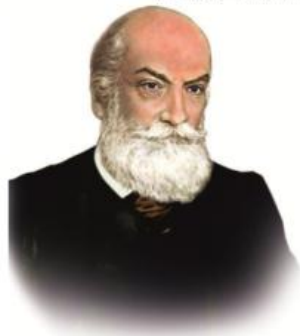


**ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО И Ю.А. ГАГАРИНА**

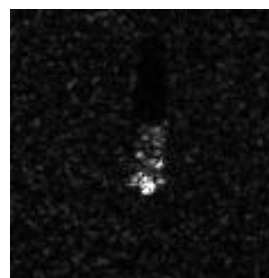
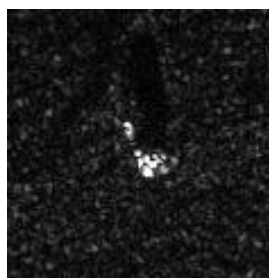
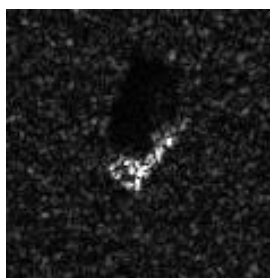
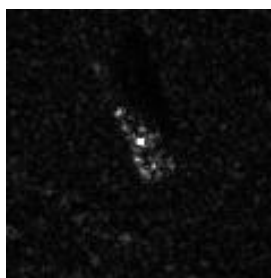


**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ШАБЛОНОВ МАКСИМАЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ  
ФИЛЬТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ  
КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
С РАЗЛИЧНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ**

**Аспирант 53 кафедры  
Мазин Антон Сергеевич**

**г. Воронеж  
2022 г.**

**ОПТИЧЕСКИЕ И РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НАБОРА  
MOVING AND STATIONARY TARGET ACQUISITION AND RECOGNITION (MSTAR)**



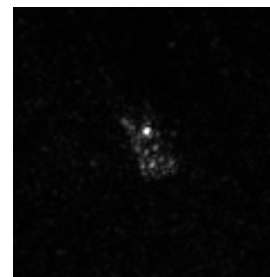
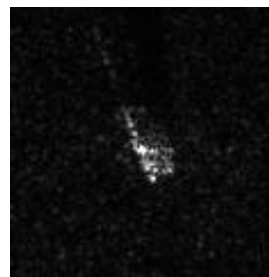
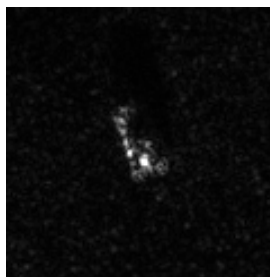
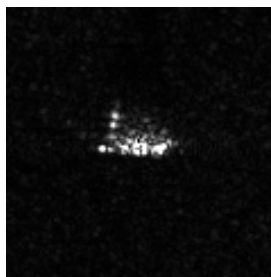
2C1

