируют их, как используя симплекс-метод решения задач линейного программирования, так и применяя надстройку «поиск решения», создавая отчеты по пределам, по результатам, по устойчивости и объясняя полученные результаты с использованием теории двойственности. Компьютер выдает готовый ответ, но от студента требуется понимание практического смысла полученных решений, умение трактовать данные на языке исходной задачи. Также на занятиях анализируются модели оптимального размещения и концентрации производства. Студенты учатся решать эти задачи как вручную, что позволяет уловить смысл перехода к более выгодному плану и понять динамику процесса, так и на компьютере, уже понимая суть получаемых результатов. Аналогично решаются задачи сетевого планирования, задачи с использованием моделей управления запасами, проводится моделирование конфликтных ситуаций с помощью теории игр и их решение как сведением к задаче линейного программирования, так и с применением различных критериев.

MS Excel совмещает в себе как преимущества электронных таблиц со средствами анализа, так и средств визуального программирования посредством Visual Basic for Applications. VBA позволяет автоматизировать весь комплекс работ, с его помощью можно создавать системы, максимально приспособленные для решения конкретных задач, например, обучающие программы по различным разделам курса. При этом студент имеет возможность вводить данные и наблюдать за результатом. Excel (и VBA) позволяют оценивать усвоение материала, проводить промежуточный контроль и анализировать его итоги.

3. Контроль качества обучения

Для большей эффективности контролирующих мероприятий целесообразно использовать уровневый контроль качества обучения,

при этом уровни могут быть скрытые, но непременным условием является наличие в каждом уровневом задании хотя бы одного простого ответа (базового уровня). В уровневом тесте на задание приводится ряд ответов, из которых несколько правильных и которые различаются глубиной понимания контролируемого задания учебного материала. Возможна и «уровневая» система штрафов за отказы отвечать на какие-то задания, например: на каждое задание теста даются четыре ответа, различающиеся по уровню сложности, правильных ответов от одного до трех, при ответе правильно хотя бы на один и при отсутствии неправильных начисляется положительный балл (лучше даже 2 балла), при наличии хотя бы одного неправильного ответа – отрицательный балл, полностью правильно выполненное задание оценивается в три балла. При такой форме «угадывать» становится невыгодно. В случае неуспешного прохождения тестового итогового контроля по теме при повторной сдаче можно предложить тест в объеме 60-70 процентов материала первичного контроля с только одним правильным ответом обязательного (базового) уровня в каждом задании. При уровневой технологии оценивается не только усвоение учебного материала, но и способность к успешному поиску необходимой научной информации, творческий подход к решению задач, умение синтезировать материалы разных разделов курса, умение проводить первоначальные научные исследования.

Заключение

Внедрение в учебный процесс современных информационных технологий призвано повысить эффективность и качество обучения и процессов контроля получаемых знаний, умений и навыков. Актуальной и эффективной также представляется уровневая организация процесса обучения в соответствии с личностно направленной технологией, активизирующей учебную и познавательную деятельность студента, она ориентирована на подготовку специалистов, способных творчески мыслить и самостоятельно работать, определять проблемы и находить пути их решения.

Литература

1. Ильин, В. А. Математический анализ / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Бл. Х. Сендов. – М. : Наука, 1979. – 720 с.

2. Марченко, В. М. Методическое пособие по разделу «Математическое программирование» курса «Прикладная математика» для студентов спец. 0902 / В. М. Марченко, В. И. Янович. – Минск : БТИ им. С. М. Кирова, 1987.

Роль обучения с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов, обучающихся на дому

В.И. Навражных, e-mail: vovanadasveta7@gmail.com

КОУ ВО «Центр лечебной педагогики и дифференцированного обучения», г. Воронеж

Аннотация. *Дистанционные образовательные технологии позволяют лицам с нарушениями в развитии (слуха, зрения, интеллекта, опорно-двигательного аппарата и др.) использовать средства коммуникаций для обучения и межличностного общения. Дистанционные формы обучения обеспечивают ребенка качественным образованием, предоставляют возможность общения со сверстниками, необходимые для социализации и адаптации в обществе.*

Ключевые слова: *дистанционные образовательные технологии, электронное обучение, социализация, адаптация.*

Введение

Одним из эффективных средств для развития, воспитания и обучения личности ребенка-инвалида является использование дистанционных образовательных технологий. Они позволяют снижать дефекты слуха, зрения, моторно-двигательной и речевой деятельности. Адаптированные варианты компьютерных программ просты в применении и позволяют учиться данной категории детей в удовольствие, ощущая себя полноценным гражданином своего общества.

В процессе социализации ребёнок усваивает накопленный человечеством социальный опыт в различных сферах жизнедеятельности, который позволяет исполнять жизненно важные социальные роли. Социализация рассматривается как процесс, условие, проявление и результат социального формирования личности. По ней судят об уровне социального развития. Как результат она является основополагающей характеристикой человека и его особенностей как социальной единицы общества. Главная проблема детей с ограниченными возможностями заключается в нарушении их связи с миром, в ограниченной мобильности, недостаточном общении со сверстниками и взрослыми, в недоступности ряда культурных

© Навражных В. И., 2019

ценностей. Нельзя подготовить ребенка к самостоятельной трудовой деятельности, к жизни в обществе, не научив правильно вести себя в различных ситуациях. Поэтому в целях совершенствования процесса социализации детей с ограниченными возможностями, считаю наиболее целесообразным использование социально-педагогического потенциала не только общего, но и дополнительного образования, ведь именно здесь включаются механизмы творческого воспитания, потому что имеет место труд не по необходимости или по принуждению, а по велению души.

1. Дистанционное обучение

Так как дистанционное обучение невозможно без знания компьютера и использования современных информационных технологий, ребёнок-инвалид уже фактически получает профессиональные навыки, которые в дальнейшем могут обеспечить ему работу и независимую жизнь.

Дистанционное обучение позволяет:

– получить полноценное школьное образование в соответствии с Государственным образовательным стандартом образования, независимо от места проживания и материальных условий;

– дистанционные технологии дают доступ к богатейшим информационным ресурсам, размещенным в Интернете;

– обучаться в удобном для себя месте, по индивидуальному расписанию, используя специализированное новейшее компьютерное оборудование, рассчитанное на детей-инвалидов;

– развить творческие способности детей и участвовать в проектной, исследовательской деятельности;

– получить навыки коллективной работы;

– подготовиться к поступлению в ВУЗ или получить дополнительное образование;

– получить квалифицированные консультации психологов, дефектологов, логопедов и других специалистов Центра дистанционного образования

– повысить уровень образовательного потенциала общества и качества образования.

Использование дистанционных форм при организации обучения детей позволяет обеспечить ребенка качественным образованием, предоставляет возможность общения со сверстниками, необходимого для социализации и адаптации в обществе.

Данная технология обучения пользуется большим спросом, открывая безграничные возможности в получении информации,

формировании навыков самообразования, приобщении к общечеловеческим ценностям.

Основным показателем оценки эффективности внедрения дистанционного обучения детей-инвалидов является количество детей, обучающихся на дому, которые успешно прошли итоговую аттестацию в форме ГИА и ЕГЭ, стали участниками и победителями творческих конкурсов и предметных олимпиад. Для детей-инвалидов образование, полученное дистанционно, – это уникальная возможность для успешной и полной интеграции в общество сверстников через развитие, коррекцию и реабилитацию! В дальнейшем они могут получить высшее или среднее профессиональное образование также дистанционно.

Дистанционное обучение обладает рядом качеств, которые делают его весьма эффективным при работе с детьми-инвалидами. Главным образом, эффективность достигается за счет индивидуализации обучения: каждый ребенок занимается по удобному для него расписанию и в удобном для него темпе; каждый может учиться столько, сколько ему лично необходимо для освоения той или иной дисциплины.

Организация дистанционного обучения детей-инвалидов позволяет обеспечить доступ детей данной категории к образовательным и иным информационным ресурсам, оказать поддержку семьям, воспитывающим детей с нарушениями развития, способствует созданию без барьерной среды для детей-инвалидов, получению ими качественного образования, расширению возможностей их последующей профессиональной занятости, как следствие, – их успешной социализации и интеграции в общество.

Дистанционное обучение не исключает традиционное обучение на дому, а дополняет и обогащает его. Делает процесс обучения высокотехнологичным, творческим.

Для ребенка с ограниченными возможностями здоровья это открывает пути в новый мир, дает возможность реализовать себя и свои потребности, преодолеть свое одиночество.

Создание обучающей среды с наглядным представлением информации, использование цвета и звука, воздействуя на эмоциональные и понятийные сферы, способствует более глубокому усвоению нового материала. Мультимедийные программы одновременно стимулируют у ученика сразу несколько каналов восприятия, лучше поддерживают его внимание, способствуют снижению утомляемости и обеспечивают необходимую релаксацию. Этот процесс приобретает интерактивный характер, благодаря возможности двусторонней связи, диалога с учителем.

Немаловажное значение для адаптации ребенка в социуме имеет взаимодействие учителя с родителями ребенка. Очень часто родители становятся участниками урока. Каждый ученик, а тем более с ограниченными возможностями, должен почувствовать успех. Успех-самый лучший воспитатель. Успех всегда окрыляет. Порой, без помощи близких и родных ребенку бывает сложно справиться с творческими заданиями, например, с домашним экспериментом – это небольшой самостоятельный научный проект каждого ученика. Самостоятельно, вместе с друзьями или с помощью взрослых, выполняя простые, но увлекательные опыты, дети могут сделать свои первые шаги в науке.

Заключение

Сегодня информационные компьютерные технологии можно считать тем новым способом передачи знаний, который соответствует качественно новому содержанию обучения и развития ребенка. Этот способ позволяет ребенку с интересом учиться, находить источники информации, воспитывает самостоятельность и ответственность при получении новых знаний, развивает дисциплину интеллектуальной деятельности.

Благодаря технологиям дистанционного обучения дети-инвалиды получают хороший результат, а постоянная ситуация комфорта формирует позитивное отношение к предмету изучения и желание двигаться вперед, проявлять свои способности, демонстрировать свои умения и навыки. Ребенок-инвалид чувствует себя равным со всеми, положительные эмоции служат пробуждению позитивного отношения к жизни, к людям, окружающим его; возникнет желание учиться дальше, делать полезное для других. Социализация пройдет успешнее и спокойнее. Сформируется конкурентоспособная личность. Свою миссию мы видим именно в этом: помочь детям жить, развиваться, быть успешными в социуме. Нельзя забывать, что каждый ребенок обязательно станет взрослым и от решений, принятых нами сегодня, будут зависеть завтрашние победы и поражения наших детей. Хотелось бы верить, что их ждут только победы.

Список литературы

1. Крючкова, О. Г. Использование информационных технологий в обучении людей со специальными образовательными потребностями. Обзор терминологии и типов программного обеспечения. Издательский дом «Первое сентября», 2003 – 2009.
2. К вопросу о безопасности работы на компьютере. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.logopunkt.ru/bez.htm
3. Компьютер в специальном образовании. [Электронный ресурс]. Режим доступа : – http://www.logopunkt.ru/viz.htm

Нейросетевые технологии в обучении иностранному языку

М. А. Палагутина, e-mail: marinapalagutina@mail.ru
А. В. Палагутин, e-mail:palagutin55843@gmail.com
И. С. Серповская, e-mail: serpovskaya.irina@yandex.ru

МБОУ «Новоусманский лицей»

Аннотация. *В данной работе рассматриваются сферы применения нейросетевых технологий в преподавании иностранного языка, так как использование информационных технологий – необходимое условие формирования новых образовательных моделей.*

Ключевые слова: *нейросеть, искусственный интеллект, машинное обучение, иностранный язык*

Введение

Использование информационных технологий позволяет формировать новые образовательные модели, которые предоставляют возможность оставаться в актуальной зоне научно-технического прогресса, существенно обогащают и разнообразят преподавание иностранных языков. В связи со стремительным развитием межкультурной коммуникации и информационных технологий, а также благодаря активному развитию машинного обучения появилась возможность применения аппарата нейронных сетей как инструмента технологий искусственного интеллекта, на основе теории индивидуализированного обучения иностранному языку. Сферы применения искусственных нейронных сетей довольно разнообразны: для классификации информации в случае ограниченных, неполных и нелинейных источников данных, в онлайн-переводчиках, работа с текстовыми данными и т.д. Применение компьютерных нейросетевых технологий в обучении иностранному языку через конструирование индивидуальных траекторий освоения знаний обеспечивает индивидуализированный подход к обучению, расширяет дидактические возможности компьютерных средств обучения; позволяет соотносить содержание, формы, и методы обучения в соответствии с образовательными запросами; позволяет осуществлять автоматическую настройку коэффициентов нейронной сети для учета динамики изменений траектории обучения; ориентировать учебный материал на различные типы и уровни усвоения; учитывать

© Палагутина М. А., Палагутин А. В., Серповская И. С., 2019

психологические, личностные качества и развиваемые компетенции обучаемых.

1. Сферы применения искусственных нейронных сетей

Нейросети – математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Нейронную сеть можно представить в виде последовательности нейронов, соединенных между собой синапсами. Классическая сеть имеет структуру прямой передачи сигнала: сигналы проходят от входов через скрытые элементы и приходят на выходные элементы. Одной из самых ярких и значительных форм искусственных нейронных сетей является сверточная нейронная сеть – специальная архитектура искусственных нейросетей, идея которой заключается в чередовании свёрточных слоев и субдискретизирующих слоев. Структура сети – однонаправленная (без обратных связей), многослойная. Сверточные слои выполняют роль нескольких фильтров, которые ищут те или иные элементы (признаки). Весовые коэффициенты свёрток неизвестны и устанавливаются в процессе обучения.

Обучение сети производится следующим образом:

1. Подготавливается набор обучающих данных. Эти данные представляют собой примеры входных данных и соответствующих им выходов. Сеть учится устанавливать связь между первыми и вторыми.

2. Нейронная сеть обучается с помощью того или иного алгоритма управляемого обучения, при котором имеющиеся данные используются для корректировки весов и пороговых значений сети таким образом, чтобы минимизировать ошибку прогноза на обучающем множестве.

Слои субдискретизации (пулинга) используются для сжатия размера сформированных карт признаков. Полносвязные слои используют для итоговой классификации.

Искусственные нейронные сети применяются для классификации информации в случае ограниченных, неполных и нелинейных источников данных. Нейросетевые технологии отличаются универсальностью, одна и та же программа обеспечивает возможность работы в разных областях знаний. Такие системы не нуждаются в перепрограммировании при изменении состава обучающей базы, что особенно важно при возрастании объема информации.

Одна из сфер, где нейросети не только обучаются, но и учат – e-learning. Их используют в онлайн-переводчиках, приложениях по изучению иностранного языка и встраивают в планинги. Нейронная модель машинного перевода использует иные принципы работы

с текстом, чем стандартный статистический метод перевода, т.е. переводит не отдельные слова, а предложение целиком, учитывая контекст. Система не запоминает сотни вариантов перевода фраз – она оперирует семантикой текста. При переводе предложение разбивается на словарные сегменты. Затем с помощью специальных декодеров система определяет «вес» каждого сегмента в тексте. Далее вычисляется максимально вероятные значения и перевод сегментов, которые соединяются с учётом грамматики. В основе Google Neural Machine Translation лежит принцип работы рекуррентных двунаправленных нейронных сетей, работающих с матричными вычислениями вероятности. Двунаправленность означает, что нейросеть разделена на два потока – анализирующий и синтезирующий. Первый поток разбивает предложение на смысловые элементы и анализирует их, а второй высчитывает наиболее вероятный вариант перевода, исходя из контекста. В нейронной системе наименьшим элементом является не слово, а фрагменты слова, что позволяет сосредоточить вычислительные мощности не на словоформах, а на контексте и смыслах предложения. Анализ фрагментов уменьшает риски неточного перевода слов и словосочетаний с различными суффиксами, префиксами и окончаниями. Система самообучения позволяет нейронной сети с высокой точностью переводить даже те понятия, которые отсутствуют в общепринятых словарях – сленг, жаргонизмы или неологизмы. Одно из самых популярных применений нейронных сетей – построение векторов слов, относящихся к области дистрибутивной семантики: считается, что значение слова можно понять по значению его контекста, по окружающим словам. В качестве «контекстов» для конкретного слова могут выступать соседние слова, входящие в одну синтаксическую или семантическую конструкцию. В клетках такой матрицы могут быть записаны частоты (сколько раз слово встретилось в данном контексте). Такие матрицы вполне успешно могут быть использованы для кластеризации слов или для поиска слов, близких по смыслу к искомому слову.

Наиболее успешное применение нейронных сетей – анализ изображений. Однако, нейросетевые технологии коренным образом изменили и работу с текстовыми данными; повысилось качество классификации текстов и последовательностей, снизилась трудоемкость при работе непосредственно с текстами, что позволяет решать новые задачи в обучении иностранному языку, например, создавать чат-боты для практической коммуникации на иностранном языке в реальной языковой среде. Для обработки естественного языка с помощью нейронных сетей, для поиска переводческих эквивалентов, мы получаем

статистику регулярностей, которая покрывает одновременно несколько разных языков. Это математическая модель, а не язык в чистом виде. Но за счет того, что у нас есть сеть соответствий, и она работает между иностранными языками одновременно, все элементы этой сети помогают друг другу, показывая, что регулярно соотносится между языками с точки зрения перевода. В результате, эта модель часто будет предсказывать переводы за счет полученных регулярностей. Похожим образом работают чат-боты.

Благодаря развитию искусственного интеллекта технология индивидуализированного обучения иностранному языку формируется в соответствии с требованиями информатизации образования, обеспечивает конструирование индивидуальных траекторий освоения знаний, учитывает индивидуальные особенности обучаемого в динамической модели его характеристик. Система отслеживает эмоциональную дестабилизацию обучения, оповещает тьюторов или самостоятельно адаптирует программу. Например, проект Knewton с помощью нейросетей помогает составлять индивидуальные расписания обучения иностранному языку, создает курсы, адаптированные в соответствии с целями образования.

Групповая технология обучения – ещё один пример применения нейросети, которая беспристрастно поделит обучающихся на группы в соответствии с их уровнем знаний и интересами, создаст условия, приближенные к реальности, оценит работу каждого члена группы. Обучение проходит эффективнее, если учащиеся могут применить свои знания на практике. При помощи VR-технологии, дополненной искусственным интеллектом ученики могут не просто побродить по виртуальному пространству, но и взаимодействовать с ним. Искусственный интеллект в данном случае сможет действовать по тому же принципу, что и в онлайн-играх: менять «реакции» виртуального пространства в зависимости от действий пользователей, используя алгоритмы, анализирующие данные обучающихся оценивать достижения обучающихся.

Заключение

Интеграция педагогических и нейросетевых технологий, определяет новый вид интеллектуального компьютерного средства обучения – нейросетевые компьютерные обучающие системы, которые осуществляют индивидуализацию и адаптацию учебного процесса к запросам обучаемого посредством аппарата нейронных сетей. Основное преимущество нейронных сетей заключается в том, что они позволяют создавать математический аппарат, которой в условиях разнообразия, большого объема, противоречивости и недостаточности различной

диагностической информации способен решать задачи распознавания и категоризации образов. Указанный математический аппарат позволяет: измеряя характеристики обучающегося и применяя методы кластерного анализа, группировать контингент по кластерам интегративных индивидуальных характеристик; осуществлять дифференциацию учебного материала по различным параметрам; выстраивать индивидуальные траектории обучения; учитывать динамику и возможности изменения траектории обучения, моделировать различные учебные ситуации.

Список литературы

1. Tomas Mikolov et. al. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space, arxiv.org. – Режим доступа : http://arxiv.org/pdf/1301.3781

2. Christopher Manning. Computational linguistics and deep learning. Computational Linguistics. – 2016. URL:http://www.mitpressjournals.org/doi/full/10.1162/COLI_a_00239#.WQH8MBhh2qA

3. Рассел С. Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М. : «Вильямс», 2006. – 1408с.

4. Павел Велихов. Машинное обучение для понимания естественного языка // Открытые Системы. СУБД. – 2016. – № 1. – С. 18-21.

5. Федорова А. А. Распознавание английского текста сверточной нейронной сетью // Молодой ученый. – 2016. – №14. – С. 97-102. – Режим доступа : https://moluch.ru/archive/118/32732/

6. Добровольская Н. Ю. Компьютерные нейросетевые технологии как средство индивидуализированного обучения студентов физико-математических специальностей : диссертация ... кандидата педагогических наук : 13.00.08 / Добровольская Наталья Юрьевна; [Место защиты: Кубан. гос. ун-т]. – Краснодар, 2009. – 260 с.

Оценка качества программы в MS Visual Studio в дисциплине Программная инженерия

Т. В. Преображенская, email: preobrtv@fb.nstu.ru
В. В. Титова
М. С. Лунева

Новосибирский Государственный Технический университет

Аннотация. *Показано использование метрик качества при совершенствовании программ. Приведены характеристики метрик качества программ. Описана функциональность Visual Studio по оценке метрик качества программ. Приведен пример оценки программы в MS Visual Studio и интерпретация полученных оценок.*

Ключевые слова: *Метрики кода, программное обеспечение, оценка качества программного продукта, программный код, MS Visual Studio*

Введение

Применение современных интегрированных сред разработки программного обеспечения (ПО), таких как MS Visual Studio, позволяет во много раз увеличить скорость работы профессионалов при создании ПО. Однако, использование таких сложных инструментов в учебном процессе в начальных семестрах порождает ряд проблем:

– сложность системы требует труда и дополнительного времени для ее освоения;

– многофункциональность и многоаспектность часто остаются невостребованными;

– высокие скорости разработки не дают возможности студентам осознавать процессы жизненного цикла программных средств.

Для решения указанных проблем интегрированную среду разработки MS Visual Studio можно использовать в разных дисциплинах при подготовке студентов направления Прикладная информатика, в том числе и в дисциплине Программная инженерия для изучения вопросов качества ПО.

1. Об оценке качества программы в среде MS Visual Studio

MS Visual Studio – интегрированная среда разработки программных продуктов и других иннструментальных средств. Она оснащена богатым инструментарием поддержки процессов разработки программного

© Преображенская Т. В., Титова В. В., Лунева М. С., 2019

обеспечения. Для студентов в дисциплине Программная инженерия необходимо видеть жизненный цикл программного продукта (ПП) и инструментальные средства поддержки процессов жизненного цикла. Важно понимать, что достижение высокого качества ПП обеспечивается пошаговым улучшением (реализацией цикла Деминга PDCA) Plan – Do – Check-Act. На этапе планирования разрабатывается архитектура программной системы и структура ПП. При создании ПП осуществляется кодирование, отладка, тестирование. Проверка и анализ качества ПП – на основе метрик кода. Результаты анализа позволяют сделать выводы о необходимости совершенствования ПП.

Большинство профессиональных разработчиков программных средств согласны с выделением семи показателей качества как основных: переносимость, надёжность, эффективность, удобство использования (юзабилити), тестируемость, понятность и модифицируемость. Наряду с ними важными считаются также: экономичность, документированность, гибкость, модульность, надёжность, обоснованность, тестируемость, ясность, точность, модифицируемость, эффективность, легкость сопровождения и т.д. Одной из основных целей при создании программного обеспечения (ПО) является уменьшение сложности разрабатываемого продукта [1]. Для оценки качества программ используют метрики [1,2]. Анализ метрик кода позволяет делать выводы относительно сложности уже разработанного или разрабатываемого проекта, объема работ, стилистики разрабатываемой программы и усилий, потраченных разработчиком для реализации того или иного решения. Однако метрики могут служить лишь рекомендательными характеристиками, не всегда давая объективную картину ситуации [3,4,5]. Характеристики метрик кода, вычисляемых в Visual Studio, оформлены в виде таблицы [6].

Таблица

Характеристика оценок ПО

Оценка	Характеристика оценки
Коэффициент сопровождаемости (Maintainability Index)	Обобщенный индекс подсчитывается на основе других метрик. Он может принимать значения от 0 до 100. Чем больше значение, тем легче код в сопровождении. Зеленый цвет указывает на значение индекса в диапазоне от 20 до 100. Желтый – указывает на значение индекса в диапазоне от 10 до 19, что означает, что код можно поддерживать. Красный – на значение индекса в диапазоне от 0 до 9, что означает, что код сложно поддерживать. Знчение индекса можно узнать из «Результатов метрик кода для решения».

Окончание таблицы

Оценка	Характеристика оценки
Цикломатическая сложность (Cyclomatic Complexity)	Создается путем вычисления количества различных путей в потоке программы. Программа со сложным потоком управления требует более тщательного тестирования для достижения приемлемого уровня покрытия кода и характеризуется более низкой сопровождаемостью. $$M - E - N + 2 * P$$ где: M- цикломатическая сложность, E- количество рёбер в графе, N- количество узлов в графе, P- количество компонент связности.
Глубина наследования (Depth of Inheritance)	Обозначает количество определений классов, достигающих корня иерархии классов. Чем глубже иерархия, тем сложнее бывает понять, где определяются или переопределяются конкретные методы и поля.
Связанность классов (Class Coupling)	Высокая связанность говорит о том, что проект трудно поддается повторному использованию и сопровождению из-за большого количества взаимозависимостей от других типов.
Количество строк кода (Lines of Code)	Приблизительное количество строк в коде. Расчет основан на коде промежуточного языка и поэтому не дает точного количества строк в файле с исходным кодом. Высокое значение может свидетельствовать о попытке выполнить слишком много функций и требует разделения. Сигнализирует о возможной низкой сопровождаемости типа или метода.

Иллюстрация возможностей оценки качества программ в системе Visual Studio дана на примере небольшой программы – консольного приложения для нахождения всех значений X методом Ньютона в численном интегрировании. Навигация по интерфейсу Visual Studio для чтения и анализа метрик кода: «Анализ»-«Метрики кода для всего решения».

Значения метрик приведены на рисунке.

