

УДК 355.4; 623.40

Бирюков И.Ю.

МАСКИРОВОЧНАЯ ОКРАСКА НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ И МЕТОДЫ ИХ РАСПОЗНАНИЯ

Одним из основных и наиболее длительных этапов решения огневой задачи является обнаружение неподвижных объектов БТТ противника [1–2]. Поэтому практически важно определение таких характеристик комплекса системы управления огнем (СУО), которые обеспечивают решение задачи обнаружения с вероятностью 0,8 и более, что означает фактически достоверное событие за определенный отрезок времени.

Маскировка есть совокупность мероприятий, имеющих целью сокрытие от противника истинной обстановки. Эти мероприятия состоят из приемов и средств, назначенных для противодействия наблюдению для того, чтобы результаты наблюдения приводили противника к неправильной оценке обстановки [3–5].

Чтобы достигнуть уменьшения заметности своих сил, применяют разнообразные средства маскировки, представленные на рисунке 1.

Результаты наблюдений зависят в конечном итоге от зрительного восприятия (за исключением тех случаев, когда глаз заменяют особыми оптическими приемниками), а само зрительное восприятие существенно зависит от условий наблюдения.

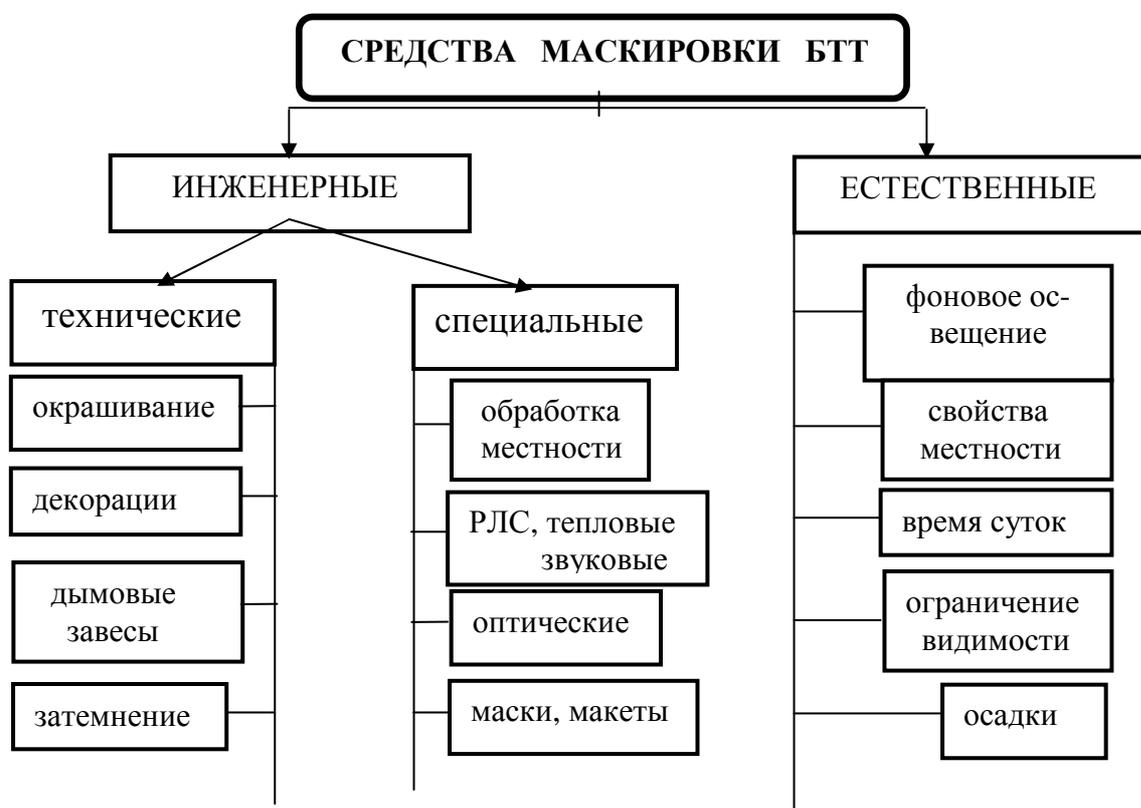


Рисунок 1 – Средства маскировки БТТ

Поэтому оптическая маскировка должна обязательно учитывать: в каких условиях применяются маскировочные средства (днем, ночью или в сумерках), расстояние для эффективной маскировки и каким оптическим средствам она должна противодействовать.

