

УДК: 623.77

DOI: 10.53816/23061456\_2022\_3-4\_117

## ОБОСНОВАНИЕ КАМУФЛЯЖНОГО РИСУНКА МАСКИРОВОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

### SUBSTANTIATION OF THE CAMOUFLAGE COATINGS PATTERN FOR VARIOUS PURPOSES

*Канд. техн. наук А.М. Шевчук, канд. техн. наук С.Ю. Карасёв*

*Ph.D. A.M. Shevchuk, Ph.D. S.Yu. Karasev*

*ВКА им. А.Ф. Можайского*

В статье представлен анализ направлений применения маскировочных покрытий, принципов построения камуфляжного рисунка и предложен метод построения модели фоновой рисунка местности для применения его в камуфляжных покрытиях военного и гражданского назначения. Предлагаемый методический аппарат анализа цветовой структуры наблюдаемых объектов основывается на механизмах цветового восприятия человеческого глаза. Для оценивания эффективности новых камуфляжных покрытий предлагается использование способа автоматизированной оценки замаскированных объектов с использованием индекса сходства камуфляжа с фоновым изображением, соответствующим естественным реакциям человека на наблюдаемую картинку.

**Ключевые слова:** камуфляжные покрытия, маскирующие свойства местности, эффективность маскировки.

The article presents an analysis of the camouflage coatings application directions, the principles of constructing a camouflage pattern, and a method for constructing a model of a terrain background pattern for its use in camouflage coatings for military and civil purposes is proposed. The proposed methodological apparatus for analyzing the color structure of observed objects is based on the mechanisms of the human eye color perception. To assess the effectiveness of new camouflage coatings, it is proposed to use a method for automated assessment of camouflaged objects using the camouflage similarity index with a background image corresponding to the natural reactions of a person to the observed image.

**Keywords:** camouflage coatings, camouflage properties of terrain, camouflage efficiency.

#### Введение

Камуфляж (от французского слова *camouflage*) — способ маскировки, при котором на маскируемый предмет (объект) наносятся пятна, полосы различной формы и цвета. Камуфляж изменяет внешний вид и искажает контуры предмета. Изначально камуфляж стал применяться в военном

деле для индивидуального скрывания личного состава воюющих армий от наблюдения противника, но вскоре все армии мира пришли к использованию камуфляжных рисунков для изготовления практически всей военной экипировки, чтобы уберечь личный состав при ведении боевых действий [1].

Первоначально в камуфляже использовался цвет хаки, что в переводе с персидского означает

«пыльный, земляного цвета». Позже было разработано и внедрено пять международных типов камуфляжа:

- «лес» (в основном используется на большей части территории Америки и Европы);
- «зима» (для действий в зимнее время года);
- «пустыня» (для применения в пустынях Азии и Северной Америки);
- «джунгли» (используется в джунглях Африки и Южной Америки);
- «буш» (редкий тип расцветки, который применим только на юге Африки).

В настоящее время камуфляж используют не только военные, но также и спортсмены, туристы, геологи, охотники и рыбаки.

Камуфляжные покрытия (экраны) получили широкое применение как в военном, так и в гражданском деле. В военном деле для скрытия объектов и техники применяются маскировочные комплекты и маски. Их основным назначением является изменение геометрической формы объ-

екта и тени от него в комплексе с использованием видовых свойств местности, а также уменьшение различий между коэффициентами спектральной яркости маскируемого объекта и фона.

Камуфлированные покрытия могут применяться как для объектов и техники, расположенных на открытой местности или в лесу (рис. 1, а), так и индивидуально для личного состава с целью скрытого, точного и неожиданного ведения огня по любой цели, в любом месте и в любое время (рис. 1, б).

В гражданском деле с 70-х годов XX века для охоты на водоплавающих птиц: гуся или утку — используют камуфляжные охотничьи сети, которые являются неплохой альтернативой естественным укрытиям. Способов охоты на дикую птицу огромное множество, и все они требуют различных видов маскировки: от костюма охотника до специально обустроенных укрытий на местности с применением камуфлированных покрытий (рис. 2).



а



б

Рис. 1. Маскировочные комплекты военного назначения: а — MIRANDA; б — CAMOSPHERE



а



б

Рис. 2. Маскировочные сети, применяемые на охоте: а — Loogu 2.5M Desert Camouflage Net; б — ЭКОН М

### Принципы разработки моделей камуфляжного рисунка

Принципы разработки моделей военного и гражданского (охотничьего) камуфляжа, в том числе и для маскировочных покрытий, различаются, потому что этого требует природа их применения в окружающей среде и сенсорные свойства, которыми обладает противник в военном деле и животное или птица на охоте.