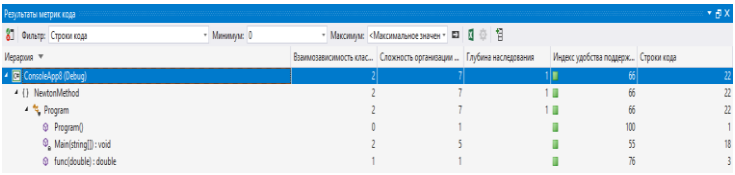


Рисунок. Результаты оценки метрик программы

Интерпретация результатов оценки программного продукта позволяет сделать выводы:

- Индекс удобства поддержки имеет зеленый цвет, что указывает на его значение в диапазоне от 20 до 100 (здесь 66), значит код удобно поддерживать
- Сложность организации циклов равна 7, то есть программа не требует тщательного тестирования и характеризуется простой сопровождаемостью.
- Глубина наследования равна 1, следовательно, иерархия является неглубокой, поэтому легко понять, где определяются или переопределяются конкретные методы и поля.
- Взаимосвязь классов равняется 2 – проект легко поддается повторному использованию и сопровождению.
- Количество строк кода равно 22. Низкий показатель – тип или метод пытается выполнить немного функций и не требует разделения, свидетельство высокой сопровождаемости [7].

Заключение

Выполнение подобной работы в рамках дисциплины Программная инженерия по исследованию собственного программного продукта (разработанного в другой дисциплине с использованием той же среды) в MS Visual Studio позволило студентам увидеть другие возможности интегрированной системы. Более внимательно изучить метрики качества, развернуть процесс совершенствования программного продукта, увидеть процессы жизненного цикла программного продукта. Сделать выводы относительно метрик: любые метрические характеристики программы зависят друг от друга и от конкретной задачи и ситуации, от языка и стиля программирования, поэтому ни одну из них нельзя возводить в абсолют.

Литература

1. Надежность и безопасность программного обеспечения. Классификация метрик сложности программ [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://studme.org/128173/informatika/klassifikatsiya_metrik_slozhnosti_programm

2. Показатели и критерии оценки систем [Электронный ресурс]]: база данных. – Режим доступа: http://gendocs.ru/v1793/?cc=11

3. Программный код и его метрики [Электронный ресурс] : база данных. – Режим доступа: https://habr.com/company/intel/blog/106082/

4. ГОСТ Р 54837-2011. Информационная технология (ИТ). Обучение, образование и подготовка. Менеджмент качества,

обеспечение качества и метрики. Часть 3. Эталонные методы и метрики [Текст]. – Введ. 2011-12-13. – М.: Стандартинформ, 2014. – IV. – 30с.

5. Документация по Visual Studio [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/code-quality/working-with-code-metrics-data?view=vs-2017

6. Microsoft. Developer NetWork [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb385914.aspx

7. О разработке ПО и эффективности [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: http://www.olegaxenow.com/2012/01/code-metrics-refactoring.html

Электронные ресурсы в преподавании дисциплины «Информационное обеспечение профессиональной деятельности» для студентов по специальности СПО «Фармация»

И. В. Протасова, email: protasova@chem.vsu.ru
П. Е. Измалкова, email: izmalkova@pharm.vsu.ru

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация. *В данной работе представлены результаты опыта использования портала «Электронный университет ВГУ» в преподавании дисциплины «Информационное обеспечение профессиональной деятельности» для студентов СПО фармацевтического факультета Воронежского госуниверситета.*

Ключевые слова: *фармация, среднее профессиональное образование, электронный образовательный ресурс, тестовый опрос, самостоятельная работа.*

Введение

Современное развитие образовательных технологий предполагает все более широкое использование электронных образовательных ресурсов в образовательном процессе разного уровня. В Воронежском государственном университете внедрение электронных образовательных ресурсов в образовательный процесс осуществляется с использованием электронного образовательного портала "Электронный университет ВГУ" [1]. Личный кабинет студента на этом портале предоставляет обучающемуся доступ ко всем информационно-аналитическим материалам, необходимым для организации образовательного процесса. Профессиональный модуль учебного плана программы подготовки по специальности среднего профессионального образования (СПО) "Фармация" включает дисциплину "Информационное обеспечение профессиональной деятельности". Эта дисциплина реализуется в 7 семестре, в её учебной структуре содержится 64 часа лабораторной и 32 часа самостоятельной работы. Содержание дисциплины направлено на приобретение выпускниками общих и профессиональных компетенций, предполагающих использование информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности. Дисциплина реализуется с использованием компьютерных технологий и электронных информационных ресурсов портала "Электронный университет ВГУ".

© Протасова И. В., Измалкова И. Е., 2019

1. Структура электронного учебно-методического курса

Электронный учебный курс "Информационное обеспечение профессиональной деятельности" носит интерактивный характер и имеет название учебной дисциплины, в которой используется [2]. Доступ к нему обучающиеся получают по подписке согласно учебному плану. Курс имеет 8 разделов:

– раздел, в котором размещена организационная информация по изучению дисциплины, организации использования электронного курса, ресурсы для учета посещаемости и форум для обмена сообщениями;

– шесть тематических разделов, отвечающих разделам рабочей программы дисциплины;

– разделы для организации текущей и промежуточной аттестаций.

В разделах курса размещены обучающие материалы в форме html-страниц, презентаций, словарей (глоссариев), «книг», пакетов SCORM.

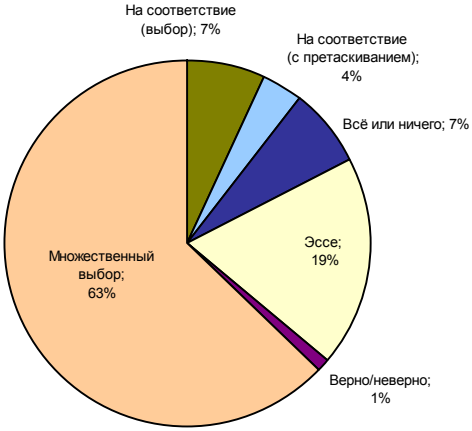


Рис. 1. Структура банка вопросов электронного курса

Для организации самопроверки и закрепления материала в курсе созданы тематические тестовые опросы. Тестовые опросы сформированы из вопросов соответствующих категорий Банка вопросов, не имеют ограничения по количеству попыток, но имеют ограничения по доступу и по проходному баллу. Это позволяет регулировать траекторию освоения курса и доступа к его элементам. Платформа Moodle, на базе которой создан портал ВГУ, предоставляет широкие возможности по формулировке и структуре вопросов. В данном курсе преобладают наиболее привычные для обучающихся вопросы типа "множественный выбор" (рис.1). Однако следует

отметить, что вопросы, созданные на основе других шаблонов, приветствуются обучающимися.

Текущая аттестация организована с использованием элемента "Задание", ответом на который является файл заданного формата и структуры. Критерии оценивания работы строго прописаны и предоставляются студенту перед началом её выполнения. Для получения развернутого ответа, наряду с элементом курса "Задание", удобно использовать тестовый опрос, сформированный из вопросов типа "Эссе". Вопросы такого типа позволяют получить ответ как в виде прикрепленного файла любого типа (текстовый, фото листа ответа, электронную таблицу и др.), так и письменный ответ заданного размера в онлайн режиме. Такого типа тесты используются в курсе для контроля по темам "Интернет-ресурсы нормативной документации" и "Документальные источники профессиональной информации".

2. Анализ применения электронного курса

Электронная образовательная среда Moodle позволяет регулировать процесс обучения не только в плане организации доступа к учебной информации и контроля результатов обучения со стороны обучающегося, но и предоставляет мощные инструменты для оценки качества электронного образовательного продукта самим преподавателем. Встроенный инструмент статистической оценки качества тестов делает возможным постоянное совершенствование образовательных элементов электронного курса, основанное на анализе результатов его предыдущего применения.

Изучение дисциплины "Информационное обеспечение профессиональной деятельности" завершается промежуточной аттестацией, которая состоит из двух частей: тестового опроса с целью проверки приобретенных студентами знаний, и индивидуального задания, проверяющего приобретенные ими умения и навыки в использовании информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности. Практическая часть организуется через предварительное заполнение базы данных заданий, где формулируется тема и этапы работы. Результаты выполнения задания представляются публично в аудитории во время итогового занятия.

Оценка уровня освоения теоретического материала организована в форме тестового опроса, проводящегося в учебной аудитории под контролем преподавателя. Обучающемуся дается одна попытка для прохождения Итогового тестового опроса. Итоговый тестовый опрос состоит из 40 случайных вопросов по всем изученным темам дисциплины. На выполнение тестового задания отводится один час. Оценивается тест по пятибалльной шкале. В сценарии теста прописаны

условия оценки результатов тестового опроса. Обучающийся получает итоговую оценку и отзыв на результат опроса сразу после завершения прохождения теста и отправки результатов.

После окончания опроса система предоставляет преподавателю информацию о результатах тестирования. Характер распределения полученных баллов (рис. 2) позволяет провести оценку уровня сложности тестового опроса и уровня подготовленности опрашиваемых. Так, например, для студентов, обучавшихся в 20018-2019 учебном году, итоговый тестовый опрос оказался сложным: 65,9% опрошенных с первой попытки получили оценки три и выше, а оценок более 4,5 балла не набрал никто.

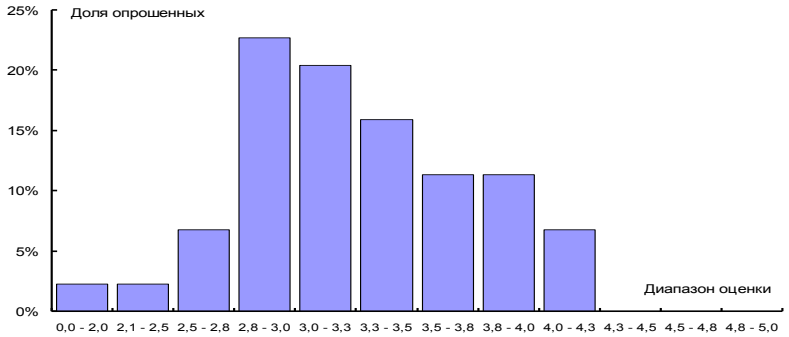


Рис. 2. Распределение оценок итогового теста

Анализ распределения оценок делает необходимым для преподавателя выявить причину низкой успеваемости. К решению этой задачи можно приступить по двум направлениям: 1) проанализировать учебные материалы и задания для самостоятельной работы (их содержательную часть и форму представления); 2) проанализировать качество самого теста.

Оценку качества представления обучающих элементов курса возможно произвести по анализу частоты обращения к ним студентов, наглядности представления материала и полноты отображения всех тем курса. Это оценка довольно субъективна, несмотря на существующие правила представления элементов курса.

Для оценки качества тестового задания система Moodle предоставляет модуль статистической оценки качества каждого вопроса теста и всего тестового опроса (табл.). Значения средней оценки, медианы, эксцесса и асимметрии позволяют преподавателю оценить уровень сложности теста и его адаптированность к группе опрошенных.

Значение стандартного отклонения и стандартной ошибки определения оценки характеризуют степень разнообразия ответов или уровня подготовленности учащихся, а также применимость данного теста для оценки уровня знаний выбранной аудитории (стандартная ошибка не должна превышать 7%).

Таблица

Статистические параметры оценки Итогового теста

Количество опрошенных	44
Средняя оценка	64,5%
Стандартное отклонение	10,2%
Асимметрия	-0,544
Эксцесс	1,678
Коэффициент внутренней согласованности	70,0%
Стандартная ошибка	5,6%

Более того, модуль «Статистика», рассчитывая такие статистические параметры выборки ответов на отдельный вопрос, как индекс лёгкости, стандартное отклонение оценок, коэффициент дифференциации и др., позволяют выявить «некачественные» вопросы, над которыми необходимо поработать, изменив их формулировку, дескрипторы или тип вопроса.

Заключение

В учебной практике фармацевтического факультета электронный УМК «Информационное обеспечение профессиональной деятельности» используется с 2014 года. Средства образовательной среды Moodle позволяют постоянно расширять и улучшать представленные в курсе образовательные и контролирующие элементы. Особенно актуальным использование интерактивного учебно-методического комплекса в преподавании дисциплины ИОПД стало с изменением структуры аудиторных занятий, когда из неё исключились лекционные занятия, и увеличилось число часов на самостоятельную работу.

Список литературы

1. П ВГУ 2.0.10 – 2017 Положение об электронных учебных курсах Воронежского государственного университета, реализуемых в образовательном портале "Электронный университет ВГУ"[Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.tqm.vsu.ru/index.php
2. Информационное обеспечение профессиональной деятельности. Портал "Электронный университет ВГУ"[Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2433

Работа с интеллект-картами на уроках географии и внеурочной деятельности

В. А. Роговая, email: Rogovaya_Valentina@mail.ru

МБОУ «Каменская средняя общеобразовательная школа № 2
имени Героя Советского союза П.К.Рогозина»
Каменского муниципального района Воронежской области

Аннотация. *В данной работе рассматривается эффективность метода моделирования в обучении, создания и применения на уроках географии и внеурочной деятельности интеллект-карт на интернет-сервисе popplet/com.*

Ключевые слова: *интеллект-карта, интернет-сервис, метод моделирования, выявление закономерностей, исследование пространства.*

Требования современной школы к формированию у обучающихся навыков создания, применения и преобразования знаков и символов, моделей и схем для решения учебных и познавательных задач обусловлены необходимостью работы с большими потоками информации.

В процессе обучения ученик постепенно осваивает методы работы с различными источниками информации, ее видами: текстовая, статистическая, иллюстрационная и др. Учащиеся так же должны уметь работать в команде с целью решения общей задачи. Каждый член команды должен понимать общую стратегию и тактику действий, уметь планировать и выполнять свой блок действий.

Интеллект-карты (карты знаний) можно применять как на уроках, так и в дистанционном обучении школьников.

Так как география наука пространственная, то для лучшего усвоения материала требуется аудио-визуальная подача информации, активная практическая деятельность. Изучив простые в использовании интернет-сервисы по созданию интеллект-карт, я остановилась на сервисе Popplet, он позволяет:

– добавлять элементы с текстом, картинками;
– добавлять видео с YouTube и Vimeo;
– совместно с учениками работать над одной картой или редактировать ее;
– сохранять и публиковать карту в виде картинки;

© Роговая В. А., 2019

– демонстрировать карту в режиме презентации.

На уроках географии в ходе изучения нового материала мы совместно с учениками выстраиваем карты знаний, используя текст учебника, карты атласа, интернет-ресурсы. По окончании изучения темы, раздела у нас формируется комплексная интеллект-карта, в качестве обобщения материала и подготовки к итоговой работе. Карта знаний позволяет акцентировать внимание учеников на главные моменты раздела (темы).

Во внеурочной деятельности стараюсь максимально привлекать ребят. Особенно если мы работаем над проектом в условиях пространственного удаления и необходимости временной синхронизации. Так, например, минипроект «Подсезоны зимы - коренная зима». Это период с 20-х чисел декабря до начала февраля. Характеризуется глубоким покоем деревьев и кустарников, мощным снежным покровом, низкими температурами. Ученики вблизи своих домов на возвышенных местах и на дне оврагов проводили наблюдения и оценивали характер погоды. В качестве отчета ребята должны были сделать фотографии деревьев и зимующих птиц близ своего дома, мощность снегового покрова, описать состояние погоды 22 декабря в 12.00 часов, затем выложить этот материал на сервисе Popplet в совместной работе класса «Подсезоны зимы - коренная зима». Главной целью данной работы выявление пространственных закономерностей в природе.

На уроке географии в 10 классе по теме «Как самому составить классификацию стран?» учащиеся, используя интернет-ресурсы, совместно работали над поиском основных статистических данных по ведущим показателям уровня социально-экономического развития стран.

Знакомство с интернет-сервисом Popplet позволяет учащимся научиться анализировать и систематизировать полученную информацию, создавать информационную модель в виде графического конспекта по определенному алгоритму и презентовать свою работу.

В целом работа сервисом Popplet учащимся доступна и способствует развитию аналитических способностей и работе в команде.

Список литературы

1. Мониторинг метапредметных результатов в основной школе, часть 1: сб. науч. и метод. материалов / под общ. ред. В.Р. Имакаева; РИНО ПГНИУ. – Пермь, 2013. – С. 65-66.

2. Мониторинг метапредметных результатов в основной школе, часть 2: сб. науч. и метод. материалов / под общ. ред. В.Р. Имакаева; РИНО ПГНИУ. – Пермь, 2014. – С. 120-131.

3. Инструкция по использованию сервиса POPPLET [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.docme.ru/doc/1134035/instrukciya-po-ispol._zovaniyu-servisa-popplet

Информационные технологии как современный ориентир для образования

А. Н. Стебунова, email: anna_ert22@mail.ru

МКОУ «Эртильская средняя общеобразовательная школа № 1»

Аннотация. *В данной статье рассматривается возможность применения бесплатных математических программ как средства обучения при изучении курсов «Алгебра» и «Геометрия». А также приводится пример использования онлайн графического калькулятора Desmos на уроках алгебры.*

Ключевые слова: *онлайн сервис, информационные технологии, графический калькулятор, Desmos.*

Введение

В современном мире развитие информационных технологий происходит быстро, нестабильно и неопределенно. Кроме совершенствования универсальной компьютерной техники и коммуникаций, большую роль в формировании ключевых компетенций современного учителя и приобретении им новой информационной грамотности играет специализация средств информационных технологий под учебный процесс. К таким средствам, прежде всего, относят инженерные и графические калькуляторы с различными дополнительными устройствами.

Бесплатные математические программы можно применять как средство обучения при изучении курсов «Алгебра» и «Геометрия». Такие программы позволяют выполнять общеобразовательный стандарт и повышать у обучающихся мотивацию к изучению математики.

Применение на уроках математики графических калькуляторов повышает практическую направленность обучения, дает возможность обеспечить индивидуальное взаимодействие обучающихся и педагога с использованием информационных технологий не только на уроках информатики, что повышает эффективность и качество учебного процесса.

1. Онлайн графический калькулятор в образовательном процессе.

Чтобы повысить у обучающихся мотивацию к изучению математики, учитель старается максимально визуализировать передаваемую информацию. Для того чтобы понять, как выглядит

© Стебунова А. Н., 2019

какой-либо предмет, ученику необходимо представить его в своем сознании, увидеть его или даже потрогать. Наглядное представление информации позволяет учителю развивать у обучающихся воображение и способность нестандартно мыслить. Существует много программ, с помощью которых можно представить информацию более наглядно. Такие программы, как Microsoft Office PowerPoint, Open Office Impress, используются наиболее часто. С помощью них можно создавать для уроков презентации.

Информацию можно представить разными способами: в виде схем, таблиц, диаграмм, анимации, видеороликов и т.д. В настоящее время ученики более восприимчивы к моделированию образов и проявляют активный интерес к информационным технологиям.

При изучении темы «Графики функций», которая является одной из основных тем школьного курса алгебры, умение строить графики является обязательным для каждого обучающегося средней школы.

Применяя на уроках алгебры графический калькулятор Desmos, обучение можно построить на основе деятельностного подхода, что позволит обучающимся на уроках более активно добывать самостоятельно знания.

Desmos – онлайн сервис, с помощью которого можно строить графики функций по формуле, решать уравнения и неравенства, изучать поведение функций при изменении параметров. Система работает только в режиме онлайн, но при авторизации можно сохранять построение графиков, апплеты и изображения в виде рисунков. Так же существует и мобильная версия.

Организация современной виртуальной работы учеников как в урочное, так и во внеурочное время повышает активность их познавательной деятельности.

2. Применение графического калькулятора Desmos на уроках алгебры.

Рассмотрим на примерах, как можно использовать графический калькулятор Desmos на конкретных уроках.

При изучении темы «График функции» функция задается одной формулой. Однако встречаются и ситуации, когда функцию задают несколькими формулами.

Приведем пример: построить график функции (1) и определить, при каких значениях m прямая $y = m$ имеет ровно две общие точки.

$$y = \begin{cases} -x^2 - 4x + 1, & \text{если } x \geq -3, \\ -x + 1, & \text{если } x < -3 \end{cases} \quad (1)$$

Построим график функции с помощью сервиса Online-калькулятор Desmos. На рис. 1 и рис. 2 показано, что при m=5 и m=4 прямая имеет ровно две общие точки.

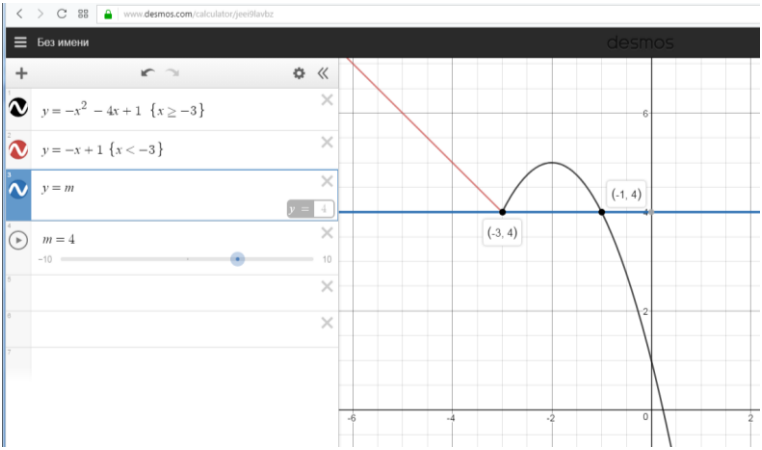


Рис. 1. Прямая y=5 имеет с графиком функции ровно две общие точки.

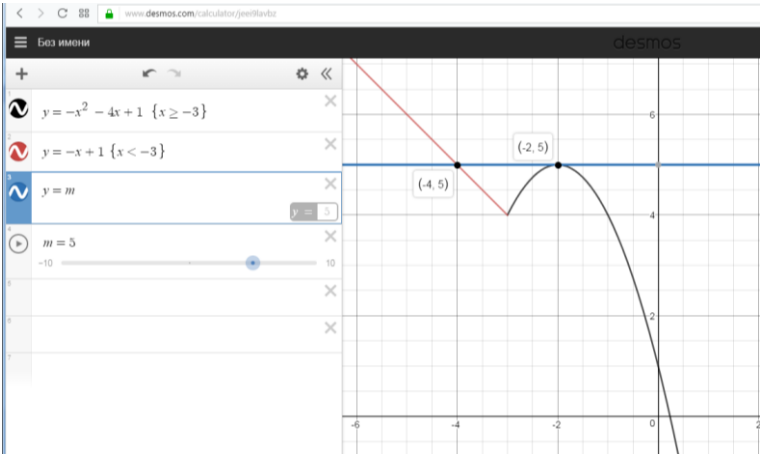


Рис. 2. Прямая y=4 имеет с графиком функции ровно две общие точки.

При изучении курса «Алгебра и начала математического анализа» сервис Desmos позволяет решать тригонометрические уравнения в режиме онлайн, показывая точные частные решения.

Рассмотрим пример решения простейшего тригонометрического урвнения вида *sin(x)=a*. (2)

$$\sin x = \frac{\sqrt{2}}{2}$$
$$x = (-1)^k \cdot \frac{\pi}{4} + \pi k,\ k \in Z \qquad (2)$$

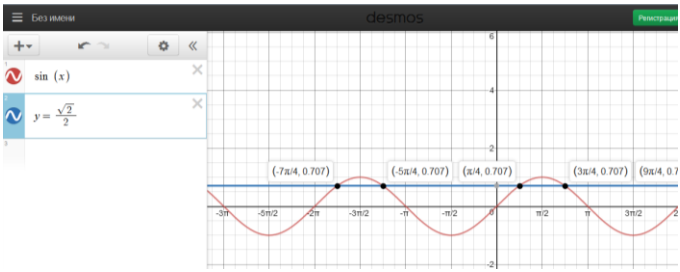


Рис. 3. Решение в графическом редакторе Desmos.

На рис.3 продемонстрировано решение простейшего тригонометрического уравнения с помощью сервиса Online-калькулятор Desmos. На графике функции *y=sin(x)* темными точками отмечены корни уравнения, учитывающие периодичность самой функции.

Рассмотрим пример решения тригонометрического уравнения из профильного уровня ЕГЭ по математике.

На рис.4 показано решение тригонометрического уравнения с отбором корней на заданном промежутке:

$$2\sin\left(\frac{7\pi}{2} - x\right)\sin x = \cos x$$
$$-2\cos x \sin x - \cos x = 0$$
$$-\cos x\left(2\sin x + 1\right) = 0$$
$$\left[\begin{array}{l} x = \frac{\pi}{2} + \pi k,\ k \in Z \\ x = (-1)^{k+1} \cdot \frac{\pi}{6} + \pi k,\ k \in Z \end{array}\right.$$

$$\text{на промежутке} \left(\frac{7\pi}{2}; 5\pi \right]$$

$$x = \frac{23\pi}{6}, \frac{9\pi}{2}$$

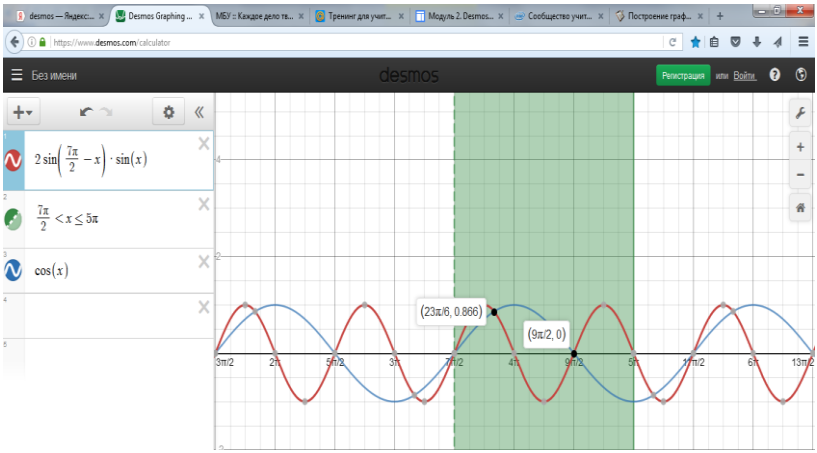


Рис. 4. Решение уравнения графическим методом.

На графике выделен заданный промежуток и корни, принадлежащие этому промежутку.

Заключение

В настоящее время почти все классы общеобразовательных учреждений оснащены современным оборудованием. Поэтому педагогу не составит труда построить процесс обучения, используя информационные технологии. Применяя на уроках алгебры графический калькулятор Desmos, обучающийся более сосредоточен на образовательном процессе и может самостоятельно открывать для себя новые знания. В результате процесс обучения протекает более эффективно.

Возможности Desmos позволяют создавать:

– качественные дидактические материалы;
– анимированные тренажеры,
– визуальные интерактивные модели.

