

ՀՀ ԳԱԱ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈՒԲԼԵՄՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Սամվել Մերուժանի Հովսեփյան

**Անօդաչու թռչող սարքերի անրոտեսանկարահանումների միջոցով օբյեկտների
հայտնաբերման ծրագրային ապահովման մշակում**

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Ե13.04 – «Հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Երևան – 2016

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА

Самвел Меружанович Овсепян

**Разработка программного обеспечения беспилотных летающих аппаратов для
обнаружения объектов по аэровидеосъёмкам**

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.04 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,
комплексов, систем и сетей»

Ереван – 2016

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայ-Ռուսական (սլավոնական) համալսարանում

Գիտական դեկավար՝
ընդդիմախոսներ՝

տեխ. գիտ. դոկտոր Դ. Գ. Ասատրյան
տեխ. գիտ. դոկտոր Գ. Հ. Խաչատրյան
տեխ. գիտ. թեկնածու Վ. Վ. Քուրքչյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2016թ. հունիսի 6-ին, ժ. 17:00-ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում, թիվ 037 «Ինֆորմատիկա և հաշվողական համակարգեր» մասնագիտական խորհրդի նիստում (հասցեն՝ ք. Երևան, 0014, Պ. Սևակի փ. 1):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ինստիտուտի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2016թ. մայիսի 6-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, ֆիզ.մաթ.գիտ. դոկտոր



Հ. Գ. Սարգսյան

Тема диссертации утверждена в Российско-Армянском (славянском) университете

Научный руководитель:

доктор тех. наук Д. Г. Асатрян

Официальные оппоненты:

доктор тех. наук Г. Г. Качатрян
кандидат тех. наук В. В. Куркчян

Ведущая организация:

Национальный политехнический университет Армении

Защита состоится 6-го июня 2016г. в 17:00 часов на заседании специализированного совета 037 “Информатика и вычислительные системы” в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА по адресу: 0014, г. Ереван, ул. П. Севака 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИПИА НАН РА.

Автореферат разослан 6 мая 2016г.

Ученый секретарь специализированного совета, доктор физ.мат. наук



А. Г. Саруханян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) находят все более широкое применение в науке, в технике, в народном хозяйстве, в военном деле и в других сферах человеческой деятельности. С помощью БЛА решаются задачи, которые не могут быть решены другими средствами или же решение требует больших финансовых затрат.

Одной из основных функций, выполняемых БЛА, является проведение мониторинга и обследование контролируемой территории с целью обнаружения определённых явлений и объектов с помощью аэровидеосъёмки местности сверху. При этом управление полётом БЛА осуществляется как автономно, так и при помощи наземных средств.

Несмотря на применение современного навигационного и электромеханического оборудования, средств связи и обработки информации, в том числе на борту БЛА, при решении различных задач приходится преодолевать целый ряд трудностей, неизбежно возникающих при полёте БЛА. Эти трудности связаны воздействием ветров, турбулентности атмосферы, неустойчивости параметров полёта, вибрации борта БЛА и других мешающих факторов. Все эти факторы в конечном итоге отражаются на качестве, точности и адекватности получаемой аэровидеосъёмки. Поэтому на долю программного обеспечения БЛА в части обработки видеоизображений, приходится решение основных задач борьбы с влиянием указанных факторов на конечный результат.

Анализ открытых литературных материалов, посвящённых программному и математическому обеспечению БЛА показывает, что в них имеются определённые пробелы в части применения методов автоматической обработки цифровых видеоизображений. Так, если локальная обработка фиксированных кадров видеоизображения даёт хорошие результаты, так как теория и техника обработки изображений продвинута достаточно далеко, то динамическая обработка изображений наталкивается на отсутствие достаточно универсальных методов, позволяющих обнаруживать объекты произвольного типа по видеопоследовательности.

В научной литературе последних десятилетий большое внимание уделяется разработке методов обработки, основанных на использовании структурных, содержательных свойств изображений, результаты которых, к тому же, больше соответствуют восприятию информации визуальной системой человека (ВСЧ). При этом предложен ряд подходов, которые приводят к решениям, устойчивым к различным преобразованиям и искажениям изображений. Использование подобных методов в составе математического обеспечения может значительно повысить эффективность решения задач с применением БЛА.

Настоящая диссертационная работа посвящена разработке комплекса алгоритмов и программ поиска и обнаружения объектов по аэровидеосъёмкам, получаемыми БЛА.

Цель работы

Совершенствование математического и программного обеспечения БЛА путём разработки комплекса новых алгоритмов и программ поиска и обнаружения объектов на видеоизображении в условиях мешающих факторов.

Задачи работы

Для достижения цели в диссертационной работе решены следующие задачи:

1. Разработка концепции и методологии устойчивого поиска и обнаружения объектов на видеоизображении;
2. Обоснование и выбор математических моделей структурных свойств изображений, инвариантных к разным преобразованиям и искажениям;
3. Постановка и решение задачи раннего поиска и обнаружения дыма и огня на лесных территориях;
4. Постановка задачи и разработка процедуры отслеживания дороги и обнаружения на ней посторонних объектов;
5. Разработка программной системы, реализующей перечисленные выше методы.

