

УДК 681.5

А.Н. Пухляк, О.В. Шитова

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

## МЕТОД СЕГМЕНТАЦИИ ТЕКСТУРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ, БЛИЗКИХ ПО ЗНАЧЕНИЯМ ЦВЕТА И СТРУКТУРЕ

В статье предложен метод сегментации текстурных областей изображений близких по значениям цвета и структуре. Описаны этапы метода. Приведен процесс предобработки аэрофотоснимков и процесс обработки аэрофотоснимков для сегментации текстурных областей. Описаны уровни обработки изображения предложенным методом.

**Ключевые слова:** сегментация, дискретно-косинусное преобразование, текстурная область, изображение.

### Постановка задачи

Автоматизированная обработка изображений земной поверхности позволяет эффективно решать научные и прикладные задачи в области картографии, исследования природной среды, океанологии, поиска и освоения полезных ископаемых, сельского и лесного хозяйства и многих других областях [1 – 3]. Использование изображений воздушного мониторинга (далее аэрофотоснимков) в различных сферах деятельности человека ставит задачи не только по созданию средств и способов их получения, но и разработке и применению новых методов и алгоритмов для компьютерной обработки изображений, приведения их к виду, удобному для анализа. Одной из задач, обеспечивающих извлечение из изображений воздушного мониторинга полезной информации, является задача сегментации или выделения однородных областей природных объектов (рис. 1.).

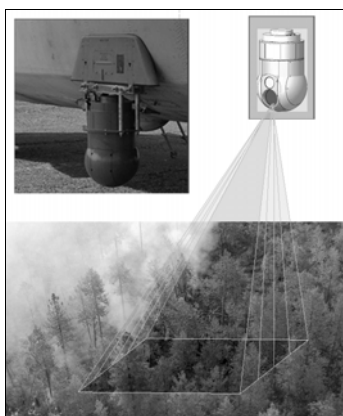


Рис. 1. Действие многофункциональной оптико-электронной визирной системы в системе воздушного мониторинга [7]

Одной из наиболее сложных и актуальных задач обработки текстурных изображений является решение задачи сегментации таких областей изображения, как природные объекты, в частности областей растительности, которые, как правило, занимают значительную часть аэрофотоснимка.

Анализ ряда аэрофотоизображений воздушного мониторинга показал, что каждый аэрофотоснимок местности характеризуется наличием на нем нескольких видов текстурных областей – леса, травы, поля и т.д. Текстурные фрагменты растительности можно разделить на два основных типа – визуально отличные друг от друга по цвету и структуре и визуально близкие по значениям цвета и структуре. Такие фрагменты относятся к одному классу текстурных изображений, например, “лес”, “травы”, “грунт” и т.п., которые в пределах одного класса являются близкими по своим характеристическим свойствам.

Проведенный анализ литературы [1 – 3] позволил сделать выводы о существовании ряда общих недостатков методов сегментации и текстурных областей изображений:

- отсутствие набора информативных признаков, которые полно описывают яркостные и структурные свойства текстурных изображений;
- отсутствие инвариантности признаков относительно угла поворота, масштаба и освещенности при регистрации изображения;
- отсутствие четкой меры различия/близости двух текстурных изображений. В частности, текстурные области растительного покрова на аэрофотоснимках имеют близкие значения яркости и часто имеют схожую структуру, что приводит к значительному снижению эффективности их сегментации;
- значения параметров текстур, полученных в окрестностях границ между текстурными областями, являются усредненными, что затрудняет точную локализацию границ между областями. Быстрое выделение границ между текстурами возможно лишь при достаточно больших различиях текстуры соседствующих областей. При уменьшении различий между такими областями задача выделения контуров становится сложной и требует разработки новых методов сегментации текстурных областей.

Исходя из этого, **актуальной задачей** является разработка алгоритмов и метода сегментации текстурных областей, визуально близких по свойствам яркости и структуры.