При помощи необходимого оборудования с выходом на информационные технологии, педагог может продемонстрировать то, что не может показать в действительности.

Литература

1. Сухорукова, Е.В. Визуализация информации средствами интернет сервисов при изучении дисциплины «Естественнонаучная картина мира» / Е. В. Сухорукова // Компьютерные науки и информационные технологии в образовании. – Саратов : Наука, 2016. – С. 403-4054.

2. Сухорукова, Е.В. Использование графического калькулятора Desmos в методической подготовке учителя математики и информатики / Е. В. Сухорукова // Информационные технологии в образовании. – Саратов : Наука, 2015. – С. 321-324.

3. Calculus [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://desmos.com/calculator

4. ОГЭ. Математика: типовые экзаменационные варианты: О-39 36 вариантов / под ред. И.В. Ященко. – М.: Издательство «Национальное образование», 2018. – 240 с. – (ОГЭ. ФИПИ – школе).

5. ЕГЭ. Математика. Профильный уровень: типовые Е 31 экзаменационные варианты: 36 вариантов / под ред. И.В. Ященко. – М.: Издательство «Национальное образование», 2019. – 256 с. – (ЕГЭ. ФКР – школе).

Какими знаниями и качествами должен обладать программист 21-го века

О. Х. Талипова, e-mail: o_talipova@inbox.ru
Ф. Д. Фозилов, e-mail: o_talipova@inbox.ru

Ташкентский университет информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий

Аннотация. *На сегодняшний день существует очень много языков программирования и, пожалуй, самые известные из них это: Java, CSS, HTML, JavaScript, PHP, Python, C++, C#. Эти языки программирования в основном связаны с Веб- разработкой и Мобильной разработкой. Кроме этих языков также существуют языки IOS и Mac OS разработки. Сегодня многие IT специалисты строго рекомендуют юным программистам в первую очередь изучать язык ООП (Объектное Ориентированное Программирование).*

Ключевые слова: *программирование, программист, язык программирования, IT специалисты, ООП, знания, сфера ИКТ.*

Введение

Современные студенты сферы информационных технологий чаще всего задают себе вопросы как «Каким программистом лучше быть», «Какие языки программирования лучше всего изучать», «На каково программиста в сфере ИКТ спрос больше». В этой статье мы попытаемся ответить на эти вопросы и обсудим следующие аспекты:

1. Языки программирования.
2. Виды программистов.
3. Самая прибыльная сфера программирования.

2. Языки программирования

На сегодняшний день существует очень много языков программирования и, пожалуй, самые известные из них это: Java, CSS, HTML, JavaScript, PHP, Python, C++, C# [1]. Эти языки программирования в основном связаны с Веб- разработкой и Мобильной разработкой. Кроме этих языков также существуют языки IOS и Mac OS разработки. На сегодняшний день очень много молодых, начинающих специалистов думают об изучении CSS/HTML и хотят стать так называемыми «верстальщиками» так как в теории эта работа обещает

© Талипова О. Х., Фозилов Ф. Д., 2019

быть прибыльной и в добавок научиться этой работе очень просто. К сожалению, это не так.

На сегодняшний день почти половина начинающих программистов являются верстальщиками что само по себе означает что спрос на эту работу очень маленький. К тому же большинство хороших программистов умеют верстать сайты самостоятельно, но при этом предпочитают нанимать верстальщиков так как хоть это, и простая работа она занимает очень много времени. Большинство программистов считают, что каждый уважающий себя программист обязательно должен уметь верстать сайты. Сегодня многие IT специалисты строго рекомендуют юным программистам в первую очередь изучать язык ООП (Объектное Ориентированное Программирование).

Наиболее известными языками ООП являются C++, Java, Python. Языки ООП считаются одними из самых сложных языков, и требуют не менее 6 часов интенсивных занятий в течении 2 лет. Эти языки дают большие возможности в сфере программирования и было бы справедливо сказать, что все направления программирования требуют знания языка ООП. По факту все языки ООП связаны между собой и очень схожи по синтаксису написания кода. Объяснением этого является тот факт, что в начале создания первого компьютера был создан язык A, затем B, затем C, и после него C++. Языки Java и Python являются двумя ветвями C++ и используются в разных направлениях (Java – создание мобильных приложений и Python – создание веб приложений). C# является так называемой эволюционной формой C++. Его очень часто используют для работы с операционными системами. Так же C# широко используется для работы с базами данных.

К сожалению, многие не до оценивают язык C++ и отказываются его изучать, так как спрос на этот язык программирования очень маленький и это мешает студентам увидеть истинные возможности этого языка. Будет справедливо сказать, что возможностей у языка C++ больше чем у любого другого языка программирования. На языке C++ можно создавать веб приложения и сайты, хоть это и труднее чем это делать с помощью других, более подходящих языков программирования.

Но многие великие программисты считают, что если студенту удалось создать полноценный, функционирующий веб сайт, пользуясь только языком C++, то этот студент может смело называть себя профессиональным Веб разработчиком.

3. Виды программистов

Самым востребованным на 2017 год видом профессии «программист» является веб-разработчик. К этой категории относятся

специалисты по созданию сайтов. Условно веб-мастера делятся на три группы:

– разработчик frontend;
– backend-программист;
– full stack девелопер.

Далеко не все знают, что такое клиентская и серверная часть. Поэтому работодатели зачастую путают специализации в веб-разработке. На биржах freelance встречаются объявления, в которых наниматели от frontend -мастера требуют знания full stack, при этом платят как за обыкновенную верстку. Для не посвященных в мистерии кода – это похожие виды направлений. Программисты занимаются, казалось бы, одним делом. Но инструменты, язык, обязанности и оклады у frontend -мастера и серверного разработчика разные.

Видимая часть Интернет-ресурса, открывающаяся в браузере после ввода запроса, называется клиентской или frontend. Оформлением, цветовой гаммой, расположением заголовков занимается дизайнер. Художник рисует будущий макет и передает его верстальщику, который превращает его в HTML-шаблон. На этом этапе подключается веб-программист и добавляет интерфейсу динамики.

Frontend разработчики – это вид программистов, отвечающих за создание анимации, кнопок, выпадающего меню, слайд-шоу. Все интерактивные элементы появляются на страницах благодаря им. Они пишут скрипты на JS, включают их через HTML-теги и следят за тем, чтобы каждая часть кода работала правильно.

Писать код на HTML, CSS и JavaScript недостаточно. Чтобы оставаться конкурентоспособным на рынке труда, frontend -разработчик должен знать следующее:

1. jQuery. Библиотека JavaScript с коллекцией плагинов и расширений. Вместо того чтобы писать код с нуля, jQuery позволяет добавлять и настраивать готовые элементы. Например, авто заполнение форм, слайд-панель, таймер, связанная анимация.

2. Фреймворки Bootstrap, Foundation, Backbone, AngularJS и Ember JS. Это программные оболочки, повышающие производительность ресурса. Предоставляют готовый дизайн и существенно облегчают жизнь разработчика.

3. Препроцессоры SASS и LESS. Добавляют CSS функциональности, обрабатывает код, превращая его в отформатированный и кросс-браузер CSS.

4. Популярные CMS – адаптивная верстка и кросс – «платформенность». Обязанности и виды деятельности программиста включают отладку и тестирование клиентской части. Веб-инженер

проверяет отдельные блоки исходного кода на ошибки. Тестирует интерфейс, узнает, насколько пользователям будет удобно взаимодействовать с приложением. Также frontend-специалист должен разбираться в азах серверного программирования, технологиях Node.js, помимо JS писать на PHP и SQL.

4. Самая прибыльная сфера программирования

Сфера IT активно растёт: за прошлый год количество вакансий в секторе увеличилось на 20 %, а уровень зарплаты вырос на 12–20 %. Это говорит о том, что специалистов не хватает и работодатели готовы платить больше, чтобы заполучить лучших. Но так обстоят дела не со всеми специальностями. Прежде чем начать изучать программирование, убедитесь, что выбрали верное направление. Сделать это просто: достаточно заглянуть на сайты поиска работы и оценить реальный спрос.

Изучим один из самых популярных ресурсов – Headhunter.

На запрос «программист» hh.ru выдает 4 654 вакансий, 130 из которых подходит для начала карьеры. Зарплата в секторе: 75 000–260 000 руб.

Всё хорошо, но это «средняя температура по больнице», цель нужно конкретизировать.

Статистика показывает, что велик интерес к разработчикам мобильных приложений, аналитикам Big Data, специалистам по cybersecurity и обеспечению информационной защиты.

Каждое из этих направлений тоже делится на секторы.

С выбором языка программирования сложнее – здесь лучше довериться статистике, чем вкусу. А статистика говорит, что в прошлом году самый большой рост показали следующие языки:

- Swift – 100 %
- PHP – 79 %
- C# – 49 %
- Java – 38 %
- C++ – 31 %

А вот спрос на Python и Scala, наоборот, упал.

Новичку стоит выбирать язык по двум критериям: востребованность и простота. Из популярных языков более простыми считаются C# и Java. Посмотрим на них внимательнее.

C# – разработка компании Microsoft Windows установлена на 83 % всех ПК в мире, поэтому востребованность программистов C# очевидна. Функциональность языка позволяет решать практически любые задачи. Опытные программисты говорят о сфере его применения просто: «что напишешь, то и будет, где используешь, там и используется». В России

каждые полгода появляется более 1,5 тыс. вакансий «Junior C# Developer». Доход программистов C# составляет 30 000–135 000 руб. в месяц.

Java – самый популярный и востребованный язык программирования в мире. Сфера применения – от создания простых игр и сайтов до сложнейших научных разработок. Эксперты пророчат ему востребованность на долгие годы, что и понятно: во всем мире Java используется в коммерческих, государственных, банковских и прочих системах. В 2017 году доход программистов JAVA по Москве колеблется от 25 000 до 175 000 руб. в месяц.

И C#, и Java хороши тем, что начать зарабатывать ими можно довольно быстро. Программисты уровня Junior участвуют в старта-пах, выполняют простые заказы на фрилансе или начинают карьеру в IT-компаниях в роли стажёра. В IT практика имеет первостепенное значение: чем быстрее вы перейдете к активным действиям – тем лучше. Многие боятся этого момента, полагая, что новичку попасть в реальный проект невозможно.

Удачно выбранные курсы – половина успеха. Остановитесь на учебном центре, работающем по принципу «кузницы кадров» для реальных IT-компаний. Так учёба естественным образом перейдет в практику, а потраченные на обучение деньги начнут возвращаться с процентами.

Заключение

Хоть и видов программистов очень много, пожалуй, наиболее известные связаны с Веб разработкой. Все собранные факты и материалы в этой статье показывают, что хороший программист должен обладать очень сильным логическим мышлением.

На сегодняшний день самые востребованные программисты – это программисты, работающие с контролем и обработкой информацией, что в свою очередь лишний раз доказывает, что у тех, кто выбрал направление работы с базами данных будущее обещает быть очень перспективным.

Литература

1. Конова, Е. А. Алгоритмы и программы. Язык C++: Учебное пособие / Е. А. Конова, Г. А. Поллак. – 2-е изд., стер. – СПб. : Издательство «Лань», 2017. – 384 с.

Компьютерное определение хронобиотипов студентов лечебного и педиатрического факультетов Воронежского медицинского университета

Т. Е. Фертикова, e-mail: tefertikova@vrngmu.ru
М. В. Попов, email: kilo199877@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Аннотация. *Проведено компьютерное определение хронобиотипов 200 студентов 3 курса лечебного и педиатрического факультетов Воронежского медицинского университета. Выполнен сравнительный анализ хронобиотипов обучающихся двух факультетов. Большинство исследуемых по хронобиотипу являются аритмиками или «голубями». Предложены рекомендации по научной организации режима учебной деятельности в соответствии с биоритмами. Также проведена оценка хронобиотипов среди юношей и девушек. Результаты работы с использованием компьютерных технологий могут быть применены для оптимизации обучения и повышения адаптированности студентов ВУЗа.*

Ключевые слова: *хронобиотип, компьютерная оценка, программное обеспечение, студент, обучение, адаптированность, медицинский университет.*

Введение

Условия жизни оказывают как прямое, так и опосредованное влияние на организм человека. Каждый день человек подвергается влиянию различных факторов окружающей среды, преобладающим из которых является антропогенный, т.е. обусловленный деятельностью человека. Данная тематика является актуальной, поскольку хронобиотип – это явление эволюционного характера, сформировавшееся в результате адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды [1]. Соответственно хронобиотип является основой здоровья человека, так как тело человека – это открытая система, постоянно контактирующая с внешней средой.

В настоящее время влияние антропогенных факторов серьезно отражается на формировании хронобиотипов. В результате адаптации

© Фертикова Т. Е., Попов М. В., 2019

может меняться хронобиотип человека, расширяя его функциональные возможности и способствуя выживанию в агрессивной внешней среде.

С целью изучения данного феномена была исследована группа студентов Воронежского медицинского университета в количестве 200 человек, обучающихся на лечебном и педиатрическом факультетах. Непосредственным «агрессором», который будет стимулировать адаптационный синдром, является высокая степень умственной нагрузки, которая имеет место при обучении в вузе. Каждому испытуемому было предложено пройти анкетирование на компьютере с использованием программного обеспечения [1, 2]. Анкетирование включало в себя 20 вопросов, описывающих несколько вариантов режима дня. На основании выбора наиболее подходящего варианта для каждого испытуемого компьютерная программа выдавала результат соответствующего хронобиотипа.

В результате компьютерной оценки хронобиотипов проведены сравнение показателей студентов двух факультетов вуза между собой и выяснение гендерных особенностей хронобиотипов обучающихся.

1. Результаты сравнительной оценки хронобиотипов студентов двух факультетов медицинского вуза

В результате исследования данных хронобиотипов студентов двух факультетов получены следующие результаты.

Структура хронобиотипов 100 обучающихся 3 курса лечебного факультета выглядит следующим образом:

- сильно выраженный утренний тип – 0%;
- слабо выраженный утренний тип – 10%;
- индифферентный тип – 54%;
- слабо выраженный вечерний тип – 33%;
- сильно выраженный вечерний тип – 3%.

Данные хронобиотипов 100 обучающихся 3 курса педиатрического факультета:

- сильно выраженный утренний тип – 0%;
- слабо выраженный утренний тип – 7%;
- индифферентный тип – 55%;
- слабо выраженный вечерний тип – 30%;
- сильно выраженный вечерний тип – 8%.

Сравнительная оценка результатов компьютерной оценки хронобиотипов показывает, что большинство исследуемых студентов двух факультетов относятся к индифферентному хронобиотипу (54-55%) и слабо выраженному вечернему типу (30-33%). Существенно менее распространенным является слабо выраженный утренний хронобиотип (7-10%). Отметим отсутствие среди обучающихся сильно

выраженного утреннего хронобиотипа, несмотря на тот факт, что аудиторные занятия в медицинском вузе начинаются в 8.15. Достоверных отличий между двумя группами испытуемых не обнаружено. Объяснить полученную структуру хронобиотипов студентов-медиков можно большой аудиторной нагрузкой, а также значительным объемом домашних заданий, выполняемых во вторую половину дня [3].

Результаты наших исследований вполне согласуются с данными других авторов, в работах которых выявлено преобладание среди студентов слабо выраженного вечернего типа биоритма – 60,6±6,2% [4]. На втором месте по частоте встречаемости находится индифферентный тип – 23±5,3%. Иначе говоря, доля исследуемых с индифферентным и слабо выраженным вечерним типом биоритмов составила более 80%, что аналогично результатам данной работы. Не обнаружено ни одного человека с четко выраженным утренним типом. Последнее утверждение также совпадает с результатами наших исследований.

Исследования, проведенные ранее среди школьников, также говорят о преобладании «голубей» или аритмиков, что является своеобразным приспособлением к образовательному процессу. При преобладании «сов» страдало бы качество усвоения материала в школе, и, наоборот, при преобладании «жаворонков» хуже выполнялись бы домашние задания.

2. Гендерные особенности хронобиотипов студентов двух факультетов медицинского вуза

По данным гендерного анализа хронобиотипов студентов двух факультетов выяснено, что среди лиц мужского пола представлены:

- сильно выраженный утренний тип – 0%;
- слабо выраженный утренний тип – 9,8%;
- индифферентный тип – 56,9%;
- слабо выраженный вечерний тип –33,3 %;
- сильно выраженный вечерний тип – 0%.

Среди лиц женского пола получены следующие параметры:

- сильно выраженный утренний тип – 0%;
- слабо выраженный утренний тип – 10,1%;
- индифферентный тип – 48,9%;
- слабо выраженный вечерний тип – 34,5%;
- сильно выраженный вечерний тип – 6,5%.

Отметим, что представительницы женского пола наиболее адаптивны к вечерним нагрузкам, имеющим место при обучении в медицинском вузе, поскольку среди них больше доля лиц со слабо и

сильно выраженными вечерними типами (41,0% против 33,3% у лиц мужского пола).

Заключение

На основании полученных данных можно сделать вывод, что индифферентный хронобиотип является доминирующим в каждой группе испытуемых (54-55%). В результате адаптации студентов медицинского вуза к процессу обучения организм становится более пластичным к временному фактору, что объясняет наибольшую распространенность индифферентного хронобиотипа испытуемых. На втором месте по распространенности находится слабо выраженный вечерний тип (30-33%) в силу того, что наибольшие нагрузки обучающихся приходятся на вечернее время из-за большого объема самостоятельной работы.

В работе также определены гендерные различия в структуре хронобиотипов обучающихся, заключающиеся в преобладании доли лиц индифферентного типа среди юношей по сравнению с девушками.

Таким образом, данное исследование показывает необходимость более глубокого изучения проблемы биоритмов как одного из механизмов реализации психогигиенической адаптации в условиях повышенных информационных нагрузок. Несовершенная организация учебного процесса в высшей школе может приводить к ухудшению адаптационных возможностей организма и здоровья студентов [5].

Необходимы разработка и внедрение практических рекомендаций по организации режима учебной деятельности студентов вузов в соответствии с биоритмами, поскольку режим труда и отдыха является основой не только высокой трудоспособности, но и хорошего состояния здоровья.

Список литературы

1. Доскин, В. А. Биоритмы, или Как стать здоровым / В. А. Доскин. – М. : Эксмо, 2014. – 240 с.

2. Фертикова Т. Е. Здоровьесбережение в ВУЗах посредством информационно-компьютерных технологий / Т. Е. Фертикова // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVI Международ. науч.-метод. конф., VII Международ. школы-конф. «Информатика в образовании». – Воронеж, 2016. – С. 757-761.

3. Изучение хронобиотипов обучающихся с целью улучшения качества образовательного процесса в высших учебных заведениях / М. В. Попов [и др.] // Молодежный инновационный вестник. – 2018. – Т. 8. – № 3-Приложение 3. – С. 10.

4. Толмачев, Д.А. Биоритмы в жизни студента медицинской академии / Д. А. Толмачев, О. В. Бородина, А. Ф. Нугманов // Проблемы современной медицины: актуальные вопросы : сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Красноярск, 2014. – С. 72-74.

5. Фертикова, Т.Е. Сравнительная оценка качества жизни студентов ВУЗов города Воронежа / Т. Е. Фертикова, Н. А. Борисов, А. А. Рогачев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2016. – Т. 15. – № 2. – С. 364-368.

Применение информационных технологий при изучении авиационных радиоэлектронных систем

А. К. Франчук, email: afranchuk@yandex.ru

Филиал ВУНЦ ВВС ВВА в г. Сызрани

Аннотация. *В работе рассмотрены различные подходы повышения эффективности изучения летным составом авиационных радиоэлектронных систем с применением информационных технологий.*

Ключевые слова: *информационные технологии, авиационные радиоэлектронные системы*.

Введение

Задачи качественной подготовки курсантов по специальности «25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов» становятся особенно актуальными в связи с расширением спектра угроз безопасности страны и необходимостью подготовки квалифицированных военных специалистов. ФГОС ВО по данной специальности предполагает обязательное использование информационных технологий в учебном процессе [1]. Требования стандарта предполагают предоставление каждому обучающемуся индивидуального неограниченного доступа к электронным библиотекам и к электронной информационно-образовательной среде организации. Рассмотрим особенности применения информационных технологий при обучении летного состава.

1. Требования к уровню подготовки курсантов.

В табл. 1, 2 представлены требования к уровню подготовки курсантов при изучении авиационных радиоэлектронных систем, которые определяются соответствующими профессиональными компетенциями.

Таблица 1

Требования к уровню профессиональных компетенций курсантов

Профессиональные компетенции (ПК)	**Индикаторы компетенций**
способность эксплуатировать авиационные комплексы в мирное и военное время в соответствии с нормативной документацией (ПК–1)	знать назначение, принцип действия, состав, устройство, основные эксплуатационные характеристики и особенности эксплуатации АРЭС;

© Франчук А. К., 2019

Окончание таблицы 1

Профессиональные компетенции (ПК)	**Индикаторы компетенций**
способность оценивать современные тенденции развития авиационных комплексов (ПК–21)	знать возможности функционирования АРЭС в условиях помех, перспективы развития АРЭС; уметь использовать полученные в процессе обучения знания, умения и навыки в своей профессиональной практической деятельности при эксплуатации воздушных судов

Таблица 2

Уровни профессиональных компетенций курсантов по АРЭС

Уровень компетенции	**Индикаторы компетенций**	
	Знать	**Уметь**
пороговый	достигнуты знания АРЭС в объеме инструкции по летной эксплуатации воздушного судна	достигнуты практические навыки в объеме инструкции по летной эксплуатации
базовый	достигнуты расширенные знания АРЭС дополненные пониманием физических принципов их функционирования, перспектив развития, пониманием возможности функционирования АРЭС в условиях помех	достигнуты твердые практические навыки в объеме инструкции по летной эксплуатации с пониманием функциональных связей АРЭС с другим оборудованием

Окончание табл. 2

Уровень компетенции	Индикаторы компетенций	
	Знать	**Уметь**
продвинутый	достигнуты знания возможностей современных АРЭС и перспектив их развития на основе глубокого понимания физических принципов их функционирования, пониманием возможности функционирования АРЭС в условиях помех	достигнуты уверенные практические навыки в объеме инструкции по летной эксплуатации воздушного судна дополненные обоснованным пониманием процессов функционирования всего бортового комплекса воздушного судна

2. Традиционные технологии обучения летного состава

На рис. 1, 2 показаны примеры элементов, применяемые в традиционных технологиях обучения курсантов теоретическим знаниям и практическим навыкам эксплуатации АРЭС. К их числу относятся стенды – тренажеры, кабины-тренажеры, комплексные тренажеры вертолета, карточки тренажей.

Рис. 1. Кабина-тренажер для отработки практических навыков эксплуатации АРЭС

Рис. 2. Пример традиционной карточки тренажей

Основной проблемой таких технологий обучения является временные и стоимостные ограничения их применения. Высокой эффективностью обучения обладают комплексные тренажеры, но из-за высокой стоимости они могут эффективно применяться только при обучении летной эксплуатации воздушного судна. Для повышения интенсивности изучения АРЭС и достижения высоких уровней компетенций курсантов использование традиционных технологий обучения становиться недостаточным. Внедрение информационных технологий в учебный процесс постоянно расширяется и возникает неизбежный вопрос их эффективного применения.

3. Применение информационных технологий обучения летного состава

Среди многообразия цифровых образовательных ресурсов, используемых в учебном процессе [2], при изучении АРЭС активно используются:

- электронные учебники и учебные пособия;
- электронные учебно-методические комплексы (УМК);
- электронные тестовые среды;
- моделирующие программы;
- программы-тренажеры;
- контролирующие программы;
- справочные базы данных учебного назначения;
- автоматизированные обучающие системы.

На рис. 3, 4 показаны примеры элементов информационных технологий для аудиторных занятий, применяемых при обучении курсантов.

Программа-тренажер пульта управления комплексом средств связи (КСС) имитирует все эксплуатационные процедуры и позволяет отработать практические навыки по проверке, настройке и эксплуатации КСС в полете. В комплексе с отработкой практических навыков на действующем стенде-тренажере КСС показана высокая эффективность применения данной программы.

Успешность применения данной программы предполагает перспективу ее использование при создании комплексной имитационной модели кабины вертолета для проведения тренажей по всему комплексу АРЭС.

Рис. 3. Пример обучающей программы-тренажера

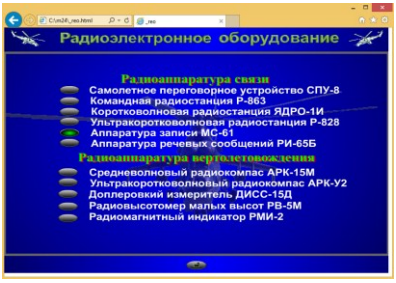


Рис. 4. Обучающая программа по РЭО вертолета Ми-24

Другой примером применения информационных технологий при проведении аудиторных занятий является обучающая программа по авиационному и радиоэлектронному оборудованию вертолета Ми-24. Программа сочетает элементы электронного учебника с гипертекстовым содержанием и обучающие элементы с анимационными моделями пультов и индикаторов, позволяющими оценить правильность и соблюдение последовательности действий летчика при эксплуатации АРЭС. Применение данной программы в комплексе с традиционными

технологиями использования учебных видеофильмов, стендов-тренажеров, кабин тренажеров позволило повысить интенсивность подготовки, достичь требуемых уровней компетенций курсантов.

Приведенный анализ эффективности применения элементов информационных технологий дает лишь качественную оценку и основывается на экспертном мнении преподавателей и результатов тестирования курсантов при изучении АРЭС. В работе [3] приведены модели, критерии и методики оценки степени достижения профессиональной компетентности в процессе первоначального обучения летного состава. Использование таких методик позволяет разработать достоверные критериально-ориентированные тесты, которые позволят оценить эффективность существующих систем обучения и предъявить требования к структуре и содержанию разрабатываемых обучающих систем.

Заключение

Проведен анализ требований к профессиональным компетенциям курсантов по АРЭС и сформулированы требования к уровню их обученности. Проведен анализ ограниченности возможностей традиционных технологий обучения. Приведены примеры реализации новых информационных технологий при изучении АРЭС, анализ их эффективности и обоснована необходимость компетентностного подхода к созданию и применению в учебном процессе комплексных обучающих программ и автоматизированных обучающих систем.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов (уровень специалитета). (Зарегистрировано в Минюсте России 6 сентября 2016 г. N 43580) (Утвержден приказом Минобрнауки РФ от 11.08.2016 г. N 1020). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pravo.gov.ru

2. Пащенко, О. И. Информационные технологии в образовании: Учебно-методическое пособие / О. И. Пащенко. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. − 227 с.