Научная новизна

1. Разработана методология устойчивого поиска и обнаружения объектов, основанная на использовании структурных характеристик видеоизображения;
2. Разработана устойчивая процедура обнаружения дыма и огня на лесных территориях, основанная на статистической обработке и классификации результатов когерентной сегментации видеоизображения;
3. Разработана процедура автоматического отслеживания дороги и обнаружения на нём посторонних объектов с использованием характеристик градиентного поля изображения.

Методы исследования

В диссертации использованы методы теории и техники обработки цифровых изображений, математического моделирования и статистического анализа данных. Для реализации этих методов использован язык программирования C++ и библиотека Qt 5.0.

Практическое значение работы

1. Разработанное программное обеспечение при определённых модификациях может быть использовано для обнаружения других типов объектов и явлений на видеоизображениях;
2. Разработанные программные модули когерентной сегментации, анализа градиентного поля и других морфологических операций могут быть самостоятельно использованы в различных задачах обработки изображений.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработана методология обработки видеоизображения, полученного БЛА, устойчивая к различным мешающим факторам;
2. Алгоритмы, программные реализации и экспериментальные результаты поиска и обнаружения дыма и огня в лесной местности;
3. Комплекс алгоритмов и программа отслеживания дороги и обнаружения на ней посторонних предметов.

Апробации

Результаты работы по диссертации были представлены на

- Международной конференции – “Компьютерные науки и информационные технологии CSIT2015”, Ереван, Армения, 2015;
- Годичной десятой научной конференции РАУ, Ереван, Армения, 2015;
- На семинарах, Института Проблем Информатики и Автоматизации ИАН РА, Ереван, Армения, 2014, 2016.

Внедрение результатов работы

Результаты работы внедрены в учебный процесс по кафедре "Системное программирование" РАУ.

Публикации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в четырёх работах, список которых приведён в конце автореферата.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, содержит 7 таблиц и 48 рисунков. Общий объем диссертации 100 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель и основные задачи, научная новизна и практическая значимость работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** диссертации рассматриваются типы беспилотных летающих аппаратов (БЛА), их разновидности по технической оснащённости и применению в различных сферах человеческой деятельности. В данной работе рассматриваются малые и микро БЛА, для которых обосновывается эффективность применения бортовой фото-видео камеры в задачах автоматического управления и позиционирования в пространстве, выделяются функции БЛА по решению задачи обнаружения объектов.

Изучаются особенности съёмки, проводимых с помощью БЛА, внешние мешающие факторы, такие как ветры и турбулентность атмосферы, и внутренние мешающие факторы, связанные с аппаратурой, установленной на борту БЛА. Обосновывается эффективность

применения БЛА в задачах мониторинга над обширными территориями, такими как леса и долины, с целью нахождения различных типов объектов, а также в задаче отслеживания и мониторинга трасс и дорог. Далее рассматриваются наиболее популярные алгоритмы обработки изображений и видеоматериалов. Более детально рассматриваются алгоритмы, посвященные проблемам сегментации и бинаризации изображений, в частности метод Оцу и метод среднего, а также алгоритмы, основанные на графах. Проводится анализ и классификация существующих алгоритмов сегментации.

На основании проведенного анализа литературы обоснован вывод о необходимости разработки новых алгоритмов обработки изображений, получаемых БЛА во время полета.

Вторая глава посвящена разработке методов анализа изображения предполагаемых к использованию в диссертации. Исследуются два основных алгоритма:

- алгоритм полной сегментации и упрощения изображения,
- алгоритмы, основанные на характеристиках градиентного поля изображения.

Кратко опишем указанные алгоритмы.

Алгоритм сегментации. Пусть имеется цветное изображение I в цветном RGB пространстве. Для каждой цветной компоненты R, G, B проводится разделение области изменения интенсивности пикселей на L_R, L_G, L_B частей, причём необязательно, чтобы получившиеся области были примерно одинаковой мощности.

После такого разделения все цветовое пространство разделяется на $k = L_R \times L_G \times L_B$ областей. Далее, все соседние пиксели изображения, которые принадлежат одной и той же разделённой области, соединяются в один сегмент. Для реализации метода используется алгоритм поиска в глубину, где предполагается, что каждый пиксель отдельная вершина графа и две вершины соединены, если они являются соседями и принадлежат одной области разделённого RGB цветного пространства. Следовательно, алгоритм работает за линейное время относительно количества пикселей в изображении.

Пусть после сегментации изображение I разделяется на сегменты S_1, S_2, \dots, S_n . Другой модификацией алгоритма сегментации является упрощение изображения, что из себя представляет замену значений r_i, g_i, b_i компонент каждого пикселя на соответствующие средние значения по всему сегменту. То есть, каждый пиксель $p_i \in S_j \subset I$ имеющий компоненты r_i, g_i, b_i заменяется на новый пиксель с компонентами $R_j = \sum_{p_i \in S_j} r_i / |S_j|, G_j = \sum_{p_i \in S_j} g_i / |S_j|, B_j = \sum_{p_i \in S_j} b_i / |S_j|$, где $|S_j|$ количество пикселей в сегменте S_j .