Разница этих двух понятий заключается в требуемой точности совпадения оптических свойств объекта и фона. Однако в действительности естественные фоны всегда отличаются некоторой пестротой: яркость их и цвет никогда не бывает равномерными. Это позволяет стремиться не к точному совпадению свойств объекта и фона, а к достаточному приближению этих свойств, чтобы сходными оказались только их характер.

Уменьшение заметности объекта (рис. 2) может быть достигнуто при наличии надлежащего соответствия между коэффициентом отражения его окраски и коэффициентом яркости фона [3].

Если окрасить объект БТТ одноцветной краской, то распределение яркости по видимой его поверхности не будет равномерным, что вызвано конструктивными особенностями этого класса техники, предста-

вители которой имеют многочисленные затененные места – тени от башенно-пулеметной установки, навесного оборудования, ниши надгусеничных полок и т.д. (рис. 3).

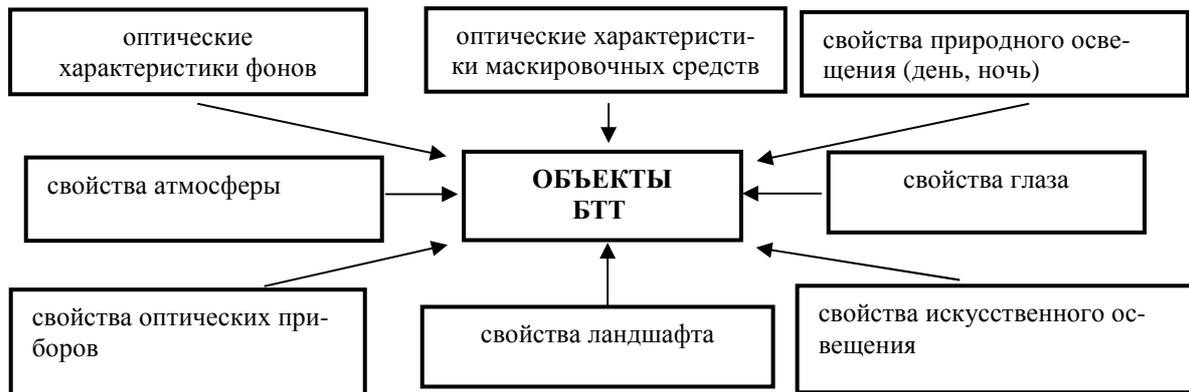


Рисунок 2 – К прямой задаче маскировки для уменьшения заметности объекта БТТ

Однако защитная окраска не может обеспечить универсальной маскировки объекта БТТ при всех возможных условиях освещения и местности, которые к тому же в течение суток могут быстро и резко изменяться.

Поэтому при выборе защитной окраски БТТ исходят из наиболее вероятной погоды в данное время года на соответствующей местности и для надежности ее маскировки в бою применяют камуфляж – искажающее окрашивание объекта пятнами разных цветов и разной яркости.

Кроме цветной имитации камуфляжа, немаловажное значение имеет и рисунок камуфляжа, основной задачей которого является искажение геометрической формы и размеров маскируемого объекта, что затрудняет не только его обнаружение, но и идентификацию.

Действие камуфляжа для некоторой заданной дистанции наблюдения l определяют как ширину пятен и полос по формуле

$$a = \frac{kl}{3300}, \tag{1}$$

где a – ширина пятен в м; k – коэффициент, учитывающий величину объекта БТТ; l – дистанция м; $\frac{1}{3300}$ в этой формуле есть тангенс угла в 1 минуту, т.е. наименьшего различимого глазом углового размера предмета.

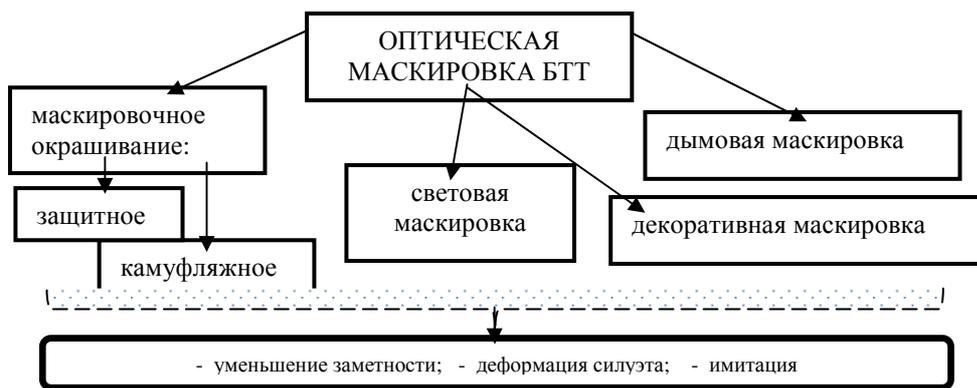


Рисунок 3 – Употребительные способы оптической маскировки БТТ

Тени создают характерный рисунок, контрастирующий с основной окраской объекта БТТ, и подчеркивают рельеф его поверхности, помогающий точно его опознать и идентифицировать. На большом расстоянии тени сливаются одна с другой и уменьшают общий коэффициент отражения видимой проекции объекта. Это ведет к повышению его скрытности, поскольку искажает восприятие его формы и тем самым препятствует идентификации его как цели.

