



УДК 535.3, 535.8, 623.7
ГРНТИ 78.19.13

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВИЗУАЛЬНОМУ ОПОЗНАВАНИЮ НАЗЕМНЫХ И МОРСКИХ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ АВИАЦИИ

Г.С. НАХМАНСОН, доктор технических наук, профессор

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В.И. КОВАЛЕВ, кандидат географических наук

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

А.Н. ФИСЕНКО, доцент

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

В.В. АРИСТОВ

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

С целью оценки эффективности разведывательно-информационных систем разведывательно-ударных комплексов необходимо производить расчет возможности обнаружения и опознавания ими целей. Исходя из этого, в работе предложен методический подход к распознаванию наземных и морских объектов разведывательно-информационными системами, стоящими на вооружении авиации ВС РФ. Разработаны оптическая модель и ее математическое описание, основанные на пространственно-плоскостных характеристиках объектов и их расположении относительно системы разведки. Приведено описание возможности математического разложения реальных объектов на составляющие их плоскости, которые лягут в основу создания уникальной базы данных целей для воздействия на них авиации ВС РФ.

Ключевые слова: разведывательно-информационная система, система обнаружения, оптическая модель, кусочно-плоскостная модель.

METHODOLOGICAL APPROACH TO VISUAL IDENTIFICATION OF LAND AND SEA TARGETS BY AVIATION INTELLIGENCE AND INFORMATION SYSTEMS

G.S. NAHMANSON, Doctor of Technical sciences, Professor

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

V.I. KOVALEV, Candidate of Geographical sciences

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

A.N. FISENKO, Associate Professor

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

V.V. ARISTOV

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

Calculation of the detection and identification possibility by intelligence and information systems of reconnaissance and strike complexes of targets should be made in order to assess the effectiveness. A methodological approach to the recognition of land and sea objects by intelligence and information systems that are in service with the Russian armed forces aviation is proposed in this paper. An optical model and its mathematical description based on the spatial-planar characteristics of objects and their location relative to the reconnaissance system have been developed. A description of the possibility of mathematical decomposition of real objects into their constituent planes is given, which will form the basis for creating a unique database of targets for the impact of the Russian armed forces aviation on them.

Keywords: intelligence and information system, detection system, optical model, piecewise planar model.



Введение. Возможности подразделений армейской авиации – как степень реализации максимального боевого потенциала всей боевой разведывательно-ударной системы, в современных условиях, сильно зависят (занижаются) от разведывательно-информационных возможностей оптических систем, стоящих на вооружении.

Изображение (сигнал) от объекта (цели) поступает на вход системы обнаружения объектов (оптической аппаратуры), состоящей из системы линз, преобразующих изображения для улучшения и выделения его характерных признаков. Далее, преобразованный сигнал подается на систему фотодетекторов, где происходит его обработка. Обработанный сигнал от объекта может служить источником для получения информации об обнаружении и опознавании объекта системой управления, принимающей решения [1, 2].

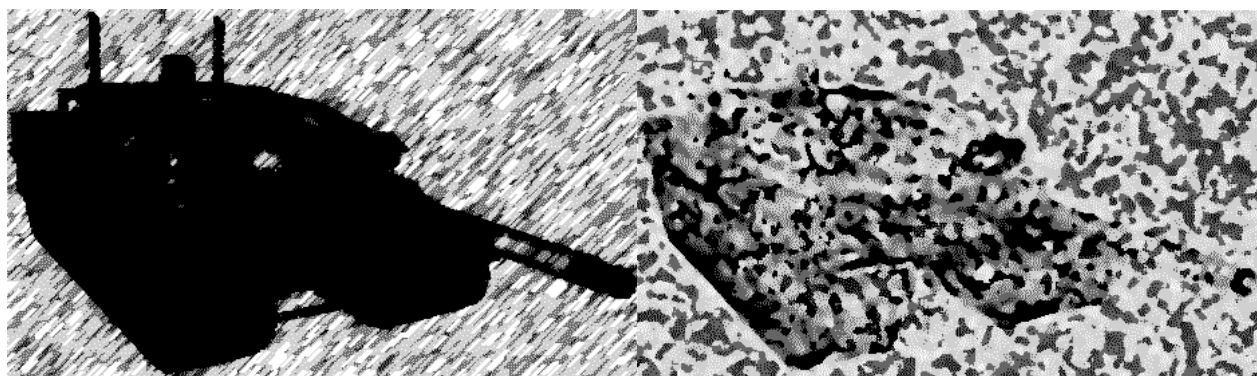
Анализ имеющихся исследований показал, что данное направление изысканий очень актуально и перспективно. В данном направлении особенно интересны работы Переседы В.П., Шинакова Ю.С., Меркова А.Б. [3–5] и других, в них особый упор сделан на возможности автоматизированных систем по выявлению общих характеристик между множеством сличений образов, на определении подобия полученного образа с образом искомого объекта, на основе которого делаются заключения о распознавании целей. Их работы имеют ряд недостатков заключающихся в том, что не происходит учет влияния пространства между объектом наблюдения и наблюдателем (расстояние и условий атмосферы). В работах не учитываются изменения первоначального образа объекта связанные с тем, что любой объект будет проецироваться под углами относительно искомого образа.