Далее рассмотрим некоторые принципы, влияющие на построение модели камуфляжного рисунка маскировочного покрытия или одежды. Визуальное обнаружение противника работает одинаково как для людей, так и для животных (птиц), то есть в широком (биологическом, смысле); глаза чувствительны к определенным цветам (или длинам волн света) и обнаруживают их с помощью фоторецепторных клеток. Но восприятие цветов человеком и животным (птицей) существенно отличается. Отсюда имеем первый принцип — «Восприятие цвета».

Человеческий глаз имеет три цветовых сенсорных элемента: синий, желто-зеленый и красный. При работе вместе, этих трех сенсорных элементов достаточно, чтобы человек мог видеть весь спектр цветов от фиолетового до красного. Поскольку у нас есть три типа цветных клеток, люди, как и другие приматы обладают трихроматическим (трехцветным) зрением. В то же время многие животные имеют дихромное (двухцветное) зрение, то есть они имеют только два типа цветовых клеток — светло-голубые клетки и зелено-желтые светлые клетки. В связи с чем они могут видеть только в этих цветах, а фиолетовый, оранжевый и красный воспринимают как

серый, не заслуживающий внимания (рис. 3). Учитывая это, для обеспечения безопасности на охоте разрабатывается охотничья одежда ярких красно-оранжевых цветов [2].

В отличие от животных, о которых говорилось выше, птицы обладают тетрахроматическим (четырёхцветным) или даже потенциально пентахроматическим (пятицветным) цветовым зрением, то есть у них в глазах больше типов цветовых рецепторов, чем у людей. Птицы могут видеть всю радугу даже за пределами того, что может видеть человек. Птицы могут различать очень похожие оттенки цвета и преуспевают в ультрафиолетовом видении.

Второй принцип — «Движение — Неподвижность». Природа охоты основана на том, что ее эффективность во многом зависит от неподвижности охотника в точке А, так как охотничьи животные обладают превосходными чувствами обнаружения движения и при смене местоположения, например в точку В, обнаружат его уже через несколько шагов. То есть, имеющийся у охотника камуфляж может быть эффективен только в точке А, где охотник не обнаруживается животным, и не обязательно будет эффективен в точке В. Это связано также с тем, что у животного поле зрения составляет около 270 градусов, в то время как у людей — 140 (рис. 4, а).

В военном деле камуфляж должен «работать» одинаково эффективно в точке А и в точке В при различной окружающей среде (рис. 4, б).

Третий принцип — «Восприятие расстояния». Окружающая среда имеет множество макро-, миди- и микроэлементов, определяющих общий фон для наблюдаемого объекта. Известно, что острота нормального зрения человека



а



б

Рис. 3. Восприятие цвета: а — человеком — трихроматическое зрение; б — животным — дихромное зрение

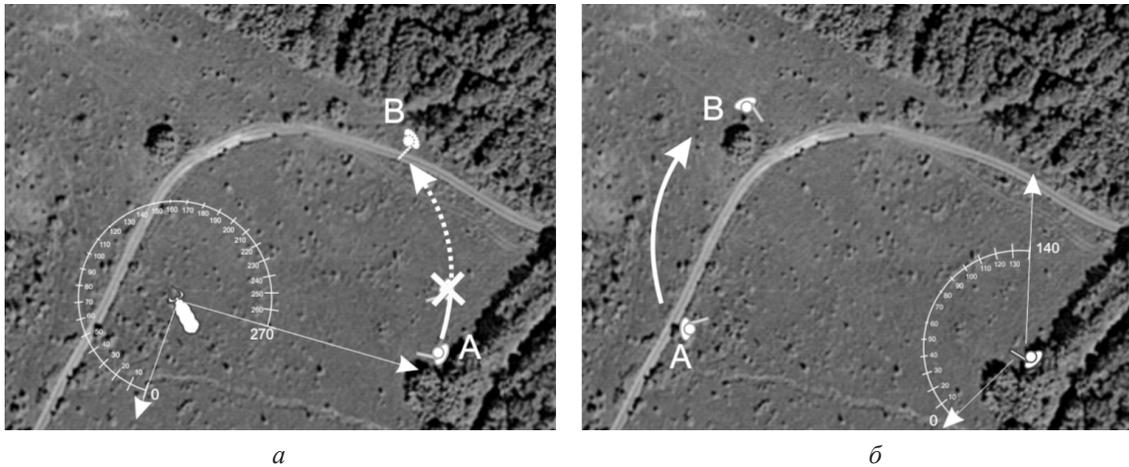


Рис. 4. Схема принципа «Движение–Неподвижность»: а — охота; б — военное дело

соотносится как 20/20, то есть единица. Нормальное зрение, например оленя, составляет 20/200, что означает, что объект, находящийся на расстоянии 200 метров, не будет им ясно виден, до тех пор пока животное не окажется всего в 20 метрах от него. Острота зрения других животных оказывается по факту еще хуже в пределах 20/300 — 20/1000. В то же время птицы обладают гораздо более острым зрением, чем человек (лучше 20/20).

