

Способ определения дальности до источника оптического излучения

В.В. Капитанов, email: kvv256@ Rambler.ru
А.Ю. Козирацкий, Д.А. Вихляев

ВУНЦ ВВС РФ “Военно-воздушная академия им. Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)”

***Аннотация.** В работе предложен способ определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности излучения в двух пространственно разнесенных плоскостях.*

***Ключевые слова:** фотоприемник, интенсивность излучения, источник оптического излучения*

Введение

В работе [1] предложен перспективный способ однопозиционного определения угловых координат на источник оптического излучения с использованием известной оптической схемы Кеплера, в котором матричный фотоприемник выводится за пределы плоскости фокусировки объектива. Расчет направления на источник излучения осуществлялся по анализу распределения интенсивности оптического излучения в плоскости приема. Данный способ не позволяет определить дальность до источника излучения.

Исходя из этого, целью статьи является разработка способа определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности в пространственно разнесенных плоскостях.

1. Способ определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности в пространственно разнесенных плоскостях

В работе [2] представлено приемное оптико-электронное устройство, состоящее из широкопольной фокусирующей оптической системы с вынесенным за пределы фокусировки матричным фотоприемником регистрирующем распределение интенсивности излучения в плоскости наблюдения. Прохождение оптического излучения через линзовую фокусирующую систему изображено на

рисунке 1, где за счет поворотного механизма осуществляется разворот плоскости приема фотоприемника.

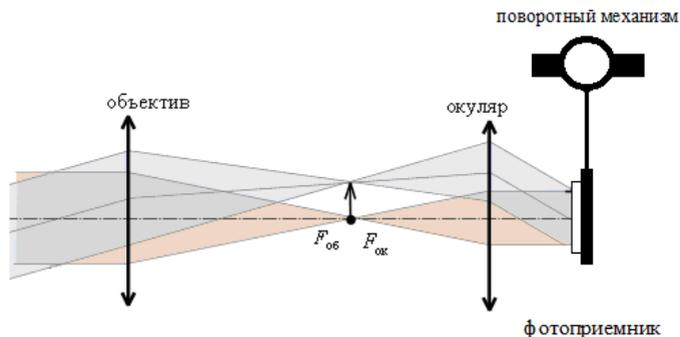


Рис. 1. Оптическая схема прохождения лучей через линзовую фокусирующую систему

Фотоприемник регистрирует изображение распределения интенсивности оптического излучения в двух плоскостях приема. В первом положении изображение интенсивности излучения представляет собой размытые линии эллиптической формы. Для получения второго положения с помощью поворотного механизма осуществляют разворот плоскости фотоприема до тех пор, пока линия равных интенсивностей не примет форму окружности, что соответствует перпендикулярности главной оптической линии оптического излучения и плоскости приема.

Полученные изображения разобьем на пиксели (точки), которые характеризуются яркостью, зависящей от интенсивности регистрируемого излучения. Путем сравнения яркости пикселей на изображении выделяют шесть точек с равными значениями, по которым восстанавливают согласно предложенному в работе [2] алгоритму контур эллиптической формы линии равных интенсивностей, и определяют большую и малую ось эллипса. Геометрия задачи представлена на рисунке 2. Радиус r выделенного контура окружности будет совпадать с малой полуосью эллипса. По размерам большой R и малой полуоси r выделенных контуров эллипса линии равных интенсивностей, а также углу поворота β определяют дальность до источника оптического излучения.

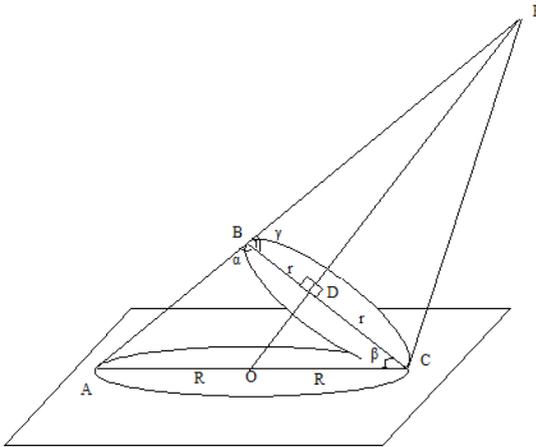


Рис. 2. Геометрия задачи

С использованием простейших преобразований дальность до источника оптического излучения будет определяться по формуле:

$$L = OD + DF = R \sin \beta - r \operatorname{tg} \left[\arccos \left(\frac{z^2 + 4r^2 - 4R^2}{4zr} \right) \right],$$

где $z^2 = 4R^2 + 4r^2 - 8Rr \cos \beta$; R – большая полуось эллипса линии равных интенсивностей; r – радиус окружности (совпадает с малой полуосью эллипса) линии равных интенсивностей; β – угол поворота плоскости фотоприема.

Для осуществления оценки точности определения дальности до источника лазерного излучения использовался метод статистических испытаний имитационного моделирования Монте-Карло [3]. С учетом известных исходных данных о направлении лазерного излучения формировался подыгрыш путем генерации распределения линий равных интенсивностей и выбора элементов оптического матричного фотоприемника с равными выходными параметрами. При этом с применением выражений математической статистики [4], получены статистические характеристики ошибки определения дальности до источника излучения от точности измерения координат точек линии равных интенсивностей, представленные на рисунке 4.

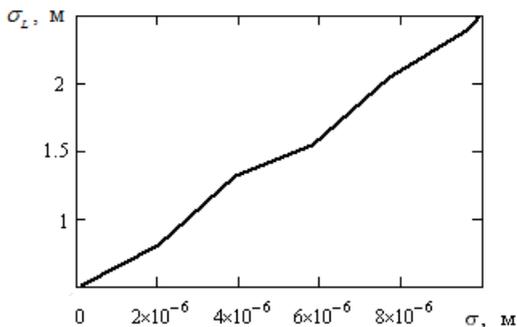


Рис. 3. Статистические характеристики ошибок определения дальности до источника излучения

Анализ представленной характеристики показывает практически линейную зависимость ошибки определения дальности от среднеквадратического отклонения измеренной величины координаты линии равных интенсивностей. Зависимость показывает, что ошибки определения дальности уменьшаются при более точном выборе точек линии равных интенсивностей.

Заключение

В данной работе разработан способ определения дальности до источника оптического излучения по анализу распределения интенсивности излучения в двух пространственно разнесенных плоскостях. Получены с использованием имитационного моделирования зависимости среднеквадратического отклонения дальности до источника оптического излучения. Анализ расчетов показывает, что при использовании разработанного способа, ошибки в определении дальности до источника оптического излучения существенно зависят от точности выбора точек линии равных интенсивностей.

Список литературы

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: Научно-исследовательские публикации, 2016. – Т. III. – С. 147 – 152.

2. Козирацкий, Ю.Л. Обнаружение и координатометрия оптико-электронных средств, оценка параметров их сигналов. Монография / Ю.Л. Козирацкий, Е.М. Афанасьева, А.И. Гревцев, А.А. Донцов и др. Под редакцией Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2015. 456 с.

3. Имитационная модель угломерного способа координатометрии на основе трехточечных измерителей фазы / Ю.Л. Козирацкий, М.Л. Паринов, С.В. Петренков, Е.А. Мамаджанян // Радиотехника, 2016. – № 32. – С. 30-35.

4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.