

УДК 355.40; 534.79; 623.44

И.Ю. Бирюков

Академия внутренних войск МВД Украины, Харьков

ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ РАСПОЗНАНИИ НАЗЕМНЫХ ЦЕЛЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ РАЗВЕДКИ ОБЪЕКТОВ БТТ

В статье рассматриваются основы цифровых изображений при распознавании наземных целей дополнительной оптико-акустической системой разведки объектов БТТ.

Ключевые слова: огневой модуль, дальности эффективного обнаружения целей, оптико-акустическая система разведки наземных целей, камуфляж, сегментация изображений, набор масок, контурный перепад яркости, матрица преобразований, дескрипторы.

Введение

Из всех образцов бронетанковой техники (БТТ), которая находится на вооружении разных стран, основная масса приходится на легкие бронированные боевые машины – БМП, БРМ, БТР. Необходимо отметить, что не более 30% из них – это машины, которые были созданы в течение последних десяти лет или являются относительно новыми [1 – 5].

Наличие большого количества морально устаревающей легкой бронетехники, стоящей на вооружении многих армий, подталкивает компании, занимающиеся разработкой систем для боевых машин, модернизировать существующие БТР и БМП. Необходимо добавить, что около 50% этих машин – образцы советской разработки [6 – 9].

На большинстве модернизированных и современных БТР и БМП устанавливаются автоматические пушки калибра 25 и более миллиметров, 30 миллиметровые АГ-17, ПТУРС, объединенные в огневые модули.

Несмотря на это развитие объектов БТТ характеризуется несоответствием дальности обнаружения наземных типовых целей с помощью устанавливаемых оптических и инфракрасных приборов [10, 11].

Основной раздел

Для танков дальность стрельбы бронебойно-подкалиберным снарядом, в том числе с использова-

нием дальномера, превышает 3000 м, а управляемой ракетой, выстреливаемой через ствол, – 5000 м. При этом дальность визуального обнаружения целей не превышает: 2000 м – днем, 700-800 м – ночью [8 – 11].

В свою очередь РЛС позволяет обнаруживать цели на больших дальностях. Однако это относится к воздушному пространству и проблематично для применения к наземным целям [12, 13].

Возможное увеличение дальности эффективного обнаружения целей [14, 15] более 5000 м ведет к существенному росту времени обнаружения, что в условиях применения противоборствующей стороной более эффективных средств разведки приводит к опережающему применению этой стороной вооружения (рис. 1).

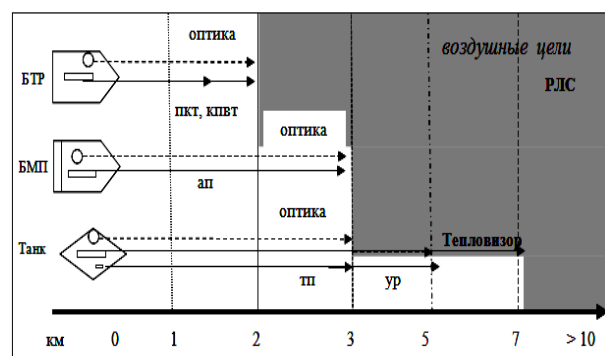


Рис. 1. К определению номенклатуры приборов и дальности поиска, разведки целей

В связи с этим, для снятия противоречия между дальностью стрельбы и обнаружением целей необходимо решить задачу разработки комплексной дополнительной оптико-акустической системы разведки (ДОАСР) наземных целей с работающим двигателем – как основным источником акустических возмущений [16 – 23].

Для решения этой проблемы необходимо создание оптико-цифровой системы разведки наземных целей для их обнаружения и распознавания на основе сегментации изображений, которая позволит их идентифицировать, сузить область выявления целей, снизить время для их выявления и увеличить дальность их обнаружения, как компоненты, которая в совокупности с акустической системой и составляют ДОАСР.

Маскировка своих действий представляет один из видов боевого обеспечения войск. Так же как и другие виды боевого обеспечения (боевое охранение, разведка и т.д.), маскировка является органической частью тактики войск и составляет сумму мероприятий, осуществляемых для скрытия или уменьшения заметности своих сил [24]. Чтобы достигнуть этой цели, приходится применять разнообразные средства маскировки, которые чаще всего состоят из чисто инженерных средств и приемов специального характера в том числе и маскировочное окрашивание [16, 17, 25].