БМП-2

БРДМ-2

БТР-60

БТР-70



D7

T-62

T-72

Зил-131

ЗСУ-23-4

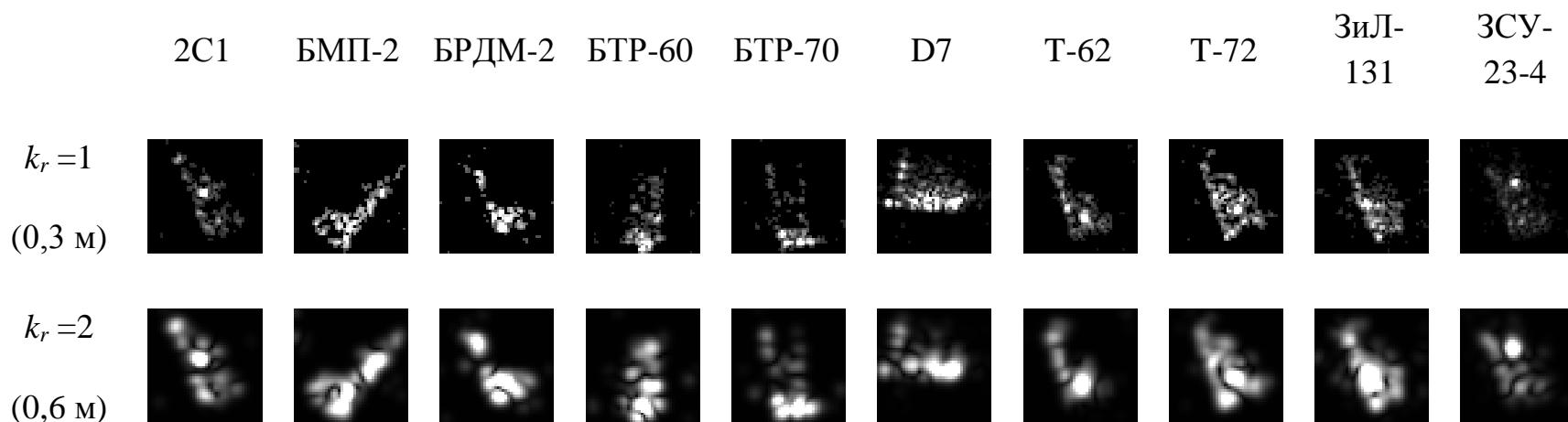
## ПОДГОТОВКА НАБОРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С УХУДШЕННЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Весь имеющийся набор изображений разбит на обучающий, проверочный и тестовый наборы (1923, 891 и 2503 изображений).

Каждое исходное изображение представляет собой массив комплексных отсчетов, размерность которого для