Исходя из этого, на сегодняшний момент нет достоверной модели, способной адекватно преобразовывать полученный образ в выделенный объект, который станет источником информации для принятия решения органом управления по оценке эффективности нанесения огневого поражения [6, 7].

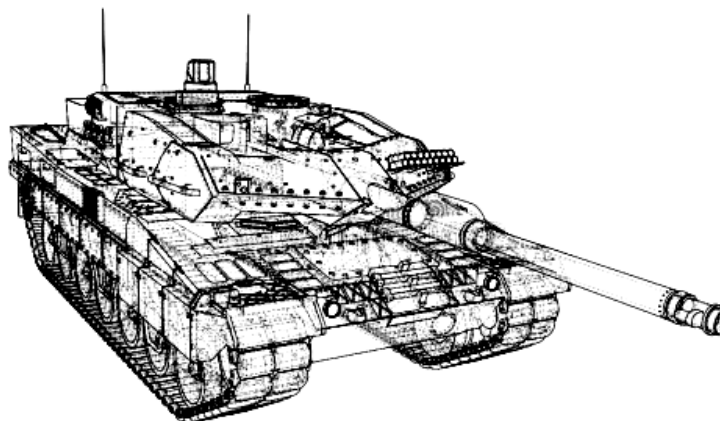
Исходя из этого, первоначально, необходимо разработать модель визуального распознавания образов от объектов, позволяющих производить выделение полезного сигнала из шума, связанного с влиянием условий атмосферы.

Методический подход решения задачи обнаружения и опознавания наземных объектов, в зависимости от условий в атмосфере, разработан на основе модели обработки светового сигнала от объекта при его обнаружении и распознавании в оптических системах разведывательно-ударных комплексов.

Актуальность. Любой объект на местности с борта воздушного судна, который входит в разведывательно-ударный комплекс, будет виден в плоскостном виде, как представлено на рисунке 1. Из-за того, что полученное на вход системы обнаружения плоскостное изображение будет сильно отличаться от имеющихся в памяти существующих образов объектов (целей), которое зависит от постоянно изменяемого угла наблюдения, проведение идентификации затрудняется [7].



а) образы от объекта, поступающие на вход оптической системы



б) реальное изображение объекта

Рисунок 1 – Плоскостной вид объекта на местности с борта воздушного судна

В связи с этим, идентификация будет произведена после сбора большого объема данных об образе, что увеличивает время реакции всей системы.

Практика показала, что неполное распознавание образа от объекта часто становится источником ошибочного решения системы управления разведывательно-ударного комплекса, которое приводит к ложному поражению либо своих, либо незначимых объектов, цена ошибки возрастает с повышением цены средств поражения и перехода от артиллерийских средств поражения к высокоточным боеприпасам [1, 2]. Увеличение времени, необходимого на более полный сбор информации об объекте обнаружения, может привести к тому, что объект воздействия может выйти из зоны поражения или сам начать активно воздействовать на системы разведывательно-ударного комплекса, что может привести к неоправданным потерям и срыву выполнения задачи [1, 2].

