

АДАПТИВНЫЙ КАМУФЛЯЖ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кандидат техн. наук, доцент **Козин Е.С.**,
кандидат техн. наук, доцент **Вохмин Д.М.**
(Тюменский индустриальный университет)

ADAPTIVE CAMOUFLAGE FOR SPECIAL PURPOSE VEHICLES

E.S. Kozin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,
D.M. Vokhmin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(Tyumen Industrial University)

Аннотация. Специальные автомобили и транспортные средства могут использоваться различными ведомствами силового или охранного типа. Одним из средств для уменьшения заметности подвижного состава является камуфляж. Целью настоящего исследования является разработка недорогой и простой по конструкции активной камуфляжной системы, способной постоянно обновлять цвет и паттерн, скрывая технику в ее текущем окружении. использующей в своей основе методы компьютерного зрения и кластеризации изображения для распознавания цвета фона и определения доминантного цвета на нем.

Abstract. Special cars and vehicles can be used by various departments of the power or security type. One of the means to reduce the visibility of rolling stock is camouflage. The aim of this study is to develop an inexpensive and simple in design active camouflage system capable of constantly updating the color and pattern, hiding the technique in its current environment. based on the methods of computer vision and image clustering to recognize the background color and determine the dominant color on it.

Ключевые слова: транспортные средства, адаптивный камуфляж, кластеризация, компьютерное зрение, автомобильный транспорт.

Keywords: vehicles, adaptive camouflage, clustering, computer vision, road transport.

Введение

Специальная техника может использоваться силами охраны правопорядка [1]. Одной из целей ее использования может являться транспортировка задержанных в рамках массовых протестных акций или беспорядков, а также перевозка сотрудников правоохранительных органов. В указанных случаях для обеспечения оперативного реагирования колонна автомобилей устанавливается на стоянку вдоль проезжей части. Колонна должна быть готова оперативно выполнять задачи [2]. Ее легко идентифицировать сторонним наблюдателям и организаторам несанкционированных акций. Однозначная идентификация и подтверждение принадлежности автомобилей может послужить основанием для усиления протестных действий и их перехода к активной фазе.

Типовое транспортное средство, принадлежащее силовым структурам, легко идентифицировать на расстоянии. Фон, напротив которого установлен автомобиль, может послужить дополнительным фактором повышения вероятности идентификации автомобиля. В условиях города фон может меняться в рамках одного квартала – от зеленого цвета придорожных насаждений до серых или коричневых оттенков зданий. Для снижения вероятности быстрого обнаружения и распознавания автомобилей может быть использован адаптивный камуфляж, способный менять свой цвет в зависимости от цвета окружающего фона.

Достаточно подробный обзор существующих разработок и технологий по снижению видимости людей и

техники приведен в работе [3]. Обзор изменения подходов к камуфлированию людей и техники приведен в [4].

Большое количество исследований направлено на разработку специальных материалов, обеспечивающих технологию снижения видимости объекта [5]. Некоторые системы адаптивного камуфляжа используют хромопленку с вплетенными ее волокна микрокамерами, создавая оптическую иллюзию невидимости закамouflированного объекта. Проблема "фонового искажения" объекта решается с применением технологии "Фазированного электронно-оптического камуфляжа".

Предлагаются варианты использования надувных куполов для военного транспорта [6].

Другие системы, например, система Adaptiv британской компании BAE Systems, работают в инфракрасном спектре. Такая система способна менять силуэт техники в инфракрасном диапазоне. Над инфракрасными видами камуфляжа для транспортных средств и военной техники работали также [7]. Разрабатываются системы адаптивного камуфляжа для движущихся объектов [8].

Также разработаны 3-D материалы, которые могут изменять нормальное направление света в видимом спектре и в ближнем ИК-спектре за счет своей объемной пространственной структуры [9].

В технической реализации средств камуфляжа используются технологии компьютерного зрения, чему посвящен ряд научных работ [10].

