

УДК 004.8:621.3

О.В. Шитова, А.Н. Пухляк

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ВЫБОР ПРИЗНАКОВ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ТЕКСТУРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ, БЛИЗКИХ ПО ЗНАЧЕНИЯМ ЦВЕТА И СТРУКТУРЕ

В статье рассматривается задача сегментации областей растительности изображений, которые являются текстурными областями с визуально близкими значениями цвета и структуры. Предложен признак сегментации для решения данной задачи. Приведены результаты экспериментальных расчетов предложенного признака текстурных областей, визуально близких по своим свойствам.

Ключевые слова: дискретно-косинусное преобразование, текстурная область, признак, изображение, порог сегментации.

Введение

Постановка задачи. Автоматизированная обработка информации, получаемой в результате воздушного мониторинга, в частности изображений земной поверхности, позволяет эффективно решать научные и прикладные задачи в области картографии, исследований природной среды, океанологии, поиска и освоения полезных ископаемых, сельского и лесного хозяйства и многих других областях [1 – 3].

Одной из задач, обеспечивающих извлечение из изображения полезной информации, является задача сегментации или выделения однородных областей природных объектов. Сегментация является наиболее важной процедурой процесса автоматизации анализа изображений, поскольку ее результаты влияют в дальнейшем на все последующие действия, связанные с анализом изображения: представление выделенных объектов и их текстовое описание, измерение признаков, а также другие задачи более высокого уровня [2]. В [4] описано применение дискретно-косинусного преобразования изображений для сегментации текстурных областей (фрагментов), визуально близких по значениям цвета и структуре. Процессу сегментации предшествует процесс формирования пространства признаков, основанный на исследовании текстур и, в свою очередь, опирающийся на описание текстур. Исходя из этого, **актуальной задачей** является выбор признаков для сегментации текстурных областей, визуально близких по значениям цвета и структуре.

Анализ литературы [1 – 3] показал, что существующие подходы к сегментации изображений различаются в зависимости от используемых признаков текстурных областей. В процессе анализа установлено, что перспективным является построение методов сегментации текстур, основанных на спектральных признаках [4, 7].

Целью статьи является выбор и обоснование признаков для сегментации текстурных областей, визуально близких по значениям цвета и структуре.

Основная часть

На рис. 1, а представлен пример аэрофотоснимка, полученного в результате воздушного мониторинга. Изображение текстурного фрагмента 1 (рис. 1, б) визуальное отличается от изображений фрагментов 2 и 3 (рис. 1, в и 1, г соответственно). Задача сегментации фрагмента 1 от фрагмента 2 и 3 решается с помощью существующих известных статистических, фрактальных и структурных методов сегментации текстур [5, 6].

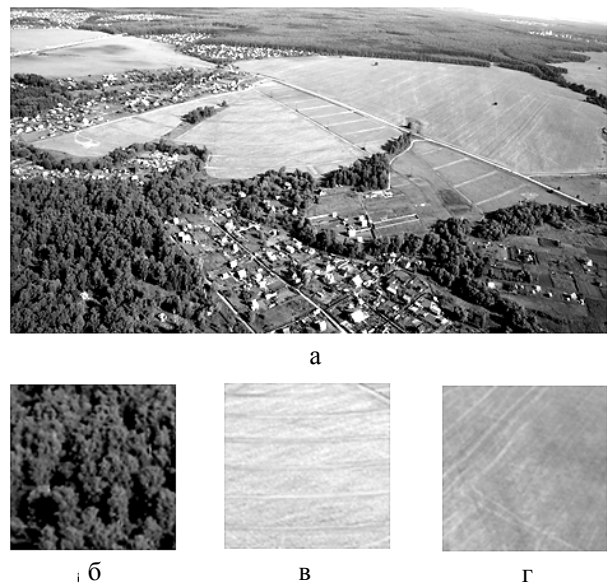


Рис. 1. Пример аэрофотоснимка и его текстурных фрагментов: а – исходный аэрофотоснимок; б, в, г – текстурные фрагменты 1; 2, 3 соответственно

Для решения задачи сегментации фрагмента 2 от фрагмента 3 известные подходы не работают, так как значения признаков цвета и структуры этих фрагментов очень близки. Под значениями признака цвета понимаются значения яркостей пикселей матрицы полутонового изображения. На рис. 2 представлены матрицы значений яркостей пикселей фрагментов 1 – 3.