Несмотря на маскировку целей, главным фактором их обнаружения остается статическое или динамическое состояние. Подвижные и малоподвижные цели обнаружить гораздо легче, чем неподвижные. Более того, нужно отметить тот факт, что пока цель не начнет движение обнаружить ее очень проблематично, несмотря на такие демаскирующие ее свойства как акустические возмущения, тепловое излучение и др. [16]. Маскировочное окрашивание применяется с целью уменьшения заметности объекта БТТ, искажения его внешнего вида и габаритов, снижения контрастности с окружающим ландшафтом, что в целом повышает скрытность объекта.

При помощи 7 контрастов можно подчеркнуть в цвете то или иное качество самого объекта. Контраст по тону построен на разнице между цветами. Он представляет собой комбинирование цветов, приближенных к определенным спектрам (рис. 2).



Рис. 2. Контраст по тону

Понятие контрастности связано с освещённостью объекта, вызванное световым потоком прямых или отраженных лучей света (моно- или панхроматических) воздействующих на органы зрения (глаза), измерительные приборы, фотоматериалы и т.д. [26, 27].

В свою очередь камуфляж создает визуальное искажение. Он не делает невидимым объект БТТ, а скрывает его истинный облик (маскирует), посредством размытия контуров самого объекта.

В самом приближенном рассмотрении камуфляж, т.е. форма, расцветка которой предназначена для маскировки, по характеру окраски может быть двух видов: однотонный и с рисунком. По яркости окраски камуфляж можно разбить на светлый и темный, т.е. тот, в котором преобладают светлые или темные тона.

Отдельно можно выделить контрастное сочетание цветов, такой камуфляж нельзя отнести ни к темным, ни к светлым тонам, если их количество приблизительно равно.

Дополнительно камуфляж с рисунком можно подразделить на камуфляж с мелким рисунком и камуфляж с крупным рисунком.

Каждый тип камуфляжа, (а их сейчас имеется большое разнообразие) работает по-разному и решает свою задачу (рис. 3).

В результате анализа камуфляжа различных типов появился цифровой камуфляж [27]. Цифровым он называется отчасти потому, что его рисунок состоит из отдельных “пикселей”, подобно растровому изображению на экране компьютера, и потому, что его разработка немыслима без соответствующего компьютерного обеспечения (рис. 4).

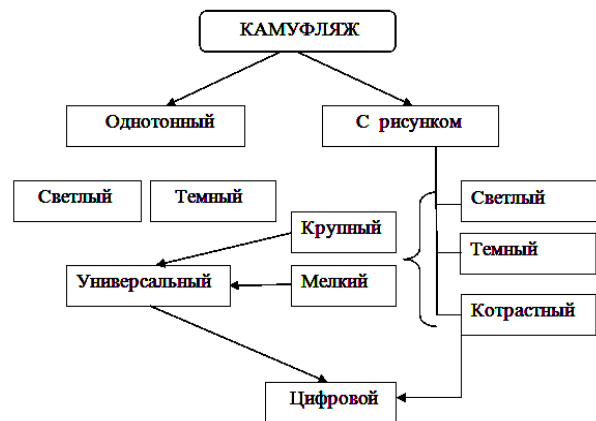


Рис. 3. Классификация камуфляжа



Рис. 4. Образцы расцветок для БТТ (лето, зима, осень-весна)

Сегментация подразделяет изображение на составляющие его области или объекты, а степень детализации зависит от решаемой задачи. Сегмента-

цию следует прекратить, когда интересующие объекты оказываются изолированными. Поэтому не имеет смысла проводить сегментацию мельче того уровня детализации, который необходим [28].

В прикладных задачах, например, в автономных системах наведения на цель, разработчик не может контролировать окружающие условия, поэтому обычный подход заключается в том, чтобы сосредоточиться на выборе сенсоров такого вида, которые будут усиливать сигнал от интересующих объектов и одновременно ослаблять влияние несущественных деталей изображения. Такой подход применяется при съемке в ИК диапазоне, используемом в военных целях для обнаружения объектов с мощным тепловым излучением (боевой техники или подвижных войск) [28].