Однако указанные методы являются точечными и довольно дорогостоящими, поэтому не используются для покрытия большого количества типовых автомобилей.

Предлагаемый в настоящей статье метод является менее дорогостоящим по сравнению с указанными выше методами. Он предназначен не для полного сокрытия объекта, а для снижения вероятности его однозначной идентификации, и может использоваться как аналог обычным цветовым камуфляжным схемам.

Обзор и анализ предлагаемого метода

В основе метода лежит распознавание доминантного цвета изображения, полученного с использованием инструментов библиотеки компьютерного зрения OpenCV [11]. Компьютерное зрение широко используется для решения прикладных инженерных задач, в том числе для работы с цветами на изображении [12]. Изображение разбивается на категории с преобладающим на них цветом. Категории сортируются по степени доминирования цвета относительно других.

В основе метода определения доминантного цвета фонового изображения предлагается использовать кластеризацию методом k-средних.

Цветовая панель закрепляется на корпус специального автомобиля. Цветовые панели могут быть закреплены на автомобиле с использованием внешнего каркаса из труб нержавеющей стали. При необходимости активации адаптивного камуфляжа оператором производится снимок фона, перед которым будет установлен автомобиль. Активируется представленный в статье алгоритм и LED-панели с внешней стороны автомобиля приобретают цвет, преобладающий в гамме цветов используемого фона. Таким образом сторонний наблюдатель, находящийся на достаточном удалении от места стоянки автоколонны специальной техники, не сможет однозначно определить наличие цветографических рисунков, тип автомобиля и его принадлежность. Сам автомобиль будет виден, но идентифицировать его будет достаточно сложно.

Для демаскировки автомобиля либо для фиксации его характеристик наблюдателю будет нужно приблизиться на небольшое расстояние, что может послужить причиной его обнаружения. При движении колонны автомобилей адаптивный камуфляж может быть как деактивирован, так и находиться в рабочем состоянии с фиксацией наиболее подходящего фона для текущей местности.

Алгоритм получения доминантного цвета из фотографии на псевдокоде представлен ниже.

Algorithm 1 – Getting dominant color from the photo (pseudocode)	
1:	def color_clasterization(image):
2:	percentage_distribution_of_colours = KMeans(image)
3:	return percentage_distribution_of_colours
4:	GPIO.setup(pin_numbers, pin_types)
5:	picture = get_picture()
6:	image = convert_picture_to_array(Picture)
7:	desired_rgb = color_clasterization(Image)[-1]
8:	red = desired_rgb[0]
9:	green = desired_rgb[1]
10:	blue = desired_rgb[2]
11:	colours.start(red,green,blue)

В рамках прототипа алгоритм 1 был реализован на языке программирования Python с использованием следующих библиотек: библиотеки компьютерного зрения OpenCV для захвата изображений и работы с ними; библиотеки numpy для работы с числовыми массивами, в которые конвертируется изображение; библиотеки sklearn для реализации алгоритмов кластеризации методом K-средних; библиотеки RPi.GPIO для работы с контактами ввода-вывода микрокомпьютера Raspberry Pi. Далее приведено описание работы алгоритма 1.

На 1 шаге определяется функция color_clasterization, которая принимает изображение, методом K-средних осуществляет кластеризацию цветов в нем (шаг 2) и возвращает массив RGB кодов цветов и процентное распределение степени наличия цвета на изображении (шаг 3). Пример вывода функции color_clasterization приведен на рис. 1. Также на нем представлены результаты программной реализации Алгоритма 1 для двух типов фона постановки автомобилей – лесопарковая зона (А) и город (В). В первом случае доминантным цветом является темно-зеленый с вектором [21, 33, 9] и частотой появления 34.86%. Во втором случае доминантный цвет имеет вектор [89, 90, 86] и частоту появления 26.41%.