объектов разных классов является различной (минимальная составляет 128×128 отсчетов).

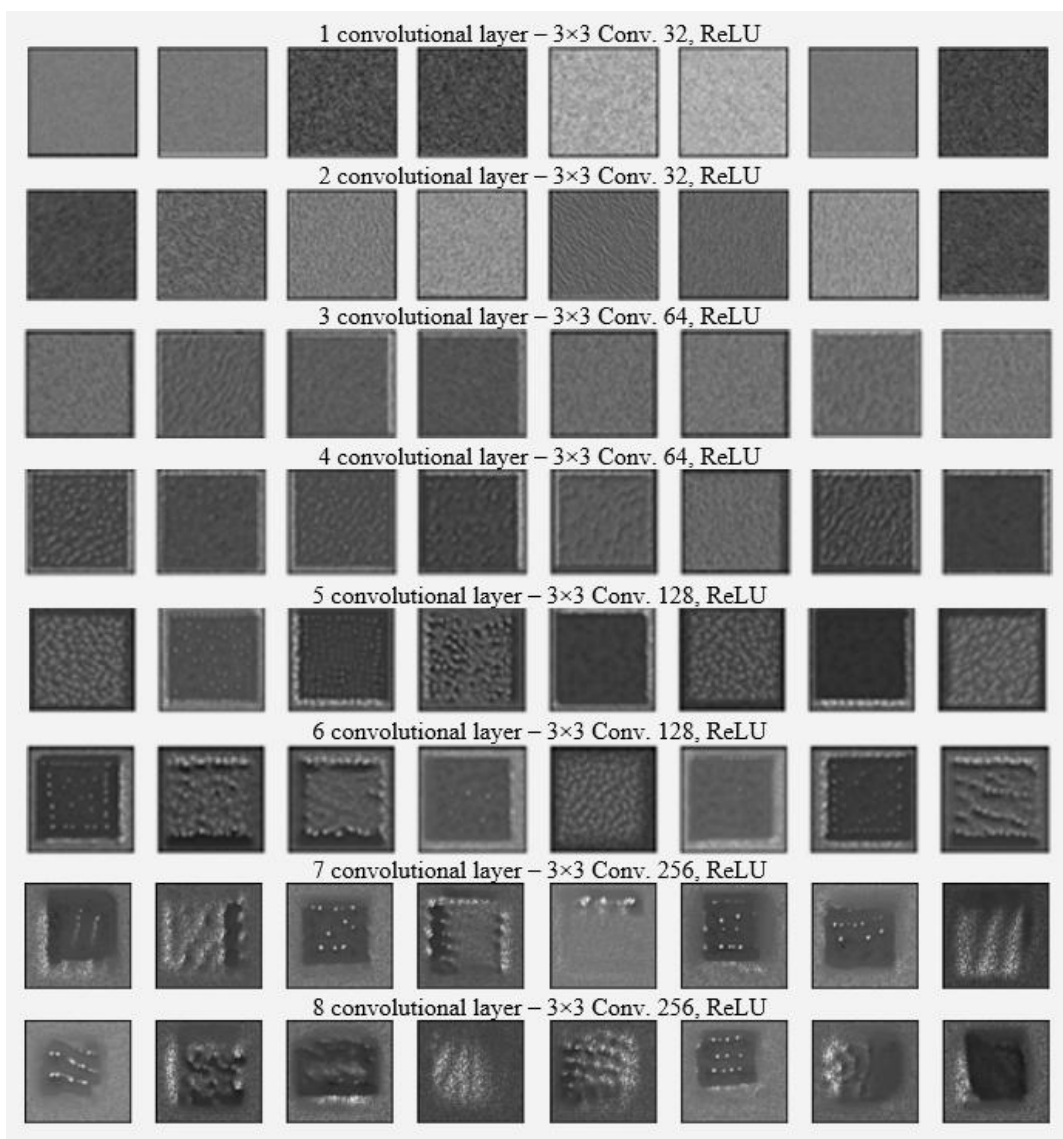
На начальном этапе подготовки данных осуществляется подавление фона местности на каждом изображении для исключения его влияния на результат работы сети. Так как при отсутствии фона исходная размерность изображений набора MSTAR от 128×128 отсчетов и более является избыточной, на следующем этапе осуществляется ее понижение до 44×44 отсчетов.