Алгоритмы сегментации изображений, как правило, основываются на одном из двух базовых свойств сигнала яркости: разрывности и однородности [29].

Рассмотрим некоторые методы обнаружения трех основных видов разрывов яркости, встречающиеся в цифровых изображениях: точек, линий и перепадов [30]. Наиболее общим способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски. Для показанной на рис. 5 маски размерами 3x3 элемента эта процедура основана на вычислении линейной комбинации коэффициентов маски со значениями яркости элементов изображения, которые покрываются маской. Иначе говоря, при использовании этой маски отклик в каждой точке изображения задается выражением [30, 31].

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i, \quad (1)$$

где z – значения яркости пикселя, соответствующего коэффициенту w маски.

Как принято, отзыв маски приписывается позиции ее центрального элемента.

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Рис. 5. Маска размером 3 x 3 элемента

Выявление отдельных изолированных точек на изображении не представляет сложности [30,31]. Воспользуемся маской показанной на рис. 6, и будем считать, что в том пикселе, куда попадает центр маски, обнаружена точка, если

$$|R| \geq T, \quad (2)$$

где T – неотъемлемый порог, а R вычисляется согласно (1).

По сути в данной формуле измеряется взвешенная сумма разностей значений центрального элемента и его соседей.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Рис. 6. Маска для нахождения точек

Идея метода заключается в том, что взвешенная точка (т.е. находящаяся в однородной или почти однородной области точка, значение яркости которой существенно отличается от окружающего фона) будет заметно отличаться по яркости от ближайших соседей, а значит, будет легко обнаруживаться с помощью маски приведенного вида. Однако в данном случае цель заключается исключительно в выявлении отдельных точек, поэтому интерес представляют только достаточно большие различия (которые определяются порогом T), при которых точка может считаться изолированной. При этом сумма коэффициентов маски равна нулю, поэтому на областях постоянной яркости она будет давать нулевой отклик [30].

Выявление линий является следующим процессом по уровню сложности. Рассмотрим набор масок, показанный на рис. 7. При скольжении первой маски по изображению, наиболее сильный отклик будет на горизонтальных линиях толщиной в один пиксель; причем, если яркость фона одинакова, то отклик будет максимальным, когда линия проходит горизонтально через центр маски. Это легко проверить на простом примере однородного поля со значениями элементов равными 1, содержащий горизонтальную линию из элементов с отличным значением яркости (например, 5).

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

Горизонтальная

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

+ 45°

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Вертикальная

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

- 45°

Рис. 7. Набор масок

Вторая маска на рис. 7 дает наибольший отклик на линиях, проходящих под углом +45°, третья – на

вертикальних линиях; четвертая – на тех, что проходят под углом -45° . Эти направления можно обнаружить и по тому признаку, что преобладающие направления каждой из масок характеризуются большими значениями весовых коэффициентов (а именно, 2), чем любые другие направления. При этом сумма коэффициентов каждой маски равна нулю, так что они будут давать нулевой отклик на областях постоянной яркости.

Обозначим через R_1, R_2, R_3 и R_4 отклики масок, указанных на рис. 7 (слева направо), где значения R_i вычисляются согласно отношению (1). Будем считать, что изображение обрабатывается независимо с помощью каждой из этих масок. Если в некоторой точке изображения $|R_i| > |R_j|$ для всех $j \neq i$, тогда эта точка, скорее всего, связана с линией, ориентированной вдоль направления маски i .

Если интерес представляют все линии в изображении, которые ориентированы по направлению данной маски, достаточно пройти этой маской по всему изображению, сравнивая абсолютное значение результата с заданным порогом. Оставшиеся при этом точки соответствуют наибольшим значениям отклика, которые в случае линий толщиной в один пиксель наиболее близки к направлению, обусловленного маской. Выявление перепадов яркости является более общим подходом к нахождению интерпретируемых разрывов на яркостной картине. Рассмотрим методы, в которых для выявления перепадов яркости на изображении применяются дискретные аналоги производных первого и второго порядка.