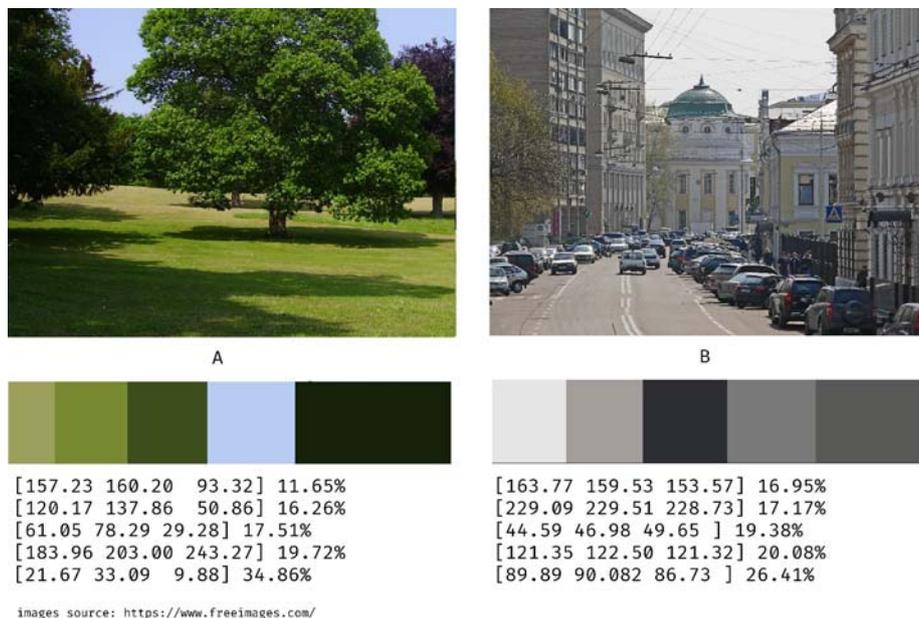


Рис. 1. Определение доминантного цвета на изображении

На 4 шаге определяются номера контактов Raspberry Pi и их тип – вывод. На 5 шаге с использованием библиотеки OpenCV производится фотографирование желаемого фона для адаптивного камуфляжа. Затем фотография переводится в числовой массив пикселей (шаг 6). После чего поступает на вход в функцию `col_og_clustering`, откуда выделяется последнее значение, которое соответствует доминантному цвету на изображении (шаг 7). Числовые значения красной, зеленой и синей составляющих доминантного цвета назначаются соответствующим переменным (шаги 8, 9, 10). На 11 шаге подается управляющий сигнал на контакты микрокомпьютера для включения светодиодной ленты.

Светодиодная RGB-лента закреплена по сторонам объемной панели с матовым внешним покрытием. Питание ленты осуществляется от источника питания 12 В. Для обеспечения мобильности конструкции может использоваться LiPo батарея соответствующего напряжения. Лента подключена к расширяющей макетной плате, через которую происходит соединение с соответствующими контактами (17-красный цвет, 27 – зеленый цвет, 22 – синий цвет) одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 4 (Рисунок 1 А). Микрокомпьютер оснащен видеочертой Raspberry Pi Camera (8Мрх1), через шлейф подключенной к разъему.

Схема элементов прототипа на рис. 2.