Алгоритмы, основанные на характеристиках градиентного поля. В диссертационной работе используется подход к использованию свойств градиентного поля, предложенный в работах [1,2]. Сделаем несколько обозначений.

Градиентное поле. Для простоты рассмотрим полутоновое изображение (формат Gray Scale, 8 бит), интенсивность каждого пикселя которого принимает целочисленные значения из множества $\{0, 1, \dots, 255\}$. Обозначим анализируемое изображение с размерами

$M \times N$ через $I = \{I(m,n)\}$, $m = 1,2,\dots,M$, $n = 1,2,\dots,N$, где $I(m,n)$ - интенсивность пиксела с координатами (m,n) .

Горизонтальные и вертикальные градиенты изображения в точке с координатами (m,n) обозначим через матрицы $\|G_H(m,n)\|$ и $\|G_V(m,n)\|$ соответственно, а магнитуду градиента – через $\|M(m,n)\|$, где

$$M(m,n) = \sqrt{G_H^2(m,n) + G_V^2(m,n)}.$$

Градиентное поле рассматривается как двумерная случайная выборка, вида: $G(m,n) = [G_H(m,n), G_V(m,n)]$.

Далее рассмотрим эллипс рассеяния градиентного поля которая задаётся формулой

$$\frac{1}{1 - \rho_{HV}^2} \left[\frac{(g_H - \mu_H)^2}{\sigma_H^2} + \frac{(g_V - \mu_V)^2}{\sigma_V^2} - \frac{2\rho_{HV}(g_H - \mu_H)(g_V - \mu_V)}{\sigma_H\sigma_V} \right] = C^2,$$

где μ_H , μ_V , σ_H , σ_V выборочные ожидания и дисперсии случайных величин $G_H(m,n)$ и $G_V(m,n)$, ρ_{HV} коэффициент корреляции между ними, а C - константа. Угол α , определяющий направление большой оси эллипса рассеяния градиентного поля, определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2\rho_{HV}}{\sigma_H^2 - \sigma_V^2 + \sqrt{(\sigma_H^2 - \sigma_V^2)^2 + 4\rho_{HV}^2}}.$$

Угол α примем за доминирующее направление изображения ¹.

Машинными экспериментами показано, что угол доминирующего направления α практически не зависит от типа искажения изображения. Этот вывод даёт хорошую возможность опираться на этот параметр и использовать его для оценивания направления дороги, поскольку часто съёмки из БЛА имеют плохое качество, нужен критерий устойчивый к разным типам искажений.

Для сравнения двух изображений по градиентному полю выбирается мера сходства W^2 ¹¹. Метод предполагает, что магнитуда градиента изображения имеет распределение Вейбулла с плотностью распределения

¹ D. Asatryan, K. Egiazarian, V. Kurkchian “Orientation estimation with applications to image analysis and registration” Information Theories and Applications, Vol. 17, Number 4, 2010 pp 303-311.

¹¹ D. Asatryan and K. Egiazarian. “Quality Assessment Measure Based on Image Structural Properties.” International Workshop on Local and Non-Local Approximation in Image Processing, Finland, Helsinki, pp. 70-73, 2009.

$$f(x; k, \lambda) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0. \end{cases}$$

Мера сходства W^2 определяется по формуле

$$W^2 = \frac{\min(k_1, k_2) \min(\lambda_1, \lambda_2)}{\max(k_1, k_2) \max(\lambda_1, \lambda_2)}, 0 \leq W^2 \leq 1,$$

где $k_1, k_2, \lambda_1, \lambda_2$ – соответствующие оценки параметров распределения Вейбулла сравниваемых изображений.

Третья глава посвящена проблеме обнаружения дыма и огня в контролируемых лесных территориях с помощью микро или же мини БЛА, оснащённых только бортовой видеокамерой.

Разработанный в работе метод обнаружения дыма и огня состоит в последовательном анализе кадров видеоизображения и принятии одного из трёх решений: в нём содержится дым, огонь или это изображение лесного массива без дыма и огня.

Предложенный метод включает процедуры отбора массивов данных, формирования пространства признаков, статистический анализ и классификацию данных по указанным трём типам решений.

В соответствии с такой постановкой вопроса метод обнаружения дыма и огня состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Выбор массива изображений интереса. Из доступных баз изображений путём тщательного визуального анализа отбираются соответствующие множества изображений.

Шаг 2. Полная сегментация и упрощение. Проводятся полная сегментация и упрощение всех отобранных изображений.