Четвертый принцип — «Наличие приборов наблюдения и носители».

Для индивидуальной маскировки охотника данный принцип не имеет никакого значения, в то же время в военном деле он, пожалуй, основной, так как противник обладает современной инструментальной базой наблюдения (средствами разведки), расположенной на разных носителях (наземных, воздушных или космических) и работающей в различных спектрах (видимом, инфракрасном или радиолокационном).

Таким образом, из изложенного можно сделать следующие выводы:

– камуфляжный рисунок при охоте на животных имеет не столь важное значение, как при охоте на птиц;

– при разработке камуфляжного рисунка для маскировки охотников, стационарных объектов или сооружений, а также маскировочных покрытий (сетей) принцип «Движение–Неподвижность», также не имеет значения и в этом случае будет достаточно применения модели мимикрии, сущность которой состоит в том, что ри-

сунк хорошо сочетается с местностью и позволяет хорошо сливаться с окружающей средой;

– для маскировки объектов военного назначения, наблюдаемых с различных расстояний и высот, в том числе с использованием приборов наблюдения, камуфляжный рисунок должен содержать множество диапазонов отчетливо различимых пятен от макро- до микроэлементов.

Кроме того, использование только метода мимикрии в камуфляжном рисунке маскировочных покрытий военного назначения в настоящее время становится недостаточным в связи с применением противником современных разведывательных оптико-электронных средств. Например, сегодня разработчики военного камуфляжа сталкиваются с новыми требованиями по противодействию угрозам, возникающим от относительно низкотехнологичных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [3, 4], с установленными высокотехнологичными гиперспектральными сенсорными датчиками, которые в настоящее время находятся в стадии разработки и в будущем позволят с высокой вероятностью выявлять замаскированные объекты, а применение технологии сверхразрешения обеспечит дополнительные возможности БПЛА к вычислительной визуализации изображений объектов высокого разрешения из наблюдаемых множественных изображений низкого разрешения [5].

В последние годы в ряде исследований рассматривалась проблема сходства объекта-цели и фона при его поиске и наблюдении. В работе [6] исследовались вопросы влияния конфигурации

фона на процессы поиска замаскированного объекта. В частности, было выдвинуто предположение, что информация об объектах накапливается медленнее, когда объект-цель и фон имеют общие черты, в результате чего порог принятия решения на уничтожение объекта достигается медленнее [6].

То есть самый эффективный способ скрыть объект — это смешать его визуальные особенности (оптические демаскирующие признаки [6, 7]) с фоном, чтобы при наблюдении было трудно определить размеры и форму объекта. В этих условиях оценивание фона как одного из элементов маскирующих свойств местности [8, 9] в целях создания новых камуфляжных маскировочных покрытий является актуальным. При этом камуфляжный рисунок покрытия должен быть в некоторой степени универсальным и в то же время соответствовать фоновому рисунку местности [10–12].

Основной целью настоящего исследования является разработка графического метода построения камуфляжного рисунка покрытий различного назначения для снижения оптической заметности скрываемых объектов.

## Метод

При построении модели фона в качестве примера для оценки фонового изображения рассмотрим фотографию участка местности из глобальной сети интернет (рис. 5).

Ограничения, применяемые при построении модели исследуемого фона:

### 1. Текстура фонового изображения.

Исследования текстурных свойств изображений местности (рис. 6) показывают, что естественное изображение содержит элементы всех размеров. Вместе с тем элементы большего размера встречаются реже. Кроме того, естественные изображения показывают такое же статистическое поведение, что и фракталы — изображения, которые в точности или частично являются частью себя при увеличении или уменьшении (самоподобное множество нецелой размерности). Для построения модели используется текстура с аналогичной фрактальной природой, и модель будет содержать элементы разного размера, т.е. в создаваемом искусственном фоне будут присутствовать элементы, соответствующие элементам естественного фона.



Рис. 5. Пример участка местности



Рис. 6. Маскировочный комплект (<https://s.optlist.ru/i/41/98/15a14ba5a71cd1ed-4198-1.jpg>)

Анализ искусственных рисунков фона (рис. 6), применяемых для камуфляжа, показывает, что они содержат доминирующее направление, т.е. содержат элементы удлиненной формы.