Все эти ситуации позволяют говорить о низкой эффективности разведывательно-информационной системы разведывательно-ударного комплекса, которая является ее слабым местом, связанным с отсутствием достоверных методик оперативного обнаружения и распознавания объектов.

Исходя из этого, возникает противоречие, связанное с тем, что выводы о наличии объекта и его распознавания делаются на основе только визуального опыта летчика, а не на основании оптической модели. Предлагаемый в работе методический подход позволяет разложить объект на пространственные плоскости и производить его сличение с оригиналом в независимости от позиционирования объекта относительно направления наблюдения и выделения полезной информации из помех, связанных с условиями наблюдения.

Поэтому, целью работы является разработка методического подхода к решению задачи визуального опознавания наземных и морских целей разведывательно-информационными системами подразделений армейской авиации на основании пространственно-плоскостных характеристик образов объекта.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- построение модели объекта относительно наблюдателя;
- разработка методического подхода к формированию изображения наземных и морских объектов, наблюдаемых на борту воздушного судна из кусочно-плоскостных составных частей;
- разработка методического подхода к созданию оптической модели получения изображения от объектов и определение переходных характеристик в пространстве.

Любой объект в реальных условиях виден как совокупность проекций одновременно трех его сторон, если он не проецируется полностью с одного ракурса, что встречается крайне редко [8, 9].



Для оценки эффективности визуального наблюдения наземных целей необходимо построить их модели, учитывающие конфигурацию и местоположение последней относительно наблюдателя, находящегося на борту воздушного судна [10, 11]. Одним из подходов к построению моделей объектов является использование плоских поверхностей, накладываемых на наблюдаемый объект с различных сторон. Совокупность плоских поверхностей, образующих фиксированный объём с учётом интенсивности их излучения, можно представить, как

$$S_u(x, y) = \sum_{i=1}^n S_u^i(x_i, y_j, \theta_i, \beta_i, R_{0i}), \quad (1)$$

где n – количество кусочно-плоских поверхностей, ограничивающих наблюдаемый объект (наблюдаемую цель), S_u – поток излучения от составной части плоскостной поверхности образа цели; x, y – координаты каждой плоскостной поверхности образа, θ, β – углы (горизонтальный и вертикальный), под которыми получаются проекции от каждого составного угла наблюдаемой части цели; R_0 – расстояние от составной части плоскостной поверхности до наблюдателя, м [10].

$$S_u^i(x_i, y_j, \theta_i, \beta_i, R_{0i}) = \begin{cases} S_{0i}, & X_{i\min} < x_i < X_{i\max}, \\ S_{0i}, & Y_{i\min} < y_i < Y_{i\max}, \\ 0, & \text{вне этой области,} \end{cases} \quad (2)$$

где S_{0i} – поток излучения от i -й плоской поверхности, θ_i – угол между осью OZ , направленной к точке размещения 2-й плоскости наблюдателя (X_n, O_n, Y_n) и вектором, перпендикулярный к плоскости (X_i, O_i, Y_i), лежащий в плоскости, проходящей через ось OZ и ось OY_i , β_i – угол поворота плоскости (X_i, O_i, Y_i) вокруг оси OY_i , R_{0i} – расстояние начала координат O_i до точки размещения системы координат (X_i, O_i, Y_i) относительно точки размещения плоскости наблюдения вдоль оси Z как представлено на рисунке 2.

Соотношения (1), (2) определяют кусочно-плоскостную модель объекта, наблюдаемого с борта воздушного судна. Они показывают, что любой объект можно разделить на сумму простых плоскостей, которые создают своей совокупностью образ объекта.

Общая совокупность этих кусочно-плоскостных поверхностей дает образ исследуемого объекта. Исходя из этого, можно создать оптическую модель любого объекта и в последующем через математическое моделирование на основе выражения (2) определить границы и характеристики каждой из его частей.

Формирование изображения от наземных и морских целей, наблюдаемых с борта воздушного судна системой разведывательно-информационных комплексов армейской авиации, происходит согласно схеме, представленной на рисунке 2.