Шаг 3. Формирование трёх пространств признаков. Анализируются полученные упрощённые сегменты каждого изображения. Если изображение выбрано как содержащее дым, то визуально отбираются сегменты, достаточно уверенно указывающие на присутствие дыма на них. Значения RGB компонент этих сегментов заносятся в таблицу, предназначенную для данных по дыму. Набор данных этой таблицы назовём классом 1. Аналогично формируются классы 2 и 3, содержащие значения по остальным объектам интереса. На Рис. 1 приведены примеры изображений с дымом, с огнём и лесного массива без дыма и огня.



Рис. 1. Примеры изображения с дымом, с огнём и без огня/дыма.

Шаг 4. Коррекция данных. Необходимость этого шага возникает в связи с обнаружением на этапе предварительной обработки данных зависимости RGB компонент части изображений от степени общей освещённости снятой сцены. Для уменьшения этого эффекта производится коррекция данных по следующим формулам

$$R_i = 255 * \frac{r_i}{\sqrt{r_i^2 + g_i^2 + b_i^2}}, \quad G_i = 255 * \frac{g_i}{\sqrt{r_i^2 + g_i^2 + b_i^2}}, \quad B_i = 255 * \frac{b_i}{\sqrt{r_i^2 + g_i^2 + b_i^2}},$$

где r_i, g_i, b_i – исходные значения RGB компонент. В дальнейшем принимаются в расчёт только значения R_i, G_i, B_i .

Эффективность применения коррекции данных по данной схеме наглядно иллюстрируется на Рис. 2, где для сравнения приведены графики рассеяния данных, до и после коррекции. Видно, что в случае (б), данные группируются компактнее, чем в случае (а), что улучшает результаты классификации.

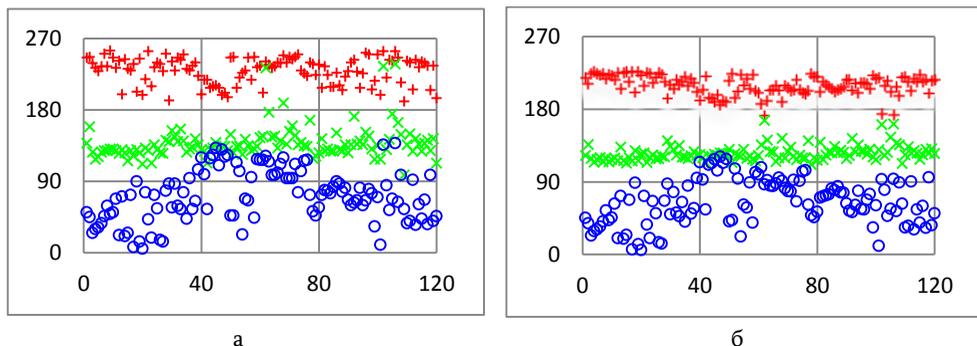


Рис. 2. Графики рассеяния цветных компонент изображения до (а) и после (б) коррекции.

Шаг 5. Статистический анализ пространств признаков. Рассчитываются средние и среднеквадратические значения RGB компонент для каждого класса. Эти данные необходимы при классификации, т.е. при отнесении текущего кадра видеозображения к одному из трёх рассматриваемых классов. Результаты расчётов, средних значений и СКО цветных компонент, приведены в Табл. 1.

Табл. 1. Числовые характеристики цветовых компонент обучающей выборки.

		R	G	B
Класс 1	Среднее	143.8	149.0	147.9
	СКО	11.3	2.7	11.6
Класс 2	Среднее	209.6	125.6	65.4
	СКО	12.1	9.4	28.2
Класс 3	Среднее	163.9	152.4	114.4
	СКО	26.4	15.0	30.8

Шаг 6. Классификация. В работе применяется метод классификации, известный под названием “метод сравнения с эталонами”. В качестве эталонов принимаем средние значения RGB компонент по обучающей выборке, приведённые в Табл. 1. При классификации текущего изображения производятся операции формирования RGB компонент и коррекции, приведённые выше, после чего полученные значения признаков сравниваются с эталонными значениями, рассчитывается евклидово расстояние между ними. Решение о принадлежности данного образа к одному из классов принимается по минимальному расстоянию.

Результаты моделирования процедуры классификации. Для проверки эффективности предложенной выше процедуры обнаружения дыма и огня проведено моделирование с помощью данных, описанных выше. Для этого каждый класс по случайному правилу делится на два подкласса. Первый подкласс рассматривается как обучающая выборка, по ней определяются эталонные значения. Второй подкласс используется в качестве тестовой. В результате классификации получены следующие результаты: присутствие огня обнаруживается в 92.5% случаев, но в 5.5% случаев участок без огня ошибочно принимается за участок с огнём. В случае дыма результаты несколько хуже: в 80% случаев дым обнаруживается правильно, а ложная тревога появляется в 30% случаев. Однако путём дополнительной обработки процент ложных тревог может быть заметно снижен, если проверяются неравенства

$$|R - G| < T, |R - B| < T \text{ и } |B - G| < T,$$

где T определяется экспериментальным путем из интервала [15,25]. Тогда процент ложных тревог с 30% уменьшается до 12%.