В случае если фон состоит из поверхности земли, на которой открыто расположен объект, это имеет смысл. В случае создания искусственного фона, закрывающего обзор, скрываемые объекты не должны будут иметь теней, и поэтому в создаваемом искусственном фоне будет использоваться рисунок без доминирующего направления;

2. Цветовая гамма фонового изображения.

Предлагается следующая последовательность получения цветовой гаммы фона. На фоновом изображении выбираются участки с характерным однородным текстурным узором (рис. 7). Из изображений этих участков в зависимости от доли занимаемой площади предлагается выделять не менее четырех основных цветов, далее применяемых в модели.

**Алгоритм получения рисунка камуфляжного покрытия**

Для получения пятен (паттерн) разрабатываемого камуфляжа составляем коллаж из изображений с однородным текстурным узором (рис. 7). Далее преобразуем коллаж в цветной фрактальный узор следующим образом:

– преобразуем коллаж в индексированное изображение с использованием 16 цветов и стандартных методов индексирования (например, с помощью известных редакторов растровых изображений);

– 16 цветов в цветовой карте цветного фрактала, а также коллаж упорядочиваем в соответствии с их появлением;

– цвета в цветном фрактале (индексное изображение, содержащее 16 цветов) заменяем цветами цветовой карты, полученной в п. 2 (цветовая гамма фонового изображения);

– формируем конечный рисунок камуфляжа, убирая наиболее крупные и имеющие характерные особенности пятна.

Таким образом получаем узор камуфляжного покрытия с цветовым распределением, аналогичным таковому в коллаже (рис. 8).

**Результаты и обсуждение**

Традиционным способом оценивания эффективности камуфляжа в настоящее время является работа экспертов (наблюдателей) в конкретных полевых условиях. Такой подход является дорогостоящим, трудоемким и сложным. Поэтому все чаще для получения первичной оценки эффективности камуфляжа применяется фотомоделирование, суть которого заключается в создании набора фотоснимков (слайдов) необходимых фонов в различных условиях с