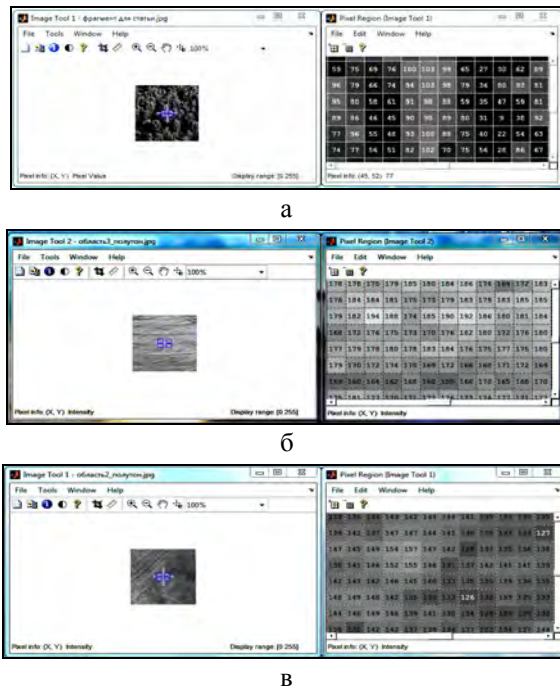


Рис. 2. Значения яркостей пикселей полутоновых текстурных фрагментов

Из анализа рис. 2, видно, что яркость пикселей первого фрагмента (рис. 2, а) лежит в диапазоне от 9 до 103, яркость пикселей второго фрагмента (рис. 2, б) лежит в диапазоне от 159 до 190, а третьего фрагмента (рис. 2, в) – в диапазоне от 126 до 149. Усредненный порог разницы значений цвета между первым фрагментом и вторым составляет 119, между первым фрагментом и третьим составляет 82, а между вторым фрагментом и третьим – 37. Проведенный ряд экспериментов показал, что текстурные фрагменты, визуально близкие по цвету, это те фрагменты, усредненный порог разницы значений цвета которых лежит в диапазоне от 0 до 50. Текстурными фрагментами, близкими по структуре, в работе подразумеваются фрагменты, имеющие внутреннюю контурную насыщенность, возникающую при сегментации изображений фрагментов по бинарному признаку и составляющую более 50 % (рис. 3).

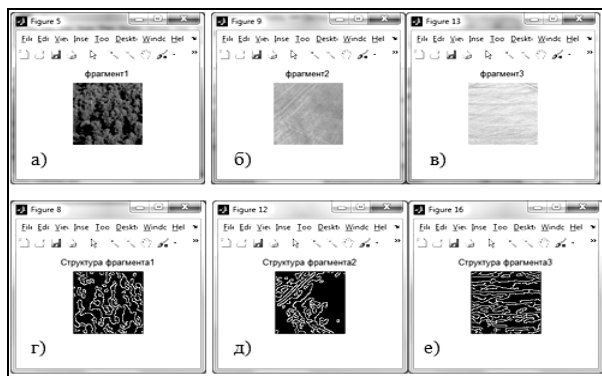


Рис. 3. Структура текстурных фрагментов: а, б, в – изображения исходных фрагментов, загруженных в модуль Image Processing Toolbox системы Matlab; г, д, е – структура соответствующих текстурных фрагментов

Основной вопрос при выборе признаков заключается в том, чтобы определить какие и сколько признаков необходимо выделить для надежной сегментации текстурных областей с близкими значениями цвета и текстуры на изображении. Известно, что чрезмерное увеличение исходной системы признаков не приносит положительного эффекта из-за того, что степень представительности выборки одного и того же объема обратно пропорциональна размерности пространства признаков [8].

Наиболее важные требования к признакам, используемым для решения задачи сегментации областей изображений, могут быть сформулированы следующим образом [6, 8].