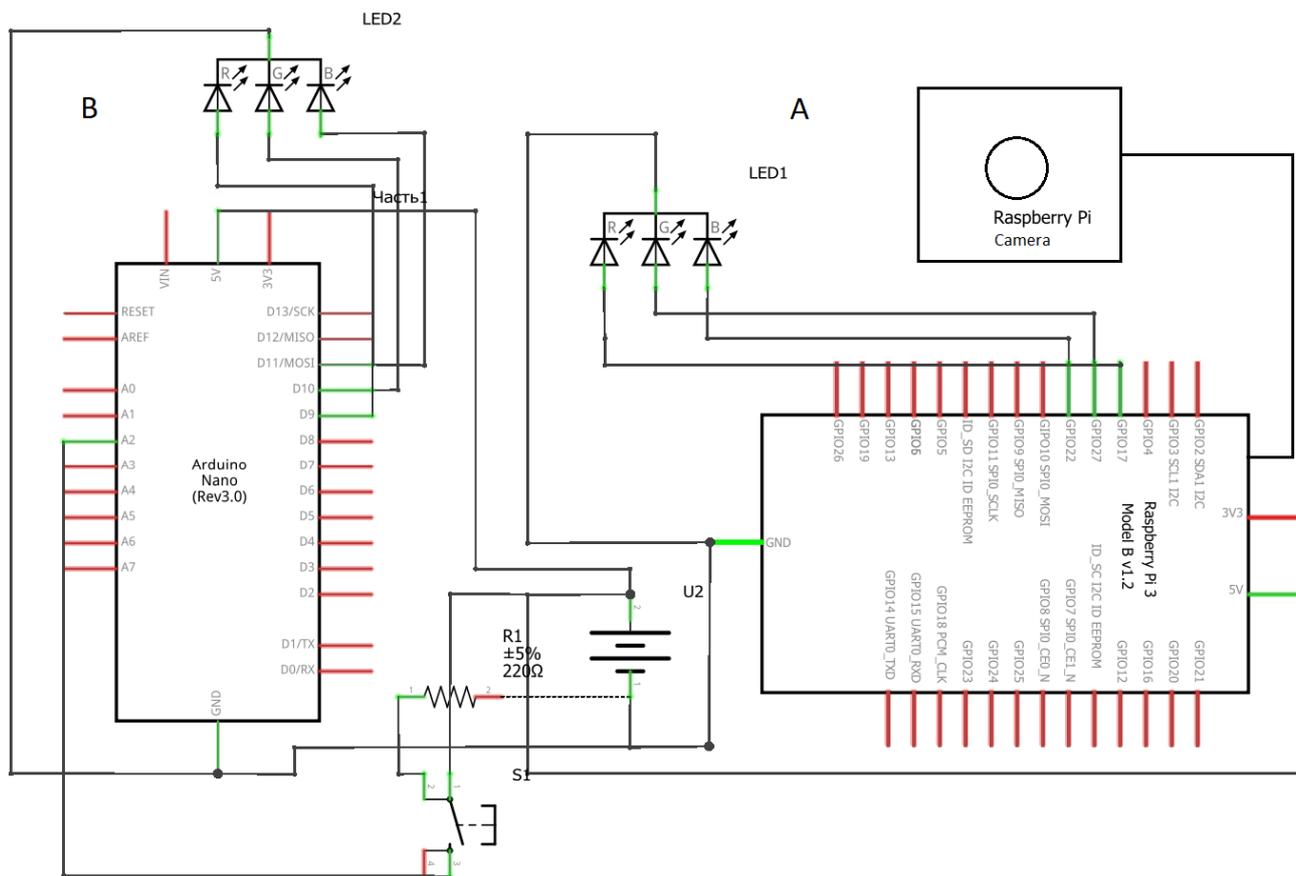


Рис. 2. Электрическая схема соединения элементов системы адаптивного камуфляжа

Камера используется для захвата изображений внешнего фона. Питание Raspberry Pi осуществляется от автономного LiPo источника питания через разъем USB Type C или от сети. Для активации цветовой панели может быть использовано SSH-соединение с персональным компьютером, с помощью которого можно запустить python-скрипт. Также может быть использовано ручное управление через подключенную к Raspberry Pi кнопку или сенсорную панель. Одна плата может быть использована для управления всеми цветовыми панелями, подключенными к одному автомобилю.

Элементы адаптивного камуфляжа устанавливаются на внешние кузовные детали автомобиля в виде цветных панелей. На один автомобиль может быть установлена одна или несколько панелей прямоугольной формы или повторяющих контуры кузовной детали. На рис. 3 представлено крепление цветовой панели на автомобиле.