## Основная часть

Предполагается, что система технического зрения, установленная на борту летательного аппарата, с которого производится мониторинг поверхности Земли, состоит из трех подсистем:

- подсистема предобработки изображения;
- подсистема настройки параметров;
- подсистема обработки изображения.

Процесс обработки изображения осуществляется таким образом. Оператор анализирует навигационно-технические и метеорологические условия съемки и выбирает алгоритмы для предобработки изображения. Входное изображение (аэрофотоснимок) поступает в систему предобработки изображений (рис. 2). Подсистема предобработки изображений предназначена для реализации алгоритмов повышения качества входного изображения.

Параллельно относительно процесса предобработки параметры условий съемки вводятся в подсистему настройки параметров. В подсистеме настройки параметров формируется набор признаков информативных областей с учетом заданных классов и условий съемки. Изображение после предобработки и набор признаков искомой области поступают в подсистему обработки изображений.

Обработка изображения происходит с участием оператора. Оператор анализирует результаты первичной и вторичной сегментации, принимает решение об остановке процесса сегментации и переходу к локализации найденных областей. После обработки изображения программа выводит изображение с локализованными (выделенными маркированными линиями) информативными областями. Далее оператор принимает окончательное решение о достоверности локализованных областей.

Предложенный в работе метод сегментации текстурных областей изображений, близких по цвету и структуре представляет собой совокупность операций обработки цифрового статического изображения, полученного в результате аэрофотосъемки. Входными параметрами являются аэрофотоснимок, априорные сведения об областях, которые требуется сегментировать и метеорологические и навигационно-технические условия аэрофотосъемки. Выходными параметрами являются изображения с локализованными информативными областями.

На первом этапе происходит предварительная обработка полученного аэрофотоснимка, процесс которой представлен на рис. 2. Сначала изображение проверяется на соответствие перечисленным ниже требованиям. Аэрофотоизображения одного и того же объекта местности могут отличаться по таким критериям, как условия съемки, освещенность, шум и т.д. В случае если на вход системы обработки поступают изображения, не удовлетворяющие требованиям, результат работы алгоритмов может быть некорректен.



Рис. 2. Подсистема предобработки изображения

Далее реализуются алгоритмы, направленные на устранение различных искажений изображения, обусловленных несовершенством регистрирующей аппаратуры, влиянием атмосферы, условиями освещения и т.д. [4, 6, 8]. В зависимости от факторов полета для предварительной обработки применяется множество методов [6, 8]. К наиболее существенным факторам полета, влияющим на качество получаемого снимка, относятся [8]:

- высота аэросъемки;
- влияние атмосферы;
- изменение величины освещенности Земли;
- линейные и угловые перемещения летательного аппарата, а также вибрации летательного аппарата.

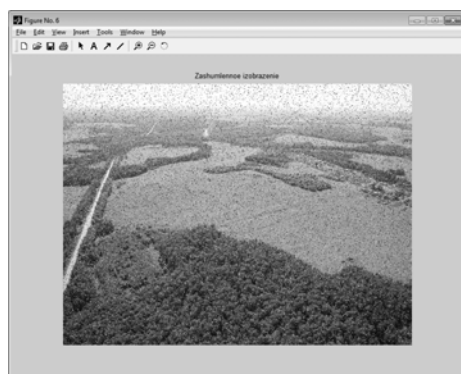
В работе [6] описаны следующие методы предварительной обработки изображений, применяемые с целью устранения или коррекции факторов полета для цифровых аэрофотоснимков.

1. Цифровая коррекция изображения:
  - устранение нелинейности функции тонопередачи.
  - улучшение резкостных свойств изображения.
  - геометрическая коррекция.
2. Яркостные преобразования изображения:
  - изменение контраста;
  - устранение шумов;
  - подчеркивание границ.

В зависимости от задач предварительной обработки для их решения применяются соответствующие методы обработки изображений. Для решения задач приглушения шумов применяются методы низкочастотной фильтрации [6]. Для повышения контрастности снимка для его наилучшего отображения выполняется изменение гистограммы значений яркости; фильтрация, квантование снимка по

яркости и т.д. [4]. Для обеспечения устойчивости к сглаживанию границ полученное изображение подвергается операции повышения резкости. Процессы медианной фильтрации и повышения резкости достаточно широко описаны в литературе [6, 8]. Методы и алгоритмы предварительной обработки в зависимости от исходных данных выбирает оператор.