Перепад – это связное множество точек, лежащих на границе между двумя областями [29]. По сути понятие перепада яркости является «локальным», тогда как граница области, благодаря способу ее задачи, включает в себя более глобальное представление. Корректное определение перепада требует выбора способа измерения яркости переходов на изображении.

Рассмотрим интуитивную модель перепада [30, 31], что позволяет количественно измерять «значимые» переходы яркости. Интуитивно ясно, что идеальный перепад имеет свойства модели, показанной на рис. 8, а. Согласно этой модели, идеальный контурный перепад – это множество соединенных точек (в данном случае по вертикали), каждый из которых расположен рядом с прямоугольным скачком яркости, как показывает горизонтальный профиль на рис. 8.

Крутизна наклона обратно пропорциональна степени размытости перепада.

Действительно оптические ограничения, дискретизация, а также несовершенство других элементов системы регистрации изображений приводят к получению размытых перепадов яркости. Причем степень расфокусировки определяется такими факторами, как качество системы регистрации, шаг

дискретизации и условия освещения, при которых изображение было получено. В результате перепады яркости наиболее точно моделируются наклонным профилем, подобным показанному на рис. 8 (б). Крутизна наклонного участка обратно пропорциональна степени расфокусировки перепада. В такой модели уже больше нет тонкой траектории (шириной в один пиксель). В период этого точкой перепада яркости теперь есть любая точка, лежащая на наклонном участке профиля, а сам перепад представляет собой связное множество точек [30,31].

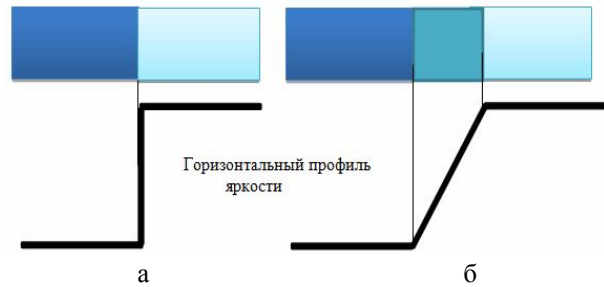


Рис. 8. Модель идеального (а) и наклонного (б) перепадов яркости

На рис. 9 (а) приведено изображение, участок которого крупным планом был показан на рис. 8 (б). На рис. 9 (б) приведены горизонтальный профиль перепада яркости между двумя областями. На этом рисунке также показаны первая и вторая производные рис. 9 (в) такого профиля яркости. При движении вдоль профиля слева направо первая производная имеет разрыв в начале и конце наклонного участка, постоянное положительное значение в течение склона, и равна нулю в областях постоянства яркости.

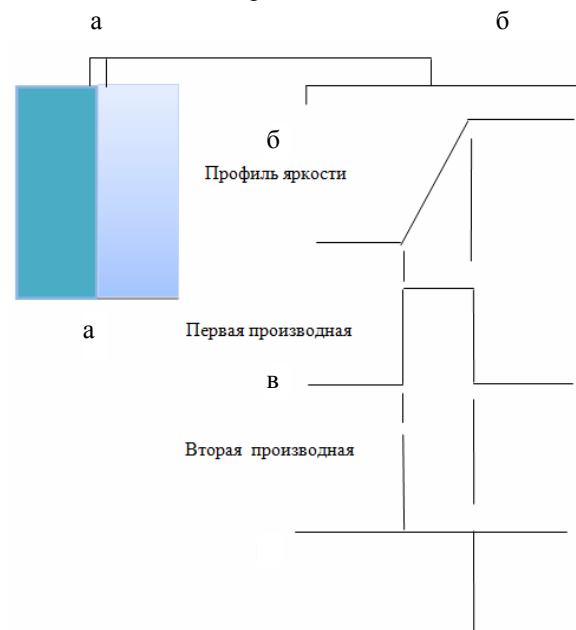


Рис. 9. Две области, разделенные вертикальным перепадом яркости (а); б – горизонтальный профиль яркости вблизи перепада; в – первая и вторая производные этой зависимости

Вторая производная положительна в точке перехода от наклонного участка к светлому, и равна нулю на линейном склоне и участках постоянной яркости. В случае обратного перепада яркости (от светлого до темного) знаки производных изменятся на противоположные.