3. Айдаркин, Д. В. Разработка и применение автоматизированных систем для профессиональной подготовки летного состава гражданской авиации: монография / Д. В. Айдаркин. − Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2014. − 111 с.

Образовательные возможности технологии дополненной реальности

Д. Н. Чепрасов, e-mail: deni-cheprasov@yandex.ru

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение средняя общеобразовательная школа № 4 г. Лиски

Аннотация. *В статье представлен обзор некоторых приложений дополненной реальности и возможностей их применения в образовательном процессе школы.*

Ключевые слова: *дополненная реальность, AR-объекты, визуализация, образовательный контент.*

Введение

Резкий скачок в развитии технологий за последние несколько лет, застал врасплох многих педагогов, которые стараются не отставать от новых тенденций. Технологии компьютерного зрения и машинного обучения, беспилотные автомобили и человекоподобные роботы – продолжать можно до бесконечности. Многим педагогам кажется, что все это – далекое будущее, однако, уже имеется достаточный опыт применения новейший технологий в зарубежных образовательных системах, а мы знаем, что западные тренды в образовании очень часто, конечно трансформировавшись, перетекают к нам. Поэтому тема «Возможности использования технологий дополненной реальности в образовательном процессе школы» становится на сегодняшний день немаловажной.

1. Особенности дополненной реальности

Для того, чтобы подробно рассмотреть возможности дополненной реальности, предварительно необходимо дать определение некоторых понятий.

Виртуальная реальность (VR) – интерактивная среда с полным погружением пользователя в виртуальный мир (вымышленную цифровую реальность). В большинстве случаев взаимодействие осуществляется при помощи видео шлем и с использованием объемного звука (Oculus Rift, Gear VR, HTC Vive).

Смешанная реальность (MR) – технология, которая позволяет органично интегрировать в реальную пользовательскую среду цифровой контент, которые будут существовать таким образом, чтобы создавать

© Чепрасов Д. Н., 2019

гибридную реальность. (т. е. цифровые объекты реагируют на изменение пользовательской среды).

Дополненная реальность (AR) – технология наложения контента цифрового формата на реальную пользовательскую среду. Главное отличие AR от MR заключается в том, что AR-объекты просто накладываются на объекты и никак не реагируют на физические свойства (освещение, звучание, расположение в пространстве относительно других объектов) пользовательской среды. [1]

Для использования дополненной реальности не нужны специальные устройства. Можно использовать любой планшет или телефон под управлением операционных систем IOS или Android. Чаще всего данная технология ассоциируется со сферой развлечений и компьютерных игр. Однако, как показывают исследования института MOMRI, на начало 2017 года структура российского рынка AR-технологий складывалась таким образом, что 28 % использования продуктов виртуальной и дополненной реальности приходилось именно на сферу образования. [3]. Наряду с этим, компанией Education City, была представлена статистика, которая показывает, что 86% студентов, использовавших для обучения AR-объекты, усвоили почти 90% от общего объема изучаемого материала, показали большую дисциплинированность и заинтересованность, чем при традиционном подходе. [2]

2. Педагогические возможности дополненной реальности

Такая эффективность технологии дополненной реальности объясняется следующими методическими аспектами. Во-первых, наглядностью. Например, на уроках геометрии в 10-11 классах двумерная проекция не дает полного представления об объекте. Трехмерная AR-модель же позволяет изучить фигуру с любого ракурса, и внести необходимые изменения в чертеж.

Немаловажным фактором выступает и процесс визуализации. Смешанную реальность целесообразно использовать на уроках, когда дети сталкиваются с изучением объектов, которые сложно абстрактно представить: атомы и молекулы в химии, строение клеток в биологии, физические процессы, модели звездных систем и т. д. Визуализация в данном случае облегчает процесс понимания и усвоения материала.

Так как традиционный урок – не самое увлекательное времяпрепровождение для современного ребенка, то решающую роль играет мотивация. Дополненная реальность позволяет оживить страницы учебника, сделать процесс более индивидуализированным и помочь вникнуть в суть материала [4].

3. Обзор некоторых приложений дополненной реальности

Перейдем к конкретным примерам применения AR-технологии в образовательном процессе. Для изучения анатомии с успехом можно применять программу Virtuali-Tee. Для использования данного приложения необходима футболка со специальными метками, которая надевается на человека. После наведения камеры планшета или телефона на метки, на экране отображается внутреннее строение человека, что делает процесс изучения по-настоящему захватывающим. Приложение распространяется бесплатно, приобретать придется только футболки. Похожую роль играет и приложение Complete Anatomy 2018. Оно является анатомических справочником, в котором можно осматривать модели в реальном мире с разных расстояний, положений и углов обзора.

Еще одним направлением применения AR в сфере образования является изучение астрономии. Программа Star Walk 2 превращает процесс изучения данной науки в увлекательное занятие. Достаточно навести устройство на небо, и на экране появится точное отображение карты звезд и космических объектов в их правильном положении.

Здесь же стоит отметить проект под названием PhysicsPlayground, который позволяет создавать трёхмерную среду с глубоким погружением для экспериментирования и более подробного изучения строения вселенной.

Существует также целый класс проектов, направленных на визуализацию различных исторических событий и периодов. Например, проект HistoriQuest воспроизводит события Гражданской войны в США, сочетая игру с историческими фактами.

Большинство современных разработок в области дополненной реальности построено на технологиях оптического распознавания символов. Данная технология широко используется в приложениях для перевода текста, например, Google Translate. Функции этой программы позволяют мгновенно переводить надписи при наведении на них камеры смартфона. Данную возможность я использую на уроках информатики при работе с программами, которые не имеют русской локализации (например, 3DS MAX). Это позволяет быстро запомнить названия и функции различных инструментов программы, что значительно укоряет процесс освоения работы в той или иной среде.

Заключение

Сценариев применения дополненной реальности с каждым годом становиться все больше и больше. Однако, не все педагоги достаточно осведомлены о возможностях и эффективности данной технологии. Но будем надеяться, что в скором времени технология AR плотно войдет в

образовательную сферу и будет также повсеместно применяться, как и обычная школьная доска.

Список литературы

1. Акулич, М. Дополненная, виртуальная, смешанная реальность и маркетинг / М. Акулич. – М. : Издательские решения, 2018. – 120 с.

2. Влияние AR и VR технологий на образование / Н. Мирошниченко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://vrgeek.ru/vliyanie-ar-i-vr-tehnologii-na-obrazovanie

3. Рынок виртуальной реальности в России / MOMRI [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://files.r-trends.ru/reports/MOMRI._VR_market_in_Russia._April_2017_rus.pdf

4. Селиванов, В. В. Эффективность использования виртуальной реальности при обучении в юношеском и взрослом возрасте / В. В. Селиванов // Непрерывное образование : XXI век. – 2015. – №1. – С. 1-20.

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 8
Проблемы дистанционного образования

Онлайн-образование – наше будущее?

А. А. Борисова, email: allaborisova@yandex.ru
А. Н. Злобин, email: dronns@yandex.ru

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Аннотация. *В данной работе рассматривается онлайн-обучение как новая сфера в образовании, а также делается попытка проанализировать достоинства и недостатки онлайн-образования.*

Ключевые слова: *онлайн-обучение, классическое образование, эффективность, ВУЗ.*

Введение

Онлайн-обучение в нашем обществе стало набирать популярность. В настоящее время многие вузы отказываются от традиционных лекционных занятий и переходят на дистанционное обучение. В настоящей статье мы рассмотрим достоинства и недостатки данной системы обучения. Современное образование стремится идти в ногу с информационными и коммуникационными технологиями, ориентируется на сокращение периода обучения студентов и изменение качества образования.

Высшая школа экономики полностью отказывается от чтения лекций – вместо них профессора «Вышки» будут записывать собственные онлайн-курсы. Дирекция онлайн-обучения в ВШЭ считает, что «онлайн-обучение – один из основных трендов развития образовательных технологий во всём мире. Необходимо постоянно совершенствовать технологии, нормативную базу, методики, чтобы уровень развития информационных систем и организационных процессов соответствовал постоянно растущим технологическим компетенциям наших студентов и абитуриентов. Необходимо предоставить студентам новые модели обучения для повышения эффективности образования» [1]. Ректор объясняет это тем, что классические лекции превратились в «профанацию», посещение лекций студентами остается на низком уровне.

1. Преимущества онлайн-обучения

Плюсы онлайн-обучения очевидны. Студент и любой слушатель может изучить материал в любом месте и в любое время, не выходя из дома. При этом он сам планирует свое время и это очень удобно.

© Борисова А. А., Злобин А. Н., 2019

Еще одним достоинством является доступ к обучению людей с ограниченными возможностями здоровья и из отдаленных районов.

Технологии позволяют иметь доступ к огромному количеству ресурсов по разным тематикам 24 часа в сутки.

Многие студенты не успевают конспектировать лекционный материал. Данная проблема не возникает при онлайн-обучении – режим обучения позволяет прослушать фрагмент лекции несколько раз [2].

Сторонники онлайн-обучения называют также отсутствие социальных проблем при обучении: неважно, сколько вам лет – 15 или 70 – вы будете чувствовать себя комфортно при обучении.

2. Недостатки онлайн-обучения

Для региональных вузов преподаватели станут не нужны, а если нет преподавателей, то и вуз становится ненужным социальным институтом. Любой ВУЗ как социальный институт наделен определенными функциями, одной и которых является социальная функция. При широком внедрении онлайн-образования вуз перестанет влиять на социум, т. е. социальные функции образования исчезнут. А вместе с ней исчезнет и ВУЗ.

Онлайн-обучение, как утверждают психологи, приведет к различным психологическим проблемам. Информация воспринимается хуже, а внимание слушателя рассеивается, поскольку нет онлайн-методик, позволяющих удерживать внимание студента.

Кроме того, онлайн-обучение нивелирует коммуникативную функцию образования, которая является одной из главных. Социализация индивида в коллективе отсутствует, а это приводит к негативным последствиям для самого индивида. Молодежи XXI века не хватает «живого» общения, она перестает вербально общаться. Онлайн-обучение только усугубит эту проблему, не кем будет посоветоваться, кроме интернета.

Отсутствие «живых» лекций понижает качество образования. Качество лекционного материала консервируется, что недопустимо при обучении, например, правовых дисциплин. Фактический материал постоянно меняется, законодательство совершенствуется и изменяется. Это приводит к тому, что лекционный материал необходимо дорабатывать, что будет проблематично при онлайн-образовании. На наш взгляд, это приведет к стандартизации и унификации образования, нивелированию творческого мышления.

Онлайн-образование не научит мыслить, оно не даст возможности слушателю использовать в образовательном пространстве «живого» общения, конкуренции с другими слушателями. Все это приведет к снижению престижа высшего образования как такового. По

социологическим опросам уже 63 % опрошенных считают, что им не нужно высшее образование.

Онлайн-обучение требует от слушателей усидчивости и организованности, поэтому людям с низкой мотивацией такой онлайн-продукт не подойдет. Одним из недостатков онлайн-обучения, на наш взгляд, является тот факт, что многообразие онлайн-курсов приводит к избытку информации, не давая возможности сориентироваться в гуще и многообразии [3].

Несмотря на кажущуюся удобность и перспективность онлайн-обучения, работодатель не воспринимает всерьез такой уровень компетенций и предпочитает видеть в кандидатуре специалистов и бакалавров, обученных классическим способом.

С педагогической точки зрения нужен индивидуальный подход к учащемуся и студенту, однако онлайн-платформа нивелирует индивидуализацию и распространяет массовый подход при обучении.

Проведённый нами анализ позволяет утверждать, что благодаря хорошей дидактической оснащённости и технической простоте онлайн-обучение можно и нужно использовать преподавателям и слушателям. Однако забывать о неоспоримых преимуществах традиционного обучения забывать также не нужно. И хотя в последнее время много публикаций о преимуществах и недостатках онлайн-образования, эту тему нельзя назвать всесторонне и глубоко изученной [4].

В таблице выделим несовпадающие неоспоримые преимущества традиционного обучения и обучения онлайн.

Таблица

Преимущества традиционного и онлайн обучения

Онлайн-обучение	**Классическое обучение**
Доступность материалов по разным темам в любое время и в любом месте. Доступ к интернету позволяет проходить обучение во время поездки в транспорте, в перерывах на основной работе, на улице (например, изучение иностранного языка во время утренней пробежки).	Живое общение Живое общение с учителем/преподавателем является важнейшей составляющей процесса обучения.

Продолжение таблицы

Онлайн-обучение	**Классическое обучение**
Возможность выбора Каждый день появляются новые онлайн-школы, из которых выживают только наилучшие. Возможность выбора сразу из большого числа онлайн-школ, курсов, лекций по одному и тому же направлению/теме позволяет пользователю получать самую свежую информацию, выбирать лучших преподавателей, что положительно сказывается на качестве образования	Социализация индивида В процесса классического обучения студент общается в группе, усваивает ее правила и нормы, а следовательно социализируется, у него появляются друзья, он может с ними спорить, конкурировать и тем самым учится жить в обществе. Классическое образование выполняет социальную функцию, учит студента выражать свои мысли и доносить ее до собеседника, держаться на публике
стоимость Затраты на получение образования в онлайн-школах не сравнимо меньше, а возможность использования бесплатных ресурсов (видео-уроки и лекции) создаёт онлайн-школам огромное экономическое преимущество	*индивидуальность в обучении* гарантирует личностное отношение к обучающемуся, учёт его индивидуальных особенностей, быстрый мониторинг понимания материала
	ценность образования у работодателей Работодатель отдает предпочтение кандидату с классическим образованием, такой кандидат лучше держится на публике (а значит сможет работать с клиентами), умеет вербально выразить свою мысль

Окончание таблицы

Онлайн-обучение	Классическое обучение
	полезные знакомства За время обучения формируются дружественные отношения, приобретаются полезные личные знакомства. Положительные эмоции от нахождения в группе могут послужить сильным мотивом к обучению. Полезные связи могут помочь при поиске работы и трудоустройстве в будущем. Также в ходе групповой работы приобретаются навыки общения, накапливается жизненный опыт

Заключение

Таким образом, при рассмотрении такого феномена как онлайн-обучение можно выделить его положительные и отрицательные стороны. Несмотря на то, что онлайн-обучение становится популярным среди обучающихся, необходимо использовать комплексный подход и не отказываться от традиционного обучения.

Список литературы

1. Стратегия развития онлайн-обучения в НИУ ВШЭ на 2016-2020 годы [Электронный ресурс]. – М. : ВШЭ, 2016. – 12 с. – Режим доступа : https://elearning.hse.ru/data/2017/02/16/1167976997/ Стратегия онлайн обучения НИУ ВШЭ_страницы final.pdf

2. Махрова, Е. И. Психолого-педагогические особенности применения интернет-ресурсов в университетском образовании / Е. И. Махрова // Вестник ОГУ. – 2012. – № 2 (138). – С. 129-135.

3. Марчук, Н. Ю. Психолого-педагогические особенности дистанционного обучения / Н. Ю. Марчук // Педагогическое образование в России. – 2013. – № 4. – С. 78-84.

4. Трунов, Д. Г. Виртуальный мир: вред или польза? [Электронный ресурс] / Д. Г. Трунов. – Режим доступа : http://trunoff.hotmail.ru/ archiv/po35.htm

Проблемы дистанционного образования. Платформа СДО ЕТРУ

Ю.В. Пономарева, email: tsiplok007@mail.ru[1]
И. В. Щербинина, email: irinailka@yandex.ru[1]
Т. М. Кузнецова, email: tatianakuzne7ova@mail.ru[2]

[1]МБОУ СОШ с УИОП №38 им. Е.А.Болховитинова г. Воронежа
[2]МКОУ «Отрадненская СОШ»

Аннотация. *данная статья рассматривает классификацию платформ, которые можно использовать для дистанционного обучения, а также предлагает оптимальную систему, удобную для организации учебного процесса.*

Ключевые слова: *дистанционное обучение, система дистанционного обучения, СДО, СДО ЕТРУ, платформа.*

Введение

Современный образовательный процесс достаточно динамичен, это обусловлено введением новых понятий и требований, а также форм обучения, что прописано в недавно вступившем в силу законе «Об образовании».

Дистанционное образование включает в себя целую систему. Неотъемлемым элементом данной системы является применение информационно-коммуникационных технологий.

1. Классификация современных платформ

Современное дистанционное обучение может использовать следующие платформы:

iSpring Online. Платформа на русском языке. Ее выпустила отечественная компания iSpring – один из мировых лидеров на рынке программ для дистанционного обучения. iSpring Online не нужно устанавливать на сервер компании. СДО работает через интернет. Чтобы создать учебный портал, нужно лишь зарегистрироваться. Срок запуска дистанционного обучения – 1-2 дня [1]. iSpring Online не подойдет компаниям, которые хотят установить СДО на собственный сервер.

WebTutor. Платформа WebTutor состоит из модулей, что позволяет выбрать и установить на сервер компании только те инструменты, которые нужны в работе [1]. Сложный интерфейс системы,

© Пономарева Ю. В., Щербинина И. В., Кузнецова Т. М., 2019

следовательно далеко не каждый пользователь сможет разобраться в платформе самостоятельно. Стоимость платформы достаточно велика.

Mirapolis LMS. У компании нет готового «коробочного» решения, которое только остается установить на сервер. Каждую систему разрабатывают и настраивают под заказ. Разработка СДО «под ключ» займет 3-4 месяца [1]. Также данная платформа позволяет адаптировать под себя персонал. Для управления данной системой требуется системный администратор. Программный функционал достаточно скуден.

Teachbase. В системе есть все базовые функции: можно создавать электронные тесты и курсы, назначать их сотрудникам и следить за их успеваемостью по отчетам [1]. Существует возможнось создания курсов, тестов, вебинары и отчеты. Система несовершенна, возможны периодические сбои. Нет возможности создания интерактивных курсов.

Moodle. Система с открытым исходным кодом, то есть программисты могут создавать свои дополнения и полезные расширения. Представляет собой готовое коробочное решение, полностью бесплатна и ее можно свободно скачать в интернете [1]. Интерфейс остаточно сложен для восприятия, следовательно, возникает потребность в системном администраторе. Пользователей данной платформы нельзя поделить на группы. Это возможно сделать только для конкретного курса или урока, что затрудняет процесс организации работы специалиста, который организует работу платформы и участников образовательного процесса.

СДО ЕТРУ. система дистанционного обучения, адаптированная под запросы общеобразовательных учреждений с целью расширения возможностей модернизации учебного процесса и предоставления условий для получения полноценного образования с использованием дистанционных средств обучения согласно требованиям ФЗ «Об образовании в РФ» [2].

2. СДО ЕТРУ

Система дистанционного обучения ЕТРУ организует проведение уроков так, как будто преподаватель и все учащиеся находятся в одной аудитории: они могут видеть и слышать друг друга, смотреть презентацию, использовать интерактивную доску – и это лишь малая часть возможностей, предоставляемых СДО ЕТРУ [2].

Платформа основана на едином пространстве, в котором все пользователи учебного заведения имеют возможность полноценно участвовать в дистанционном образовательном процессе. Система дает возможность планировать уроки, вести контроль, а также строить отчет о проделанной работе. Есть возможность создания тестов в режиме

конструктора, присуще система документооборота, а также контроль посещения занятий учащимися.

Учебный процесс в данной платформе разделен на три роли: ученик, учитель, администратор. Для того, чтобы попасть в систему, администратор вносит данные об участниках, затем раздает логины и пароли.

Рекомендуемые системные требования минимальны:

Гарантированное подключение к сети Интернет от 2МБит/с, браузер – GoogleChrome [2].

Для учителя и тьютора: ОС – Windows XP/7/8, процессор – Intel i5 4xxx, видеокарта –NVidia GT640 с подключением до 3 мониторов одновременно, ОЗУ – 4Гб (2Гб – для тьютора) [2].

Для ученика: ОС – Windows XP/7/8, процессор – Inteli3 / i5, ОЗУ – 4Гб [2].

СДО УТРУ имеет ряд преимуществ. Немаловажным критерием использования является интерфейс платформы, в нашем случае он достаточно прост и удобен в использовании. Достаточно высокое качество аудио- и видеосигнала. Конструктор тестов имеет достаточно широкие возможности: наводящие вопросы, подсказки, ограничение времени на ответ. Доступна он-лайн запись проведенного урока, что дает возможность просмотреть его в случае отсутствия ребёнка на занятии. Доступна система отслеживания присутствующих и отсутствующих. Возможность использования электронных книг, обучающих роликов и презентаций. Организована техническая поддержка пользователям, которые не разобрались в системе.

Заключение

Безусловно, в XXI веке дистанционное обучение занимает одно из лидирующих позиций, постоянно развиваясь и внедряя новейшие технологии в образовательный процесс. Основываясь на этом, ежедневно создается и пополняется единая база, дающая возможность получить международное профессиональное образование, в основе которой лежат традиционные общие компоненты и новые технологические и технические основы.

Список литературы

1. HR-портал [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://hrdocs.ru/poleznaya-informacziya/sovremennyie-platformyi-dlya-distanczionnogo-obucheniya-shirokij-vyibor,-bezgranichnyie-vozmozhnosti/

2. СДО ЕТРУ[Электронный ресурс]: официальный сайт – Режим доступа: http://etru.ru/catalog/obrazovanie/elektronnaya_shkola

Опыт использования в электронном курсе портала Moodle заданий открытого типа с их взаимопроверкой слушателями

А. П. Толстобров, email: tap@vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются особенности использования в электронных курсах в образовательном портале на базе системы Moodle заданий открытого типа, проверка и оценивание которых осуществляется самими слушателями курса по рубрикам и критериям, разработанным преподавателем курса.*

Ключевые слова: *Электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, электронный курс, взаимопроверка заданий, LMS, Moodle, peer review.*

Система Moodle в настоящее время является одной из самых распространенных систем электронного обучения в мире [1, 2]. Она предоставляет преподавателям самые широкие возможности по созданию и использованию в учебном процессе электронных учебных курсов. В том числе возможности по реализации эффективного контроля успешности освоения слушателями учебного материала и компетенций электронного курса.

Развитая тестовая система Moodle позволяет создавать тестовые задания самых разнообразных типов, реализовывать в тестовой форме эффективные контрольно-измерительные материалы. Неоспоримым достоинством контрольных учебных поручений в тестовой форме является то, что правильность их выполнения проверяется системой автоматически. Для преподавателя это является существенным облегчением практической реализации такого контроля, в особенности при большом числе слушателей и выполняемых ими контрольных заданий по темам курса. К сожалению тестовые технологии не позволяют проверять освоение высокоуровневых компетенций. В понятиях таксономии Блума [3] это такие уровни учебных целей, как *применение*, *анализ*, *синтез*, *оценка*. Для проверки и оценивания освоения относящихся к этим уровням компетенций уже должны использоваться не тестовые, а более сложные и развернутые задания с представлением результатов их выполнения в форме кратких или пространных эссе, мини проектов и т. п. Такие развернутые задания позволяют более точно и объективно оценивать уровень освоения

© Толстобров А. П., 2019

компетенций курса, однако их проверка и оценивание оказываются очень трудоемкими для преподавателя. В особенности, когда речь идет о необходимости проверки в рамках курса большого числа такого рода работ. Например, в массовых открытых онлайн-курсах речь может идти о необходимости проверки сотен и более одновременно представляемых работ [4].

Для решения этой проблемы образовательным сообществом было предложено решение, состоящее в том, чтобы делегировать задачу проверки представленных работ самим слушателям электронного курса [5]. Такого рода учебные элементы электронных курсов получили название заданий с взаимопроверкой (англ. *peer review*).

В системе электронного обучения Moodle такого типа учебные поручения с возможностью взаимопроверки могут быть реализованы с помощью элемента Семинар (WorkShop).

Важная роль преподавателя при использовании такого рода учебных поручений состоит в разработке формальных рубрик критериев, по которым слушатели должны оценивать чужие работы.

При настройке этого элемента преподаватель курса приводит формулировку задания и информацию о том, в каком виде слушатели должны представить результат его выполнения, инструкцию по оцениванию заданий в соответствии с разработанными рубриками и критериями оценивания. Для того, чтобы слушатели могли потренироваться в оценивании работ по комплексу разработанных критериев, в данном элементе преподаватель может предоставить слушателям для пробного оценивания образец выполненного задания.

Цикл работы данного учебного элемента Moodle разбивается на последовательные этапы или фазы: фаза представления работ, фаза оценивания работ, фаза оценивания оценок и закрытие задания. Фазы представления работ и их оценивания работ имеют четко определенные сроки, устанавливаемые преподавателем. После окончания фазы представления работ слушатели теряют право на замену ранее представленных ими работ.

Перед переводом задания в фазу оценивания, преподаватель определяет, какие и сколько работ должен оценивать каждый представивший свою работу слушатель. Система позволяет осуществить автоматическое распределение заданного количества работ между «оценщиками» случайным образом. В этой фазе слушатели получают доступ к обезличенным работам других слушателей, назначенные им для оценивания, и производят их анализ и оценивание по совокупности заданных преподавателем критериев.

При переводе задания в следующую фазу оценивания оценок, слушатели теряют доступ к оцениваемым работам. На этом этапе преподаватель имеет возможность проанализировать общую картину произведенного слушателями взаимного оценивания и при необходимости может скорректировать или заблокировать какие-либо частные оценки. Также на этом этапе преподаватель запускает процедуру автоматического расчета итоговых оценок слушателей, а именно, оценки слушателя за его собственную работу и оценки за качество произведенного им оценивания работ других слушателей. Итоговая оценка слушателя за представленную им работу рассчитывается как среднее значение выставленных за нее частных оценок. Оценка за качество произведенного оценивания слушателем других работ вычисляется по более сложному алгоритму. Частная оценка за произведенное им оценивание конкретной работы устанавливается тем ниже, чем сильнее выставленная им оценка за эту работу отличается от средней оценки за нее.

После перевода задания из этой фазы в фазу закрытия задания, сформированные оценки попадают в электронный журнал оценок курса и становятся доступными слушателям курса.