1. Признак должен быть информативным, т.е. содержать информацию, существенную для данного изображения в контексте решаемой задачи, и способствовать точной сегментации объектов.
2. Признак должен допускать обработку алгоритмом сегментации изображений, т.е. иметь формат, приемлемый для выбранного алгоритма сегментации.
3. Признак должен позволять строить модель изображения.
4. Признак должен входить в минимальный набор признаков (или модель изображения), отражающий специфику сегментируемого объекта в контексте задачи.

5. Временная сложность вычисления признака не должна превышать выгоды от его использования для решения данной проблемы.

Таким образом, решение задачи построения минимального множества наиболее информативных признаков является одним из главных факторов при разработке алгоритмов и информационной технологии сегментации текстурных областей изображений. Текстурные признаки можно разделить на четыре основных класса (рис. 4) [1 – 3].

В работе формирование набора признаков для сегментации текстурных областей изображений осуществлялось в три этапа. На первом этапе производился предварительный выбор признаков методом экспертного анализа. По результатам экспертного анализа в качестве признаков были выбраны статистические и спектральные признаки объектов. На втором и третьем этапах формирования набора признаков проводилась статистическая и экспериментальная оценка, а также проверка соответствия признаков приведенным выше требованиям. В работе в качестве признаков для сегментации текстурных областей с близкими значениями цвета и структуры проанализирован и выбран ряд из группы статистических и спектральных признаков.

Статистические свойства текстурных фрагментов изображений, визуально близких по своим свойствам, проанализированы в [4]. В результате исследований выявлено, что разница в значениях статистических признаков фрагментов текстуры, близких

по цвету и структуре, не является существенно большой величиной (варьируется в диапазоне от 0,0005 до 0,6), которую можно было бы использо-

вать для четкого различения границ текстурных областей. Также недостатками методов сегментации по статистическим признакам являются [5, 6]:

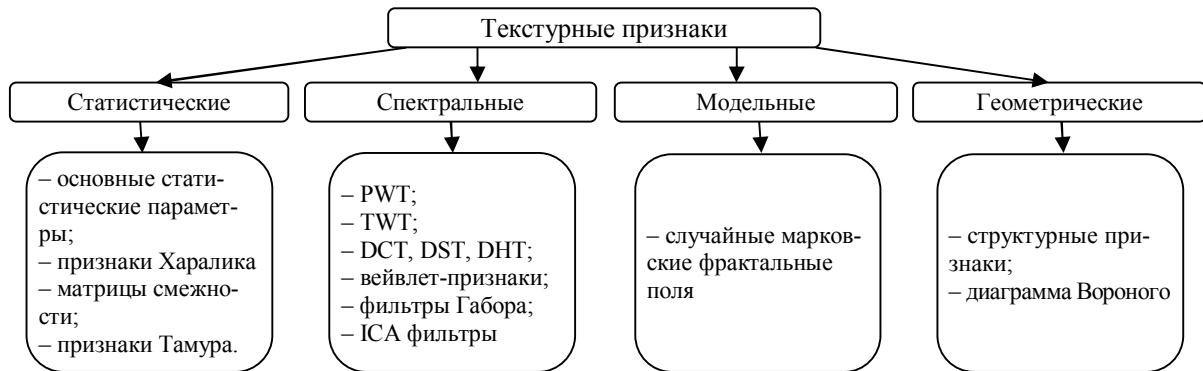


Рис. 4. Общая классификация признаков текстурных изображений [1 – 3]

– высокая детальность сегментации, что приводит к необходимости использования алгоритмов уменьшения детальности; задача снижения детальности сегментации состоит в снижении числа исходных сегментов путем их слияния. В результате на сегментированном изображении должно остаться небольшое число крупных сегментов, разделенных хорошо заметными границами;

– высокая вычислительная сложность;
– большое разнообразие статистических признаков текстур вызывает необходимость предварительного исследования наиболее информативных признаков в зависимости от типа текстуры.

С целью избегания перечисленных недостатков статистических методов и решения задачи сегментации текстурных областей с близкими значениями цвета и структуры в работе предложено применение и проведены исследования спектральных свойств текстурных фрагментов. Были исследованы матрицы изображений текстурных фрагментов, принадлежащих одному изображению. Относительно текстурных фрагментов одного и того же изображения были посчитаны среднеквадратические отклонения (СКО) разницы матриц полутоновых изображений фрагментов и СКО разницы матриц полутоновых изображений фрагментов после выполнения над ними дискретно-косинусного преобразования (ДКП).