Из приведенного рассмотрения можно сделать вывод, что значение первой производной может использоваться для обнаружения перепада яркости в каждой точке изображения (то есть выяснение, находится ли точка на наклонном участке). Аналогично, знак второй производной позволяет определить, лежит ли пиксель, находящийся на перепаде, на темной или светлой части. Обратим внимание на два дополнительных свойства второй производной вблизи перепада яркости:

– она дает два не нулевых (положительное и отрицательное) значения для каждого перепада, что является нежелательным свойством;

– мнимая прямая линия, соединяющая максимальные положительное и отрицательное значения второй производной вблизи перепада, пересекает нулевой уровень приблизительно в середине перепада яркости.

Таким образом, чтобы с уверенностью классифицировать точку как находящуюся на перепаде яркости, изменение яркости, связанное с данной точкой, должно быть существенно больше, чем допустимое изменение яркости в точке фона. Так как мы имеем дело с локальными вычислениями, способ определения того, какое значение является "существенным", а какое нет, состоит в установлении порога. Итак, мы определяем точку изображения как точку перепада, если ее двумерная производная первого порядка превышает некоторый заданный порог. Связанное множество таких точек в соответствии с заранее заданным критерием связности является по определению перепадом яркостей. Протяженный перепад яркости образует контур. Этот контур и подлежит в дальнейшем идентификации с типовыми контурами (портретами) объектов БТТ.

Главная задача при сегментации заключается в том, чтобы собрать из участков контура более длинные контуры и таким образом создать наиболее полный обрис действительного объекта БТТ [31].

Важно отметить, что эти процедуры не гарантируют успешного отыскания контуров в изображении, а лишь дают формальный способ для их поиска. Производные первого порядка в изображении вычисляются с помощью градиента, а для получения производных второго порядка применяется лапласиан [30].

Алгоритмы обнаружения контуров обычно дополняются процедурами связки, чтобы сформировать из множества контурных точек содержательные контуры. Для этой цели существует несколько основных подходов [30 – 32].

Один из способов связывания точек контура заключается в анализе характеристик пикселей в небольшой (скажем 3x3 или 5x5) окрестности каж-

дой точки (x, y) изображения, которая была отмечена как контурная точка с помощью любого из рассмотренных в предыдущем разделе методов. Все точки, являющиеся подобными в соответствии с некоторыми заранее заданными критериями, связываются и образуют контур, состоящий из точек, соответствующих этим критериям.

При таком анализе используются следующие два основных параметра для установления сходства пикселей контура:

– величина отклика оператора градиента, определяет значение пикселей контура;

– направление вектора градиента.

Первый параметр задается обозначением f . Тогда пиксель контура с координатами (x_0, y_0) и расположенный внутри заданной точки (x, y), считается сходным по модулю градиента с пикселем (x, y), если

$$|\nabla f(xy) = \nabla f(x_0y_0)| \leq E, \quad (3)$$

где E – заданный неотъемлемый порог.

Пиксель контура с координатами (x_0, y_0) , расположенный внутри заданной окрестности точки (x, y), считается сходным по направлению градиента с пикселем (x, y), если

$$|\alpha(xy) = \alpha(x_0y_0)| \leq A, \quad (4)$$

где A – заданные неотъемлемые угловой порог и направление контура в точке (x, y) перпендикулярно направлению вектора градиента в этой точке.

Пиксель в заданной окрестности объединяется с центральным пикселем (x, y), если выполнены критерии подобия и по величине, и по направлению. Этот процесс повторяется в каждой точке изображения, с одновременным запоминанием найденных связанных точек при движении центра окрестности. Простой способ учета данных состоит в том, что каждому множеству связываются пикселей контура присваивается свое значение яркости.

Таким образом, главная задача при сегментации состоит в том, чтобы собрать из участков контура более длинные контуры и с использованием известного алгоритма [30] производить поиск на графе.

Другие алгоритмы глобального анализа такие как с помощью преобразования Хафа, с помощью методов теории графов, не гарантируют нахождения путей минимальной стоимости, но их достоинствами являются быстрдействие, достигнутое благодаря использованию эвристик [30].