Кусочно-плоскостная модель наземных и морских объектов позволяет найти «изображение» наблюдаемой цели в плоскости наблюдения ($\zeta\theta\xi$) (плоскости размещения наблюдателя), размещённой перпендикулярно оси OZ , отстоящей от точки её пересечения с плоскостью излучателя (XOY). Объект на местности будет характеризоваться переходными функциями сигнала, поступающими от него.

Если амплитудно-фазовое распределение входного сигнала обозначить $S_{вх}^i(x_{вх}^i, y_{вх}^i, \theta_i, \beta_i, R^i)$, то изображение этого сигнала в плоскости наблюдения (x_n, y_n) можно найти с помощью переходной характеристики пространства, связывающей каждую точку на входной плоскости (x^i, y^i) с точками в плоскости наблюдения (x_n, y_n) $h^i(x^i, y^i, x_n, y_n, R^i_0)$, получим

$$S_n^i(x_n, y_n) = \int_{x_{\min}^i}^{x_{\max}^i} dx^i \int_{y_{\min}^i}^{y_{\max}^i} dy^i \cdot S_u^i(x^i, y^i, \theta^i, \beta^i, R_0^i) \cdot h(x^i, y^i; x_n, y_n). \quad (3)$$



Если ввести расстояние между точкой с координатами (x^i, y^i) на n -й плоскости входного сигнала и точкой (x_n, y_n) в плоскости визуального наблюдения (x_n, θ_n, y_n) как

$$r^i = \sqrt{R_0^2 + (x^i - x_n)^2 + (y^i - y_n)^2}, \quad (4)$$

то выражение для переходных характеристик можно записать в виде

$$h^i(x^i, y^i, x_n, y_n) = \frac{R_0^i}{\lambda \cdot (R_0^i)^2 + (x^i - x_n)^2 + (y^i - y_n)^2} \cdot e^{j \cdot k \cdot \sqrt{R_0^i + (x^i - x_n)^2 + (y^i - y_n)^2}}, \quad (5)$$

где $k=2\pi/\lambda$ – волновой вектор, λ – длина волны.

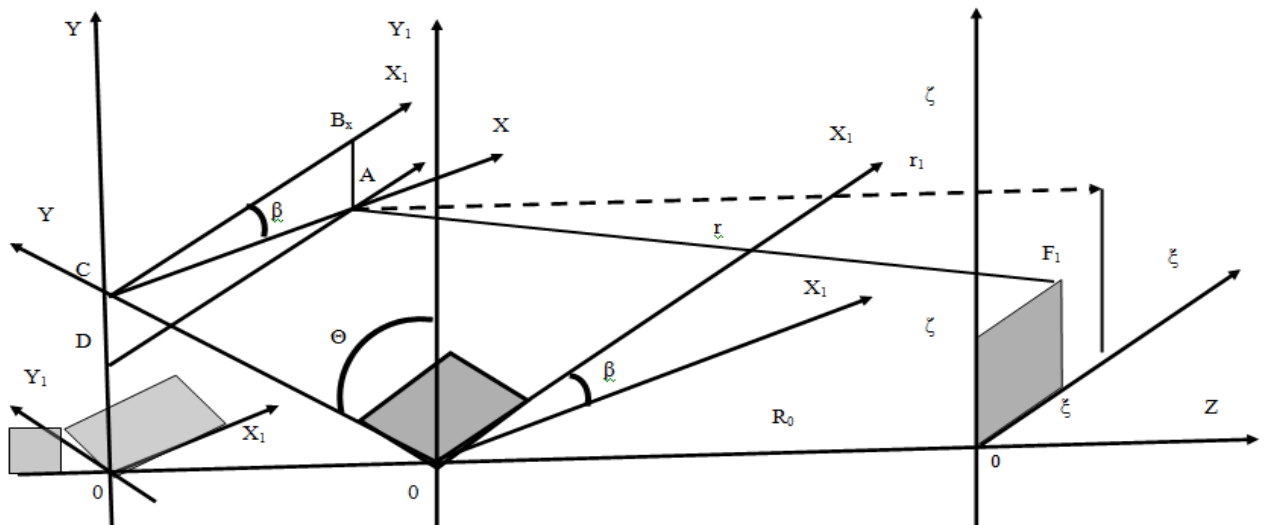


Рисунок 2 – Схематическое представление пространственно-переходной характеристики пространства при наблюдении наземных целей бортовыми объективами

При визуальном наблюдении наземных и морских объектов амплитудно-фазовое световое распределение в плоскости регистрируется глазом наблюдателя, то есть световое распределение $S_n^i(x_n, y_n)$ освещает хрусталик глаза, представляющего фокусирующую линзу с фокусным расстоянием f_z и диаметром d . При этом установка на резкость хрусталика производится путём изменения фокусного расстояния хрусталика рефлекторно, без участия сознания и называется аккомодацией [10].