Обсуждая особенности выполнения, представления и оценивания работ слушателей в рамках рассматриваемого вида активного элемента электронного курса Moodle, нельзя обойти стороной вопросы, которые возникают и могут вызывать определенные опасения не только у преподавателей, не имеющих опыта его применения, но и у самих студентов, чьи работы оцениваются.

Речь идет о следующих вопросах.

1. Так как представляемые слушателями работы выполняются ими вне аудитории без какого-либо контроля со стороны преподавателя, то это не позволяет исключить представление студентом работы, выполненной не им, а кем-либо другим.

2. Так как представленные работы оцениваются самими студентами, а не преподавателем, то возникает вопрос, насколько формируемая при этом оценка точна и объективна? Например, невозможно исключить случаи возможной умышленной необъективной оценки в случаях, когда оценщик знает, чью работу он оценивает, или, когда недобросовестный оценщик, работу по факту не проверяет, а ставит оценку наугад, например, просто ставит по всем критериям нулевые или максимальные оценки.

Отмахнуться от этих вопросов нельзя, так как такого рода опасения могут служить препятствием для применения такого, на наш взгляд, интересного и эффективного учебного элемента.

На самом деле, реальный опыт применения такого рода учебного элемента показывает, что на самом деле эти опасения оказываются сильно преувеличенными, так как в распоряжении преподавателя на самом деле остаются достаточно эффективные средства для обнаружения такого рода ситуаций некорректного оценивания и их нейтрализации.

Что касается первого вопроса, когда слушатель представляет в электронном курсе работу, выполненную не им самим, можно обратить внимание на следующее. Как уже говорилось, каждый слушатель в такого рода учебном элементе получает кроме оценки за свою собственную работу еще и вторую оценку за качество оценивания им работ своих сокурсников. Да, конечно, представив вместо своей работы чужую, студент может получить за нее высокую оценку. Однако, из-за тог, что такой слушатель на самом деле в теме данного задания не разобрался, он, в следствие этого, будет не в состоянии адекватно оценить назначенные ему работы других студентов. И это проявится в его оценке, выставляемой за оценивание работ его сокурсников. Чем больше отличие выставляемых таким студентом оценок от рассчитанной «правильной» оценки, тем более низкой будет его автоматически вычисляемая «оценка за оценивание».

Много полезной информации преподаватель может получить при визуальном анализе картины оценок, получаемых слушателями за их собственные работы и выставленных ими за чужие работы. Эта информация позволяет во многих случаях достаточно наглядно выявлять случаи аномально некорректного выставления оценок.

К примеру, в случае, когда каждая работа должна оцениваться четырьмя другими слушателями, для некоторой конкретной работы оказался следующий набор оценок (при 100-балльной шкале) – {86, 82, 40, 90}. Очевидно, что в данном случае оценка 40 баллов явно выпадает из других оценок. Это дает повод посмотреть оценки, которые выставивший эту оценку слушатель выставил другим трем своим сокурсникам. Как правило, и в остальных, выставленных этим недобросовестным слушателем оценках, будет наблюдаться их аномальное «выпадение» из оценок других слушателей. Также легко обнаруживает себя ситуация, когда недобросовестный слушатель при проверке им чужих работ «для экономии своего времени» выставил просто за все проверяемые работы максимальную (или минимальную) оценку.

Для того, чтобы такие выявленные аномально некорректные оценки не искажали вычисляемые итоговые оценки за работы, в системе имеются следующие возможности. Преподаватель может установить

для таких ложных оценок нулевой вес, чтобы они не влияли на расчет итоговой оценки за работу, а также может переопределить оценку недобросовестного оценщика за его оценивание других работ.

Оценка, рассчитанная для такого слушателя за представленную им работу также может быть переопределена преподавателем.

При настройке данного типа элемента курса Moodle система позволяет преподавателю устанавливать по своему усмотрению разное количество работ, которое должен проверить каждый студент, и, соответственно, разное количество «оценщиков» для каждой работы.

Возникает вопрос об оптимальном выборе количества оценщиков для каждой работы. Понятно, что, чем больше количество слушателей, которые проверяют работу конкретного слушателя, тем будет более объективной рассчитываемая для этой работы оценка. Однако, также ясно, что соответствующее увеличение, при этом, количества проверяемых каждым слушателем работ существенно увеличивает для него трудоемкость и время выполнения такого задания.

На наш взгляд, разумным является проверка каждым слушателем минимум четырех других работ. В этом случае оценка за выполнение каждой работы вычисляется путем усреднения по четырем оценкам или по трем, в случае исключения из них преподавателем «аномальной» оценки, что обеспечивает приемлемую степень объективности оценки даже в случае некорректной оценки работ некоторыми студентами.

В заключение отметим, что, конечно, как следует из вышеизложенного, выполнение студентами такого рода заданий развернутого вида, включающих взаимопроверку ими представленных работ, является трудоемким видом учебных поручений. Поэтому в электронном курсе вряд ли следует использовать более двух-трех такого рода учебных элементов. Однако, их неоспоримым достоинством является возможность проверки освоения студентами компетенций гораздо более высокого уровня, чем это можно реализовать с помощью автоматически проверяемых тестов.

Следует отметить также еще одно важное положительное качество такого вида учебных поручений. Реализация в учебном курсе взаимной проверки студентами работ своих сокурсников само по себе является очень эффективным методическим приемом, существенно помогающим студентам углублять уровень освоения ими соответствующей темы учебной дисциплины.

Литература

1. Система управления обучением Moodle. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://moodle.org

2. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://edu.vsu.ru

3. Таксономия Блума [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://wp.wiki-wiki.ru/wp/index.php/Таксономия_Блума

4. МООК [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Массовый_открытый_онлайн-курс

5. Дафна Коллер (Coursera), Чему нас учит онлайн-образование [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ted.com/talks/daphne_koller_what_we_re_learning_from_online_education?language=ru#t-190205

6. Peer Assessment for Massive Open Online Courses (MOOCs), англ.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/1680/2904

Значение дополнительного образования в успешной социализации детей с ограниченными возможностями здоровья, обучающихся дистанционно

Т. И. Шабанова, e-mail: tativa06@mail.ru
Л. В. Шуваева, e-mail: armastus15@yandex.ru

КОУ Воронежской области
«Центр лечебной педагогики и дифференцированного обучения»

Аннотация. *В работе рассказывается о дистанционном дополнительном образовании детей-инвалидов при проведении занятий кружков «Мир мультимедиа» и «Основы web-дизайна». Представляются проекты, мультимедийные разработки и сайты учащихся, созданные с использованием средств сервисов Google и других сервисов Web 2.0.*

Ключевые слова: *дополнительное образование, мультимедийные технологии, web-дизайн, сервисы Google.*

Введение

В казенном общеобразовательном учреждении «Центр лечебной педагогики и дифференцированного обучения» на протяжении многих лет работают различные кружки, которые на основе лучших практик обеспечивают реализацию современных, вариативных и востребованных дополнительных общеобразовательных программ для детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Сейчас мы принимаем участие в реализации всероссийского приоритетного проекта «Доступное дополнительное образование для детей», утвержденного президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам. Цель этого проекта – формирование и развитие творческих способностей учащихся, удовлетворение их индивидуальных потребностей в интеллектуальном, художественно-эстетическом, нравственном развитии, обеспечение духовно-нравственного и гражданско-патриотического воспитания. Уже второй год при реализации дополнительных общеразвивающих программ мы используем дистанционные образовательные технологии и электронное обучение, предоставляющие доступ к дополнительному образованию детям-инвалидам, проживающим в двадцати шести районах Воронежской области. Хотим поделиться опытом своей работы в

© Шабанова Т. И. Шуваева Л. В, 2019

направлении медиатворчества и электронных средств массовых коммуникаций с детьми, обучающимися дистанционно.

1. Школьные творческие объединения

Школьный предмет информатика дает необходимое, но недостаточное для детей среднего возраста количества знаний по наглядному представлению информации в компьютерном варианте. В то же время создание ярких презентаций, слайд фильмов, видеороликов и сайтов процесс творческий и интересный именно для учащихся среднего возраста 12-16 лет. Составление самопрезентации способствует самоанализу собственной деятельности, стремлению обогатить большим количеством информации свой мультимедийный проект, что имеет большое воспитательное значение. Знакомство с работами ровесников способствует расширению кругозора детей, изменению их представления о возможностях досуговой деятельности. Мультимедийные технологии обогащают процесс обучения и воспитания, позволяют сделать процесс более эффективным, вовлекая в него большинство чувственных компонентов обучаемого. О повышении эффективности усвоения учебного материала, когда в процесс восприятия вовлекаются зрительная и слуховая составляющие было известно задолго до появления компьютеров. Мультимедийные технологии превратили учебную наглядность из статической в динамическую. Предмет информатика в школе изучается уже учащимися начальных классов на базовом уровне, но количество часов для качественного приобретения навыков составления презентаций, слайд фильмов, Web-сайтов и для реализации метода проектов мало. В современном мире умение представить себя и свою работу очень важно, поэтому программы наших кружков «Мир мультимедиа» и «Основы Web-дизайна», которые можно назвать творческими объединениями, отражают самые современные потребности учащихся и школы.

Мультимедиа-презентация или фильм, а тем более созданный самостоятельно сайт – это способ эффектно и понятно рассказать о своих интересах и происходящих событиях, привлечь внимание и произвести нужное впечатление. Главная задача наших мультимедийных проектов – удивить слушателя, заинтересовать его, вызвать нужную эмоцию и донести до него основные мысли и идеи. Наши творческие объединения – это действительно мир огромных возможностей создания настоящего художественного произведения при использовании мультимедийных технологий, что имеет практическую направленность.

2. Принцип дидактической спирали

Дидактическая спираль как важнейший фактор в методике обучения информатики и информационным технологиям мы применяем и в рамках дополнительного образования:

- вначале общее знакомство с понятием, предполагающее учет имеющегося опыта учащихся;
- затем его последующее развитие и обогащение, создающее предпосылки для научного обобщения и создания значимых творческих проектов.

В 2017/2018 учебном году, работая в кружке «Мир мультимедиа», обучающиеся научились создавать и обрабатывать информацию с использованием мультимедийных технологий, приобрели специальные знания и умения по работе с современными сервисами Web 2.0 и документами Google. Спектр интересов наших ребят широк и разнообразен. Они рисуют, сочиняют стихи, записывают видеоклипы, создают анимации и трехмерные изображения, работая с растровой и векторной графикой. Чтобы всё это представить мы создали специальный сайт «Волшебный мир мультимедиа» https://sites.google.com/view/14kuya76p2uusb/. Здесь можно ознакомиться со всеми творческими проектами обучающихся, выполненными во время кружковых занятий. В 2018/2019 учебном году в рамках обучения в кружке «Основы web-дизайна», развиваясь согласно дидактической спирали, дети создают сайты, применяя все свои знания в области мультимедийных технологий, полученные на предыдущем этапе обучения, и приобретая новые навыки и умения в области сайтостроения. Ссылки на сайты, к созданию которых ребята приступили в этом учебном году расположены на странице «Сайты 2018/ 2019 уч. год» Мира мультимедиа.

3. Сайтостроение

Собственный сайт – это способ ярко, эффективно и понятно рассказать о сложных и интересных процессах, событиях, явлениях, привлечь внимание и произвести нужное впечатление. Главная задача при создании сайта – удивить аудиторию, заинтересовать, вызвать нужную эмоцию и донести главные мысли и идеи до посетителей сайта.

Начинали мы с выбора темы сайта и здесь ребята проявили большую активность, удивили разнообразием своих интересов и идей. Затем приступили к подготовке баннера – графического изображения, которое размещают на сайте для привлечения посетителей, для информирования или для создания позитивного имиджа. Изображения ребята создавали статичные (неподвижные) и анимированные, где эффект движения достигается чередованием нескольких изображений. В

качестве конструктора мы решили использовать новые Сайты Google. Среда Google содержит множество инструментов, которые могут оказаться полезными для индивидуальной и совместной деятельности. Сервисы Google ориентированы на сетевое взаимодействие людей и для образования в этой среде важны возможности общения и сотрудничества. Можно записать это как простое уравнение: *Среда Google = Общение + Сотрудничество.* В новых Google Сайтах создать профессиональный веб-ресурс может каждый. На сайте может быть представлена вся важная информация, включая видео, календари, презентации, опросы, тесты, прикрепленные файлы и текст. К этому сайту будет легко предоставлять доступ выбранным пользователям, или всем в Интернете. Сайты Google можно просматривать в большинстве браузеров на компьютерах и мобильных устройствах. Google предоставляет бесплатный хостинг и не обременяет рекламой. Среда сервисов Google открывает перед нами возможность создавать учебные ситуации, в которых учащиеся могут естественным образом осваивать и отрабатывать компетентности, необходимые XXI веку:

- умение искать информацию, сравнивать различные источники, распознавать нужную информацию;
- способность использовать различные виды медиаресурсов;
- приобрести навыки эффективного общения и сотрудничества;
- планировать свое время и научиться создавать качественные проекты.

Создав свой аккаунт на Google, ученики попадают в богатую информационную среду. Здесь можно принять практическое участие в коллективной деятельности, в создании совместного проекта. Через постоянную практику и повторение однотипных мелких действий у ребят формируется новый стиль поведения, размышления и сотрудничества. Google формы – это инструмент, который помогает быстро создать опрос, собрать данные и может стать своеобразной формой обратной связи на сайтах наших учеников. Форму можно оформить на свой вкус, вставить туда видеоролики, изображения. Результаты можно получить в виде таблиц или диаграмм. Но основное в процессе обучения – это практика. Начав с самых несложных уроков, наши ученики получают видимый результат своей работы и это дает им сильный стимул двигаться дальше.

Заключение

Творческие объединения дополнительного образования нашего учреждения создают условия для формирования профессионально-ориентированного, творчески направленного образовательного процесса, максимально полно учитывающего индивидуально-

личностные особенности развития учащихся, помогают профессиональному самоопределению, самореализации личности детей, приобретению опыта работы с компьютерными программами через их вхождение в современные IT-технологии, информационную культуру и осуществление самостоятельных индивидуальных и коллективных проектов.

Список литературы

1. Сотрудничество в среде Google [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://sites.google.com/a/pednn.ru/ged/Home

2. Блог российского образовательного сообщества Google про использование сетевых технологий Веб 2.0 в российском образовании. Применение социальных сервисов Google в урочной и внеурочной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://plus.google.com/u/0/communities/102573187983350225011

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 9
Программное обеспечение образовательного учреждения

Веб-ориентированная интегрированная экспертная система как средство повышения эффективности системы управления военным ВУЗом

С. В. Новикова, e-mail: qsvetlana@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. *Военное образование является составной частью системы образования страны. Подготовка военных кадров обеспечивает выполнение защитных функций государства. Качество образования и контроль над качеством образовательного процесса это залог успешного управления военным вузом. Создание оперативного и эффективного производительного аппарата управления обучением диктуют имеющиеся требования, нормы и стандарты, потребности современного общества.*

Ключевые слова: *Веб-ориентированная интегрированная система, сетевые технологии, мониторинг учебного процесса, управление образовательным процессом.*

Введение

Управление качеством образования можно разделить на этапы: определение образовательных стандартов, мониторинг (организация сбора, хранения, обработки и распространения информации), управление качеством образования (анализ собранной информации) и подготовка и принятие управленческого решения.

Опираясь на постановление Правительства РФ от 5.08.13 [1] и закон «Об Образовании в РФ» [2] в ВУНЦ был создан автоматизированный мониторинг успеваемости обучающихся. Задача данной автоматизированной системы: в режиме реального времени наглядно и динамично отражать тенденцию изменения успеваемости и посещаемости занятий. Такая форма сбора информации не только обеспечивает беспрерывное слежение за состоянием процесса обучения, но и позволяет прогнозировать направление развития [3].

© Новикова С. В., 2019

1. Обоснование разработки веб-ориентированной интегрированной экспертной системы

В ВУНЦ ВВС ВВА успешно функционирует развитая коммуникационная инфраструктура. Многочисленные объекты, участвующие в координации и контроле учебного процесса, территориально удаленные друг от друга, связаны локально-вычислительной сетью (ЛВС) на волоконно-оптических линиях связи. Опираясь на вышесказанное целесообразнее и эффективнее для управления использовать уже имеющиеся внутренние ресурсы. Сетевые технологии позволяют накапливать сведения в единой базе данных вуза. Приложения, расположенные на сервере, обрабатывают данные, представляя возможность использовать, имеющиеся ресурсы (не требуют специально оборудованного рабочего места). Обработка информации проводится на каждом уровне, путем обобщения для категорий (группа, подразделение, факультет), чтобы в дальнейшем использовать для сравнительного анализа и прогнозирования. Работа приложения транслируется браузером на стороне пользователя.

Очевидно, что такая схема организации процесса экономически эффективна. Использование сетевых технологий представляет ряд преимуществ:

- сделать управление учебным процессом более продуктивным;
- гарантировать согласованность в принятии решений;
- автоматизировать поддержку клиентов ответами на повторные вопросы в интерактивном режиме;
- анализировать большие информационные потоки;
- сокращать издержки эксплуатации и технической поддержки и многое другое.

Накопленная информация требует обобщенного анализа, что облегчается созданием единой базы. Цель анализа состоит в том, чтобы из разрозненных и различного вида данных составить общую картину процесса, выявить приоритетные проблемы качества образования и причины, их породившие. Знания и опыт экспертов в соответствующих областях, облегчат задачу анализа принятия управленческого решения. Целесообразно интеллектуализация технологических инструментов контроля качества образования путем разработки и создания на их основе экспертной системы поддержки принятия решений по управлению учебным процессом.

Предлагается рассматривать учебное заведение как совокупность подсистем, объединяющих функционально взаимосвязанные виды деятельности, включающие в себя: учебную, научную, управленческую и экономическую виды деятельности. Система мониторинг призвана

обеспечить помощь в координации учебного процесса. В ВУНЦ ВВС ВВА используются и другие информационные системы, сопровождающие экономическую деятельность, электронный библиографический каталог, программное обеспечение для имитационного моделирования и проведения занятий с курсантами по различным дисциплинам. Информационное обеспечение процесса управления должно отражать информацию, характеризующую состояние управляемого объекта и являющуюся основой для принятия управленческих решений.

Наличие таких факторов как: функционирующая ЛВС, использование различных систем в учебной и других видах деятельности диктует создания веб-ориентированной экспертной системы. Это позволит более успешно провести интеграцию с существующими системами ВУНЦ. Преимущества данного подхода: общедоступность, простота распространения, оперативность обновления базы знаний. Система призвана дать возможность руководящему составу разных уровней отслеживать успеваемость в динамике со своего рабочего места, а так же анализировать причины произошедших перемен.

Использование экспертных систем (ЭС) при принятии важных управленческих задач обладают рядом преимуществ и добавляют новые возможности. ЭС позволяют воспользоваться накопленным опытом ведущих экспертов данной области. Знания специалистов представляются в виде эвристических правил. Некоторые прикладные задачи решаются более успешно с помощью систем, основанных на знаниях. К таким задачам относится и поддержка принятия решения по управлению учебным процессом [4, 5].

С одной стороны ЭС интуитивно-понятны специалистам предметникам по способу представления информации (знаний), с другой стороны инструменты для их создания, присутствующие на рынке и являющиеся доступными, не обладают дружественным интерфейсом, не способны легко интегрироваться с СУБД, математическими пакетами, системами имитационного моделирования, что затрудняет их широкое использование (ClipsWin, ExSys, Drools Expert). Экспертная система должна учитывать накопленные данные системой мониторинга и использовать их наряду с базой фактов и правил для анализа различных вариантов принятия решений. Таким образом, необходимо создание веб-ориентированной экспертной системы для успешной интеграции с уже существующей системой мониторинга учебного процесса.

Наряду с интеграцией также необходима реализация продукционной модели представления знаний.

Продукционная модель – это модель, основанная на правилах, позволяющая представлять знания в виде секвенций типа «если (условие), то (действие)». Привлекательными сторонами этой модели являются наглядность, высокая модульность, легкость внесения дополнений и изменений, простота механизма логического вывода. В общем случае продукционную модель можно представить в следующем виде:

$$N = \langle A, U, C, I, R \rangle \quad (1)$$

где N – имя продукции; A – сфера применения продукции; U – условие применимости продукции; C – ядро продукции; I – постусловия продукции, актуализирующиеся при положительной реализации продукции; R – комментарий, неформальное пояснение (обоснование) продукции, время введения в базу знаний.

В состав системы входит глобальная база данных, система управления, база правил (продукций). Примеры продукций.

Использование сетевых технологий представляет ряд преимуществ:

– сделать управление учебным процессом более продуктивным;
– гарантировать согласованность в принятии решений;
– автоматизировать поддержку клиентов ответами на повторные вопросы в интерактивном режиме;
– анализировать большие информационные потоки;
– сокращать издержки эксплуатации и технической поддержки и многие другие.

Заключение

Создание веб-ориентированной интегрированной системы позволит решить задачу поддержки принятия управленческих решений в многопользовательском исполнении, отображать информацию об успеваемости в режиме квазиреального времени, упростит объединение информационных ресурсов и технологий, используемых во всех сферах деятельности ВУЗа.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 5.08.13 №662 «Об осуществлении мониторинга системы образования».
2. Закон РФ от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в РФ».
3. Новикова, С.В., Бобрусь В.А. Особенности программного обеспечения автоматизированного мониторинга успеваемости в военном

ВУЗе / С. В. Новикова, В. А. Бобрусь // Материалы XVI Международной научно-методической конференции VII Международная школа-конференция «Информатика в образовании» (Воронеж, 11-12 февраля 2016 г.). – Воронеж, 2016. – С. 90-95.

4. Левшина, Н.И. Мониторинг, диагностика, экспертиза как методы исследования образовательного процесса / Н. И. Левшина, Л. Н. Санникова // Вестник костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Серия: Педагогика. Психология. Социальная работа. Ювенология. Социокинетика: научно-методический журнал. – 2009. – Т. 15. – № 4. – С. 314 (5–8).

5. Майоров, А.И. Мониторинг и проблема информационного обеспечения управления образованием / А. И. Майоров // Народное образование. – 2000. – № 8. – С. 21-28.

Конструктор рабочих программ учебных дисциплин и описаний ООП

А. П. Толстобров, email: tap@vsu.ru
А. В. Васильев, vasiliev@vsu.ru

Воронежский государственный университет

Аннотация. *В работе рассматриваются создание программного комплекса «Конструктор рабочих программ дисциплин и описаний ООП», предназначенного для снижения трудоемкости разработки и поддержания в актуальном состоянии документов, обеспечивающих образовательный процесс вуза.*

Ключевые слова: *учебные планы, рабочие программы учебных дисциплин, образовательные программы, компетенции.*

Введение

В настоящее время реализация образовательного процесса в высшем учебном заведении сопряжена с необходимостью создания и поддержки в актуальном состоянии большого количества сопровождающих его документов, в частности, рабочих программ учебных дисциплин для каждого года набора студентов, подробных описаний образовательных программ, реализуемых вузом. Их наличие и корректность является обязательным условием при проверках деятельности вуза для лицензирования и аккредитации реализуемых им образовательных программ. Однако, разработка и поддержка этого комплекса документов, в частности, и из-за большого их количества, выливается в очень большую дополнительную нагрузку на преподавательский состав вуза. В связи с этим, создание программных средств, позволяющих автоматизировать процессы создания и актуализации этих документов является в настоящее время чрезвычайно актуальной задачей [1].

Программный комплекс «Конструктор рабочих программ дисциплин и описаний ООП»

Решению обозначенной во введении задачи посвящен рассматриваемых в данной работе программный комплекс «Конструктор рабочих программ дисциплин и описаний ООП». Его назначением является следующее.

© Толстобров А. П., А.В. Васильев, 2019

1. Снижение трудоемкости создания преподавателями рабочих программ учебных дисциплин и их последующие проверку, утверждение и публикацию.

2. Снижение трудоемкости создания кураторами основных образовательных программ (далее – ООП) создания и публикации описаний ООП.

3. Минимизация возможностей появления наиболее типичных ошибок при разработке этих документов.

4. Возможность создания новых рабочих программ на базе ранее созданных аналогичных программ.

5. Упрощение процедуры проверки, согласования и утверждения рабочих программ.

6. Хранение документов в электронном виде и их публикация в образовательном портале и на главном сайте ВГУ.

Автоматизация формирования рабочих программ преподавателями реализуется следующим образом.

7. Использование единого электронного шаблона рабочей программы.

8. Автоматическая корректировка рабочей программы при изменении шаблона.

9. Автоматическое заполнение части полей рабочей программы из соответствующих разделов учебного плана образовательной программы: поля ее титульного листа, реализуемых дисциплиной компетенций, виды и объем учебной работы по дисциплине.

10. Различные варианты и возможности формирования содержательной части новой рабочей программы, а именно:

- автоматическое заполнение соответствующих полей рабочей программы из разделов учебного плана образовательной программы;
- заполнение редактируемых полей новой программы вручную;
- заполнение редактируемых полей рабочей программы путем копирования их содержания из соответствующих разделов существующего ранее созданного Word-файла рабочей программы;
- импорт редактируемого содержания рабочей программы целиком из существующего Word-файла ранее созданной рабочей программы;
- создание новой рабочей программы путем копирования аналогичной рабочей программы, уже существующей в хранилище Системы, и последующей ее корректировки.

11. Согласование рабочей программы с библиотекой и ее утверждение заведующим кафедрой осуществляется в электронном виде без необходимости распечатки программы.

В цикле производства рабочей программы дисциплины участвуют следующие действующие лица.

12. *Разработчик рабочей программы* (преподаватель – автор рабочей программы):

– создает рабочую программу одним из выбранных им способов;

– отправляет на согласование в ЗНБ;

– корректирует рабочую программу, если она по каким-либо причинам возвращена с проверки в библиотеке или с этапа утверждения заведующим кафедрой;

13. *Начальник отдела библиотеки*, обслуживающий факультет, реализующий данную рабочую программу:

– проверяет соответствие списка литературы требованиям ГОСТ 7.1 – 2003 и наличие в библиотеке на дату утверждения рабочей программы, указанной в ней основной и дополнительной литературы;

– в случае соответствия рабочей программы указанным требованиям, он направляет ее на утверждение заведующему кафедрой;

– в случае обнаружения в проверяемой рабочей программе каких-либо несоответствий указанным требованиям он возвращает ее автору с обязательным указанием сути претензий к программе.