В настоящее время существуют оптические приборы, которые способны увеличивать изображение и его чувствительность к яркости этого изображения [6–7]. Учитывая тот факт, что все искусственные покрытия отличаются по яркости от фона, что обусловлено природным коэффициентом отражения и по-

глошення, то этот физический эффект может быть положен в основу вспомогательной оптической системы распознавания целей.

Сегментация подразделяет изображение на составляющие его области или объекты. Та степень детализации, до которой доводится такое разделение, зависит от решаемой задачи. Сегментацию следует прекратить, когда интересующие объекты оказываются изолированными. Поэтому не имеет смысла проводить сегментацию мельче того уровня детализации, который необходим при заданной дистанции до цели [8–9].

Алгоритмы сегментации изображений, как правило, основываются на одном из двух базовых свойств сигнала яркости: разрывности и однородности. В первом случае подход состоит в разбиении изображения на основании резких изменений сигнала, таких, как перепады яркости на изображении.

Вторая категория методов использует разбиение изображения на области, однородные в смысле заранее выбранных критериев.

Методами, пригодными для обнаружения разрывов яркости, таких как точки, линии и перепады, а также процедуры выделения контуров являются основой алгоритмов сегментации [9].

Рассмотрим методы обнаружения трех основных видов разрывов яркости, применяющихся в цифровых изображениях: точек, линий и перепадов. Наиболее общим способом поиска разрывов является обработка изображения с помощью скользящей маски, показана на рис. 4, где отклик в каждой точке изображения задается выражением

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{i=1}^9 w_i z_i, \quad (2)$$

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

Отклик маски приписывается позиции ее центрального элемента.

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Рисунок 4 – Маска размером 3 x 3 элемента

Обнаружение отдельных изолированных точек на изображении не представляет сложности. Воспользуемся маской, показанной на рис. 5, и будем считать, что в том пикселе, куда попадает центр маски, обнаружена точка при условии:

$$|R| \geq T, \quad (3)$$

где T – неотрицательный порог, а R вычисляется в соответствии с (2). По существу в (3) измеряется взвешенная сумма разностей значений центрального элемента и его соседей.

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

Рисунок 5 – Маска для обнаружения точек

Обнаружение линий является следующим по уровню сложности рис. 6. 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. Вторая маска на рис. 6 дает наибольший отклик на линиях, проходящих под углом + 45°; третья – на вертикальных линиях; четвертая – на проходящих под углом – 45°. Эти направления можно выявить и по тому признаку, что предпочтительные направления каждой из масок характеризуются большими значениями весовых коэффициентов (а именно 2), чем любые другие направления.