После того, как выполнена сегментация изображения на области, полученные совокупности пикселей обычно описываются и представляются в форме, удобной для последующей компьютерной обработки. Область может быть представлена своей границей, а граница – описана с помощью таких характеристик, как длина границы, направления прямых, соединяющих угловые точки, и число вогнутостей границы. Внешнее представление обычно

выбирается в тех случаях, когда основное внимание обращено на характеристики формы области. Внутреннее представление выбирается, если интерес представляют свойства самой области, например, цвет и текстура. Иногда приходится использовать оба способа представления одновременно.

Рассмотрим использование главных компонент для описания границ и областей одиночного изображения БТР-80. Используемый подход состоит в формировании двумерных векторов, составленных из координат границы или области. Рассмотрим объект, изображенный на рис. 10(а). Если предполагается описывать всю его область, то векторы формируются из координат всех пикселей объекта; если же описывается граница – из координат точек границы области.

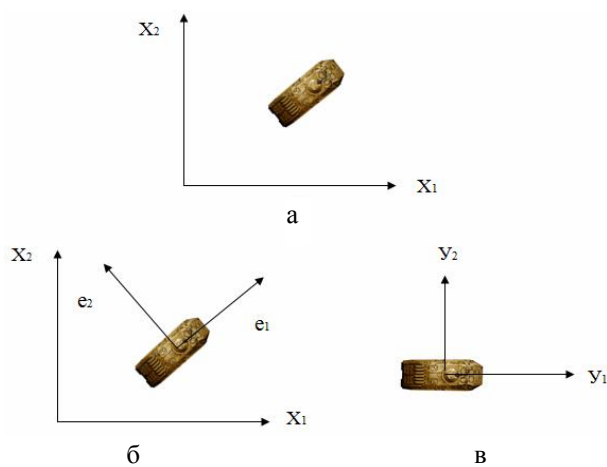


Рис. 10. Изображение объекта – а, объект с наложенными собственными векторами – б; в – объект, повернутый согласно уравнению 5

Общий эффект состоит в ориентации объекта по собственным осям.

Полученные векторы рассматриваются затем как совокупность реализаций двумерного случайного вектора. Другими словами, каждый пиксель объекта рассматривается как двухкомпонентный вектор: $x = (a, b)T$, где a и b суть значения координат этого пикселя по осям X_1 и X_2 . Эти векторы используются для вычисления вектора математического ожидания и ковариационной матрицы данной совокупности (т.е. объекта БТТ).

Используя A в качестве матрицы преобразования, которое отображает векторы X в векторы Y по следующему закону (преобразование Хотеллинга):

$$Y = A(x - mx), \quad (5)$$

где mx – вектор математического ожидания.

Общий эффект от применения уравнения (5) равносильен переходу к новой системе координат, начало которой совпадает с центроидом совокупности (точка с координатами вектора математического ожидания), а оси совпадают с направлениями собст-

венных векторов ковариационной матрицы S_x , как показано на рис. 10 (б). Эта система координат ясно демонстрирует, что преобразование (5) есть поворот до совпадения с направлениями собственных векторов, как показано на рис. 10 (в). Фактически, такое выравнивание в точности является механизмом, который обеспечивает декорреляцию данных.

Более того, поскольку собственные значения оказываются на главной диагонали матрицы S_y , каждое из λ_j есть дисперсия составляющей y_j вдоль направления собственного вектора e_j . Эти два собственных вектора взаимно перпендикулярны, и координатные оси Y_1, Y_2 являются собственными осями.

Принцип ориентации двумерного объекта БТТ по направлениям главных собственных векторов ковариационной матрицы играет важную роль в описании. Как отмечалось выше, описание должно быть максимально независимым от изменений размеров, сдвига и поворота объекта. Возможность ориентировать объект по его собственным осям предоставляет надежный способ устранить влияние поворота. Собственные значения ковариационной матрицы равны дисперсиям вдоль собственных осей, что можно использовать для нормирования объекта по размерам. Влияние параллельного переноса устраняется путем центрирования объекта относительно его вектора математического ожидания, как видно из уравнения (5). Следует учитывать и тот факт, что метод описания одинаково применим как для областей, так и для их границ.