Таким образом, предложенная методика обнаружения огня и дыма, основанная на анализе цветовых компонент различных участков изображения местности, позволяет принимать уверенное решение при мониторинге лесных территорий.

На Рис. 3 показаны примеры обнаруженных участков с огнём (b) и дымом (c) в изображении (a).

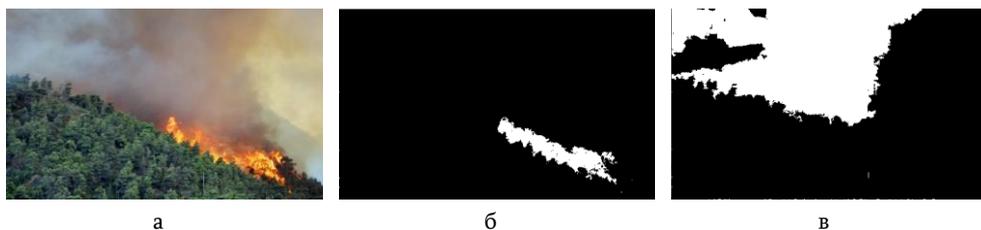


Рис. 3. Исходное изображение(а), участок с огнём (б) и участок с дымом (с).

Четвертая глава диссертации посвящена задаче автоматического отслеживания и мониторинга дорог и трасс с помощью БЛА и нахождения объектов, находящихся на дороге.

Алгоритм выполняет следующие функции:

- Нахождение дорожного полотна из кадра;
- Автоматическое отслеживание дороги;
- Нахождение объектов, находящихся на дороге.

Нахождение дорожного полотна. Алгоритм состоит из двух частей.

В первой части, опираясь на метод сегментации с упрощением изображения, описанный в Главе 2, проводится полная сегментация и упрощение изображения. Для хорошего выделения сегментов дорожного полотна рекомендуется экспериментальным путём найти подходящее разделение областей интенсивности R, G, B компонент.

Далее из полученных сегментов выделяются участки, представляющие дорожное покрытие, основываясь на цветовые характеристики полотна. На Рис. 4 приведён пример изображения до и после сегментации и упрощения.



Рис. 4. (а) - оригинальное фото, (б) - после сегментации и упрощения, (в) - только сегменты дорожного полотна.

Как видно из Рис. 4в, проводя цветовой анализ, можно перепутать участок изображения, который имеет цвет и текстуру, напоминающие асфальт, с дорогой. Чтобы избежать таких случаев, проводится ещё один анализ, который связан со структурой дороги. Участком дороги будем считать сегмент изображения, имеющий вид

прямоугольника, направление длинной стороны которого совпадает с направлением дороги, а короткая сторона совпадает с её шириной. Поэтому из всех кандидат сегментов выделяются те, которые имеют прямоугольный вид.



а



б

Рис. 5. Изображения с подчёркнутыми прямоугольными дорогами.

При этом важно ещё оценить ширину дороги, чтобы в дальнейшем можно было оценить размеры объектов, находящихся на дороге (машины, животные и др.).

Автоматическое отслеживание дороги. После того, как подтверждён участок дороги, выбирается направление полёта БЛА вдоль дороги. Задачей БЛА является не сворачивать с дороги, а отслеживая, лететь вдоль неё.

Для простоты предположим, что кадр видеопотока представляет собой изображение $I = \{I(m,n)\}$ с размерностью $M \times N$, где $m=0,1,\dots,M$; $n=0,1,\dots,N$ и $I(m,n)$ цветовые характеристики пиксела с координатами (m,n) в RGB пространстве.

Пусть имеются последовательные кадры участков дороги, снятые видеокамерой БЛА. Обозначим эту последовательность через I_1, I_2, \dots, I_k . На Рис. 6 приведён пример последовательности таких кадров из видеопотока, где временной промежуток между кадрами составляет 1 секунду.



Рис. 6. Последовательность кадров дороги из видеопотока.

Для реализации процесса обследования дороги необходимо в каждом кадре определить направление полотна дороги. Для этого используется алгоритм, предложенный в главе 2, для оценивания доминирующего направления изображения по градиентному полю.

Для каждого кадра оценивается доминирующее направление изображения, и БЛА следует этому направлению. Поскольку края дороги чётко выделяются в изображении

магнитуды градиента, найденное доминирующее направление изображения показывает именно направление дороги.

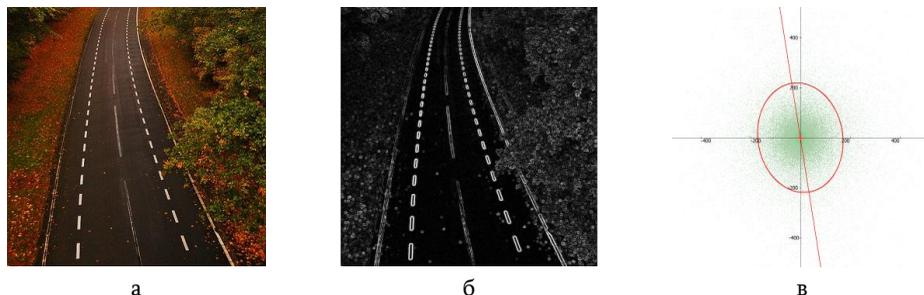


Рис. 7. Изображение до и после применения оператора Собела и доминирующее направление изображения.