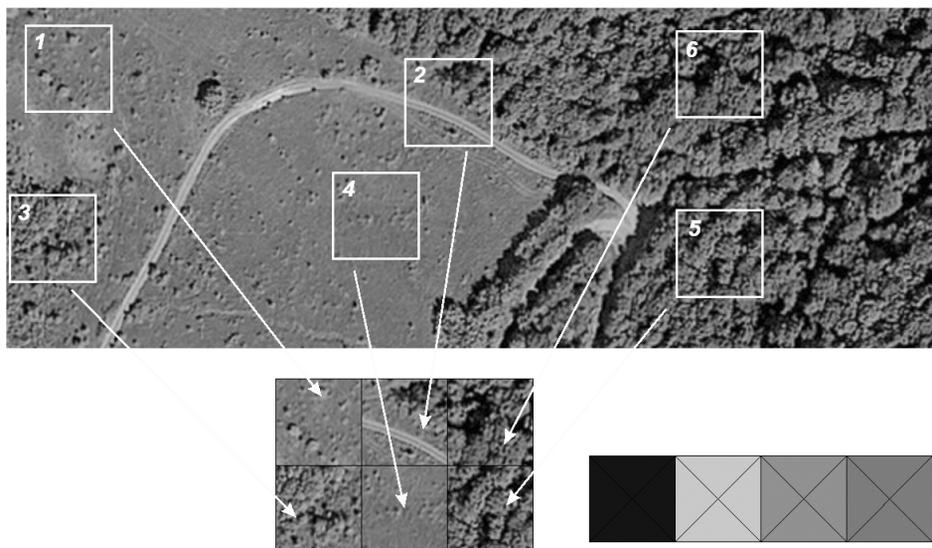


Рис. 7. Образцы фона, примененные для определения цветовой модели камуфляжа

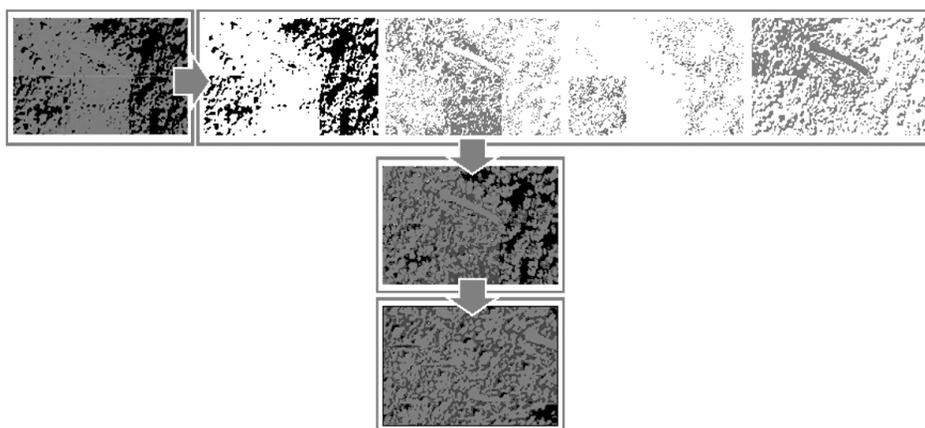


Рис. 8. Камуфляжное покрытие, разработанное для конкретного района местности (вариант)

размещением на них изображений замаскированных объектов и дальнейшем визуальном оценивании экспертами уже в лаборатории [6, 13]. Для получения максимально объективной оценки применяется математический аппарат, основанный на алгоритмах оценки качества изображений.

Математические алгоритмы оценивания эффективности замаскированных объектов основываются на автоматической оценке качества фото- или видеоизображения местности в соответствии с естественными реакциями человека — оператора на наблюдаемую картинку.

Известно множество алгоритмов объективной оценки качества изображения, например среднеквадратичная ошибка (Mean Square Error — MSE) и пиковое отношение «сигнал-шум» (Peak Signal Noise Ratio — PSNR) [14, 15]. В исследованиях [15, 16] выявлено, что наиболее эффективным инструментом оценки камуфляжного эффекта является применение универсального индекса качества изображения (Universal Image Quality Index — UIQI), который хорошо коррелирует с психофизическими показателями человека и основан на системе человеческого зрения (Human Vision System — HVS) [14, 17].

Считается, что основной функцией зрительной системы человека является извлечение структурной информации из изображения и использование этой информации для формирования субъективно наилучшего приближения воспринимаемого качества изображения к реальному. Основываясь на этом принципе, Wang Z. и Bovik A.C. предложили универсальный индекс

качества изображения для классификации изображений с различным уровнем искажений [14]. Этот индекс UIQI был адаптирован в работе [15] для оценивания различия между реальным фоном ( $b$ ) и камуфляжными рисунками, имитирующими этот фон ( $c$ ):

$$\begin{aligned} \text{UIQI} &= \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_b \sigma_c} \cdot \frac{2\bar{bc}}{b^2 + c^2} \cdot \frac{2\sigma_b \sigma_c}{\sigma_b^2 + \sigma_c^2} = \\ &= \frac{4\sigma_{bc} \bar{bc}}{(b^2 + c^2)(\sigma_b^2 + \sigma_c^2)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\sigma_b$  — среднеквадратическое отклонение уровня серого цвета точки ( $i, j$ ) и элементарного изображения фона (здесь и далее — значение RGB от 0 до 255);

$\sigma_c$  — среднеквадратическое отклонение уровня серого цвета точки ( $i, j$ ) и элементарного изображения камуфляжного рисунка;

$\sigma_{bc}$  — среднеквадратическое отклонение уровня серого цвета точки ( $i, j$ ) и элементарного изображения фона и камуфляжного рисунка;

$\bar{b}$  — среднее значение уровня серого цвета элементарного участка фонового изображения;

$\bar{c}$  — среднее значение уровня серого цвета элементарного участка камуфляжного изображения, определяемые по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} \bar{b} &= \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N b_{ij}; \\ \bar{c} &= \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij}; \end{aligned}$$

$$\sigma_b = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (b_{ij} - \bar{b})^2;$$

$$\sigma_c = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (c_{ij} - \bar{c})^2;$$

$$\sigma_{bc} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (b_{ij} - \bar{b})(c_{ij} - \bar{c}),$$

где  $b_{ij}$  — красный, зеленый, синий (RGB) уровень серого цвета точки  $(i, j)$  фонового изображения;

$c_{ij}$  — красный, зеленый, синий (RGB) уровень серого цвета точки  $(i, j)$  изображения камуфляжа;

$M$  — количество пикселей по горизонтали в выбранном элементарном участке (13 пикселей);

$N$  — количество пикселей по вертикали в выбранном элементарном участке (50 пикселей).

Все оттенки серого цвета различных уровней образуются смешиванием трех составляющих одинаковой яркости. Например, при значениях  $R = 200, G = 200, B = 200$  имеем светло-серый цвет, а при значениях  $R = 100, G = 100, B = 100$ , соответственно — темно-серый.