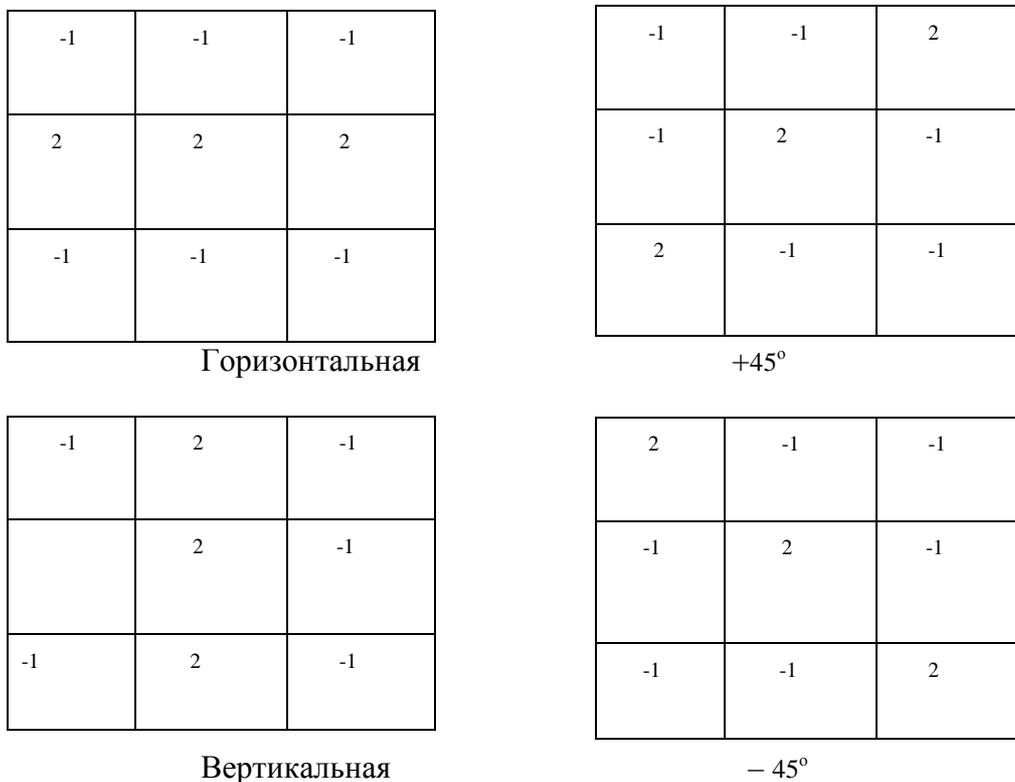


Рисунок 6 – Набор масок

Обозначим через R_1, R_2, R_3 и R_4 отклики масок, показанных на рис. 6 (слева направо), где значения R_i вычисляются согласно соотношению (1). Будем считать, что изображение обрабатывается независимо с помощью каждой из этих масок. Если в некоторой точке изображения $|R_i| > |R_j|$ для всех $j \neq i$, то 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, определяемому маской.

Обнаружение перепадов яркости является общим подходом к нахождению интерпретируемых разрывов на яркостной картине. Для обнаружения перепадов яркости на изображении применяются дискретные аналоги производных первого и второго порядка [9].

По существу понятие перепада яркости является «локальным», тогда как граница области, благодаря способу ее задания, включает в себе более глобальное представление. Корректное определение перепада требует выбора способа измерения яркостных переходов на изображении (рис. 7).

На рис. 8(а) приведено изображение, участок которого крупным планом был показан на рис. 7(б). На рис. 8(б) приведен горизонтальный профиль перепада яркости между двумя областями. На этом рисунке также показаны первая и вторая производные такого профиля яркости. При движении вдоль профиля слева направо первая производная имеет разрыв в начале и конце наклонного участка, постоянное положительное значение на протяжении склона, и равна нулю в областях постоянства яркости.

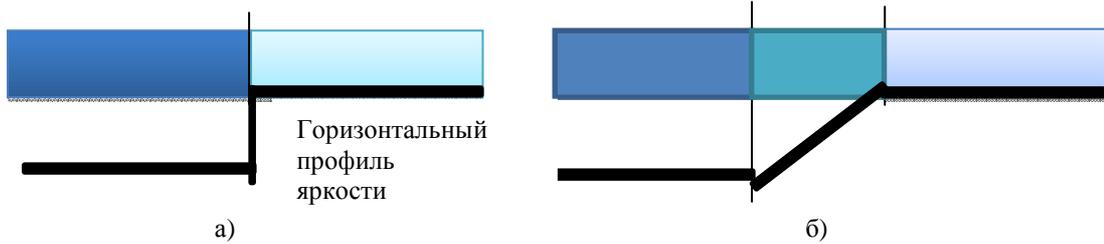


Рисунок 7 – Модель идеального (а) и наклонного (б) перепадов яркости.
Кривизна наклона обратно пропорциональна степени размытости перепада