На Рис. 7б приведён пример изображения магнитуды градиента, где явно видно как выделяются окраины дороги.

Таким образом, БЛА автоматически корректирует своё направление полёта, следуя углу доминирующего направления полученного кадра.

Нахождение объектов, находящихся на дороге. Предложенный метод для нахождения различных объектов на дорогах основан на сравнении текущего участка дороги с образцовым участком, который выбирается автоматически из тех частей, где присутствует только дорожное полотно. Для каждого участка оценивается сходство последовательных участков дороги для контроля правильности курса БЛА. Предполагается, что во время отслеживания дороги в каждом кадре, снятом БЛА, находится только участок дороги, как показано на Рис. 6. То есть, воздействие внешних факторов, таких как ветры, сильно не меняют направление курса полёта, поэтому БЛА не выходит из курса отслеживания дороги, а маленькие изменения курса автоматически исправляются при определении направления полёта.

Сходство различных участков дороги оценивается при помощи меры W^2 . В оригинальном виде мера W^2 рассчитывается для полутоновых изображений, а в нашем случае имеем цветные изображения. Для применения меры W^2 в этом случае предлагается два подхода:

- Привести RGB изображение в Gray Scale формат и потом применить метод;
- Подсчитать меру W^2 для каждого R G B компонента отдельно, получить W_R^2 , W_G^2 и W_B^2 соответственно, а потом в качестве W^2 взять их среднюю арифметическую.

В диссертации в результате анализа проведённых экспериментов показывается, что оба подхода подсчёта W^2 дают примерно одинаковые результаты.

Далее, чтобы основываясь на значении W^2 выявить есть ли на дороге объект или же это другой обычный участок дороги, надо подсчитать пороговое значение T такое что, если $W^2 \geq T$, то мы находимся на другом участке дороги, в противном случае на участке есть какой-то объект (машина, животное, человек и др.).

Для этого изначально выбираются 3 различные участки одной и той же дороги и между ними считываются значения W^2 , а в качестве порога T берётся среднее арифметическое этих значений. На Рис. 8 приведена картина с тремя образцовыми участками.



Рис. 8. Изображение с тремя образцовыми участками дороги.

Можно более усовершенствовать алгоритм определения порога T , каждый раз обновляя её значения при получении нового кадра.

Результаты. Тестирование предлагаемой методики проводилось на компьютерной модели. Сначала выбирается картина, где присутствует дорожное покрытие, снятое сверху. Потом на картине проводятся все три ступени алгоритма:

1. Нахождение дорожного покрытия из выбранного изображения;
2. Автоматическое отслеживание дороги по какому-то направлению;
3. Нахождение всех типов различных объектов на дороге.

На Рис. 9 приведён результат эксперимента. Для приведённой картины проведены следующие шаги.

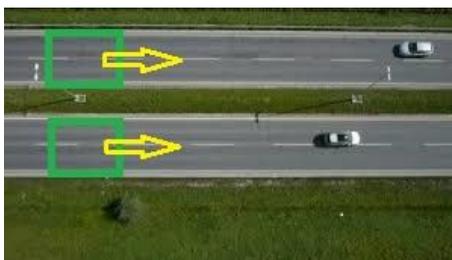


Рис. 9. Зелёными квадратами помечены образцовые куски дороги, и задано направление отслеживания

После первого этапа выбирается участок дороги в качестве образца. Для нашего случая таких образцов два, так как в фото имеются две перпендикулярные дороги. Потом задаётся направление отслеживания.

Задача программы состоит в нахождении объектов на дороге, непрерывно отслеживая её. Для заданного примера программа достаточно точно находит такие участки. Ниже приведённая картина показывает участки, найденные программой.

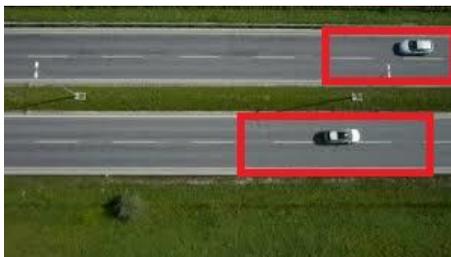


Рис. 10. Результат работы алгоритма.

На изображениях, где явно выделяется дорога, алгоритм всегда даёт достаточно хорошие результаты.

Пятая глава посвящена описанию программы “UAV Images Analyzer”, которая разработана с целью реализации и тестирования предложенных и рассмотренных в работе алгоритмов.