Как видно, уравнение (1) изначально (до приведения) состоит из трех составляющих. Первая составляющая представляет собой коэффициент корреляции между изображением с камуфляжем и фоном. Вторая — это средняя яркость между изображением камуфляжа и фоном. Третья — коэффициент контраста камуфляжа и фона.

Таким образом, индекс UIQI учитывает коэффициент корреляции изображений, яркость и контрастную информацию, что делает UIQI потенциально более похожим на обработку HVS. Диапазон индекса UIQI составляет от  $-1$  до  $1$  и вычисляется для одной и той же области изображения фона и камуфляжа. Наиболее эффективным считается камуфляж с индексом UIQI =  $1$ , т.е. когда изображения идентичные.

Серия экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных условиях по проверке обоснованности и пригодности применения индекса UIQI с использованием глазного трекера, регистрирующего информацию о движении глаз экспертов, осуществляющих поиск на изображениях замаскированных

ных объектов, показала, что предложенный алгоритм является достаточно объективным средством оценивания эффективности маскировки, соответствующим предиктором реакции человека [13].

Использование индекса UIQI при оценивании эффективности различных камуфляжных рисунков на различных фонах показало, что на скалистом, как и на травяном фоне его валидность превзошла остальные (MSE и PSNR). Вместе с тем сделан вывод о том, что для более полного подтверждения работоспособности индекса UIQI необходимо проведение дальнейших исследований по проверке результатов, полученных в полевых условиях, близких к реальной боевой обстановке.

Имея в своем распоряжении такой универсальный показатель эффективности камуфляжа как индекс UIQI, для скрываемого конкретного объекта для практической априорной оценки вероятности его обнаружения ( $P_{об}$ ) с помощью технических средств наблюдения можно применить формулу

$$P_{об} = 1 - e^{-\frac{\varpi(1-UIQI)}{2}},$$

где  $\varpi$  — показатель обзорности замаскированного объекта.

Показатель  $\varpi$  требует детальной разработки и, на наш взгляд, должен учитывать размеры замаскированного объекта, разрешающую способность средства наблюдения, а также благоприятность условий наблюдения экспертом и может быть, например, определен следующим образом:

$$\varpi = 3,5\varphi \sqrt{\frac{R_r}{R_c}},$$

где  $R_r$  — разрешающая способность средства наблюдения, которая определяет количество и информативность добываемых с его помощью признаков объектов наблюдения;

$R_c$  — размеры радиуса цели  $j$ -го типа;

$\varphi$  — показатель благоприятности условий наблюдения.

Показатель благоприятности условий наблюдения зависит от множества природных и искусственных (техногенных) факторов и может определяться по следующей зависимости:

Значения коэффициента условий наблюдения

Факторы, влияющие на наблюдение	Характеристика условий наблюдения ( $\gamma$ ) / $\varphi_{(\gamma)}$ коэффициент условий наблюдения
Погодные условия	Ясно / 1,00 Облачно / 0,50 Осадки / 0,25
Время суток	День / 1,00 Сумерки / 0,40 Ночь / 0,20
Сезонность	Зима / 1,00 Весна / 0,90 Осень / 0,80 Лето / 0,70
Условия расположения	Открытое расположение / 1,00 Кустарник / 0,85 Лес / 0,20
Рельеф местности	Равнинный / 1,00 Холмистый / 0,70 Гористый / 0,35
Задымленность	Отсутствует / 1,00 Промышленный смог / 0,40 Пожарный смог / 0,10

$$\varphi_r = \prod_{\gamma=1}^6 \varphi_{(\gamma)}, \gamma = 1(1)6,$$

где  $\varphi_{(1)}$  — коэффициент благоприятности погодных условий ( $\gamma = 1$ );

$\varphi_{(2)}$  — коэффициент благоприятности времени суток ( $\gamma = 2$ );

$\varphi_{(3)}$  — коэффициент сезонности ( $\gamma = 3$ );

$\varphi_{(4)}$  — коэффициент условий расположения на местности ( $\gamma = 4$ );

$\varphi_{(5)}$  — коэффициент рельефа местности ( $\gamma = 5$ );

$\varphi_{(6)}$  — коэффициент атмосферных условий ( $\gamma = 6$ ).

Указанные выше коэффициенты должны определяться экспериментальным путем, но в целях оценки предварительной работоспособности представленного выше методического подхода предлагается их значениям присвоить величины, указанные в таблице.

## Выводы

Представленный в настоящей работе способ построения модели фонового рисунка местности для камуфляжных маскировочных покрытий актуален прежде всего для изделий военного назначения и отличается от традиционно применяемых тем, что на основе графического анализа реальной местности по фотоизображениям фоновой подстилающей поверхности выделяется характерный рисунок и ее основные цвета. При этом полученный рисунок искусственного фона местности состоит из некоторого количества хорошо различимых пятен, где более мелкие пятна не воспринимаются как самостоятельные элементы, а более крупные воспринимаются как группа отдельных пятен.