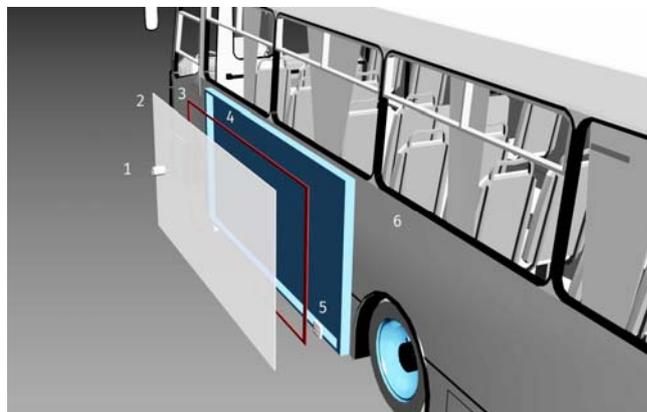


Рис. 3. Схема крепления элементов адаптивного камуфляжа к автомобилю

Панель состоит из видеокamеры, фиксирующей фон вокруг автомобиля (1), матированного стекла (2), светодиодной RGB-ленты (3), закрепленной в объемном боксе (4) вместе с контроллером управления и элементами интерфейса пользователя (5). Один микрокомпьютер может управлять несколькими камуфляжными панелями.

Для переключения управляемых панелей может быть использовано многостороннее реле или коммутатор. Также имеется возможность использования одного микрокомпьютера как головного устройства для камуфлирования всех автомобилей в колонне. В таком случае Raspberry Pi используется только для фиксации с помощью видеокamеры цветового фона, определения доминирующего цвета и отправки его числового кода на другие автомобили через wi-fi сигнал. В качестве приемников сигнала и контроллеров для управления цветом панелей на других автомобилях могут быть использованы микроконтроллеры типа Arduino nano с wi-fi модулями, подключенными к единой сети колонны. Для упрощения конструкции можно использовать заранее сформированный набор возможных цветовых схем и устройство для их быстрого выбора. В таком случае их схемы могут быть исключены такие компоненты, как Raspberry Pi, а управление переключением цветов может осуществляться также через микроконтроллеры Arduino nano с сенсорным дисплеем или кнопкой (рисунки 1 В). В таком случае управление цветовыми схемами может производиться согласно алгоритму 2.

Algorithm 2 – Choosing presetted color schemes via Arduino (pseudocode)	
1:	SNOW = (240, 242, 245);
2:	FOREST = (24, 140, 53);
3:	CITY = (129, 135, 138);
4:	RGBLed led(set_pins());
5:	void setup() { }
6:	void loop() {
7:	switch (color_choice()) {
8:	case SNOW:
9:	led.setColor(SNOW);
10:	break;}
11:	// and so on

В качестве примера в алгоритме представлено 3 цветовых схемы, соответствующих зимним условиям – SNOW (оттенок белого цвета), летним условиям вне города – FOREST (оттенок зеленого цвета) и городским условиям – CITY (оттенок серого цвета). Эти цвета программно устанавливаются в память микроконтроллера (шаг 1, 2 и 3 алгоритма 2). В дальнейших исследованиях предполагается сбор данных для определения наиболее характерных цветовых векторов для каждого типа местности использования специальных автомобилей.

Следующим шагом алгоритма является определение контактов микроконтроллера, к которым будет подключена цветовая панель (шаг 4). После этого переключением кнопки или выбором через сенсорный дисплей (функция color_choice() шага 7) осуществляется установка нужной в настоящий момент цветовой схемы адаптивного камуфляжа.

Результаты и выводы

Как результат, был предложен метод снижения видимости специального автомобильного транспорта сил правопорядка. Метод позволяет снизить вероятность однозначной идентификации автомобилей наблюдателями на дальних дистанциях. Это может предотвратить эскалацию протестных действий. Метод основан на использовании технологии компьютерного зрения для захвата изображения фона с помощью видеокamеры.