14. *Заведующий кафедрой* является должностным лицом, ответственным за допуск программы к учебному процессу. В системе ему представляется список рабочих программ, представленных ему на утверждение. В его функции входит следующее:

– указание в рабочей программе даты и номера протокола НМС, который рассматривал и одобрял данную программу;

– утверждение рабочей программы;

– отправляет ее на публикацию.

Особенностью разработанной системы является то, что весь цикл создания рабочей программы (см. рисунок), включающий в себя – разработку программы преподавателем, проверка ее в библиотеке, проверка и утверждение заведующим кафедрой, при необходимости корректировка программы, и, наконец, преобразование программы в PDF-формат и публикация на сайте, осуществляется полностью в электронной форме, без распечатки документа.

Второй задачей, реализуемой рассматриваемым программным комплексом, является автоматизация формирования описания основных образовательных программ.

Пользователями этой подсистемы являются кураторы ООП. Куратору ООП предоставляется интерфейс, позволяющий собирать запись в базе данных, относящуюся к конкретной ООП.

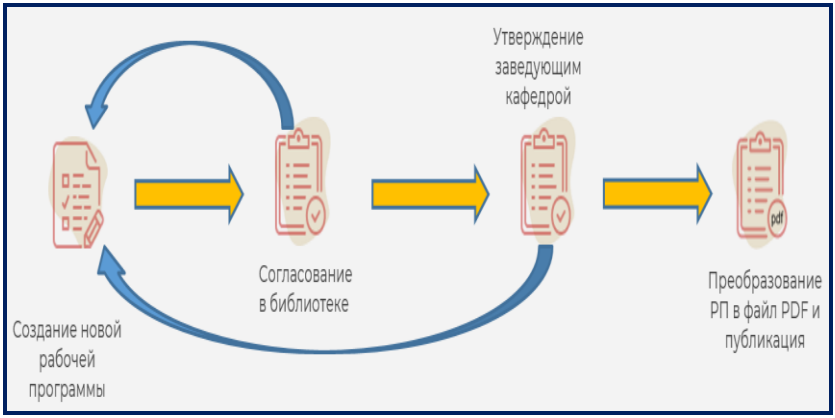


Рисунок. Цикл разработки рабочей программы

Эта запись включает в себя само описание ООП, загружаемое в виде PDF-файла, а также набор файлов приложений к описанию ООП, а именно:

15. аннотации РП, автоматически выбираемые из рабочих программ дисциплин ООП, и собираемые в один PDF-файл;
16. формируемые из рабочего учебного плана PDF-файлы: отобранных страниц учебного плана, календарного учебного графика, матрицы компетенций по дисциплинам учебного плана;
17. PDF-файл отчета о самообследовании;
18. PDF-файл стандарта ГИА;
19. PDF-файл положения о практике.

Заключение

Разработанный программный комплекс «Конструктор рабочих программ учебных дисциплин и описаний ООП» интегрирован с образовательным порталом «Электронный университет ВГУ» [2] и информационной системой управления учебным процессом ВГУ. Для пользователей портала доступ к нему осуществляется через соответствующий блок на главной странице рабочего кабинета пользователя, не требуя дополнительной авторизации и аутентификации пользователя.

Интеграция Конструктора с информационной системой управления учебным процессом ВГУ обеспечивает актуальность необходимой информации о дисциплинах действующих учебных планов

образовательных программ с привязкой их к ответственным за дисциплины кафедрам и преподавателям.

Практическое использование разработанного программного комплекса позволит существенно снизить трудоемкость разработки преподавателями документов, сопровождающих образовательный процесс, при существенном повышении уровня корректности такого рода документов, что, в свою очередь, является очень важным фактором при проведении аккредитационных мероприятий по реализуемым университетом образовательным программам.

Список литературы

1. Разработка системы автоматизированного формирования учебных программ / А. В. Васильев, А. П. Толстобров // Информатика : проблемы, методология, технологии : сборник материалов 18-й международной научно-методической конференции, Воронеж, 8-9 февраля 2018 г. : в 7 т. – Воронеж, 2018 . – Т. 5. – С. 17-21 .— 0,3 п.л.

2. Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://edu.vsu.ru

Секция № 11
Информатика в образовании

Подсекция 10
Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Развитие профессиональных компетенций в магистерской программе «Информационные системы в социально-политической сфере»

Ю. Л. Ипатова, email: yu.ipatova@narfu.ru

Северный (Арктический) университет имени М. В. Ломоносова

Аннотация. *В работе представлена магистерская программа "Информационные системы в социально-политической сфере" по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика. На примере реализации этой программы в Северном (Арктическом) федеральном университете имени М. В. Ломоносова продемонстрировано развитие у студентов компетенций, которые востребованы профессиональными стандартами в сфере ИКТ.*

Ключевые слова: *IT-компетенции, профессиональные стандарты, магистратура*

1. Магистерская программа "Информационные системы в социально-политической сфере"

Решение прикладных социальных и политических задач регионального и государственного измерения с использованием информационных систем и технологий в современной России приобретает все большую научную актуальность и социальную значимость.

Так, в 2017 году Распоряжением правительства РФ была утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая «направлена на создание условий для развития общества знаний в Российской Федерации, повышение благосостояния и качества жизни граждан нашей страны путем повышения доступности и качества товаров и услуг, произведенных в цифровой экономике с использованием современных цифровых технологий…» [1]. Согласно этой программе до 2024 года высшие учебные заведения должны выпустить не менее 120 тысяч специалистов в области информационных технологий. Кроме того, должны быть реализованы не менее 30 исследовательских проектов с объемом бюджета 100 млн. руб. Для выполнения целевых показателей программы требуется подготовка не только квалифицированных ИТ-специалистов: программистов, техников, системных администраторов, но и специалистов, способных разрабатывать информационные системы,

© Ипатова Ю. Л., 2019

предлагать и реализовывать инновационные проектные решения в процессе цифровизации разных сфер деятельности человека.

Таким образом, разработчики и аналитики компьютерных/информационных систем уже востребованы практически во всех сферах экономики и производства, научных исследованиях и т.д.

Отвечая этой потребности и вызовам информационного общества в 2016 году на базе Высшей школы информационных технологий и автоматизированных систем Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова (г. Архангельск) была открыта магистерская программа «Информационные системы в социально-политической сфере» по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика.

Идея этой магистратуры заключается в «… создании уникальной образовательной программы, объединяющей в себе достижения технико-математического и социально-гуманитарного знания, подготовки специалистов в области теории и практики решения задач в социально-политической сфере Российской Федерации»[2]. В реализации программы принимают участие специалисты в области информатики, статистики, политологии, социологии и экономики.

Отличительной особенностью образовательной программы «Информационные технологии в социально-политической сфере» является подготовка высококвалифицированных кадров (аналитиков, специалистов по научно-технической информации, управленческого и научного персонала) для решения фундаментальных и прикладных задач социально-политического характера с помощью информационных систем в системе государственного и муниципального управления, в учреждениях образования и науки Северо-запада России и приарктических территорий.

Основные модули программы:

- Научно-исследовательская и инновационная деятельность в социально-политической сфере.
- Математические методы социально-политических исследований.
- Актуальные проблемы социально-политической сферы.
- Автоматизация информационных процессов в социально-политической сфере.
- Коммуникации в социально-политической сфере.

Партнерами программы являются ГАУ АО «Управление ИКТ АО», Правительство Архангельской области и другие крупные предприятия региона.

2. Использование профессиональных стандартов в разработке ОПОП

Одним из профессиональных стандартов, в соответствии с которым разрабатывалась образовательная программа, является Профессиональный стандарт 06.022 Системный аналитик (Приказ Минтруда России от 28.10.2014 N 809н "Об утверждении профессионального стандарта "Системный аналитик" (Зарегистрировано в Минюсте России 24.11.2014 N 34882)). Стандарт опирается на проектно-исследовательскую деятельность в области информационных технологий, которая также заявлена в ОПОП «Информационные системы в социально-политической сфере» (научно-исследовательская и проектная). В этом стандарте указана обобщенная трудовая функция D – Управление аналитическими работами и подразделением – с требованиями к образованию – магистратура. На подготовку трудовой функции D/10.7 Управление инфраструктурой разработки и сопровождения требований к системам были направлены следующие «профессиональные компетенции:

– ПК-11 способность применять современные методы и инструментальные средства прикладной информатики для автоматизации и информатизации решения прикладных задач различных классов и создания ИС;

– ПК-12 способность проектировать архитектуру и сервисы ИС предприятий и организаций в прикладной области;

– ПК-13 способность проектировать информационные процессы и системы с использованием инновационных инструментальных средств, адаптировать современные ИКТ к задачам прикладных ИС» [3].

Эти компетенции формируются у магистрантов в рамках изучения дисциплин: Управление IT – проектами; Методология и технология проектирования информационных систем; Проектирование и администрирование баз данных; производственная и преддипломная практика и т.д.

Аналогично были рассмотрены профессиональные компетенции, направленные на подготовку трудовых функции из профессиональных стандартов 06.015 Специалист по информационным системам; 06.016 Руководитель проектов в области информационных технологий.

Таким образом, в результате освоения программы «Информационные системы в социально-политической сфере» у магистрантов формируются профессиональные компетенции, указанные в требованиях образовательного стандарта, и направленные на подготовку трудовых функций, представленных в профессиональных стандартах.

Заключение

Первый выпуск этой магистерской программы показал прикладной подход магистрантов к проведению диссертационных исследований. Успешно были защищены научные исследования на темы, востребованные предприятиями Архангельской области: Защита информации от несанкционированного копирования на USB-носители; Модернизация информационной системы «Архэнерго» филиала ПАО «МРСК Северо-Запада»; Разработка региональной интерактивной карты доступности объектов социальной инфраструктуры для инвалидов и т.д.

В 2019 году вузы переходят на утвержденные ФГОС ВО с учетом профстандартов (3++) или самостоятельно утвержденные образовательные стандарты университета. Этому переходу будет способствовать опыт формирования компетенций, направленных для подготовку трудовых функций профессиональных стандартов, полученный в процессах разработки и реализации магистерской программы «Информационные системы в социально-политической сфере» по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 N 1632-р <Об утверждении программы "Цифровая экономика Российской Федерации"> [Электронный ресурс] : КонсультантПлюс. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=221756&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.2875422142910411#00871396621010827
2. ОПОП «Информационные системы в социально-политической сфере» [Электронный ресурс] : официальный сайт САФУ имени М. В. Ломоносова. – Режим доступа : https://narfu.ru/upload/iblock/c8c/09.04.03-prikladnaya-informatika.pdf
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования Уровень высшего образования Магистратура Направление подготовки 09.04.03 Прикладная информатика [Электронный ресурс] : Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. – Режим доступа : http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvom/090403_M_18062018.pdf

Стандарты в дисциплине Программная инженерия для студентов направления Прикладная информатика

Т. В. Преображенская, email: preobr@fb.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет

Аннотация. *Рассмотрены виды стандартов в РФ. Обосновывается необходимость использования современных документов по стандартизации в обучении студентов направления Прикладная информатика. Приведены примеры заданий для выполнения*

Ключевые слова: *Стандартизация,программная инженерия, стандарты РФ, ИТ-стандарты в обучении студентов, прикладная информатика*

Введение

Стандартизация является одним из ключевых факторов, влияющих на модернизацию, технологическое и социально-экономическое развитие России, а также на повышение обороноспособности государства [1,2,3]. Стандарты называют лифтом технической революции. Стандартизация является основой для создания единого технического языка и единства технической политики. Она основа безопасности работ и услуг, а также высокой конкурентоспособности продукции. В последние годы в РФ интенсифицировалась деятельность по обновлению и актуализации документов по стандартизации (ДС). Уровень их гармонизации с международными стандартами составляет 70 процентов, а в информационном фонде международных стандартов их более 24000 [3].

1. О стандартах в РФ

К приоритетным направлениям развития стандартизации в РФ относятся Телекоммуникационные и информационные технологии. В настоящее время в РФ реализуется федеральная программа «Цифровая экономика РФ». Большое внимание в ней уделено направлению «Нормативное регулирование» - разработке проектов национальных стандартов в области технологий: - "Большие данные", - "Интернет вещей" и "Промышленный (индустриальный) интернет вещей", -"Умное производство", -"Умные города", -"Искусственный интеллект". Выпускники направления Прикладная информатика в профессиональной деятельности будут работать с новыми

© Преображенская Т. В., 2019

технологиями. Динамика внешней среды требует от организаций высокой степени адаптации к реальным условиям для выживания и сохранения конкурентоспособности. Сложная взаимоувязанная система стандартов РФ (рис. 1) призвана решать проблему адаптивности организаций (вузов) к новым условиям. Стрелки на рисунке обозначают направления инфомационных потоков при формировании и использовании стандартов.

Рис. 1. Стандарты в РФ. Нормативно-технические документы в обучении студентов

Государственные образовательные стандарты создаются на основе профессиональных, а те, в свою очередь, разрабатываются с учетом требований нормативно-технических документов отраслей. В рабочих

программах дисциплин преподаватели используют свременные ДС своих отраслей знаний.

2. Документы по стандартизации в дисциплине Программная инженерия направления Прикладная информатика

Закон РФ о техническом регулировании, казалось бы, дает свободу от стандартов в технических областях, не связанных напрямую с угрозой жизнедеятельности человека [1]. Но в то же время вводит новый объект стандартизации - Стандарты организаций (ГОСТ Р 1.4-2004). Стандарты организаций – внутренние регламенты, разработатываются техническими специалистами. Такая работа требует высокой квалификации и ответственности, что предъявляет дополнительные требования к подготовке профессиональных кадров. С этой целью, в общепрофессиональные компетенции ФГОС ВО (от 19 сентября 2017г.- 09.03.03 - направление Прикладная информатика) введена компетенция ОПК-4 – «Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью». В учебные планы вузов включаются дисциплины, связанные с изучением стандартов, например, Программная инженерия. От студентов уже в вузе требуется со вниманием относиться к ДС, изучать их, профессионально владеть современными информационно-технологическими инструментами, быть готовым к изменениям. Инженерная деятельность требует умения работать с официальными информационными базами нормативно-технических документов [3,4,5], чтобы отслеживать изменения в ДС и создавать собственные подборки документов.

Для создания указанных компетенций необходимо в рамках учебного процесса моделировать реальные ситуации, решать реальные задачи, например, выполнить работу по теме «Подготовка программной документации на программный продукт для прохождения процедуры добровольной сертификации».

Цель работы. Получить навыки:

– формирования программной документации для прохождения процедуры добровольной сертификации программного продукта (ПП) в системе добровольной сертификации (СДС);

– использования документов по стандартизации (ДС) для создания и нормоконтроля программной документации (ПД) при разработке ПП;

– оформления отчета в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017.

Для достижения поставленной цели выполнить ряд заданий:

– Подобрать в Интернете СДС для добровольной сертификации ПП, разработанного ранее (в рамках выполненных лабораторных работ по программированию), проверить записи об СДС по регистру РОССТАНДАРТА;

– Изучить список ДС для прохождения процедуры добровольной сертификации ПП на сайте выбранной СДС;

– Познакомиться с процедурой подтверждения соответствия на сайте СДС;

– Найти тексты ДС для оформления ПД с целью прохождения процедуры добровольной сертификации ПП в выбранной СДС. Офрмить ряд программных документов для прохождения процедуры добровольной сертификации.

Другим полезным примером может быть задача построения графа для систем стандартов по программной инженерии,например, для системы стандартов 19.xx-xx (рис.2).

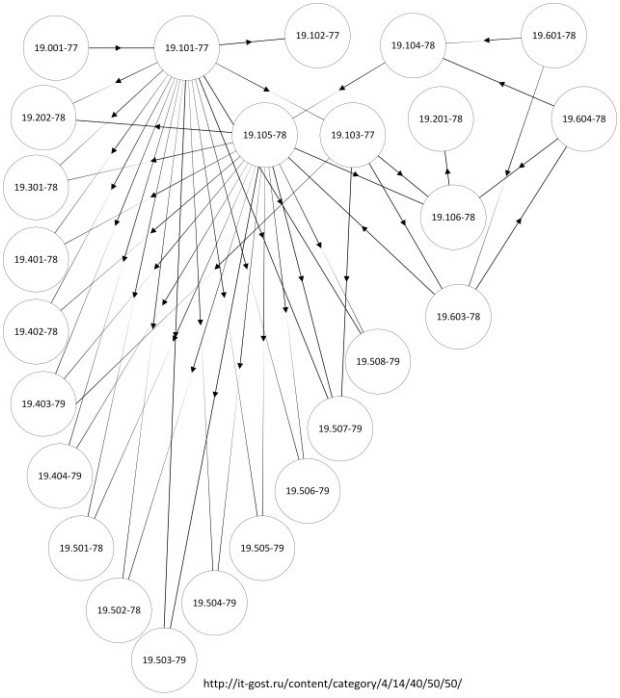


Рис. 2. Граф системы стандартов ГОСТ 19.xx-xx

Выполнение такого задания помогает студентам увидеть систему стандартов в целом, что при чтении самих текстов им не удается. Студенты третьего курса самостоятельно могут построить для себя необходимые системы стандартов по программной инженерии, проверяя их статус.

Заключение

Предложенные задания позволяют студентам решать реальные профессиональные задачи при выполнении лабораторных и самостоятельных расчетно-графических работ в рамках учебного процесса вуза. Нарабатывая, тем самым, сформулированные в ФГОС ВО компетенции и усиливая свои возможности трудоустройства на рынке.

Предложенная деятельность особенно важна для студентов профиля «Прикладная информатика в экономике». Умения работать с системами стандартов и строить графы могут служить основой для создания когнитивных моделей проектов.

Литература

1. Федеральный закон о техническом регулировании от 27.12.2002 № 184-ФЗ [Электронный ресурс]: КонсультантПлюс. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/

2. Преображенская, Т. В. О систематизации стандартов информационных технологий / Т. В. Преображенская // Актуальные проблемы электронного приборостроения: сб. тр. 12 междунар. конф. АПЭП-2014 в 7 т. (Новосибирск, 2–4 окт. 2014 г.). – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – Т. 6. – С. 285-288.

3. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Каталог стандартов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.gost.ru/wps/portal/pages.CatalogOfStandarts

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – Введ. 2012-03-01. – М. : Стандартинформ, 2011. – V. – 99 с.

5. ГОСТ Р 57193-2016 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – Введ. 2017-11-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – III. – 94с.

В память о коллеге

Тюкачев Николай Аркадиевич

28 июля мы потеряли нашего друга и коллегу, заведующего кафедрой программирования и информационных технологий Николая Аркадиевича Тюкачева. Всех знавших Николая Аркадиевича известие о его смерти поразило своей неправдоподобностью. Невозможно было представить себе уход из жизни этого яркого, самобытного человека, постоянно находившегося в гуще событий, ежедневно общавшегося с десятками самых разных людей. Николай Аркадиевич был нужен всем – студентам и аспирантам, коллегам-преподавателям, руководству, представителям фирм и просто друзьям и знакомым, которых было у него великое множество. Он помнил всех, с кем сводила его жизнь, каждому готов был уделить внимание и, при необходимости, придти на помощь. Он ценил в людях честность, в том числе, профессиональную, верность долгу и верность в дружбе. Всегда имел собственное, часто очень нетривиальное, мнение по любому вопросу, и было очень трудно убедить его принять иную точку зрения. Но он вполне мог признать правоту оппонента, если были к тому основания.

Пожалуй, главным делом его жизни стало создание и становление кафедры программирования и информационных технологий факультета компьютерных наук, которой он руководил с момента создания до последнего дня своей жизни. Здесь в полной мере проявился его талант организатора и руководителя. Он был необычным организатором и необычным руководителем, придававшим огромное значение поддержанию в руководимом им коллективе атмосферы доброжелательного сотрудничества и взаимопомощи. Обладая фантастической работоспособностью, он мог одновременно работать над научной проблемой, готовить к изданию учебник или методическое пособие, выполнять такую же учебную нагрузку, как и другие

преподаватели кафедры, и заниматься административными делами. Казалось, что в его сутках не 24, а все 48 часов.

Николай Аркадиевич был не просто прекрасным программистом, он был фанатом программирования, считал это лучшим видом профессиональной деятельности. Впервые программированием он начал заниматься во время обучения в аспирантуре механико-математического факультета МГУ. Имея блестящую математическую подготовку, он быстро оценил новые возможности для решения математических задач, которые предоставлялись электронными вычислительными устройствами. Именно наличие математического базиса позволило Николаю Аркадиевичу быстро и в совершенстве овладеть новым видом деятельности. Примечательно, что он изначально сформировался как программист, способный решать прикладные задачи из самых разных предметных областей, благодаря умению переформулировать их на языке математических моделей, а затем – алгоритмов и программ. Примером огромной по масштабам работы стало создание им геоинформационной системы для компании «Алроса».

Николаю Аркадиевичу принадлежит идея проведения на факультете компьютерных наук ВГУ ежегодной научно-практической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». В течение 12 лет он выполнял основную часть организационной работы по созыву конференции и редактировал сборник ее трудов. В значительной степени благодаря ему конференция приобрела высокий авторитет и получила статус международной. Николай Аркадиевич Тюкачев активно участвовал в работе нашей редколлегии, был одним из постоянных авторов журнала «Вестник Воронежского университете». Его научное наследие включает более 80 статей и несколько монографий.

И, разумеется, нельзя не сказать о педагогической деятельности Николая Аркадиевича. Он был одним из ведущих лекторов факультета компьютерных наук. Именно с его лекций по дисциплине «Введение в программирование» начинался путь в науку и профессию для сотен наших выпускников. Он умел заражать их своей увлеченностью, демонстрировал широту возможностей, которое открывает умелое использование современных информационных технологий, в первую очередь, технологий программирования. Он всегда был окружен студентами, был для них источником новых знаний и идей. Его лекции по основам программирования и компьютерной графике легли в основу целой серии учебных пособий, написанных им самим и в соавторстве с коллегами, а также многочисленных методических пособий.

А еще, Николай Аркадиевич был разносторонне одаренным человеком, мог своими руками построить дом и написать картину, увлекался историей и литературой, любил играть в бадминтон. Но самым большим увлечением, прошедшим, буквально, через всю его жизнь, были походы на байдарках. Наверное, это было даже больше, чем увлечение, это была вторая половина его жизни. Он шутил, что с веслами в руках не один раз обошел земной шар по экватору. Возможно, так оно и было, потому что ежегодно, с мая по сентябрь включительно, он делал не менее 4–5 походов по самым разным рекам, начиная от Усманки, Битюга и Хопра до рек приполярного Урала. В последние годы он особенно полюбил реки Карелии, с восторгом рассказывал о красотах этого края. Из последнего похода в Карелию он уже не вернулся.

И еще. Уверен, что многим Николай Аркадиевич запомнится как исключительно порядочный и отзывчивый человек. Честность, принципиальность, неприятие лжи и лицемерия – эти черты характера были свойственны ему и в годы студенчества, и в годы становления его, как ученого, и в годы, когда он работал на факультете ПММ, и в годы, когда он стал основателем и руководителем кафедры на факультете компьютерных наук. Он никогда не ставил своей целью материальное благополучие, хотя возможность получить хороший гонорар у него была: как правило, гонорар уходил на приобретение спортивного инвентаря и турпоходы. Он был внимателен к друзьям и коллегам, и если у кого-то из них были проблемы или неприятности, то всегда готов был предложить свою помощь, в том числе материальную. В его доме всегда было многолюдно, его гостями были и друзья по студенческому стройотряду, и однокурсники, и ученые, с которыми он обсуждал решение проблем, и, конечно, студенты-курсовики и дипломники. Он был радушным хозяином, всегда готов был предоставить свое жилище, и приезжие гости часто этим пользовались и останавливались у него.

Знакомство и дружба с Николаем Аркадиевичем Тюкачевым повлияли на жизнь многих людей, которые, хочется надеяться, будут помнить все лучшее, что было связано с этим человеком. А если жива память, то значит, он остается рядом с нами.