Применение маскировочных покрытий, имеющих максимальное сходство по цвету и текстуре поверхности с фоновой подстилающей поверхностью местности оказывается эффективным только в видимом диапазоне электромагнитного спектра (например, с использованием индекса UIQI) и не эффективным против средств много- и гиперспектральной разведки. Поэтому актуальным на настоящее время остается проблема создания комбинированных маскировочных покрытий, которые были бы, с одной стороны, достаточно эффективны в различных диапазонах длин волн оптического спектра, а с другой — обладали небольшой массой и устойчивостью окрасочного покрытия к внешним воздействиям.

Разработка программно-вычислительного комплекса на основе предложенной модели определения конфигурации маскировочного рисунка позволит повысить эффективность и оперативность маскировочных мероприятий.

## Литература

1. Тиханычев О.В. Повышение скрытности объектов: история и современность // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2020/03/91785> (дата обращения: 16.09.2020).
2. Тетера В.А. Специальная одежда повышенной видимости и безопасность на охоте // Дальневосточный аграрный вестник. — Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. № 4 (56). С. 106–113. <http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-14056>
3. Science & Technology Trends 2020–2040. Exploring the S&T Edge. NATO Science & Technology Organization. 2020. March 2020. P. 68.

4. Самойлов П.В., Иванов К.А. Угрозы применения малоразмерных БПЛА и определение наиболее эффективного способа борьбы с ними // Молодой ученый: международный научный журнал. — Казань: ООО «Издательство Молодой ученый». 2017. № 45 (179). С. 59–65.
5. Xiong Z., Yu Q., Sun T., Chen W., Wu Y., Yin J. Super-resolution reconstruction of real infrared images acquired with unmanned aerial vehicle. 2020. PLoS ONE 15(6): e0234775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234775>
6. Wolfe J.M., Oliva A., Horowitz T.S., Butcher S.J., Bompas A. Segmentation of objects from backgrounds in visual search tasks. 2002 *Vision Res* 42: 2985–3004.
7. Гуляев В.П. Анализ демаскирующих признаков объектов информатизации и технических каналов утечки информации: учебно-методический комплект. — Екатеринбург: Изд-во Урал ун-та. 2014. С. 51–54.
8. Военная топография [Электронный ресурс]: учебник / А.В. Гаврилов, В.А. Андреев, Д.М. Петров, В.Н. Филатов и др.; под общ. ред. А.Н. Зализнюка. Электрон. текстовые дан. (1,42 Гб). 3-е изд. — СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2018. URL: <http://kamchatgtu.ru/wp-content/uploads/2019/03/Военная-топография.pdf> (дата обращения: 26.12.2020).
9. Кузьмин В.В., Удальцов Н.П. Алгоритм определения местоположения объектов при использовании тактических свойств местности // Современные тенденции развития науки и производства: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции (5 декабря 2017 года). Том II. — Кемерово: ЗапСибНЦ. 2017. С. 312–314.
10. Фрейман В.А., Брынюк С.В. О конструктивных технических решениях, применяемых при маскировке войск и объектов // Актуальные проблемы военно-научных исследований: сборник научных трудов. — СПб.: Военный институт (инженерно-технический) ВА МТО. 2020. Вып. 5 (6). С. 209–217.
11. Bausys R., Danaitis K.S. (2010) Camouflage painting of buildings. 10th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques. Vilnius, Lithuania. Pp 853–856. [https://www.researchgate.net/publication/265925767\\_camouflage\\_painting\\_of\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/265925767_camouflage_painting_of_buildings).
12. Тачев М.Т. Графические способы повышения защитных качеств при проектировании камуфляжного дизайна // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. Материалы конференции. Том I. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2015. С. 586–599.
13. Bai X., Liao N., Wu W. Assessment of Camouflage Effectiveness Based on Perceived Color Difference and Gradient Magnitude. 2020. *Sensors* 20 (17): 4672. <https://doi.org/10.3390/s20174672>.
14. Wang Z., Bovik A.C. A universal image quality index. *IEEE Signal Processing Letters*. 2002. 9: 81–84.
15. Chang C.C., Lee Y.H., Lin C.J., Liu B.S., Shih Y.C. (2012). Visual assessment of camouflaged targets. *Perceptual and Motor Skills* 114: 1–15.
16. Lin C.J., Chang C.C., Liu B-S. Developing and Evaluating a Target-Background Similarity Metric for Camouflage Detection. 2014. PLoS ONE 9(2): e87310. doi:10.1371/journal.pone.0087310.
17. Piella G., Heijmans H. A new quality metric for image fusion, *IEEE Conference on Image Processing*. 2003. 3, 173–176.