Сигнал на выходе линзы можно записать как

$$S_n^i(x_n, y_n) = e^{-j \cdot \frac{k}{f_n} R_0 \cdot (x_n^2 + y_n^2)}. \quad (6)$$

Тогда изображение наземных и морских объектов, формируемое в плоскости (ξ, ζ) отстоящей от хрусталика на $Z=f_n$ и регистрируемое сетчаткой глаза, можно записать как

$$S_{\text{вых}}^i(\xi, \zeta) = \frac{j}{\lambda \cdot f_n} \cdot \iint S_n^i(x_n, y_n) \cdot e^{-j \cdot \frac{k}{f_n} (x_n^2 - y_n^2) + j \cdot \frac{k}{f_{R1}} R_0 [(x_n - \xi)^2 - (y_n - \eta)^2]} \cdot dx dy, \quad (7)$$

где R_1 – расстояние от плоскости линзы до плоскости объекта, м.



Зная изображение, формируемое вторым выходным сигналом, нетрудно получить выражение для изображения наземных и морских объектов, создаваемое на сетчатке глаза наблюдателя

$$S_{\text{вых}}(\xi, \zeta) = \sum_{i=1}^n S_{\text{вых}}^i(\xi, \zeta). \quad (8)$$

Следовательно, соотношения (3–8) определяют методический подход к расчёту наблюдаемого визуального изображения наземных и морских объектов, основанный на её кусочно-плоскостной модели.

Предложенные зависимости также позволяют оценить возможности систем оптической и визуальной разведки по обнаружению и распознаванию объектов, а также решить ряд проблем по поиску и обнаружению целей разведывательно-информационными системами.

Перед разведывательно-информационными системами, стоящими на вооружении авиации, стоит три основные задачи [7].

Первая задача – обнаружение объекта и его идентификация с заданным или уже известным объектом (целью). Данная задача особенно интересна и актуальна при поиске заранее известной критически важной цели, при множестве объектов соответствующих или близких к критерию поиска или для исключения ложного срабатывания по дружественным и заранее известным объектам. Методический подход предложенный в работе позволяет существенно снизить ошибку ложного распознавания, уменьшить время поиска и обладает большей достоверностью, относительно используемых на практике способов распознавания объекта.

Вторая задача – обнаружение нового и неизвестного, но значимого объекта. Данная задача может быть основой для экспертных оценок при минимальном количестве информации, в минимальные сроки. Она позволит обнаружить объект и создать его объемный образ для решения в дальнейшем первой задачи. Особенно актуальна она для выполнения задач армейской авиацией при работе в разведывательно-ударном комплексе.

Третья задача – поиск объекта на местности, когда он замаскирован или условия скрывают его очертания и выделение полезной информации затруднительно. Данная задача характерна при свободном поиске неизвестных или уже знакомых объектов на определённой территории. Практика показала, что полное скрывание объектов практически невозможно, всегда можно выделить информацию, которая может стать основой для идентификации цели, что может быть использовано для решения первой или второй задачи.

Для реализации полученных зависимостей предлагается методический подход, в котором в качестве автоматического распознавания, уже известных объектов, необходимо:

разработать объем данных о необходимых для работы объектах, который необходимо будет постоянно расширять. В качестве объектов могут быть выбраны реальные основные цели, распространённые ориентиры на местности, характерные объекты;

произвести съем фотографических данных об объектах, с различных перпендикулярных между собой ракурсов, которые станут основой для распознавания целей. В результате получится цифровая база данных образов объектов. Преимуществами предложенной цифровой базы объектов будет ее минимальный объем, так как предложенный методический подход позволяет создать полную цифровую объемную копию объекта имея снимки с пяти ракурсов (с передней и задней плоскости, боков и верха), а минимально достаточно и одного;

произвести кусочно-плоскостное моделирование объекта, выделение соответствующих плоскостей находящихся под определёнными углами к плоскости наблюдения, относительно выбранных нескольких сторон наблюдения как представлено на рисунке 2.