Импульсный шум, именуемый в англоязычной литературе как шум типа «соль-перец», возникает при некорректном функционировании (отказе) тех или иных элементов матрицы фото- или видеокамеры. На рис. 3 приводятся результаты применения адаптивной медианной фильтрации для удаления шума «соль-перец» высокой интенсивности.



а



б

Рис. 3. Предобработка аэрофотоизображения:  
а – зашумленное аэрофотоизображение;  
б – аэрофотоизображение после предобработки

В подсистеме настройки параметров сегментации формируется набор признаков информативных областей. Подсистема настройки параметров сегментации состоит из двух подсистем: справочной подсистемы; подсистемы моделирования.

Параметры искомого объекта на изображении являются признаками поиска информативной области. Для определения значений набора признаков информативной области в справочной системе берутся значения параметров «реального» объекта и в подсистеме моделирования пересчитываются с учетом навигационно-технических и метеорологических условий получения изображения. Под «реаль-

ным» понимается изображение объекта, находящегося на территории снимаемого участка поверхности земли. Значения признаков пересылаются в подсистему обработки изображения.

На рис. 4 представлен процесс обработки изображения для сегментации текстурных областей изображения, близких по цвету и структуре. После предобработки изображения и загрузки параметров в подсистеме обработки осуществляется первичная сегментация изображения по статистическим признакам. Результатом первичной сегментации является изображение с локализованными текстурными областями растительности, значения статистических характеристик которых принадлежат одному диапазону.

Как показали проведенные эксперименты [5], сегментации по статистическим признакам недостаточно для точного отделения областей растительности друг от друга. Схематически результат первичной сегментации имеет вид, представленный на рис. 5.

Как видно из рис. 5, сегментация по статистическим признакам приводит к пересечению текстурных областей, принадлежащих разным классам. Это говорит о наличии на изображении областей, близких по цвету и структуре [5] или другими словами, областей пересечения. В связи с этим, для уточнения границ текстурных областей реализуется этап вторичной сегментации по признаку значений СКО матриц изображений текстурных областей до и после ДКП, введенному в [5]. На этапе вторичной сегментации обработке подвергаются только области пересечения. Схематически результат вторичной сегментации представлен на рис. 6.

После выполнения этапа вторичной сегментации оператор принимает решение о выполнении следующего этапа – либо уточнение параметров для более точной сегментации областей, либо переход к этапу локализации выделенных областей. Результатом работы метода является изображение с локализованными текстурными областями. Анализ результатов показывает высокую точность сегментации информативных текстурных областей.

Таким образом, процесс обработки изображения состоит из следующих уровней, представленных в табл. 1. При этом использованы следующие обозначения:  $P(x, y)$  – входное изображение,  $P_{обр}(x, y)$  – входное изображение после предобработки,  $f(\cdot)$  – оператор предобработки изображения,  $u(P_{обр}(x, y))$  – оператор просмотра дискретного пространства изображения,  $N_v$  – набор признаков информативных областей изображения,  $v$  – количество информативных областей изображения,  $A_v$  – информативные области изображения,  $K_g$  – совокупность решений, принятых оператором,  $(i, j)_A$  – множество координат найденных областей.