Представление и описание объектов или областей, выделенных при сегментации изображения, составляют начальные этапы работы большинства автоматизированных процессов, в которых участвуют цифровые изображения. Цель состоит в том, чтобы выбрать дескрипторы [30], способные "ухватить" существенные различия между объектами или классами объектов, и которые в то же время были бы максимально независимыми от изменений таких факторов, как местоположение объекта, его размер и ориентация.

Выводы

Приведены теоретические положения, которые определяют основы создания оптической ветви дополнительной оптико-акустической системы разведки наземных целей. Однако в области оптики требуются дополнительные экспериментальные исследования, связанные с использованием светофильтров (красного, зеленого и других конфигураций) для повышения контрастности, а также программное обеспечение, которое позволяет в реальном масштабе времени контрастировать объекты БТТ на фоне сканируемой местности.

Для этой системы на основе серии экспериментальных исследований созданы типовые портреты разных ракурсов объектов БТТ (БТР-60ПБ, БТР-70, БТР-80, БТР-3У) [31, 33].

Список литературы

1. Борисюк М.Д. Модернизация танкового парка сухопутных войск – насущная задача в процессе реформирования вооруженных сил Украины / М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк, Л.К. Магерамов // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2005. – № 2. – С. 101-104.
2. Бусяк Ю.М. От конкуренции – к интеграции: перспективные направления сотрудничества со странами НАТО в области бронетанковых и артиллерийских систем вооружения / Ю.М. Бусяк, О.Б. Анишко, В.В. Заозерский // 36. наук. пр. Харківського університету Повітряних Сил. – 2006 – 2(8) – С. 37-39.
3. Анишко О.Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники: моногр. / О.Б. Анишко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2008 – 196 с.
4. Матенко О.К. "Булат" у стилі "модерн" // Військо України. – 2005. – № 10. – С. 12-15.
5. Брилев О.Н., Лосик О.А. "Имеют ли танки будущее?" / О.Н. Брилев, О.А. Лосик // Техника и вооружение. – 2005. – № 12. – С. 2-7.
6. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-60ПБ. Воениздат. 1974. – 240 с.
7. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-70. Воениздат. 1980. – 560 с.
8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-80. Воениздат, (Ч. 1). 1989. – 280 с.
9. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Объект 447А (437А). Кн. 2. – М.: Военное издательство, 1985. – 743 с.
10. Разумовский И. Т. Оптика на военной службе. – М.: Изд. ДОСААФ СССР, 1980. – 96 с.
11. Оптико-механические приборы – 2 изд., перераб. и доп. / С.В. Кулагин, А.С. Гоменюк, В.Н. Дикарев и др. – М.: Машиностроение, 1984 – 352 с.
12. Анишко О.Б. Показатель инфракрасной заметности боевых летательных аппаратов для оценки влияния конструктивно-компоновочных решений на заметность / О.Б. Анишко, Е.А. Украинец // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Х., 2009. – Вып. № 2. – С. 100-103.
13. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография / О.И. Сухаревский, В.А. Василюк, С.В. Кужобко и др.; под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 487 с.
14. Абчук В.А. Поиск объектов / В.А. Абчук, В.Г. Суздаль. – М.: Сов. радио, 1977. – 336 с.
15. Горбунов В.А. Эффективность обнаружения целей / В.А. Горбунов. – М. Воен. Изд., 1979 – 160 с.
16. Анишко О.Б. Комплексная проблема поиска и обнаружения наземных целей для поражения вооружением, установленным на объектах бронетехники / О.Б. Анишко, И.Ю. Бірюков, Ю.М. Бусяк // Сб. научн. тр. АВВ МВС Украины. – Х., 2011. – Вып. 2(18). – С. 24-31.
17. Анишко О.Б. Физические принципы разработки и создания комплексной оптико-акустической подсистемы обнаружения наземных целей объектами бронетехники / О.Б. Анишко, И.Ю. Бірюков // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Х., 2012. – Вып. 3. – С. 48-54.
18. Грінченко В.Т. Основы акустики / В.Т. Грінченко, І.В. Вовк, В.Т. Мацапура. – К.: Наукова думка, 2007. – 640 с.
19. Урих Р.Д. Основы гидроакустики: пер. с англ. / Р.Д. Урих. – Л.: Судостроение, 1978. – 448 с.
20. Справочник по гидроакустике – 2 изд., перераб. и доп. / А.П. Евтютов, А.Е. Колесников, Е.А. Корепин и др. – Л.: Судостроение, 1988. – 552 с.
21. Анишко О.Б. Звуковые портреты объектов бронетехники для обнаружения и распознавания целей / О.Б. Анишко, И.Ю. Бірюков, Ю.М. Бусяк // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Х., 2011. – Вып. 3. – С. 31-36.
22. Анишко О.Б. Акустические свойства атмосферы / О.Б. Анишко, И.Ю. Бірюков, М.М. Дивизинюк // Сб. научн. тр. СМУЭИП. – Севастополь, 2010. – Вып. 4(36). – С. 239-244.
23. Энергетическая дальность обнаружения шумящих объектов / О.Б. Анишко, И.Ю. Бірюков, В.А. Малик, В.Н. Григорьева // Сб. научн. тр. СМУЭИП. – Севастополь, 2011. – Вып. 1(37). – С. 231-236.
24. Бекетов А.А. Маскировка действий подразделений СВ / А.А. Бекетов, А.П. Белоконов, С.Г. Чермашиенцев. – М.: Воен. Изд., 1976. – 140 с.
25. Левитин И.Б. Видимость и маскировка кораблей / И.Б. Левитин. – М.: Воен. Изд., 1949. – 148 с.
26. Контрастность // Фотокинетика: Энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Иофис. – М.: Сов. энциклопедия, 1981.
27. Контрастность цветного фотографического изображения // Фотокинетика: Энциклопедия / Гл. редактор Е.А. Иофис. – М.: Советская энциклопедия, 1981.
28. Опознавание боевых бронированных машин армий капиталистических государств. [Текст]: Справочник / под ред. И.К. Вильчинского. – М.: Воен. Изд., 1974. – 200 с.
29. Дж. Ту, Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 414 с.
30. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1071 с.
31. Бірюков И.Ю. Маскировочная окраска наземных объектов и методы их распознавания / И.Ю. Бірюков // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Х., 2013. – Вып. 2. – С. 101-109.
32. Раскин Л.Г. Математическое моделирование функционирования сложных систем / Л.Г. Раскин. – Х.: ВИРТА, 1988. – 178 с.
33. Експериментальне дослідження оптичної приємності об'єктів АБТТ для охорони периметра об'єкту: Звіт про НДР (шифр – "Захист") / Бірюков І.Ю., Анішко О.Б. та інші. – Акад. ВВ МВС України. – Х., 2012. – 85 с.