Внедрение в процесс распознавания целей кусочно-плоскостного моделирования на основе зависимостей, предложенных выше, и автоматизация данного процесса на ПЭВМ повысят скорость поиска на 30–40 %, а ошибку пропуска снизят на 50–70 %.



Для реализации полученных выше зависимостей при создании объемного образа еще неизвестного объекта предлагается методический подход, для осуществления которого необходимо:

- произвести съем фотографических данных об исследуемом объекте;
- разделить объект на кусочные плоскости параллельные между собой и определить угловые зависимости между ними;
- определить углы, под которыми кусочные плоскости находятся к плоскости наблюдения и их удалённость от наблюдателя;
- на основе предложенного методического подхода и кусочно-плоскостных снимков создать объемный образ объекта, который является основой для распознавания;
- на основе опыта наблюдателя расположить объект под нужным углом, выделить особые признаки объекта и произвести его распознавание.

Внедрение в процесс распознавания целей кусочно-плоскостного моделирования на основе зависимостей, предложенных выше, и автоматизация данного процесса на ПЭВМ повысят возможности по распознаванию неизвестных объектов на 30–40 %, а ошибку ложной идентификации снизят до 1–2 %.

Данный способ характерен тем, что с увеличением объема информации распознавание будет более эффективно и стремится к 0.

Для реализации полученных выше зависимостей по обнаружению замаскированных объектов и их идентификации предлагается методический подход, для осуществления которого необходимо:

- произвести съем фотографических данных местности, на которой производится поиск;
- выделение кусочных плоскостей больших объемов, которые были-бы взаимосвязаны;
- построение объемных образов и их сличение с находящимися в памяти на основе выше приведенных зависимостей;
- при вскрытии совпадений или обнаружении выделяющихся частей объектов необходимо провести их моделирование и распознавание на основе опыта наблюдателя.

Внедрения в процесс обнаружения и распознавания целей кусочно-плоскостное моделирование на основе зависимостей предложенных выше и автоматизация данного процесса на ПЭВМ повышают возможности по вскрытию замаскированных объектов на 30–40 %.

Для апробации данного методического подхода произведено моделирование объекта типа ГАЗ-66. Его распознавание было произведено для трех случаев:

- когда его распознавание производилось автоматически, среди 20 других объектов (3 автомобиля других марок) – идентификация происходила, когда снимок соответствует 95 % образа;
- когда его распознавание производится экспертом (летный состав) на основе модели из 1, 2 и 3 снимков;
- когда его положение неизвестно и он расположен на фоне других объектов и его очертания на 20 % скрыты маскировочной сетью.

Во всех трех случаях время на распознавание уменьшено на 30–40 %. Вероятность распознавания увеличена на 50–80 %.

Данный методический подход, основанный на представленных выше зависимостях, позволяет производить идентификацию объектов. Проведенные эксперименты на основе представленных выше зависимостей показали: повышение дальности обнаружения объектов на 30–35 % и повышение распознавания целей на 40–50 %, и понижение ложной идентификации целей до 1–2 %.

Представленный методический подход может стать основой для создания новых моделей для обнаружения и опознавания целей. Для этого, в дальнейшем, необходимо производить сбор образов объектов для создания цифровой базы данных, которая станет основой автоматизированной системы обнаружения и опознавания объектов.