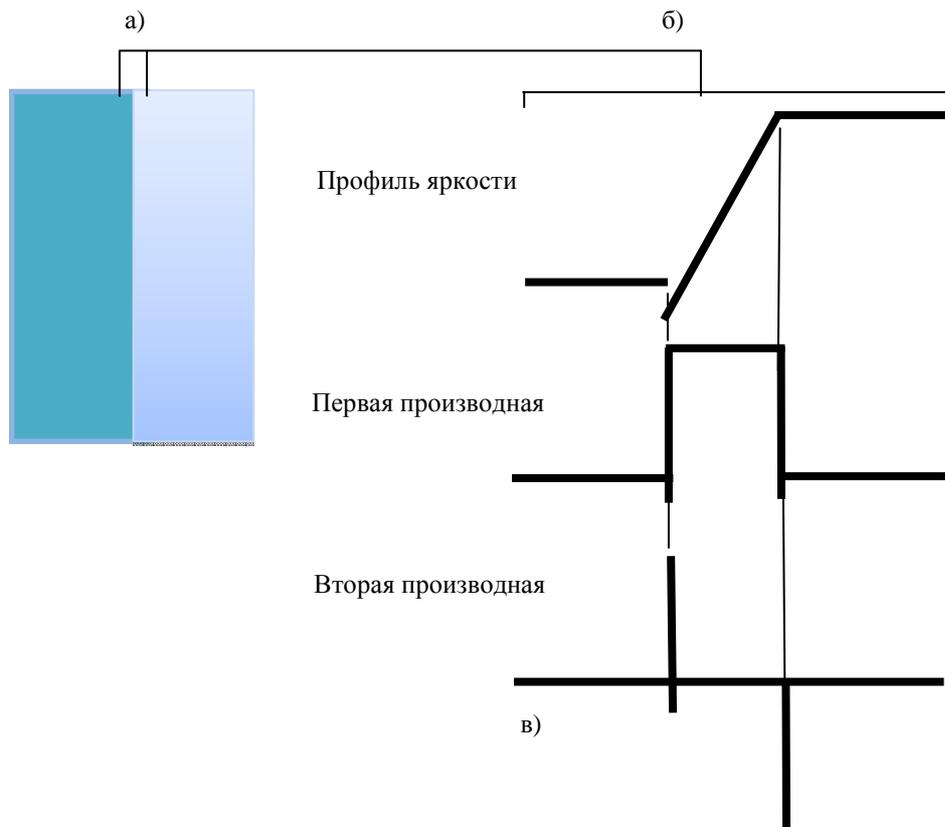


Рисунок 8 – Две области, разделенные вертикальным перепадом яркости (а).
Горизонтальный профиль яркости вблизи перепада (б). Первая и вторая производные этой зависимости (в)

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 к темному) знаки производных на рис. 8(б) изменятся на противоположные.

Можно заключить, что значение первой производной может использоваться для обнаружения наличия перепада яркости в каждой точке изображения (т.е. выяснения, находится ли точка на наклонном участке).

Таким образом, главная задача при сегментации состоит в том, чтобы собрать из участков контура более длинные контуры [9].

Для проведения поиска на графе с учетом оценки используется известный алгоритм:

Шаг 1: Отметить начальную вершину как "открытую" и установить

$$g(s) = 0.$$

Шаг 2: Если не осталось ни одной "открытой" вершины, то аварийное завершение; в противном случае продолжить выполнение.

Шаг 3: Отметить как "закрытую" ту из "открытых" вершин n , для которой оценка $r(n)$ является минимальной. В случае неоднозначности минимума выбор осуществляется произвольно, но всегда в пользу целевой вершины, если таковая есть.

Шаг 4: Если n является целевой вершиной, то завершение работы; путь, являющийся решением, находится обратным прослеживанием по ранее запомненным указателям. В противном случае продолжить выполнение.

Шаг 5: Расширить вершину n , т. е. построить все выходящие из нее дуги к вершинам-потомкам. Если таких нет, то перейти к шагу 2.

Шаг 6: Если вершина – потомок n_j еще не отмечена, то установить

$$g(n_j) = g(n) + c(n, n_j),$$

отметить вершину n_j , как "открытую" и запомнить указатель от нее обратно к n . Перейти к шагу 2.

Шаг 7: Если вершина-потомок n_j отмечена как "открытая" или "закрытая", то обновить для нее значение стоимости минимального пути из начальной вершины:

$$g'(n_j) = \min[g(n_j), g(n) + c(n, n_j)].$$

Пометить как "открытые" те из "закрытых" вершин-потомков n , для которых значения g' при этом уменьшились, и переадресовать на вершину n их прежние обратные указатели. Перейти к шагу 2.

Изложенный алгоритм не гарантирует нахождение пути минимальной стоимости; его достоинством является быстроедействие, достигнутое благодаря использованию эвристик. Если нет никакой эвристической информации (т. е. $h=0$), эта процедура сводится к алгоритму равных стоимостей. Применительно к объектам БТТ эвристической информацией являются типовые портреты этих объектов.

С целью получения данных для формирования базы данных о типовых портретах объектов бронетанковой техники проведено фотографирование БТР-60ПБ, БТР-70, БТР-80, БТР-3 [10-12]. При этом была разработана программа мероприятий, которая включала:

- произвольную выборку бронетранспортеров;
- подготовку площадок для размещения БТР (I, II, III, IV)
- установку БТР на горизонтальной площадке;
- подготовку мест для размещения оптико-цифровой аппаратуры (1–3);
- установку оптико-цифровой аппаратуры;
- обзор расстояний до бронетранспортеров (50, 100, 200, 400 м.);
- фотографическую фиксацию состояния бронетранспортеров на всех расстояниях под углом: 0° , 45° , 90° ;
- получение фотоматериалов;
- обработку результатов наблюдений;
- нахождение оптической заметности объектов БТТ.