Для матрицы A с размерами $M \times N, T * A$ дискретно-косинусное преобразование представляет собой матрицу с размерами $M \times M$, где каждый столбец содержит одномерное дискретное косинусное преобразование A [9].

Пусть s_{k1} – значение СКО разницы матриц текстурных фрагментов 1 и 2, близких по цвету и структуре, s_{k2} – значение СКО разницы текстурных матриц фрагментов 1 и 2 после применения к ним ДКП, P_s – признак сегментации текстурных фрагментов 1 и 2. Тогда P_s имеет вид (1):

$$P_s = s_{k1} - s_{k2}; \quad (1)$$

$$s_{k1} = s_{ko}(Mf1 - Mf2),$$

где $Mf1$ – матрица полутонового текстурного фрагмента 1; $Mf2$ – матрица полутонового текстурного фрагмента 2.

$$s_{k2} = s_{ko}(MDf1 - MDf2),$$

где $MDf1$ – матрица полутонового текстурного фрагмента 1 после применения к ней ДКП; $MDf2$ – матрица полутонового текстурного фрагмента 2 после применения к ней ДКП;

$$s_{ko} = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{1/2}; \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

В табл. 1 приведены результаты расчета разниц СКО матриц 20 текстурных фрагментов.

Таблица 1

Значения разниц СКО матриц фрагментов изображений до и после применения к ним ДКП.

Изображение	СКО между двумя фрагментами до ДКП	СКО между двумя фрагментами после ДКП	Разница
Изображение 1	0,2319	74,6265	74,3946
Изображение 2	11,6000	66,6968	55,0968
Изображение 3	34,7610	65,6247	30,8637
Изображение 4	8,9825	60,8926	51,9101
Изображение 5	0,1679	123,0526	122,8847
Изображение 6	6,3553	83,6186	77,2633
Изображение 7	24,4895	41,9985	17,5090
Изображение 8	0,4521	119,8477	119,3956
Изображение 9	0,2747	25,3516	25,0769
Изображение 10	31,7563	50,3532	18,5969
Изображение 11	55,8554	83,4802	27,6248
Изображение 12	20,5006	33,6903	13,1897
Изображение 13	10,7771	40,8446	30,0675
Изображение 14	16,0917	63,0298	46,9381
Изображение 15	20,0130	41,2422	21,2292
Изображение 16	21,1914	75,8660	54,6746
Изображение 17	21,4496	31,2087	9,7591
Изображение 18	34,4282	54,5242	20,0960
Изображение 19	33,6472	51,9063	18,2591
Изображение 20	45,4362	78,9791	33,5429

Результаты исследований, представленные в табл. 1, говорят о том, что разница между СКО матриц изображений до выполнения ДКП и после выполнения ДКП составляет достаточно большое значение. Например, значение СКО разницы матриц изображения второго фрагмента (рис. 1, в) и третьего фрагмента (рис. 1, г) до применения ДКП составляет 0,8658, после применения ДКП составляет 32,598. Разница составляет 31,964.

На рис. 5 фрагменты 1 (рис. 5, б) и 2 (рис. 5, в), 3 (рис. 5, г) и 4 (рис. 5, д) являются близкими по цвету и структуре. Как видно из рисунка, фрагменты 1 и 2, 3 и 4 между собой визуально практически не отличаются. Однако разница СКО матриц изображений фрагментов после применения к ним ДКП составляет 7,9772 и 6,3017 соответственно.