Содержание

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Сельвесюк Н. И. Информационное обеспечение как основа интеллектуализации современного воздушного судна 4

Семенов М. Е., Матвеев М. Г., Мелешенко П. А., Соловьев А. М., Решетова О. О., Карпов Е. А. Математические подходы к описанию гистерезисных явлений: от теоретических основ к практической реализации 21

СЕКЦИЯ 1. Проблемы информатики как науки: программирование, алгоритмы

Бенгезаль С. Р., Коваленко Н. В. Алгоритм распознавания жестов руки в реальном времени 30

Верлин А. А. Создание информационной системы для авиакомпаний на основе технологий обработки больших данных 38

Воронина И. Е., Ляпина М. С. Программная реализация алгоритма квалификации преступного деяния 42

Дмитриевцева И. А., Иванова В. Ю. Язык обхода графов Gremlin и фреймворк Apache TinkerPop 3 47

Дронов Р. О., Володина М. А., Власов М. С. Механизмы управления ресурсами высокопроизводительных систем 52

Застрожнова А. С., Безумова В. И. автоматизация расчетной деятельности строительной компании 60

Зиновьев С. В., Воронина И. Е. Выработка подхода к алгоритмизации почерковых признаков как инструмента определения авторства рукописного текста 66

Золотарёва В. А., Матвеева М. В. Анализ производительности корпоративных информационных систем на основе flame-диаграмм 71

Иванова В. Ю., Дмитриевцева И. А. Поиск оптимальных путей между узлами графа средствами графовых СУБД 76

Капранчикова А. А., Матвеева М. В. Разработка web-приложения для создания дизайнов в стиле пэчворк 82

Касьянов В. Н., Золотухин Т. А. Алгоритм укладки иерархического графа с портами 86

Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Системы поддержки применения теоретико-графовых методов для конструирования эффективных и надежных программ 91

Каширская И. И. Пример формирования исходной информации для построения модели объекта с использованием реверсного подхода 96

Каширская И. И. Пример формирования исходной информации для построения модели объекта с использованием реверсного подхода 96

Кожевников Н. А., Барановский Е. С., Огаркова Н. В. Реализация алгоритма решения задачи планирования работ в системе XR 106

Кукарских Л. А., Демидова Е. А. Алгоритм распределения премиального фонда профессорско-преподавательского состава 111

Куроян Д. А., Матвеева М. В. Разработка iOS приложения, состоящего из развивающих игр для детей и позволяющего родителям вести контроль достижений 116

Мирошниченко А. С., Михелев В. М., Коняева Е. С. Метод классификации изображений 121

Писарева С. А., Матвеева М. В. Реализация механизма контроля значений показателей отчетов Платформы АТОЛЛ IV.3 126

Проскурякова В. В., Шипилов А. А. Проблемы интеграции приложений и Apache Camel 131

Сотников В. Д. Базовые принципы сетевого взаимодействия по протоколу UDP на Java посредством сокетов 137

Шипилов А. А., Проскурякова В. В. Распределенная трассировка в мире микросервисов 142

СЕКЦИЯ 2. Компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных исследованиях

Равшанов Н., Мурадов Ф., Ахмедов Д. Математическое и программное обеспечение для прогнозирования экологического состояния атмосферы промышленных регионов 148

Батаронов И. Л., Надеина Т. А. Моделирование частотной зависимости диссипации энергии дислокационной пары 154

Ан Е. В. Математическое моделирование и построение расчетных схем физических процессов устойчивости подземных трубопроводов 158

Андронников В. В., Костылева Л. Н. Моделирование переноса пылевых частиц в пограничном слое атмосферы 164

Антипенский Р. В., Алимов А. П., Волков А. А. Модель распределения плотности вероятности расстояния между средством радиоразведки и источником радиоизлучения 169

Арапов Д. В. Моделирование и определение характеристик оптимальной мелассы в производстве сахара 174

Асадудин В. А., Лебедев Г. Н., Михайлин Д. А. Нелинейная динамическая модель потерь живучести беспилотных летательных аппаратов при обслуживании наземных объектов в условиях противодействия 179

Бакаев Г. Н., Круссер И. В. Методика поддержки принятия метеозависимых решений на применение авиации 184

Батаронов И. Л., Дежин В. В. Моделирование размерной зависимости колебательного спектра дислокационного сегмента 190

Башлыков С. Н., Андронников В. В., Мозиков Б. В. Разработка модели влияния облачных образований на дальность обнаружения воздушных целей наземным оптико-визуальным наблюдателем 195

Башлыков С. Н., Самсонов А. В., Степанов Д. С. Методическое обеспечение построения непрерывной шкалы количественных и качественных измерений в системе поддержки принятия метеозависимых решений 199

Белинский А. С., Кузнецов И. Е., Логвиненко М. А. Вероятностная модель обнаружения зон повышенной электрической активности атмосферы при обеспечении полетов авиации 205

Бердзенишвили Г. Г., Пеньков Н. А., Сёмка Э. В., Фатхудинов Д. Б. Математическое моделирование состояния вращающегося диска 210

Бережных И. А., Бородина А. В. Система Арнеодо: гистерезисное управление и стабилизация 217

Берестевич Г. В., Закусилов В. П., Задорожная Т. Н. Компьютерное моделирование нагрузок главных компонент метеорологического информационного пространства 223

Беспалов С. В. Картографическое представление информативных признаков инверсионного слоя в атмосфере 229

Бочаров А. С., Локтиков А. Ю., Шипилов А. А. Средства контроля показателей качества электроэнергии среды Simulink в имитационных моделях авиационных электроэнергетических комплексов 234

Бочаров А. С., Локтиков А. Ю., Шипилов А. А., Пищулин И. В. Разработка графической интерактивной панели управления режимами функционирования имитационной модели электроэнергетического комплекса самолета с помощью пакета Dashboard среды моделирования Simulink 239

Булгин Д. В., Кузнецов И. Е., Слащев С. В. Алгоритмическая модель оценки влияния интенсивности осадков на вероятность радиолокационного обнаружения наземных объектов 244

Васильев В. А., Федюнин П. А., Данилин М. А., Васильев А. В. Оценка эффективности системы передачи сигналов управления в каналах связи с задержкой 249

Громковский А. А., Костылева Л. Н., Громковская Н. А. Оценка множественной взаимозависимости факторов модели затрат ресурсов производства сахара 255

Громковский А. А., Костылева Л. Н., Мизев А. Б. Исследование приближения стационарности ряда динамики температуры воздуха ... 260

Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О. Алгоритмическое обеспечение ИИС для исследования теплофизических характеристик полимерных композитов 265

Донцов А. А., Козирацкий Ю. Л., Нагалин Д. А. Адаптивный алгоритм локализации малоразмерных объектов на изображениях на основе вейвлет-анализа с адаптивным порогом 271

Донцов А. А., Тонконогов О. Ю., Нагалин Д. А. Алгоритм расчета предельных значений ошибок определения координат летательных аппаратов для формирования виртуального опорного канала 279

Дорофеев В. В., Степанов А. В., Белинский А. С., Подгузов М. Ю. Информационно-расчетная модель оценки метеорологических условий для поддержки принятия метеозависимых решений 285

Дьяков С. А., Урунчиков А. В. Краткосрочная модель эволюции циклонов в восточном антарктическом секторе Южного океана 290

Задорожная Т. Н., Закусилов В. П., Любимов Р. Г. Использование компьютерных технологий для прогноза глобальной температуры воздуха с учетом внутренней структуры временных рядов 296

Закусилов В. П., Задорожная Т. Н., Любимов Р. Г. Анализ современной изменчивости экстремальных температур воздуха в осенний период на основ компьютерной обработки исходных данных 301

Ипполитов С. В., Бондарев В. Г., Лопаткин Д. В., Монгуш Д. С. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана COM-93 306

Ищук И. Н., Долгов А. А. Оценка вероятностных характеристик распознавания техногенных объектов на фоне земной поверхности по их температурным контрастам 312

Казьмин А. И., Федюнин П. А. Применение компьютерных электродинамических моделей для планирования эксперимента по определению электрофизических параметров диэлектрических материалов и покрытий 317

Казьмин А. И., Федюнин П. А., Рябов Д. А. Априорная оценка возможности выявления дефектов в диэлектрических материалах и покрытиях путем электродинамического моделирования 324

Канищева О. И., Картушин В. С. Решение задачи оптимального распределения воздушных судов 331

Капитанов В. В., Козирацкий А. Ю., Сударикова Г. И. Модель выявления истинного объекта среди совокупности ложных 336

Капитанов В. В., Фролов М. М., Козирацкий А. А., Сафонов К. С. Оценка влияния выбора элементов матричного фотоприемника на точность определения угловых координат источника лазерного излучения по распределению интенсивности в плоскости матричного фотоприемника 340

Карпов Е. А., Семенов М. Е., Шеина О. А. Модифицированная система Лоренца с гистерезисным преобразователем 346

Кенджаева Д. Х., Темиров З. Х. Моделирование процессов водной эрозии с помощью геоинформатики 352

Кирносов С. Л. Модели управления гидрометеорологическим обеспечением с учетом детерминированно-хаотических свойств атмосферы 357

Клевцов Р. П., Середин П. И. Обоснование выбора средств проектирования функциональных моделей планирования деятельности организации 362

Козирацкий А. Ю., Кусакин О. В., Фролов М. М., Козирацкий А. А. Управление беспилотным летательным аппаратом типа «квадрокоптер» в условиях сложной электромагнитной обстановки ... 368

Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Курьянов И. Ю., Албузов А. Т. Компьютерная модель конфликта малочисленных группировок 374

Козирацкий Ю. Л., Хильченко Р. Г., Шутько Е. М. Вероятностная модель защиты летательного аппарата от управляемых ракет на основе пространственных образований из микростеклосфер 379

Козирацкий Ю. Л., Хильченко Р. Г., Шутько Е. М. Пассивная координатометрия атакующей управляемой ракеты матричными фотоприемниками в интересах информационного обеспечения комплекса обороны летательного аппарата 386

Коннов Н. Н., Патунин Д. В. Управление полосой пропускания в коммутаторах на основе оценки мгновенной скорости передачи данных 393

Кононов А. Д., Кононов А. А. Моделирование методов приема информационного сигнала для дистанционного управления движением мобильных объектов в условиях наличия помех в радиоканале 399

Кузнецов А. А., Жуков Ю. О., Щедрин А. Ю. Алгоритм рекуррентного оценивания параметров групповой меры частоты 405

Кузнецов И. Е., Булгин Д. В., Насонов А. А., Кузнецов Н. И. Алгоритмическая модель анализа поля метеорологической дальности видимости на основе комплексации радиолокационных и аэросиноптических данных 409

Кузнецов И. Е., Качалкин А. Ю., Белинский А. С. Алгоритмическая модель восстановления характеристик облачности при комплексном использовании различной метеорологической информации 414

Курбонов Н. М. Модель и вычислительный эксперимент для исследования фильтрационных процессов при поршневом вытеснении 420

Лукин М. Ю. Синтез диаграмм направленности диапазонных антенных решеток с максимально достижимыми коэффициентами направленного действия 425

Максимов А. В., Киселев Е. А., Кургалин С. Д., Зуев С. А. Математическая модель для описания движения потоков воздуха в турбинном спирометре нового типа 431

Марков И. А., Тюкачёв Н. А., Коржов Е. Н., Шабунина З. А., Кравченко Т. А. Программный комплекс RSSYS# для математического моделирования процессов редокс-сорбции нанокомпозитами металл-ионообменник 436

Мартьяшкин А. Б., Чуб Р. В. Научно-методический подход к созданию модели восстановления поля температуры воздуха у поверхности земли с использованием климатической и спутниковой информации 441

Мастренков А. В., Репин Р. В. Электронный учебный тренажёр для проверки анероидно-мембранных приборов КПА-ПВД 445

Матейко В. В., Зиновьев В. В., Зиновьева А. В. Алгоритм фокусировки антенной решетки в условиях априорной неопределенности поляризационной структуры сигнала 450

Мельников А. В., Бобрусь В. А., Самохлеб Н. Н. Разработка трехмерной модели крыла беспилотного летательного аппарата для проведения испытаний противообледенительной системы 456

Можей Н. П. Применение пакетов аналитических вычислений к исследованию алгебр голономии инвариантных связностей 461

Ножкин В. С., Семёнов М. Е., Ульшин И. И. Решение уравнения притока тепла со случайными параметрами 466

Осипов А. Л., Криветченко О. В., Трушина В. П. Предсказание концентрационных пределов воспламенения с помощью математических моделей 474

Осипов А. Л., Трушина В. П. Модель классификации химических веществ 479

Осипова И. А. Особенности компьютерного моделирования поверхностей с помощью программы ScanViewer 484

Паринов М. Л., Цалиев И. В., Петренков Е. В. Моделирование процесса местоопределения в условиях неопределенности пространственного размещения элементов угломерной системы координат 489

Петрова Е. В., Черноморец А. А. Разработка алгоритма автоматического обнаружения трещин на основе преобразования Хафа 496

Пигарев А. Е., Драбо А. И., Аббас З. Х.А., Попов М. А. Гистерезисное управление динамикой гибкого обратного маятника 500

Платошин Г. А., Сельвесюк Н. И. Исследование разработанного программного обеспечения для оптимизации бортовой информационно-вычислительной сети 507

Попов В. В., Минаков Д. М., Попова И. В. Анализ влажностного режима Арктической зоны на основе спектрально-сингулярного анализа 516

Пресняков М. Ю., Рябов А. В. Алгоритм расчета показателей разведывательной защищенности сетей авиационной радиосвязи 521

Разиньков С. Н., Разинькова О. Э., Лукин М. Ю. Электродинамический анализ и синтез линейной антенной решетки на боковой поверхности цилиндра конечной длины 526

Рапаков Г. Г., Горбунов В. А., Абдалов К. А. Компьютерное моделирование пространственных закономерностей на основе статистики глобального индекса Морана 534

Решетова О. О. Динамика осциллятора Ван дер Поля под воздействием гистерезисного управления 539

Ряжских В. И., Ряжских А. В., Рябцев В. А. Температурное поле пластины с отверстием, нагреваемой горячей средой по поверхностям и внешней границе 544

Рязанцев Л. Б. Алгоритм формирования оценок высот рельефа местности для автономной навигации беспилотных летательных аппаратов с использованием малогабаритной РЛС 550

Сакибаев Ф. А., Макин С. М., Бородина А. С., Холявка М. Г., Артюхов В. Г. Поиск in silico потенциальных сайтов связывания с заряженными и гидрофобными носителями на поверхности молекул инузиназ из продуцентов рода Aspergillus 557

Сакибаев Ф. А., Панкова С. М., Дубовицкая А. Н., Холявка М. Г., Артюхов В. Г. Особенности структуры коллагеназы из Clostridium histoliticum и распределение заряженных и гидрофобных аминокислот на поверхности ее молекулы 562

Самхарадзе К. К., Батищев Д. С., Михелев В. М. Алгоритм определения типа лейкоза на основе анализа рельефа поверхности лимфоцитов на изображениях клеток крови 568

Сафронич И. Н., Мозиков М. Б. Исследование взаимосвязи характеристик сейсмического шума и гидрометеорологических параметров на различных геологических территориях 573

Семенов М. Е., Матвеев М. Г., Мелешенко П. А., Соловьев А. М., Решетова О. О., Карпов Е. А. Математические подходы к описанию гистерезисных явлений: от теоретических основ к практической реализации 578

Середа Е. Н. Состав и структура комплекса программ оптимизации процесса подготовки специалистов к деятельности в условиях чрезвычайных обстоятельств 586

Соловьев Д. С. Оптимизация и имитационное моделирование гальванического процесса 591

Соловьева И. А., Соловьев Д. С. Выбор наиболее эффективных параметров для воздействия на качество гальванического покрытия 595

Толкачев А. В., Толкачев А. В. Дискретная гистерезисная модель системы синус-Гордона 600

Трифонов Г. И., Кукарских Л. А. Влияние параметров среды на скорость распространения нестационарных волн при формировании газотермических покрытий 607

Трушина В. П., Осипов А. Л. Оптимизация ассортимента химических средств защиты растений с помощью математических моделей 612

Усков А. В. Моделирование и исследование затухания наводок в токопроводящей линии вблизи поглощающей поверхности 617

Усов Н. А., Похващев В. Н. Модулирующие свойства объектов в нелинейной радиолокации 622

Феофилов С. В., Козырь А. В. Устойчивость автоколебаний в релейных системах с цифровым регулятором 627

Хужаев И. К., Мамадалиев Х. А. Математическое моделирование процесса распространения волн уплотнения и разряжения в горизонтальном магистральном газопроводе 632

СЕКЦИЯ 3. Технологии обработки и защиты информации

Sokolovsky S. P., Voronchikhin I. S., Telenga A. P. Moving target defense for securing Distributed Information Systems 639

Алгазинов Э. К., Попело В. Д., Козирацкий А. А., Гревцев А. И. Определение местоположения и ориентации протяженного объекта на основе обработки пары изображений полученных с использованием пространственно-разнесенных матричных фотоприемников 644

Бацких А. В., Меньших В. В. Алгоритм аутентификации пользователя по клавиатурному почерку 650

Богословский Е. А. Основные признаки и характеристики объектов интереса систем технического зрения 654

Борисов А. Д., Соломатин Д. И. Восстановления 3D-модели зубов по изображению 660

Бражников Д. А., Шемяков П. В., Будников С. А. Программа получения информации из открытых источников 665

Брянцев А. В., Болтёнкова Е. А., Бондарев Д. А., Савин С. В. Разработка программного модуля защиты информации в журналах регистрации событий и учета автоматизированных систем управления предприятием 670

Бурзак И. В., Козирацкий А. А., Попело В. Д. Алгоритм расчета координат центра распределенного объекта по данным геодезических, картометрических и фотометрических измерений 674

Бурзак И. В., Проскурин Д. К., Попело В. Д. Алгоритм обработки совместных измерений оптических и геометрических параметров диффузно рассеивающей поверхности 679

Гаршина В. В., Степанцов В. А. Способы защиты баз данных от несанкционированного доступа 683

Данилова О. Ю., Телкова С. А. О применении сети Фейстеля в современных криптографических протоколах 687

Демиденко А. К., Маленков Е. С. Технология проактивной защиты – новая парадигма обеспечения безопасности информационных систем 692

Диченко С. А. Концептуальная модель обеспечения целостности информации в современных системах хранения данных..... 697

Доронин С. С., Благов В. В. Разработка алгоритмов защиты информационных систем на основе маскирования идентификаторов сетевых устройств..... 702

Доронин С. С., Миняков И. С. Обман в киберпространстве – как перспективное направление обеспечения безопасности IP-сетей..... 707

Евстафиев А. Ф., Евстафиев Ф. А. Модель некогерентного обнаружения импульсного радиосигнала в условиях мешающих отражений и флюктуационного шума..... 712

Елисеев Н. И., Тали Д. И. Управление темпоральными свойствами электронных документов 717

Зайцев Д. В., Зуев О. Е., Архипов Ю. Н. Методика решения задачи маскирования структуры распределенной информационной системы..... 723

Зайцев Д. В., Коржан Д. Э., Шаманов А. И. Синтез структуры маскированной информационной системы с использованием алгоритмов построения минимальных остовных деревьев 728

Иванов И. И., Бондаренко Е. Ю., Кожанков В. Н., Рыжков Д. А. Динамическое управление структурой виртуальных частных сетей 733

Игнатов Д. В., Шабанов А. В., Ходырев А. С. Механизмы избирательного противодействия передаче данных с использованием беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11 Wi-Fi 739

Карпов С. А., Самойлин Е. А. Черезшаговый алгоритм градиентного совмещения изображений на основе использования двух функций ошибок 744

Кирсанов Э. А., Колесников С. А., Богатко А. Н. Нейросетевой алгоритм оценивания координат источника радиоизлучения разностно-дальномерной многопозиционной радиосистемой в трехмерном пространстве 751

Коваль А. С., Савинков А. Ю. Аппаратная классификация трафика: проблема, решения, реализации 757

Кожанков В. Н., Иванов И. И., Бондаренко Е. Ю., Рыжков Д. А. Исследование производительности системы динамического управления структурой виртуальных частных сетей 763

Козирацкий А. А., Попело В. Д. Цена деления фотограмметрической «шкалы» дальности при обработке данных цифровой стереосъемки 769

Козирацкий Ю. Л., Калинин В. С., Козирацкий А. А. Условно-вероятностная модель поиска объектов, изменяющих свои характеристики по разведдоступности 773

Козирацкий Ю. Л., Меркулов Р. Е. Вероятностная модель поиска системы целеуказания по излучению ее средства подсвета..... 785

Кошелев Д. А., Филипенко И. В. Максимизация роли облачной среды информации в борьбе от компрометации. Информационные преображения при циркуляции в облачной среде 793

Кузнецов А. Д., Лютин В. И. Оценка работоспособности многоэлементного объекта при разрушающем воздействии на отдельные различимые по значимости элементы 801

Лебедев И. Н., Перепечаев А. С. Обнаружение SQL-инъекции с помощью алгоритма Бойера-Мура сканером уязвимостей 807

Масловский В. С., Маленков Е. С. Исследование алгоритмов защиты информационных систем на основе динамического управления сетевым адресным пространством 812

Масловский В. С., Поповкин А. А. Особенности метода защиты информационных систем на основе динамически изменяемых идентификаторов сетевых узлов 817

Митрофанова Е. Ю. Исследование эффективности алгоритмов скрытия данных в пространственной области 822

Нестеров М. С., Попело В. Д. Алгоритм обработки данных дистанционного контроля инфракрасных характеристик наземного объекта 829

Петросян Я. В., Парфирьев А. В., Кораблин И. И., Акбашев Д. М. Анализ видеопотока аэроландшафта для выделения протяжённых объектов 834

Платов Н. Е., Тимошенко Д. В. Особенности конфигурации программного пакета CLICK для реализации алгоритмов защиты от несанкционированных соединений..... 839

Погребной Д. С., Журавлёв Д. В., Самодуров А. С. Алгоритм обработки серии фотографий с целью объединения их в одну 844

Прохорченко Л. А., Соломатин Д. И. Алгоритм авторига для моделей с одинаковой топологией 849

Рыженко А. А. Модифицированный алгоритм вируса полиморфика как основа деструктора информационной среды 857

Саввин С. В., Сирота А. А., Иванков А. Ю. Алгоритм построения сверхразрешения на основе калмановской фильтрации и суперпиксельной сегментации изображений 862

Стукалов С. С. Анализ систем аутентификации пользователя по лицу для персональных компьютеров 867

Тороев А. С. Системы обнаружения проникновений IDSs на основе блокчейн 872

Хальзов С. А., Фертиков В. В. Применение обобщенной дискретной диаграммы Вороного k-го порядка для анализа геопространственных данных 877

Хворов Р. А., Безрядин В. А. Формализованное представление информационных процессов в автоматизированных системах радиоконтроля в условиях обеспечения безопасности информации 882

Шерстобитов Р. С., Зайцев Д. В., Кучуров В. В. Постановка задачи маскирования структуры клиент-серверных информационных систем 886

СЕКЦИЯ 4. Информационные системы и базы данных

Jakimov R., Martinovska Bande C., Kusevska M., Ivanovska B. Information retrieval services for electronic collections of texts produced by language learners 892

Брызгалов И. И., Власов С. В. Реализация долгоживущих транзакций в распределенной системе 898

Вертопрахова С. Г., Зеленова М. В. Создание информационной системы проведения опросов и анализа статистических характеристик ответов 904

Голдобина С. Ю., Полицына Е. В. Создание информационно-аналитической системы спортивной организации с разграничением доступа 910

Головченко Е. В., Дьяченко В. А., Дадажонов Н. М. Требуемые характеристики авиационной связи (RCP) в интересах безопасности воздушного движения 916

Данилова И. И., Полицын С. А. Применение автоматизированных тестов и инструментов статического анализа в информационной системе проверки программ в рамках обучения программированию ... 921

Зауголков И. А., Исаева О. В. Средства для измерения уровней побочных электромагнитных излучений и наводок 927

Кожевников Н. А., Огаркова Н. В., Барановский Е. С. Описание программной платформы вспомогательной и дополненной реальностей XR 931

Колобенков И. А., И. П., Исаева О. В. Разработка и использование электронных практикумов в преподавании технических наук 936

Кремер О. Б., Подвальный С. Л., Белых М. А. Проектирование и реализация реляционной базы данных программы автоматизированного размещения документов 941

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Чмутин Е. В. Методы и технологии разработки обучающих программ программированного обучения в образовательном процессе вуза 946

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Чмутин Е. В. Программно-информационные системы реализации сценариев учебной деятельности 952

Лактионова М. А., Матвеева М. В. Программный инструмент для интеграции данных в формате JSON 957

Матвеева М. В., Лысачев П. С. Пример приведения отношения к пятой нормальной форме 961

Меделян С. Ю., Матвеева М. В. Разработка web-приложения для сравнения различных версий структуры базы данных 966

Михайлюк Е. А., Шафоростова Е. Н. Система обработки визуальной информации на примере процесса подбора оправы очков 971

Михелев В. М., Петров Д. В., Вторников А. А. Разработка информационной системы визуализации и суперкомпьютерного моделирования карьеров открытых горных работ с использованием современных веб-технологий 979

Рубцов Е. А. Унифицированный метод описания структурированных объектов 984

Саттаров А. Б., Ишниязов О. О., Шокиров Ш. Ш. Используя современные технологии разработка адаптируемой медицинской информационной системы 989

Саттаров А. Б., Турапов Ш. Н. Модели и алгоритмы для корпоративной медицинской информационной системы на основе MVC технологий 994

Эсаулов С. А., Юрченко С. П., Головченко Е. В. Направления развития информационно-телекоммуникационных сетей специального назначения 999

Янина-Ходакова В. М. Разработка приложения для индивидуального контроля рациона питания 1003

СЕКЦИЯ 5. Прикладное моделирование и E-business

Сайдалиева М., Юсупова З. Дж. Динамика поведений математической модели сердечной деятельности 1010

Агасандян Г. А. К проблеме использования континуального критерия VaR 1016

Равшанов Н., Алиев Д. М. Моделирование процесса теплопереноса в пористых средах с учетом теплообмена с окружающей средой 1021

Алфёров М. В., Молчанов С. М., Сосунов М. В. Лысункин П. С. Программное обеспечение для реализации имитационной модели средств принудительного аварийного покидания летательных аппаратов 1026

Анисимов Д. Н., Грязнов С. М., Фёдорова Е. В. Формирование реляционных матриц при построении алгоритма нечеткого логического вывода 1031

Анисимов Д. Н., Медникова О. С. Определение наиболее информативного участка переходного процесса при идентификации динамического объекта интегрально-модуляционными методами 1036

Анфёров М. А. Эволюционное моделирование в принятии оптимальных технологических решений в условиях неопределенности 1041

Анфёров М. А., Горшков В. С. Моделирование и автоматизация процессов налогового администрирования 1046

Афанасьев А. Д., Белоусов С. С., Головченко Е. В. Описательная модель системы управления авиационного формирования 1051

Баранов Р. А., Федюнин П. А., Лёвин С. Н. Алгоритм оценки разведзащищенности узлов связи 1058

Батенков К. А. Подход к анализу надежности телекоммуникационной сети на основе переборных методов 1062

Бобрешов А. М., Коровченко И. С., Ряполов М. П., Усков Г. К., Жабин А. С., Степкин В. А. Разработка модели бизнес процессов виртуального предприятия для магистерской программы по электротехническому инжинирингу в России 1066

Василевский А. А., Стафеев М. А. Методика оценки состояния системы радиотехнического обеспечения авиационного формирования в автоматизированных системах управления связью и радиотехническим обеспечением 1071

Васильев В. В., Исаева О. В. Использование уравнения Шрёдингера в пространстве Дука для анализа рынка ценных бумаг . 1077

Гайдаш К. А., Ерешко Ф. И., Меденников В. И. Интеграционные и дезинтеграционные процессы в цифровой экономике 1084

Горелов М. А., Ерешко Ф. И. Иерархические модели управления в цифровой экономике 1090

Донских И. Н., Кискин Е. А., Кротов М. Ю., Стрельцов А. А., Алексеев В. В. Анализ программных средств моделирования сложных систем 1098

Донских И. Н., Кискин Е. А., Кротов М. Ю., Цветков С. О., Меркушова К. А., Алексеев В. В. Анализ компьютерных технологий, применяемых для построения моделей сложных систем 1103