Исследованию подвергались бронетранспортеры: БТР-60ПБ № 006, БТР-70 № 005, БТР-80 № 003 и БТР-3 (У).

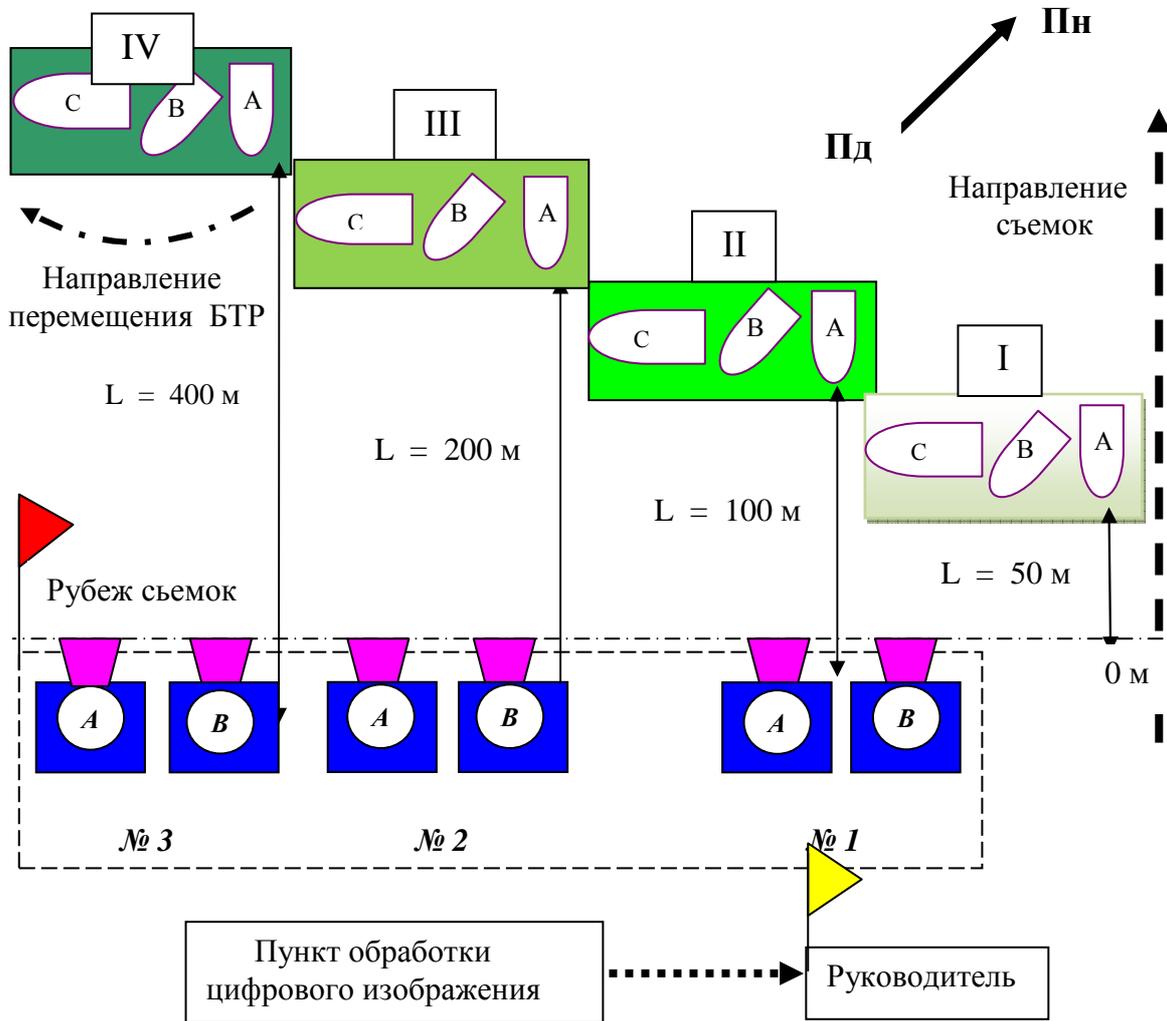
Работа проводилась при нормальных условиях в соответствии с паспортными данными оптико-цифровых приборов (А, В): температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$ – $+15$; атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) – 100 (750); напряжение питания батарей, В – 17,5; влажность воздуха, % – 50; ветер умеренный, м/с – 2–5 (рис. 9).