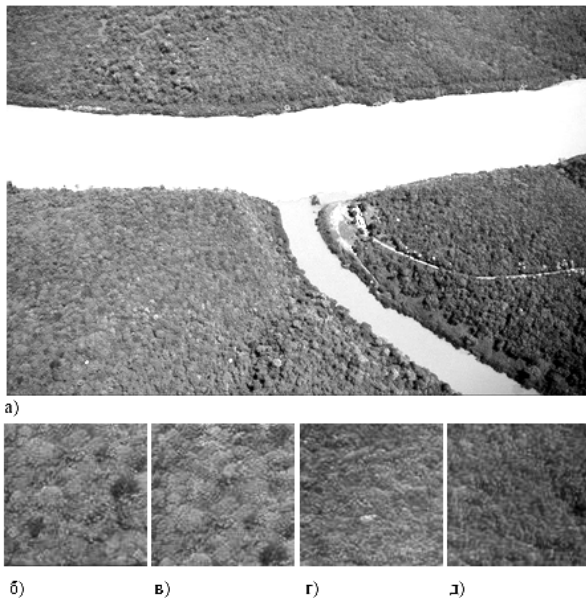


Рис. 5. Изображение, содержащее текстурные фрагменты, близкие по цвету и структуре:
а – исходное изображение;
б – д – текстурные фрагменты 1 – 5 соответственно

Выводы

1. Применение ДКП к матрицам полутоновых изображений текстурных фрагментов, близких по значениям цвета и структуре, позволяет получить разницу (порог сегментации), позволяющую приме-

нять ее для решения задачи сегментации текстурных областей с близкими значениями цвета и текстуры.

2. В результате проведенных исследований выявлено, что нижняя граница отличия близких по цвету и структуре текстур составляет порог $P_s = \pm 17$. Данное значение является приближенным и требует уточнения после обработки большого количества разнородных текстур. Данный порог предложено использовать в качестве признака для сегментации текстурных областей изображения, близких по цвету и структуре.

Список литературы

1. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
2. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: [в 2-х томах] / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 312 с.
4. Рубан И.В. Применение дискретно-косинусного преобразования изображений для сегментации текстурных областей / И.В. Рубан, О.В. Шитова, А.Н. Пухляк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вып. 8(124). – С. 39-41.
5. Шитова О.В. Анализ методов сегментации текстурных областей изображений в системах обработки изображений / О.В. Шитова, А.М. Пухляк, Э.М. Дроб // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. Серия: История, Политология, Экономика, Информатика. – 2014. – 8(179). – Вып. 30/1. – С. 182-188.
6. Мин И.В. Сегментация изображений на основе выделения текстурных и цветовых признаков / И.В. Мин // Мат-лы XIX Межд. науч.-пр. конф. "Современные техника и технологии". – Томск: ТПУ, 2012. – С. 290-292.
7. Шитова О.В. Подход к сегментации и распознаванию текстурных областей на изображениях / О.В. Шитова, А.Н. Пухляк // Тези доп. 10 наук. конф. ХУПС «Новітні технології – для захисту повітряного простору», 9-10.04.2014, 2014. – С. 177.
8. Пластинин А.И. Метод формирования признаков текстурных изображений на основе марковских моделей: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.13.17 / А.И. Пластинин. – Самара, 2012. – 20 с.
9. Ахмед Н. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / Н. Ахмед, К. Рао. – М.: Связь, 1980. – 248 с.

Поступила в редколлегию 23.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Рубан, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ВИБІР ОЗНАК ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ ТЕКСТУРНИХ ОБЛАСТЕЙ ЗОБРАЖЕНЬ, БЛИЗЬКИХ ЗА ЗНАЧЕННЯМИ КОЛЬОРУ І СТРУКТУРИ

О.В. Шитова, А.М. Пухляк

Розглядається задача сегментації областей рослинності на зображеннях, які є текстурними областями з візуально близькими значеннями кольору і структури. Запропонована ознака сегментації для вирішення даної задачі. Наведені результати експериментальних розрахунків запропонованої ознаки текстурних областей, візуально близьких за своїми властивостями.

Ключові слова: дискретно-косинусне перетворення, текстурна область, ознака, зображення, поріг сегментації.

A CHOICE OF SIGNS FOR SEGMENTATION OF TEXTURE AREAS OF IMAGES WHICH HAVE SIMILAR VALUES OF COLOR AND STRUCTURE

O.V. Shytova, A.M. Pukhlyak

The task of segmentation areas of vegetation on images is considering in the article. These areas are the texture areas with visible similar values of color and structure. The offered sign of segmentation is for the decision of this task. The results of experimental calculations of the offered sign of texture areas which have visible similar values of color and structure are shown.

Keywords: discrete-cosine transformation, a texture region, a value, the image, a threshold segmentation.