Дурденко В. А., Рогожин А. А., Куропятник Д. Л., Ледовская М. А. Результаты вычислительного эксперимента по расчету показателей устойчивости и эффективности систем бесперебойного электроснабжения объектов органов внутренних дел 1107

Евдокимова С. А., Драгина Д. Н. Анализ результатов имитационного моделирования процесса учета обращений граждан 1113

Евдокимова С. А., Копылова В. С. Применение методов интеллектуального анализа данных для оценки внешнеэкономической деятельности организации 1118

Жидко Е. А., Разиньков С. Н. Стратегии управления безопасностью информации в информационно-телекоммуникационных системах 1122

Зацаринный А. А., Козлов С. В. Алгоритм многопроцессного моделирования целевых и противодействующих процессов жизненного цикла высокотехнологичных систем управления 1128

Зверев Г. И., Меньших В. В. Об одном подходе к оценке живучести эргатических систем 1138

Зверева Д. Д. Модель и алгоритм оценки пропускных способностей направлений передачи информации в инфокоммуникационной сети. 1141

Иванов А. В., Макеева В. В., Матвеев М. Г. Модель двухцелевого выбора производственного оборудования для корпоративных параметрических закупок 1146

Каладзе В. А., Работкин В. А. Моделирование прохождения гамма-квантов через вещество в условиях вычислительного эксперимента . 1151

Карпель А. М., Рябов А. В. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением времени излучения передатчиков 1156

Каширина И. Л., Демченко М. В. Исследование заболеваний, сопутствующих атеросклерозу магистральных артерий, с использованием метода ассоциативных правил..... 1161

Киселев В. Г. Моделирование и информационное обеспечение в системе страхования производства агрокультур 1166

Кленков Р. Р., Вязьмин В. В., Сосунов М. В. Возможность применения аппаратно-программных диагностических медицинских средств для дифференциальной диагностики психоэмоциональных и соматических изменений в состоянии организма..... 1171

Коротков В. И., Матвеев М. Г. Модель построения расписаний выполнения проектов в условиях ресурсных ограничений 1176

Лакомов Д. В., Алексеев В. В. К вопросу использования БПЛА для поиска и мониторинга состояния экологически опасных объектов ... 1185

Лакомов Д. В., Аль Маамари Г., Алексеев В. В. Применение анализа радужной оболочки глаза мультимодальном подходе идентификации личности..... 1189

Лёвин С. Н., Баранов Р. А., До Х. Н. Методика оценки радиотехнического обеспечения авиационных формирований 1193

Матвеев М. Г., Сирота Е. А., Берестевич Г. В. Алгоритм получения МНК-оценок параметров стохастических динамических процессов с минимизацией ошибки оценки 1197

Меденников В. И. Анализ программного обеспечения разработки сайтов ВУЗов 1202

Минаков В. Ф., Белоконь Е. С., Шепелёва О. Ю. Информационное обеспечение транспортно-экспедиционного сопровождения 1210

Молчанов С. М., Алфёров М. В., Сосунов М. В. Лысункин П. С. Вопросы построения информационно-моделирующей системы обеспечения проведения испытаний авиационной техники и подготовки личного состава 1215

Москалев П. В., Шапошник А. В. О построении окрестности Махаланобиса на плоскости главных компонент в задачах анализа газовых смесей МОХ сенсорами 1221

Никитин Р. П., Кискин Е. А., Кротов М. Ю., Цветков С. О., Алексеев В. В. Анализ методов машинного обучения для построения имитационных моделей систем 1226

Никитин Р. П., Кротов М. Ю., Алексеев В. В., Цветков С. О., Емельянов Е. В. Соотношение понятий информационная безопасность и защита информации при построении имитационных моделей систем 1230

Сапегина С. Л. Моделирование поведения пользователей системы мониторинга и поддержки людей, нуждающихся в медицинском контроле 1236

Спиридонова Н. Е., Меньших В. В. Подходы к описанию динамики компьютерных преступлений 1242

Сайдалиева М., Тургунов А. М. Математическое моделирование регуляторных механизмов гепатоцита при квазистационарном функционировании генетических систем вирусов гепатита В 1247

Умывакин В. М., Швец А. В., Усенко Е. В. Анализ и синтез систем с иерархической структурой 1251

Фирюлина М. А., Каширина И. Л. Влияние климатических условий на смертность от инфаркта миокарда по Воронежской области за 2015-2017 года 1256

Хидирова М. Б., Шакаров А. Р. Математическое моделирование функционирования эпидермиса кожи в ходе канцерогенеза 1262

Ходаков С. В., Молчанов С. М., Сосунов М. В. Применение ПЭВМ и программных средств для учёта результатов научно-исследовательской и испытательной деятельности отдела испытаний и исследований средств принудительного аварийного покидания летательных аппаратов войсковой части 15650 1267

Хохулин Э. Ю. Применение имитационных моделей среды Simulink при исследовании литий-ионных аккумуляторных батарей системы электроснабжения беспилотных летательных аппаратов 1271

Шипко Ю. В., Шувакин Е. В., Шуваев М. А. Моделирование внутренней структуры переднеазиатской депрессии летнего периода 1275

Юрченко С. П., Блинов А. В., Блинов П. В. Модель линии радиосвязи с псевдослучайной перестройкой частоты в условиях преднамеренных помех 1281

СЕКЦИЯ 6. Методы и технологии разработки программных систем

Desyatirikova E. N. Khodar Almothana, Alkaadi Osama. Scheduling approach for virtual machine resources in a cloud computing 1285

Болотова С. Ю. Компьютерная реализация LP-структур 1292

Борисенков Д. В. Особенности реализации мандатного и дискреционного доступа в различных СУБД 1298

Глазырин И. Б. Особенности работы с LSM-деревьями 1305

Гудкова Т. С. Префиксное сжатие индексов 1310

Денищенко А. А., Борисов Д. Н. Разработка веб-приложения для потоковой передачи данных в режиме реального времени без авторизации пользователей 1315

Иванов И. Ю. Кластерно-релевантный поиск прообразов в LP-структуре на дистрибутивной решётке 1323

Каплиева Н. А., Синецкий Д. А. Распределенные объектные технологии в задачах автоматизации процессов тестирования приложения 1329

Киселева А. А. Обзор методов решения задачи коммивояжера 1338

Колесов Ал. С., Колесов Ан. С., Соломатин Д. И. Разработка системы автоматизации бизнес-процессов для системы управления документами eFileCabinet 1342

Лещинская М. В., Махортов С. Д. Об алгоритмах распределенного LP-вывода 1351

Махортов С. Д. Об одном подходе к построению и обоснованию алгоритмов взаимных преобразований строковых схем 1360

Минаков В. Ф., Шепелёва О. Ю., Воронков А. М. Синхронизация жизненного цикла программного обеспечения и проектного управления 1367

Ногих А. А., Махортов С. Д. Рефакторинг в объектно-ориентированном программировании на основе использования LP-структур 1372

Обручников А. В., Соломатин Д. И. Обзор эксклюзивных и инклюзивных алгоритмов консенсуса 1381

Полещук Х. А., Соломатин Д. И. Сбор данных с помощью YouTube API 1386

Рубцов Е. А. Об одном подходе к описанию вариантов использования программных средств 1391

Струков Р. И. Исследование алгоритмов компрессии в составе программно-аппаратной системы передачи и обработки видеопотока 1396

Ташпулатова Н. Б., Лим В. Г. Построение системы мониторинга технического состояния объектов трубопроводного транспорта 1401

Хлебостроев В. Г. Реализация предметной и системной функциональности при разработке программных средств 1407

Ходиев Ш. И., Болтаев Т. Б., Кобилов С. С. Лингвистические системы на основе семантики естественного языка 1413

Чернышов М. К. Об использовании виртуальной сетевой лаборатории EVE-NG в качестве средства моделирования компьютерных вычислительных сетей 1418

Шарипов Д. К., Хафизов О. Я., Расулев А. А. Применение 3D Max при визуализации процесса распространения и переноса вредных веществ в атмосфере 1423

СЕКЦИЯ 7. Интеллектуальные информационные системы

Амаева Л. А., Макаркин В. М. Построение модели чат-бота с использованием нейронной сети 1429

Балакирев Н. Е. Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн 1435

Гаршин Т. С., Иванков А. Ю. Обзор технологий Game-аналитики для исследования поведения игроков в on-line играх 1441

Гаршина В. В., Панин В. Е., Коротких И. В. Разработка контекстно свободных грамматик с использованием Томита-парсера для задач извлечение фактов из неструктурированных текстов 1447

Гончарова В. В., Гаршина В. В. Системы распознавания речи, их задачи и классификация 1453

Зайцев С. А., Боронников А. И., Алексеев А. В., Туровский Я. А. Разработка информационной системы оценки распределения внимания пользователя и эргатических систем управления на ее основе 1459

Карпова М. А., Алексеев В. Ю., Туровский Я. А. Система визуализации распределения потенциалов электродов в моделях, имитирующих тонкие срезы нервной ткани 1464

Каширина И. Л., Федутинов К. А. Нейросетевой подход к комплексированию экологической информации на основе кластерной структуризации данных 1469

Ковун В. А., Каширина И. Л. Идентификация ключевых произведений в жанре фантастической литературы с использованием теории графов 1474

Колесников А. С., Сапегин С. В. Использование технологии машинного обучения CatBoost для планирования сервисного обслуживания грузовой спецтехнки 1479

Коротких И. В., Панин В. Е., Гаршина В. В. Моделирование онтологии предметной области: инструменты и технологии заполнения онтологической модели 1485

Львович Я. Е., Преображенский А. П. Моделирование сложных компьютерных сетей на основе многоальтернативной оптимизации 1492

Муртазина М. Ш. Применение нечеткой логики для приоритизации требований к программному продукту 1497

Прокопенко Н. Ю., Прокопенко М. С. Информационная система поддержки принятия решений в области экологического мониторинга на основе интеллектуальных средств обработки информации 1503

Сенцова Д. Н., Сычев А. В. Анализ подходов к разработке инструментов для сбора и исследования данных в социальной сети Instagram 1508

Тихонова Д. А., Петраш Я. П. Создание инструмента идентификации мошеннических текстов в социальной сети «ВКонтакте 1513

Фадеев М. М., Евсеева М. В., Балакирев Н. Е., Нгуен Х. З. Создание технологического комплекса исследований волн для извлечения их информационного содержания 1519

Фоломеев Е. А., Федюнин Р. Н. Применение нейронных сетей в банковской деятельности 1524

Шмальц Р. В., Гаршина В. В. Технологии сбора, мониторинга и анализа данных в пчеловодстве 1530

СЕКЦИЯ 8. Суперкомпьютерные вычисления и BigData

Боева А. В. Исследование алгоритмов обработки распределенных данных 1536

Брусенцев И. М., Матвеева М. В. Реализация программы по созданию отчетов просмотра IP-телевидения 1540

Данилова А. В., Борзунов С. В. Параллельный алгоритм расчета объема молекул в модели твердых сфер 1545

Касьянов В. Н., Касьянова Е. В. Методы и система облачного параллельного программирования 1552

Кургалин С. Д., Борзунов С. В. Научные исследования с использованием ресурсов Суперкомпьютерного центра Воронежского государственного университета 1557

Пауков Н. В. Интерфейс для взаимодействия с ресурсами Суперкомпьютерного центра ВГУ 1562

Теплякова М. А., Ушаков В. А. Проверка теоретико-числовых гипотез на системах с распределённой памятью 1571

Ушаков В. А., Теплякова М. А. Сравнение производительности процессоров и сопроцессоров в задачах сортировки 1575

СЕКЦИЯ 9. Компьютерная лингвистика

Бандурина О. В. Исследование алгоритмов сравнения текстов на русском языке 1583

Артемова О. Г. Формализация и визуализация маркемных отношений в английской художественной прозе первой половины XX века 1590

Вычегжанин С. В., Котельников Е. В. Экспериментальное исследование методов отбора признаков для решения задачи определения точки зрения автора текста 1597

Касаткина А. О. Исследование и реализация методов автоматического реферирования текста 1603

Кретов А. А. Содержательная интерпретация распределения слов по длине 1609

Кузьмина А. И. Исследование и разработка адаптивных алгоритмов выделения именованных сущностей из текстов на русском языке 1615

Попов С. С., Полицын С. А., Полицына Е. В. Разработка комплекса инструментов для управления корпусами текстов 1621

Самохин А. А. Анализ алгоритмов и расширение функциональности инструментов устранения сокращений в текстах на русском языке 1627

Свиридова Н. Ю., Воронина И. Е. Анализ поведения ключевых слов автора. Падежная парадигма маркем 1633

Скалина Е. Ю., Воронина И. Е. Анализ результатов применения алгоритма определения фонемно-цветовой синестезии для юридических текстов 1638

СЕКЦИЯ 10. САПР и цифровые технологии

Пачевский Д. Е. Методология разработки CALS технологий 1645

Биценко П. Э., Собенина О. В., Пак А. А. Информационная поддержка технологии упрочнения в жизненном цикле изделия 1650

Бредихин А. В., Кузнецов М. В., Лысов Д. В., Школьникова Ю. М. Особенности перехода на цифровое определение объекта производства в самолетостроении 1656

Бредихин А. В., Токарева М. В. Моделирование цифровой мультиагентной производственной системы 1661

Ветохин В. В., Мануковский А. Ю. Пути расширения технологических возможностей аддитивной технологии последовательного наплавления 1664

Ветохин В. В., Татаринцева М. А., Мануковский А. Ю. Параметрическая оптимизация деталей с использованием Siemens NX 1667

Ворнин А. Д., Бредихин А. В., Корчагин М. В. Цифровое описание технологических объектов PLM системы 1673

Гусев П. Ю., Казьмин М. Е. Методы интеграции цифрового двойника на цеховой уровень 1679

Гусев П. Ю., Кольцов А. С., Картавых А. И. Генетические алгоритмы в оптимизации планировочных решений 1682

Демин П. А. Использование беспроводных сетей для контроля технологических процессов в едином пространстве цифрового производства 1685

Демин П. А., Куркин А. В. Проектирование аппаратно-программных систем контроля технологическими процессами 1689

Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Чмутин Е. В. Информационная поддержка и автоматизация принятия решений в эксплуатации военного автомобильного транспорта и в деятельности автотранспортного предприятия 1692

Дмитриев О. С., Живенкова А. А., Дмитриев А. О. Информационно-измерительная система исследования процесса отверждения полимерных композитов 1696

Зацаринный А. А., Шабанов А. П. Аналитический обзор свойств цифровых платформ G2B 1701

Казьмин М. Е., Скрипченко Ю. С. Имитационное моделирование производственных процессов 1707

Колтаков Е. В., Стафеев М. А. Оценка управляемости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационных

формирований в системе поддержки принятия решения органа управления связью и радиотехническим обеспечением 1711

Успехов А. А., Кузнецов М. В., Лысов Д. В. Проблемы написания управляющих программ для станков с ЧПУ в рамках цифрового производства 1717

Куркин А. В. Средства инструментального контроля для интегрированных информационных систем 1723

Малышев А. А. Расширение возможностей MediaWiki по поддержке словаря по графам и энциклопедии графовых алгоритмов..... 1726

Назмутдинов И. С., Милютин Р. А. Интеллектуальная система технического диагностирования радиоэлектронной техники..... 1731

Панкова А. С. Разработка системы формирования рабочих инструкций 1736

Пачевский Д. Е., Сокольников В. В. Анализ программных средств для разработки CALS 1740

Пинчук Д. Ю., Юров А. Н. Автоматизация процессов компоновки производственного оборудования 1745

Собенина О. В., Пак А. А. Автоматизация моделирования производственного подразделения с созданием трехмерной планировки 1749

Сокольников В. В. Применение дополненной реальности в концепции интернет вещей 1754

Токарева М. В. Мультиагентный подход к планированию ресурсов... 1757

Троценко А. С., Чижов М. И., Успехов А. А. Генерация макроэлементов на дискретных границах тел в методе внешних конечноэлементных аппроксимаций 1761

Филимонова А. А., Рыжков В. А. Организация совместного проектирования механических и электрических компонентов летательных аппаратов 1766

Филимонова А. А., Рыжков В. А., Кичигина М. Б. Организация проектирования бортовой кабельной сети летательного аппарата под управлением PDM системы 1769

Фомичева М. А. Цифровизация предоставления брокерских услуг банками в условиях становления цифровой экономики..... 1773

Мусайбеков Г., Хабибулин Р. Ш. Разработка базы прецедентов типового нефтеперерабатывающего завода для формирования информационной системы управления пожарной безопасностью.....1779

Цымбал Д. В., Рыжков В. А., Еремин И. А. Разработка библиотеки для цилиндрических соединителей.....1784

Чижов М. И., Кузнецов М. В., Лысов Д. В., Кичигина М. Б. Особенности поддержки жизненного цикла изделий при производстве летательных аппаратов 1788

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 1. Методика преподавания информатики

Абрамян Г. В. Методы, формы и инструменты HIGH-HUME обучения в условиях цифрового HIGH-TECH образования 1795

Зуев С. А. Опыт работы со студентами младших курсов при выполнении реальных проектов.....1800

Кузнецова Т. М., Щербинина И. В., Пономарева Ю. В. Особенности преподавания информатики в начальной школе 1811

Матвеева М. В. Методика преподавания теории баз данных и языка SQL.....1814

Павличенко М. А. Индивидуальность обучения как развитие алгоритмического мышления 1820

Старикова Н. П. Урок интересных задач (из опыта работы учителя информатики МБОУ «Лицей №15» Стариковой Н.П.).....1824

Ускова О. Ф., Каплиева Н. А. Расширение возможностей функций в языке программирования C++ по сравнению с языком программирования Паскаль 1827

Хлебостроев В. Г. Проблемы адаптации студентов на начальной стадии обучения основам программирования.....1830

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 2. ЕГЭ по информатике

Авдеева Е. А. Типизация решения номера 14 ЕГЭ по информатике...1836

Каширская И. И. ЕГЭ: задачи 6-2 и 15 как способ подготовки к решению задачи 22 и решение задачи 22 обратным способом.....1840

Старикова М. Е. Системы счисления в ЕГЭ по информатике 1846

Усков Д. Г., Каплиева Н. А. Системы счисления в заданиях ЕГЭ по информатике разных лет 1849

Щербинина И. В., Пономарева Ю. В., Кузнецова Т. М. Использование индивидуальных проектов в подготовке к ЕГЭ.....1853

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 3. Проектная технология обучения на основе ИКТ

Лавлинская Н. А. Педагогический дизайн образовательного пространства с помощью интернет-технологий (на примере интернет-проекта «WunderDeutsch или... Немецкий удивляет 1858

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 4. Компьютерное моделирование и образовательные технологии

Валуйская О. А. Компьютерное моделирование при изучении астрономии 1864

Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Сидорова С. Ю. Моделирование структуры информационного процесса деловой игры 1866

Минаков В. Ф., Минакова Т. Е., Шепелёва О. Ю. Исследовательские компетенции в модели экономического роста 1870

Черникова Н. Д., Барабаш Г. И. Реализация системно-деятельного подхода в преподавании информатики 1875

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 5. Технологии информационного поиска в сети Интернет

Сундукова Т. О., Ваныкина Г. В. Поисковые системы и технологии виртуальной реальности 1882

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 6. Разработка и использование электронных образовательных ресурсов

Егорова В. А. Система исследования и развития регулятивных универсальных учебных действий школьников на основе электронно-образовательного ресурса «Лабораторный учебно-исследовательский комплекс по биологии» 1888

Комарова Ю. Д., Матвеева М. В. Интерактивный образовательный сервис для обучения применению оператора SELECT языка SQL 1894

Кремер О. Б. Разработка сайта с учебно-методическим материалом по дисциплине на основе облачных технологий.....1900

Назаров Т. И., Чугункин И. Ю. Обучение и информатизация в высшей школе 1905

Уразова А. В. Дидактические возможности авторских веб-квестов по математике 1910

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 7. Применение информационных технологий в преподавании различных дисциплин

Kurgalin S. D., Borzunov S. V., Shershen I. V. Ways of Development of Supercomputer Education 1920

Анненко Е. М. Информатизация физических процессов 1922

Батан С. Н., Гейченко Л. М. Информационные технологии в спорте 1926

Воронков Б. Н. Разработка комплекса лабораторных работ по курсу «Криптографические методы защиты информации» 1930

Галеев И. Х. Учебная дисциплина «Интеллектуальные системы принятия решений (ИСПР) 1935

Гаркавенко Г. В., Сидорова О. А. Использование образовательной платформы Alt Linux на физико-математическом факультете ВГПУ 1939

Глебов В. А., Рудалев В. Г. Экспертная система поддержки принятия решений в управлении бизнес-процессами 1944

Гречишникова Н. А., Заболотских Е. В., Рябич Л. П., Кульбака В. А. Информационно-коммуникационные технологии в образовательном процессе 1949

Гусева Л. А., Пешкова Е. А. Организация познавательной деятельности учащихся на примере веб-квеста межпредметной тематики 1953

Данилова О. Ю., Телкова С. А. Использование информационных технологий в процессе обучения математическим основам криптографии 1958

Дежин В. В. Моделирование движения дефектов в кристаллах с использованием объектно-ориентированного программирования 1963

Джавадова С. Т. Информационная модель обучения спасению на воде на основе методологии IDEF0 1967

Дубенко Н. В. Опыт применения информационных технологий в преподавании химии и биологии 1972

Дураков С. Г., Дуракова Т. М., Сидорова С. Ю. Организация образовательной деятельности студентов в процессе изучения спецдисциплин с использованием интерактивных технологий 1976

Зуев С. А. Опыт преподавания дисциплин «Электротехника» и «Электроника и схемотехника» с помощью пакетов программ эмуляции 1980

Ивлев А. Н., Терновская О. В. Концепция SMART системы графического образования 1996

Каберов С. Р. Информационно-технологическое обеспечение высшего образования 2001

Калинина Т. О., Добрикова С. О., Калинин Н. В. Уроки математики с применением информационных технологий 2005

Кистерева Е. П. Применение информационных технологий в преподавании русского языка в начальной школе 2009

Клепко Ю. А. Система корпоративного обучения на основе IDEF0 функциональной модели оформления сделок купли-продажи недвижимости на вторичном рынке 2012

Копалиани Л. Н. Электронные образовательные ресурсы для оценки качества обучения в современной школе 2017

Корнев А. А. Применение информационных технологий в профессиональном образовании 2021

Кузьмина О. Е. Применение программы Microsoft Excel в введение документации педагога-психолога в школе 2025

Кургалин С. Д., Борзунов С. В., Чуракова Т. А. Новый тип учебного пособия для подготовки ИТ-специалистов 2030

Кухаренко С. П., Дзюбенко О. Л., Смирнов Д. Н., Клюев Д. А. Формирование электронной информационно-образовательной среды поддержки деятельности обучающихся в ВУЗе 2034

Милованова Л. М. Школьная математика: от концепции к решению . 2038

Можей Н. П. Применение информационных технологий в преподавании методов оптимизации 2041

Навражных В. И. Роль обучения с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в социализации и адаптации детей-инвалидов, обучающихся на дому . 2046

Палагутина М. А., Палагутин А. В., Серповская И. С. Нейросетевые технологии в обучении иностранному языку 2050

Преображенская Т. В., Титова В. В., Лунева М. С. Оценка качества программы в MS Visual Studio в дисциплине Программная инженерия.....2055

Протасова И. В., Измалкова П. Е. Электронные ресурсы в преподавании дисциплины «Информационное обеспечение профессиональной деятельности» для студентов по специальности СПО «Фармация».....2060

Роговая В. А. Работа с интеллект-картами на уроках географии и внеурочной деятельности.....2065

Стебунова А. Н. Информационные технологии как современный ориентир для образования 2068

Талипова О. Х., Фозилов Ф. Д. Какими знаниями и качествами должен обладать программист 21-го века.....2074

Фертикова Т. Е., Попов М. В. Компьютерное определение хронобиотипов студентов лечебного и педиатрического факультетов Воронежского медицинского университета.....2079

Франчук А. К. Применение информационных технологий при изучении авиационных радиоэлектронных систем 2084

Чепрасов Д. Н. Образовательные возможности технологии дополненной реальности.....2090

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 8. Проблемы дистанционного образования

Борисова А. А., Злобин А. Н. Онлайн-образование – наше будущее..2095

Пономарева Ю. В., Щербинина И. В., Кузнецова Т. М. Проблемы дистанционного образования. Платформа СДО ЕТРУ 2100

Толстобров А. П. Опыт использования в электронном курсе портала Moodle заданий открытого типа с их взаимопроверкой слушателями.....2103

Шабанова Т. И., Шуваева Л. В. Значение дополнительного образования в успешной социализации детей с ограниченными возможностями здоровья, обучающихся дистанционно 2109

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 9. Программное обеспечение образовательного учреждения

Новикова С. В. Веб-ориентированная интегрированная экспертная система как средство повышения эффективности системы управления военным ВУЗом 2115

Толстобров А. П., Васильев А. В. Конструктор рабочих программ учебных дисциплин и описаний ООП 2120

СЕКЦИЯ 11. Подсекция 10. Переход на профессиональные стандарты: требования к IT-компетенциям

Ипатова Ю. Л. Развитие профессиональных компетенций в магистерской программе «Информационные системы в социально-политической сфере» 2126

Преображенская Т. В. Стандарты в дисциплине Программная инженерия для студентов направления Прикладная информатика 2130

В память о коллеге 2135

Научное издание

Информатика: проблемы, методология, технологии

Материалы
XIX Международной научно-методической конференции

Воронеж,
14-15 февраля 2019 г.

Минимальные системные требования:
PC не ниже класса Pentium I, 32 Mb RAM,
свободное место на HDD 16 Mb,
Windows 95/ 98, Adobe Acrobat Reader,
дисковод CD-ROM 2-х, мышь.

Подписано к использованию 09.01.19.
Объем данных 67 Мб. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
Тираж 200 экз. Заказ 122.

ООО «Вэлборн»
Издательство «Научно-исследовательские публикации»
394068, г. Воронеж, Московский пр-т, 98
Тел. +7 (930) 4035-418
http://wellborn@scirep.ru E-mail: wellborn@scirep.ru
Изготовлено фирмой «Большой формат» (ООО «Твой выбор»).
394018, г. Воронеж, ул. Кости Стрелюка, д. 11/13, офис 6
Тел. +7 (473) 238-26-38

http://big-format.ru, e-mail: 382638@mail.ru