Изображение классифицируется с использованием кластерного анализа с целью определения доминантного цвета на изображении. Найденный вектор числовых RGB значений цвета с помощью программируемого микроконтроллера активирует цветовую панель, закрепленную на корпусе специального автомобиля. Панель состоит из корпуса, светодиодной RGB-ленты и матового внешнего защитного стекла, рассеивающего и сглаживающего свечение ленты. Предложены различные варианты управления цветовыми панелями для колонны специальных автомобилей: с использованием микрокомпьютера Raspberry Pi, оснащенного видеокamерой для захвата изображения, и с использованием предустановленных значений цветов фона. Разработаны алгоритмы реализации подхода по определению доминантного цвета фона и по управлению микроконтроллером цветовой панели. Дальнейшие исследования заключаются в создании методики практического использования адаптивного камуфляжа, которая заключается в выборе параметров светодиодной ленты, рассеивателя и эмпирических значений типовых фоновых цветов. Исследование может быть востребовано правоохранительными органами, военными и охранными службами как недорогой аналог существующим видам камуфляжа для специальных автомобилей и техники.

Литература

1. Woods JB (2021) Police escalation and the motor vehicle. SPR 2021. Vol. 24, Issue 2: 115-155.
2. Borucka A, Niewczas A, Hasilova K (2019) Forecasting the readiness of special vehicles using the semi-markov model. Eksploatacja i niezawodnosc-maintenance and reliability. Vol. 21, Issue 4: 662-669.
3. Toet A., Hogervorst M.A. 2020. Review of camouflage assessment techniques. TARGET AND BACKGROUND SIGNATURES VI. Proceedings of SPIE. Vol. 11536
4. Talas L, Baddeley RJ, Cuthill IC (2017) Cultural evolution of military camouflage. Philosophical transactions of the royal society b-biological sciences. Vol. 372, Issue 1724.
5. Qiao Y., Meng Z.H., Wang P.P., Yan D. 2021. Research Progress of Bionic Adaptive Camouflage Materials. FRONTIERS IN MATERIALS. Vol. 8.
6. Huang J. 2015. Research on an Inflatable Camouflage Dome for Military Transport Vehicles. 3RD international conference on computer science and information engineering (CSIE 2015) pp. 70-73.
7. Chandra S., Franklin D., Cozart J., Safaei A., Chanda D. 2018. Adaptive Multispectral Infrared Camouflage. ACS PHOTONICS. Vol.5, No.11.
8. Van der Burg E., Hogervorst M.A., Toet A. 2020. Adaptive camouflage of moving targets. Target and background signatures VI. Vol. 11536.

9. Li P. 2015. Design Research on Digital Camouflage Unit Shape. 2nd International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SMTA). Pp. 676-679.

10. Bai WM, Qu MQ (2012) Research on Digital Camouflage Characteristics of Color Vision. international conference on industrial control and electronics engineering (ICICEE): 14-16.

11. O'Mahony N, Campbell S, Carvalho A, Harapanahalli S, Hernandez GV, Krpalkova L, Riordan D, Walsh J (2020) Deep Learning vs. Traditional Computer Vision. Advances in computer vision, CVC, Vol 1. No. 943: 128-144.

12. Douven I. 2017. Clustering colors. Cognitive systems research. Vol. 45, pp. 70-81.

Сведения об авторах:

Козин Евгений Сергеевич, доцент кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин», Институт транспорта, Тюменский индустриальный университет.

Тел. рабочий 83452539559, мобильный 89129243991, e-mail: eskozin@mail.ru.

Вохмин Дмитрий Михайлович, доцент кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин», Институт транспорта, Тюменский индустриальный университет.

Тел. рабочий 83452539559, мобильный 89129240463, e-mail: wokhmin@gmail.com.

Адрес университета: 625000, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.