Рисунок 9 – Проведение эксперимента

Исследование проводилось на участке тактического поля учебного центра Академии внутренних

войск МВД Украины в течение трех дней (рис. 10). В ходе проведения исследований выполнялись работы по программе, с использованием зеркального фотоаппарата: Nikon – D5100 (A), и цифровой фотокамеры CoolPix – S8200White (B).



ОБОЗНАЧЕНИЯ:

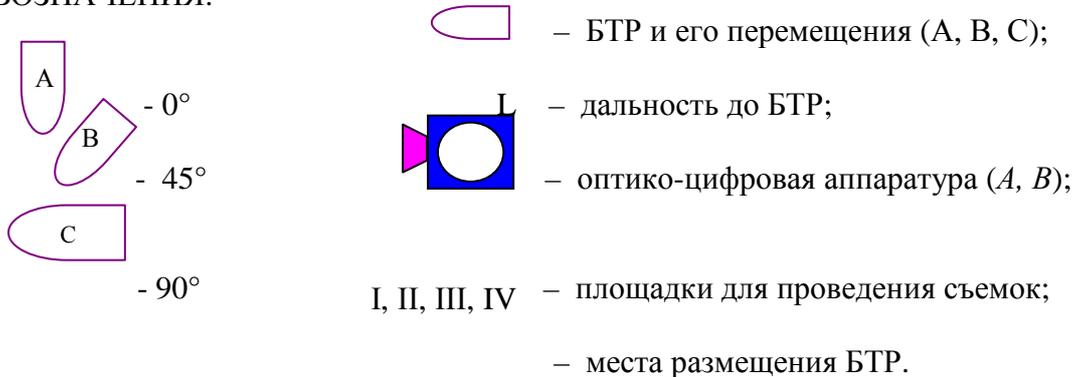


Рисунок 10 – Схема проведения эксперимента

Фотографирование БТР проводилось на полярных углах 0°, 45° и 90° (всего 3 положения), при этом оптико-цифровая аппаратура устанавливалась на расстоянии 1,5 метра от поверхности земли и бронетранспортеры размещались на соответствующих расстояниях (50, 100, 200, 400 м).

В результате проведенного научного эксперимента было сделано более 400 цифровых изображений БТР-60ПБ, БТР-70, БТР-80 и БТР-3 (рис. 11) и получены данные, которые решают поставленную задачу создания цифрового блока, содержащего оптические портреты целей БТТ.



Рисунок 11 – Оптико-цифровой блок БТТ.
Натурные фотографии БТР (а). Цифровые изображения БТР (б)

Оптические приборы имеют ограничения по дальности, даже в случае применения панкратических приборов [13]. Кроме этого, среднее время разведки зависит от характеристик оператора, которые ограничены его физическими возможностями [14].

Поэтому можно прогнозировать, что в перспективе необходимо применение дополнительных средств разведки [15], обеспечивающих:

- сканирование местности;
- цифровая обработка изображений;
- фиксация границ разных перепадов цвета и яркости;
- построение геометрических фигур по линиям резких перепадов;
- идентификация полученной фигуры с типовыми целями;

– выдача рекомендацій екіпажу по обстеженню виявленої БТТ.

В качестве одного из решений данной задачи может быть рекомендована дополнительная подсистема оптико-цифровой разведки наземных целей, в основе оптической компоненты которой лежат алгоритм и банк типовых оптических портретов БТТ.

Литература

1. Анипко О.Б., Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники. Монография. Х.: НТУ “ХПИ”, 2008. – 196 с.
2. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю., Бусяк Ю.М. Комплексная проблема поиска и обнаружения наземных целей для поражения вооружением, установленным на объектах бронетехники. // Сборник научных трудов АВВ МВС Украины. – Вып. № 2(18). – Х., 2011. – С. 24–31.
3. Левитин И.Б. Видимость и маскировка кораблей. М.: Воен. Изд., 1949 – 148 с.
4. Абчук В.А., Суздаль В.Г. Поиск объектов. М.: Советское радио, 1977 – 336 с.
5. Бекетов А.А., Белоконь А.П., Чермашенцев С.Г. Маскировка действий подразделений СВ. М.: Воен. Изд., 1976 – 140 с.
6. Разумовский И.Т. Оптика на военной службе. М.: Изд. ДОСААФ СССР, 1980 – 96 с.
7. Кулагин С.В., Гоменюк А.С., Дикарев В.Н. и др. Оптико-механические приборы – 2 изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1984 – 352 с.
8. Дж. Ту, Гонсалес Р. Принцип распознавания образов. М.: Изд. “Мир”, 1978 – 414 с.
9. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005 – 1071 с.
10. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-60ПБ. Воениздат. 1974. – 240 с.
11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-70. Воениздат. 1980. – 560 с.
12. Техническое описание и инструкция по эксплуатации бронетранспортера БТР-80. Воениздат, (часть № 1). 1989. – 280 с.
13. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М., Бирюков И.Ю., Цебрюк И.В. Модель разведки противника для повышения технических характеристик системы управления огнем танка. // Системи озброєння і військова техніка. – Вып. № 2. – Х., 2012 – С. 107–110.
14. Анипко О.Б., Бусяк Ю.М., Бирюков И.Ю. Аналитическая марковская модель функционирования комплекса вооружения танка. // Системи озброєння і військова техніка. – Вып. № 3. – Х., 2012 – С. 2 – 5.
15. Анипко О.Б., Бирюков И.Ю. Физические принципы разработки и создания комплексной оптико-акустической подсистемы обнаружения наземных целей объектами бронетехники. // Интегрированные технологии и энергосбережение. – Вып. № 3. – Х., 2012. – С. 48–54.