Подготовка наборов РЛИ с ухудшенным пространственным разрешением осуществлялась путем пространственной фильтрации изображений после пороговой обработки и снижения их размерности.



Примеры изображений наборов с исходным и ухудшенным  
 в два раза пространственным разрешением

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ШАБЛОНОВ МАКСИМАЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ ФИЛЬТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ  
В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ  
**ВХОДНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ МАКСИМАЛЬНУЮ АКТИВАЦИЮ  
ФИЛЬТРОВ СВЕРТОЧНЫХ СЛОЕВ СЕТИ ПРИ ИСХОДНОМ РАЗРЕШЕНИИ (0,3 м)**

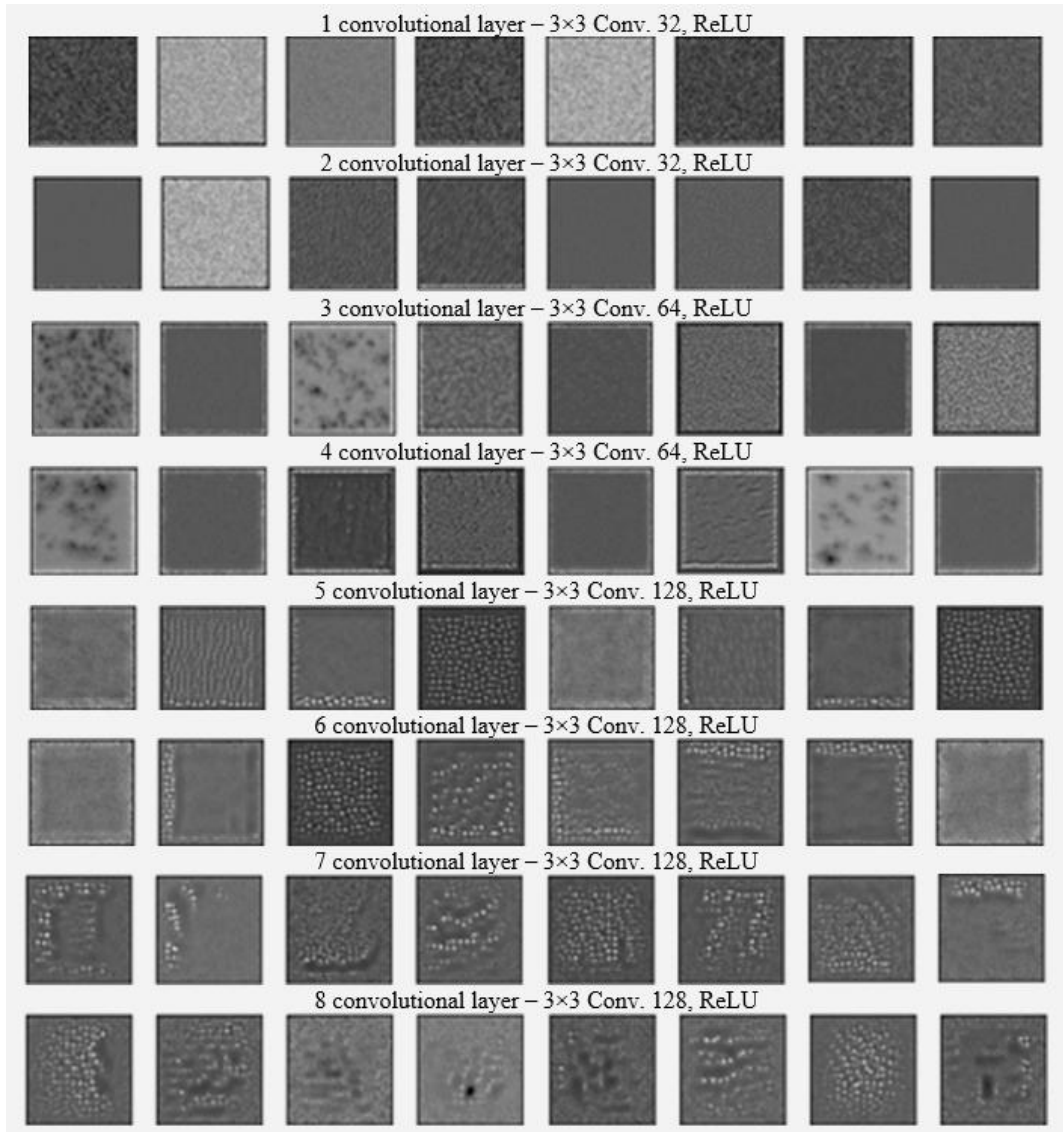


кодирование  
простых  
направленных  
контуров

кодирование  
сочетания  
направленных  
контуров и  
зернистой  
текстуры

кодирование  
сложных  
текстурных  
признаков

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ШАБЛОНОВ МАКСИМАЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ ФИЛЬТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ  
В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С РАЗЛИЧНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ  
**ВХОДНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ МАКСИМАЛЬНУЮ АКТИВАЦИЮ ФИЛЬТРОВ  
СВЕРТОЧНЫХ СЛОЕВ СЕТИ, ОБУЧЕННОЙ НА НАБОРЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С РАЗРЕШЕНИЕМ (0,6 м)**



кодирование  
простых  
направленных  
контуров

кодирование  
сочетания  
направленных  
контуров и  
зернистой  
текстуры

кодирование  
сложных  
текстурных  
признаков

## ВЫВОД

Таким образом, применение **глубоких сверточных нейронных сетей в задаче классификации РЛИ** объектов военной техники продемонстрировало высокую точность (порядка 98%). Такое значение является практически недостижимым при использовании традиционных (не нейросетевых) алгоритмов.

Также, как и в случае глубоких сверточных нейронных сетей, обученных на наборах оптических изображений, **более высокие слои выделяют более сложные текстурные признаки.**

Из **сравнения шаблонов видно**, что хотя при ухудшении разрешения тенденция к усложнению текстурных признаков в более высоких слоях сохранилась, **вид самих текстур существенно изменился.**

**Уменьшение разнообразия текстурных признаков при снижении разрешения свидетельствует о меньшей выраженности классификационных признаков, и ограничении степени детализации входных изображений, которые можно представить в виде суперпозиции шаблонов фильтров.**

**ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО И Ю.А. ГАГАРИНА**



**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ШАБЛОНОВ МАКСИМАЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ  
ФИЛЬТРОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ  
КЛАССИФИКАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
С РАЗЛИЧНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ**

**Аспирант 53 кафедры  
Мазин Антон Сергеевич**

**г. Воронеж  
2022 г.**