Выводы. В результате проведенного исследования предложен методический подход, основанный на разделении объекта на кусочно-плоскостные части с последующим их совместным распознаванием независимо от расположения относительно наблюдателя. Данный методический подход позволит производить автоматическое сличение любого объекта с его образом, состоящим из частей, причем влияние взаимного расположения объекта и наблюдателя не является решающим. Распознавание объектов становится автоматизированной задачей. Внедрение предложенного методического подхода многократно повысит боевые возможности систем поиска объектов на местности и их распознавание, а предложенные зависимости могут позволить производить оценку дальности обнаружения этих объектов в зависимости от диапазона длин волн, размеров объекта, а также характеристик оптических систем наблюдения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешин А. Проблема распознавания войск в боевых условиях. (Из опыта ведения боевых действий в зоне Персидского залива) // Зарубежное военное обозрение. 2014. № 1. С. 29–35.
2. Черненко А.В. Боевой опыт в крупных локальных войнах и вооруженных конфликтах. Монино: ВВА, 1996. 112 с.
3. Пересада В.П. Основы теории распознавания образов. М.: Мир, 2002. 236 с.
4. Мерков А.Б. Построение образов. Построение и обучение вероятностных моделей. М.: Едиториал УРСС, 2019. 256 с.
5. Шинаков Ю.С. Методологии систем распознавания объектов в видимом и радиодиапазоне. М.: Дельта, 1993. 136 с.
6. Сержантов А.В., Мартофляк А.П. Анализ особенностей современных военных конфликтов // Военная мысль. 2011. № 5. С. 36–44.
7. Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок. М.: ИПЦ «Маска», 2017. 640 с.
8. Кухлинг Х.Г. Справочник по физике. Пер. с нем. 2-е изд. М.: Мир, 1985. 520 с.
9. Кондратенко Г.С. Обработка информации когерентными оптическими системами. М.: Советское радио, 1972. 352 с.
10. Роуз А. Зрение человека и электронное зрение / пер. с англ. А.А. Гиппиусса, под ред. В.С. Васвилова. М.: Мир, 1977. 216 с.
11. Парыгин В.Н., Балакший В.И. Оптическая обработка информации. М.: Изд. Московского университета, 1987. 259 с.

REFERENCES

1. Aleshin A. Problema raspoznavaniya vojsk v boevykh usloviyah. (Iz opyta vedeniya boevykh dejstvij v zone Persidskogo zaliva) // Zarubezhnoe voennoe obozrenie. 2014. № 1. pp. 29–35.
2. Chernenko A.V. Boevoj opyt v krupnyh lokal'nyh vojnah i vooruzhennykh konfliktah. Monino: VVA, 1996. 112 p.
3. Peresada V.P. Osnovy teorii raspoznavaniya obrazov. M.: Mir, 2002. 236 p.
4. Merkov A.B. Postroenie obrazov. Postroenie i obuchenie veroyatnostnyh modelej. M.: Editorial URSS, 2019. 256 p.
5. Shinakov Yu.S. Metodologii sistem raspoznavaniya ob`ektov v vidimom i radiodiapazone. M.: Del'ta, 1993. 136 p.
6. Serzhantov A.V., Martoflyak A.P. Analiz osobennostej sovremennykh voennykh konfliktov // Voennaya mysl'. 2011. № 5. p. 36–44.
7. Men'shakov Yu.K. Teoreticheskie osnovy tehnicheskih razvedok. M.: IPC «Maska», 2017. 640 p.
8. Kuhling H.G. Spravochnik po fizike. Per. s nem. 2-e izd. M.: Mir, 1985. 520 p.



9. Kongdratenko G.S. Obrabotka informacii kogerentnymi opticheskimi sistemami. M.: Sovetskoe radio, 1972. 352 p.

10. Rouz A. Zrenie cheloveka i `elektronnoe zrenie / per. s angl. A.A. Gippiussa, pod red. V.S. Vasvilova. M.: Mir, 1977. 216 p.

11. Parygin V.N., Balakshij V.I. Opticheskaya obrabotka informacii. M.: Izd. Moskovskogo universiteta, 1987. 259 p.

© Нахмансон Г.С., Ковалев В.И., Фисенко А.Н., Аристов В.В., 2020

Нахмансон Геннадий Симонович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры радиотехнических систем и средств обеспечения полетов, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.

Ковалев Вячеслав Игоревич, кандидат географических наук, доцент кафедры управления штурманским обеспечением авиации и воздушной навигации, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, slavko50@mail.ru.

Фисенко Александр Николаевич, доцент, доцент кафедры общевойенных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, fisenko.54@list.ru.

Аристов Виталий Викторович, преподаватель кафедры общевойенных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, sarist-lena@yandex.ru.