Bibliography (transliterated)

1. Anipko O.B., Borisjuk M.D., Busjak Ju.M. Konceptual'noe proektirovanie ob"ektov bronetankovoj tehniki. Monografija. H.: NTU “HPI”, 2008. – 196 p.
2. Anipko O.B., Birjukov I.Ju., Busjak Ju.M. Kompleksnaja problema poiska i obnaruzhenija nazemnyh celej dlja porazhenija vooruzheniem, ustanovlennym na ob"ektah bronetehniki. Sbornik nauchnyh trudov AVV MVS Ukrainy. – Vyp. # 2(18). – H., 2011. – p. 24–31.
3. Levitin I.B. Vidimost' i maskirovka korablej. M: Voen. Izd., 1949 – 148 p.
4. Abchuk V.A., Suzdal' V.G. Poisk ob"ektov. M.: Sovetskoe radio, 1977 – 336 p.
5. Beketov A.A., Belokon' A.P., Chermashencev S.G. Maskirovka dejstvuj podrazdelenij SV. M.: Voen. Izd., 1976 – 140 p.
6. Razumovskij I.T. Optika na voennoj sluzhbe. M.: Izd. DOSAAF SSSR, 1980 – 96 p.
7. Kulagin S.V., Gomenjuk A.S., Dikarev V.N. i dr. Optiko-mehaničeskie pribory – 2 izd., pererab. i dop. M.: Mashinostroenie, 1984 – 352 p.
8. Dzh. Tu, Gonsales R. Princip raspoznanija obrazov. M.: Izd. “Mir”, 1978 – 414 p.
9. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. M.: Tehnosfera, 2005 – 1071 p.
10. Tehničeskoe opisanie i instrukcija po jekspluatácii bronetransportera BTR-60PB. Voenizdat. 1974. – 240 p.
11. Tehničeskoe opisanie i instrukcija po jekspluatácii bronetransportera BTR-70. Voenizdat. 1980. – 560 p.
12. Tehničeskoe opisanie i instrukcija po jekspluatácii bronetransportera BTR-80. Voenizdat, (chast' # 1). 1989. – 280 p.

13. Anipko O.B., Busjak Ju.M., Birjukov I.Ju., Cebrjuk I.V. Model' razvedki protivnika dlja povyshenija tehniceskix harakteristik sistemy upravlenija ognem tanka. Sistemi ozbroennja i vijs'kova tehnika. – Vyp. # 2. – H., 2012 – p. 107–110.

14. Anipko O.B., Busjak Ju.M., Birjukov I.Ju. Analiticheskaja markovskaja model' funkcionirovanija kompleksa vooruzhenija tanka. Sistemi ozbroennja i vijs'kova tehnika. – Vyp. # 3. – H., 2012 – p. 2 – 5.

15. Anipko O.B., Birjukov I.Ju. Fizicheskie principy razrabotki i sozdanija kompleksnoj optiko-akusticheskoi podsystemy obnaruzhenija nazemnyh celej ob'ektami bronetehniki. Integrirovanye tehnologii i jenergozberezenie. – Vyp. # 3. – H., 2012. – p. 48–54.

УДК 355.4; 623.40

Бірюков І.Ю.

МАСКУВАЛЬНЕ ФАРБУВАННЯ НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА МЕТОДИ ЇХ РОСПІЗНАВАННЯ

У статті розглядається маскувальне фарбування наземних нерухомих об'єктів та методи їх розпізнавання

Birukov I.Y.

MASKING OBJECT GROUND PAINTING AND METHODS OF THEIR RECOGNITION

The article deals with camouflage paint terrestrial fixed objects and methods of recognition