Программа имеет следующие основные функции:

- Функции для работы с градиентным полем изображения (подсчёт, сбор статистик по разным компонентам);
- Реализация алгоритма сегментации с разными конфигурационными параметрами;
- Специальную функцию для нахождения сегментов огня и дорожного полотна;
- Поиск объекта, заданного по образцу темплета, по разным алгоритмам сравнения;
- Сбор характеристик эллипса рассеяния;
- Подсчёт объектов, находящихся на дороге или трассе.

Программа написана на языке C++ с использованием библиотеки Qt5.0.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Для повышения эффективности решения задачи обнаружения объектов по аэровидеосъёмкам необходимо в составе программного и математического обеспечения БЛА разработать и применять методы, устойчивые к различным преобразованиям и мешающим факторам.

2. Наиболее эффективными при разработке устойчивых алгоритмов поиска и обнаружения объектов с применением БЛА являются подходы, которые используют структурные свойства изображений.
3. Сформулированы две задачи с применением БЛА: задача обнаружения огня и дыма в контролируемых, лесных территориях и задача отслеживания и мониторинга дорог с целью обнаружения находящихся на ней объектов.
4. Разработана устойчивая процедура обнаружения дыма и огня на лесных территориях, основанная на статистической обработке и классификации результатов когерентной сегментации видеоизображения;
5. Разработана процедура автоматического отслеживания дороги и обнаружения на нём посторонних объектов с использованием характеристик градиентного поля изображения.
6. Разработан комплекс программ, реализующий предложенные в диссертационной работе методы обнаружения объектов по аэровидеосъёмкам.

СПИСОК РАБОТ ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- [1] Hovsepyan S., Asatryan D., "Vision Based Technique for Smoke and Fire Detection in Monitored Forest Terrain", CSIT15: Proceedings of International Conference in Computer Science and Information Technologies, Yerevan, 2015, pp. 129-132.
- [2] Овсепян С.М., Асатрян Д.Г., "Методика обнаружения огня путем пространственного анализа изображения контролируемой местности", «Вестник» Российско-Армянский (Славянский) Университет, 2015 стр. 26-34.
- [3] David Asatryan, Samvel Hovsepyan, "Method for fire and smoke detection in monitored forest areas", IEEE, Computer Science and Information Technologies (CSIT), pp. 77-81, 2015.(http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7358254&filter%3DAND%28p_IS_Number%3A7358212%29)
- [4] Hovsepyan S., "Technique for Road Automated Tracking with Unmanned Aerial Vehicles", Information Technologies & Knowledge, International Journal, Vol. 9 Num. 4, Sofia 2015, pp. 376-388.

Ս. Ս. Հովսեփյան

Անօդաչու թռչող սարքերի ակտիվացման և օդային անվտանգության միջոցով օբյեկտների հայտնաբերման ծրագրային ապահովման մշակում

Ամփոփում

Ատենախոսությունը նվիրված է անօդաչու թռչող սարքերի (ԱԹՍ) մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովման համակարգերի կատարելագործմանը: Դիտարկվում են տեսանկարահանման միջոցով օբյեկտների և երևույթների հայտնաբերման խնդիրներ:

Թեմայի արդիականությունը

ԱԹՍ-ները գնալով ավելի լայն կիրառություն են գտնում մարդկային գործունեության տարբեր բնագավառներում: ԱԹՍ-ի միջոցով լուծվում են խնդիրներ, որոնք այլ կերպ չեն կարող լուծվել, կամ լուծումը պահանջում է զգալի ֆինանսական ծախսեր:

Այդպիսի խնդիրներից է ակտիվացման և օդային անվտանգության միջոցով վերահսկվող տարածքների մոնիտորինգն ու հետազոտությունը, տարբեր տեսակի օբյեկտների և երևույթների հայտնաբերման նպատակով: Ընդ որում, ԱԹՍ-ի կառավարումը պետք է իրականացվի ավտոմատ:

ԱԹՍ-ի օգտագործումը հանդիպում է հավելյալ բարդությունների, կապված քամիների, ԱԹՍ-ի վրա տեղադրված սարքավորումների անճշտությունների և այլ խանգարիչ հանգամանքների հետ, որոնք ազդում են վերջնական արդյունքի արդյունավետության վրա:

ԱԹՍ-ին վերաբերող ծրագրային և մաթեմատիկական ապահովմանը նվիրված բաց գրականության վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դեռևս կան չլուծված խնդիրներ ունիվերսալ մեթոդների ստեղծման և կիրառության, ինչպես նաև տեսանկարահանման ավտոմատ մշակման ասպարեզում:

Վերջին տարիների զիտական գրականությունում մեծ ուշադրություն է հատկացվում պատկերների մշակման այնպիսի մեթոդների մշակմանը, որոնք հիմնված են պատկերների բովանդակային կառուցվածքի վրա: Այդպիսի մոտեցումը ավելի է համապատասխանում մարդու կողմից տեսողական ինֆորմացիայի ընկալմանը: Աշխատանքում առաջարկված են մոտեցումներ և ալգորիթմներ, որոնք պահպանում են լուծումների կայունությունը տարբեր տեսակի խանգարիչ գործոնների և աղավաղումների դեպքում: Այդպիսի մեթոդների կիրառությունը էապես բարձրացնում է ԱԹՍ-ի կիրառության արդյունավետությունը վերը նշված խնդիրներում:

Աշխատանքում լուծվող խնդիրները

1. Տեսանկարահանման ֆայլերում օբյեկտների կայուն փնտրման և հայտնաբերման կոնցեպցիայի և մեթոդաբանության մշակում;

2. Պատկերների կառուցվածքային հատկությունների վրա հիմնված մաթեմատիկական մոդելի ընտրում և հիմնավորում, որն ինվարիանտ է տարբեր տեսակի աղավաղումների և ձևափոխությունների նկատմամբ;
3. Անտառային տարածքներում ծխի և կրակի վաղ հայտնաբերում՝ հիմնվելով միայն ԱԹՄ-ի վրա տեղադրված տեսախցիկից ստացված տվյալների վրա;
4. ԱԹՄ-ի միջոցով ճանապարհին հետևող և ճանապարհի վրա գտնվող օբյեկտների հայտնաբերման ալգորիթմի և ծրագրային միջոցի մշակում;
5. Վերը նշված մեթոդները իրականացնող ծրագրային համակարգի նախագծում:

Գիտական նորույթը

1. Մշակված է մեթոդաբանություն ԱԹՄ-ի միջոցով ստացված տեսանկարահանումների մշակման համար, որը ապահովում է լուծումների կայունություն մուտքային պատկերների տարբեր լուսավորվածության, նկարահանման անկյան, շեղվածության և չափսերի պարագայում;
2. Մշակված է ալգորիթմ անտառային տարածքներում ծխի և կրակի վաղ հայտնաբերման և դասակարգման համար, որը հիմնված է պատկերի ամբողջական սեգմենտացիայի և պարզեցման մոդելի վրա;
3. Առաջարկվել են ԱԹՄ-ի միջոցով ճանապարհին ավտոմատ հետևող և նրա վրա գտնվող օբյեկտները հայտնաբերող ալգորիթմներ և ծրագրեր, որոնք հիմնված են պատկերների գրադիենտային դաշտի հատկությունների օգտագործման վրա:

Կիրառական նշանակությունը

1. Օբյեկտների և երևույթների հայտնաբերման առաջարկված ալգորիթմները բավականին ունիվերսալ են և կարող են օգտագործվել պատկերների մշակման այլ խնդիրներում;
2. Մշակված ծրագրային մոդուլները, որոնք օգտագործվում են հաջորդական պատկերների հատվածավորման, գրադիենտային դաշտի և այլ մորֆոլոգիական վերլուծության համար, կիրառելի են նաև պատկերների մշակման այլ խնդիրներում:

S. M. Hovsepian

Object Detection Software Development using Video Materials Taken by Unmanned Aerial Vehicles

Summary

Dissertation is dedicated to unmanned aerial vehicle's (UAV) mathematical and software systems enhancement. There are discussed problems associated with objects and phenomena detection by use of only photo and video data taken by on board UAV's camera.

Actuality of the subject

UAVs are becoming more widely used in different aspects of human activity. By use of UAVs there are solved problems that cannot be solved otherwise, or the solution requires considerable financial costs.

One of such problems is the monitoring and analysis of controlled areas in order to identify different types of objects and phenomena, by using of UAV fly time taken video data. Note that the UAV control should be carried out automatically.

The use of UAV meets additional challenges due to of winds, on board device inaccuracies and other obstructive circumstances. All these circumstances are reflected in the accuracy of the final result.

The analysis of open literature dedicated to UAVs software and mathematical support shows that there are considerable gaps in more or less universal methods application and videos automatic processing.

In recent years, the scientific literature pays more attention to the development of image processing methods, which are based on image structural characteristics. This approach corresponds more to human visual information perception. In this work there are proposed approaches and algorithms that keep the stability of solutions in case of different types of obstructive circumstances and distortions. Application of such methods could significantly increase the use of UAVs in the above mentioned problems.

Objectives of the work are

1. Development of a stable objects search and detection conception and methodology from video files;
2. Objects search and detection mathematical model selection and proposition, based on image structural properties;
3. In forest areas early smoke and fire detection procedure development based on UAV fly time taken video data;
4. Road tracking and on the road objects detection algorithm development for UAVs;
5. Software development that implements above mentioned methods.

Scientific novelty

1. A methodology is developed for UAV taken video data processing that provides stable solutions in case of various frame lightnings, size changes and view rotations;
2. Developed an algorithm for early smoke and fire detection and classification in forest areas, which is based on image complete segmentation and simplification algorithm;
3. Proposed a new road tracking and on the road objects detection automate procedure based on picture gradient field characteristics.

Practical significance

1. As the proposed objects and phenomena detection methodology is universal, it can be used in various images processing tasks;
2. Developed program modules for sequential images segmentation, gradient field and other morphological characteristics analysis also can be used in other image processing problems.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'A. Vaj', is located in the lower right quadrant of the page.