## References

1. Tikhanychev O.V. Povysheniye skrytnosti obyektov: istoriya i sovremennost // *Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii*. 2020. № 3. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2020/03/91785>.
2. Tetera V.A. Spetsialnaya odezhda povyshennoy vidimosti i bezopasnost na okhote // *Dalnevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2020. № 4 (56) Pp. 106–113.
3. Science & Technology Trends 2020–2040. Exploring the S&T Edge. NATO Science & Technology Organization, 2020. March 2020. P. 68.
4. Samoylov P.V., Ivanov K.A. Ugrozy primeneniya malorazmernykh BPLA i opredeleniye naiboleye effektivnogo sposoba borby s nimi // *Molodoy uchenyy: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2017. № 45 (179). Pp. 59–65.
5. Xiong Z., Yu Q., Sun T., Chen W., Wu Y., Yin J. Super-resolution reconstruction of real infrared images acquired with unmanned aerial vehicle. 2020. PLoS ONE 15(6): e0234775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234775>

6. Wolfe J.M., Oliva A., Horowitz T.S., Butcher S.J., Bompas A. Segmentation of objects from backgrounds in visual search tasks. 2002 *Vision Res* 42: 2985–3004.
7. Gulyayev V.P. Analiz demaskiruyushchikh priznakov obyektov informatizatsii i tekhnicheskikh kanalov utechki informatsii: uchebno-metodicheskiy komplekt. — Ekaterinburg: Ural. un-ty. 2014. 160 p.
8. Voyennaya topografiya [Elektronnyy resurs]: uchebnyk / A.V. Gavrilov. V.A. Andreyev. D.M. Petrov. V.N. Filatov i dr.; pod obshch. red. A.N. Zaliznyuka. — Elektron. tekstovyye dan. (1.42 Gb). 3-rd pub. — SPb.: VKAnm. A.F. Mozhayskogo. 2018. URL: <http://kamchatgtu.ru/wp-content/uploads/2019/03/Voyennaya-topografiya.pdf>
9. Kuzmin V.V., Udaltsov N.P. Algoritm opredeleniya mestopolozheniya obyektov pri ispolzovanii takticheskikh svoystv mestnosti // *Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i proizvodstva: sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (5 December 2017)*. Vol. II. — Kemerovo: ZapSibNTs. 2017. P. 312–314.
10. Freyman V.A., Brynyuk S.V. O konstruktivnykh tekhnicheskikh resheniyakh. primenyayemykh pri maskirovke voysk i obyektov // *Aktualnyye problemy voyenno-nauchnykh issledovaniy: sbornik nauchnykh trudov*. — SPb.: Voyennyy institut (inzhenerno-tekhnicheskiy) VA MTO. 2020. Vol. 5 (6). Pp. 209–217.
11. Bausys R., Danaitis K.S. (2010) Camouflage painting of buildings. 10th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques. Vilnius, Lithuania. Pp 853–856. [https://www.researchgate.net/publication/265925767\\_camouflage\\_painting\\_of\\_buildings](https://www.researchgate.net/publication/265925767_camouflage_painting_of_buildings).
12. Tachev M.T. Graficheskiye sposoby povysheniya zashchitnykh kachestv pri proyektirovani kamuflyazhnogo dizayna // *Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzovskoy sredy: traditsii i innovatsii. Materialy konferentsii*. Vol. I. — Perm. 2015. Pp. 586–599.
13. Bai X., Liao N., Wu W. Assessment of Camouflage Effectiveness Based on Perceived Color Difference and Gradient Magnitude. 2020. *Sensors* 20 (17): 4672. <https://doi.org/10.3390/s20174672>.
14. Wang Z., Bovik A.C. A universal image quality index. *IEEE Signal Processing Letters*. 2002. 9: 81–84.
15. Chang C.C., Lee Y.H., Lin C.J., Liu B.S., Shih Y.C. (2012). Visual assessment of camouflaged targets. *Perceptual and Motor Skills* 114: 1–15.
16. Lin C.J., Chang C-C., Liu B-S. Developing and Evaluating a Target-Background Similarity Metric for Camouflage Detection. 2014. *PLoS ONE* 9(2): e87310. doi:10.1371/journal.pone.0087310.
17. Piella G., Heijmans H. A new quality metric for image fusion, *IEEE Conference on Image Processing*. 2003. 3, 173–176.