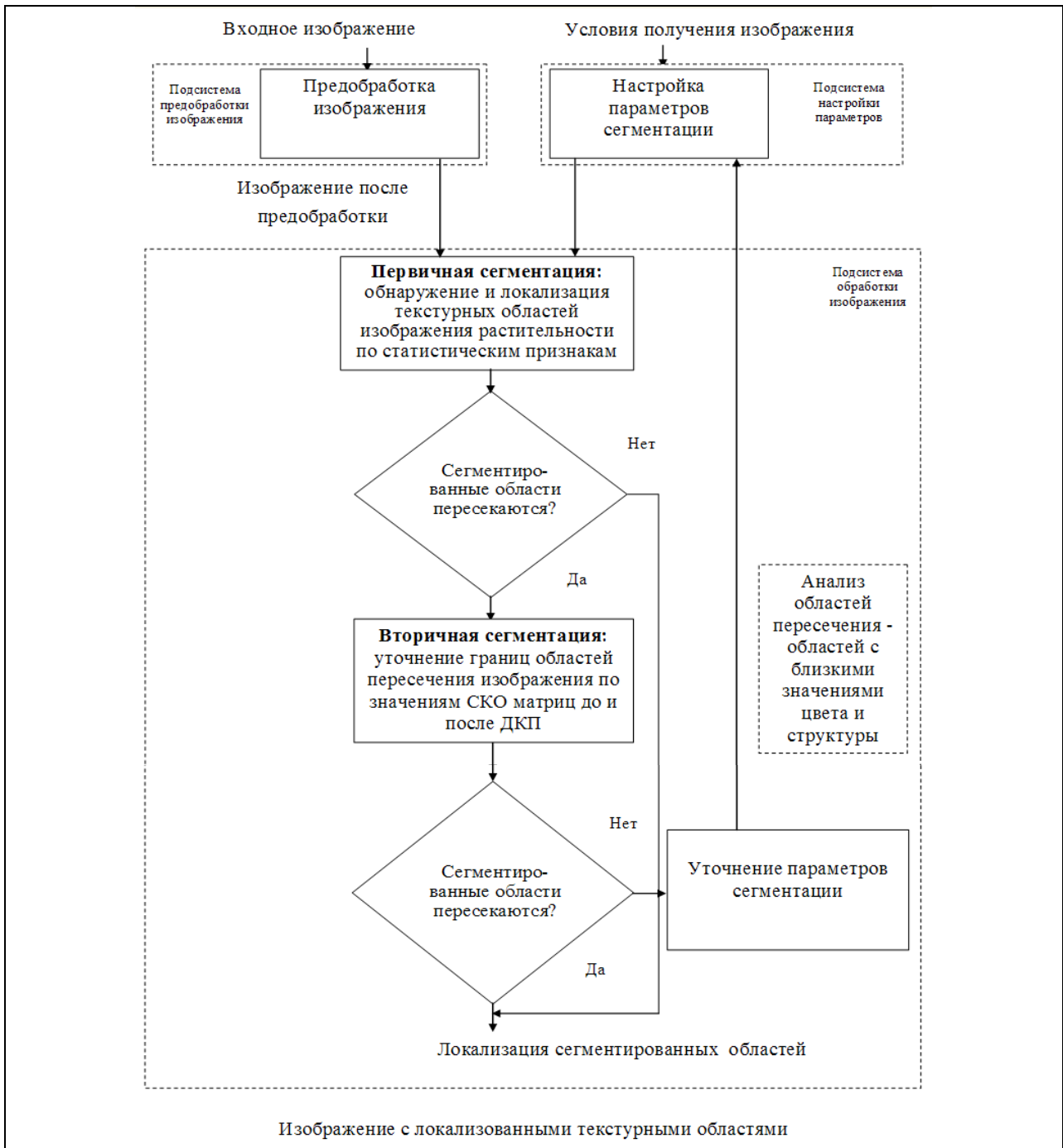


Рис. 4. Процесс обработки изображения для сегментации текстурных областей изображения, близких по цвету и структуре



Рис. 5. Схематический результат первичной сегментации



Рис. 6. Схематический результат вторичной сегментации

Таблиця 1  
Уровни обработки изображений.