Поступила в редколлегию 6.08.2013

Рецензент: канд. техн. наук, доц. И.Б. Ковтонюк, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ОСНОВИ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ПІД ЧАС РОЗПІЗНАННЯ НАЗЕМНИХ ЦІЛЕЙ ДОДАТКОВОЮ ОПТИКО-АКУСТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ РОЗВІДКИ ОБ'ЄКТІВ БТТ

І.Ю. Бірюков

Розглянуто основи цифрових збережень під час розпізнання наземних цілей додатковою оптико-акустичною системою розвідки об'єктів БТТ.

Ключові слова: воєнний модуль, дальності ефективного виявлення цілей, оптико-акустична система розвідки наземних цілей, камуфляж, сегментація зображень, набір масок, контурний перепад яскравості, матриця перетворень, дескриптори.

DIGITAL IMAGE PROCESSING IN RECOGNITION OF GROUND TARGETS MORE OPTICAL SPEAKER SYSTEM EXPLORATION OF OBJECTS BTT

I.Yu. Birukov

The article covers the basics of digital images of ground targets at recognizing additional optical-acoustic system exploration of objects BTT.

Keywords: fire unit, range of effective target detection, optical-acoustic system reconnaissance of ground targets, camouflage, image segmentation, a set of masks, contour brightness differences, matrix transformations, the descriptors.