Уровень обработки изображения	Характер анализа изображения	Модель процесса	Целевое назначение уровня
1	Предварительная обработка	$P(x, y) \rightarrow f(P_{обр}(x, y))$	Улучшение качества изображения
2	Формирование набора признаков информативной области	$H_v \rightarrow \{H\}$	Локализация информативных областей
3	Первичная сегментация	$u(P_{обр}(x, y)) \rightarrow A_v$	
4	Вторичная сегментация	$A_v \rightarrow K_g$	
5	Локализация	$(i, j)_A$	

В качестве критерия эффективности работы метода предложено использовать показатели точности сегментации [2, 6] и достоверности [2, 8] локализованных в результате сегментации областей.

Практическое внедрение разработанного метода показало, что применение метода и алгоритмов сегментации текстурных областей, близких по значениям цвета и структуре, позволяет сократить время оценки изображения для принятия рационального решения в 2 раза.

### Выводы

Предложен метод сегментации текстурных областей изображения, состоящий из этапов первичной и вторичной сегментации, которые обеспечивают решение задачи локализации областей изображений. Поэтапная обработка изображения предло-

женным методом обеспечивает максимальное исключение ошибки локализации ложных участков областей. Кроме того, при переходе от одного этапа обработки к другому уменьшается анализируемый объем информации, а именно площадь сегментируемых участков изображения. С целью уменьшения времени при практической реализации метода появляется возможность распараллеливания процессов обработки и решения задач в масштабе времени, близком к реальному.

### Список литературы

1. Mark S. Nixon Feature Extraction and Image Processing / Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado. – Oxford: A division of Reed Ed. and Prof. Publishing Ltd, 2002. – 330 p.
2. Антощук С.Г. Система распознавания текстурных изображений при экологическом мониторинге / С.Г. Антощук, Н.А. Сербина // Искусственный интеллект. – 2002. – № 1. – С. 406-413.
3. Шитова О.В. Анализ методов сегментации текстурных областей изображений в системах обработки изображений / О.В. Шитова, А.М. Пухляк, Е.М. Дроб // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2014. – 8(179). – Вып. 30/1. – С. 182-188.
4. Шитова О.В. Комплексное дешифрирование изображений аэрофоторазведки цифровыми методами / О.В. Шитова // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – X.: ХУПС, 2014. – Вып. 1(14) – С. 78-82.
5. Рубан И.В. Применение дискретно-косинусного преобразования изображений для сегментации текстурных областей. / И.В. Рубан, О.В. Шитова, А.М. Пухляк // Системи обробки інформації. – X.: ХУПС, 2014. – Вып. 8 (124). – С. 39-41.
6. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
7. Аппаратура воздушного мониторинга земной поверхности с автоматической стабилизацией изображения [Электронный ресурс]. Режим доступа к статье: [http://www.mniti.ru/services/the\\_system\\_applied\\_tv/apparatus](http://www.mniti.ru/services/the_system_applied_tv/apparatus).
8. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.

Поступила в редколлегию 2.02.2015

**Рецензент:** д-р физ.-мат. наук проф. С.В. Смеляков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### МЕТОД СЕГМЕНТАЦІЇ ТЕКСТУРНИХ ОБЛАСТЕЙ ЗОБРАЖЕНЬ, БЛИЗЬКИХ ЗА ЗНАЧЕННЯМИ КОЛЬОРУ І СТРУКТУРИ

А.М. Пухляк, О.В. Шитова

У статті запропоновано метод сегментації текстурних областей зображень близьких за значеннями кольору і структурі. Описані етапи методу. Приведений процес передобробки аерофотознімків і процес обробки аерофотознімків для сегментації текстурних областей. Описано рівні обробки зображення запропонованим методом.

**Ключові слова:** метод сегментації, дискретно-косинусне перетворення, текстурна область, зображення.

### METHOD OF TEXTURE IMAGE AREAS' SEGMENTATION WHICH ARE SIMILAR IN COLOR AND STRUCTURE

A.M. Pukhlyak, O.V. Shytova

The method of image texture areas' segmentation which are close in color and structure has been offered. The methods' steps have been described. The process of aerial photographs' pre-processing and processing aerial photographs for texture areas' segmentation have been shown. The levels of images' processing using offered method have been described.

**Keywords:** the segmentation method, discrete-cosine transformation, a texture region, the image.