



АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕГМЕНТАЦИИ ТЕКСТУРНЫХ ОБЛАСТЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

О.В. ШИТОВА

А.Н. ПУХЛЯК

Е.М. ДРОБ

*Харьковский университет
Воздушных Сил имени Ивана
Кожедуба
г. Харьков, Украина*

*e-mail:
shhelga@mail.ru
sandr17@gmail.com
demarkovich@mail.ru*

В статье представлен анализ методов сегментации текстурных областей на изображениях в системах обработки изображений. Приведена сравнительная характеристика основных методов. Указаны достоинства и недостатки существующих методов и проблемы, возникающие при сегментации текстур.

Ключевые слова: сегментация, текстура, система обработки изображений, аэрофотоснимок

Постановка проблемы

Автоматизированная обработка аэрокосмической информации 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 [11]. В настоящее время автоматизация обработки аэрокосмической информации, в частности изображений земной поверхности, остаётся актуальной задачей. При этом главным способом извлечения информации является дешифрирование изображений, которые являются основным носителем информации о местности. Аэрокосмические изображения являются совокупностью текстурных областей естественного происхождения и искусственных объектов.

К основным задачам анализа текстурных областей относятся: выбор и формирование признаков, описывающих текстурные различия; выделение и сегментация текстурных областей; классификация текстурных областей; идентификация объекта по текстуре. Для выделения текстурных областей решается задача сегментации текстуры, которая состоит в разбиении изображения на области с постоянной текстурой, т.е. выделение областей, в пределах которых значения тех или иных текстурных признаков относительно постоянны [8].

В зависимости от класса решаемой в конкретной системе технического зрения задачи, текстурная сегментация аэрофотоснимков может играть различную роль. При решении задач реконструкции (улучшении) аэрофотоснимков может быть важным выделение однородных областей текстур, в условиях помех на изображении. В этом случае текстурная сегментация может применяться для повышения информативности изображения, лучшего восприятия его человеком, привлечения внимания к некоторым его областям. В системах классификации текстурная сегментация может быть использована, в случае если классифицируемые объекты (или область поиска объекта на изображении) обладают уникальным видом текстуры, это особенно может иметь большое значение, когда искомый объект находится на неоднородном фоне. В задачах анализа сцен текстурная сегментация аэрофотоснимков может использоваться как вспомогательная процедура для разделения изображения на области. При использовании сегментации в конкретных практических приложениях необходимо решить ряд частных задач: выбор оптимального разрешения аэрофотоснимков и размера анализируемых текстур. Во многом этот выбор будет взаимосвязан с выбором пространства признаков и возможных методов предобработки изображения, поскольку информативность различных признаков может зависеть как от разрешения, размера текстуры, так и от того было ли оно каким-либо образом предобработано [6, 9, 10]. После сегментации

необходимо решение задачи распознавания текстуры – отнесение сегментированного участка текстуры к какому-либо классу, например, “лес”, “поле”, другими словами, идентификация текстурной области.

Одной из наиболее сложных и актуальных проблем компьютерной обработки изображений является решение задачи сегментации таких текстурных областей изображения, как природные объекты, в частности областей растительности, которые, как правило, занимают значительную часть аэрофотоснимка (рис. 1).



Рис. 1. Аэрофотоснимки – результаты воздушного фотографирования

Целью статьи является системное описание и анализ особенностей применения существующих методов сегментации текстурных областей на изображениях, и определение достоинств и недостатков существующих методов и проблем, возникающих при сегментации текстурных областей изображений.

Основная часть. Анализ литературы [2, 5-13] позволил выделить несколько основных подходов к классификации методов сегментации текстур. Методы текстурной сегментации разрабатываются на основе двух основных подходов: анализ областей и анализ границ. Методы на основе областей пытаются найти группы или кластеры пикселей с похожими текстурными свойствами [4]. Методы на основе границ пытаются обнаружить края текстур между пикселями, которым соответствуют различные текстурные распределения [10].

В зависимости от используемых признаков текстурных областей изображений методы сегментации на основе анализа областей можно разделить на статистические, структурные, фрактальные, спектральные и комбинированные методы (рис. 2).



Рис. 2. Методы анализа текстурных областей изображений



Статистические методы анализа текстурных областей изображений. При статистическом подходе к анализу текстурных областей изображения трактуются как реализации некоторого случайного процесса [7]. Статистические методы анализа текстур основаны на вычислении порядковых статистических признаков текстурных областей изображения.

В работе [9] Харалик предлагает использовать 14 признаков текстур, основанных на статистике и теории информации. Также существуют методы распознавания с использованием таких статистических характеристик как автокорреляционные функции, плотность перепадов и длин серий [9]. Основные статистические признаки текстур, применяемые для сегментации и распознавания текстурных областей изображений, описаны в [6].

Статистический текстурный анализ основан на вычислении матриц смежности, которые учитывают как уровни яркости отсчётов, так и относительное расположение отсчетов с определенной яркостью на изображении. Отсчеты двумерной матрицы смежности для изображения показывают оценку вероятности совместного появления на изображении на расстоянии друг от друга, задаваемом определенным вектором смещения отсчетов, с соответствующими значениями уровней яркости. Аналогично, отсчеты трехмерной матрицы показывают оценку вероятности совместного появления на изображении на заданном расстоянии друг от друга тройки отсчётов с соответствующими значениями уровней яркости.

С использованием матриц смежности вычисляются текстурные признаки, такие как угловой момент, корреляция, контраст, инерция, энтропия, затенение, и др. Матрица смежности обеспечивает инвариантность признаков к повороту, сдвигу и масштабированию. Признаки, вычисленные на основе двумерной матрицы – 2D признаки, их трёхмерные аналоги – 3D признаки. Таким образом, для каждого изображения можно вычислить вектор признаков – статистическую сигнатуру текстуры [8, 12].

Недостатками методов сегментации по статистическим признакам являются:

- 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.

Структурные методы анализа текстурных областей изображений. Структурные методы анализа текстурных областей изображений основаны на том, что текстура состоит из регулярно или почти регулярно повторяющейся совокупности хорошо разделяемых примитивов (микротекстуры), которые расположены согласно некоторому правилу размещения и иерархически объединяются в пространственные упорядоченные структуры (макротекстуры) [9]. В [10] под структурным описанием понимают текстуру как множество примитивных текстелов, расположенных в некотором регулярном или повторяющемся порядке. Для описания текстуры структурными методами необходимо определить примитивы и правила их объединения [9]. Структурные методы хорошо подходят для анализа регулярных текстур, состоящих из простых регулярных примитивов. Как только элементы текстуры идентифицированы, возможно применение двух основных подходов к анализу текстуры. При первом подходе вычисляют статистические признаки извлеченных элементов текстуры и используют их как элементарные текстурные признаки. При втором подходе необходимо выделить принцип расположения примитивов, который описывает текстуру. Последний подход может включать в себя геометрический или синтаксические методы анализа текстуры, например анализ диаграмм полигонов Вороного [6]. Метод анализа обычно зависит от

геометрических свойств текстурных элементов. Примеры регулярных текстур представлены на рис. 3. Структурный подход применим для регулярных искусственных образов [10]. Достоинство данных методов состоит в том, что особое значение придается форме тоновых производных элементов.

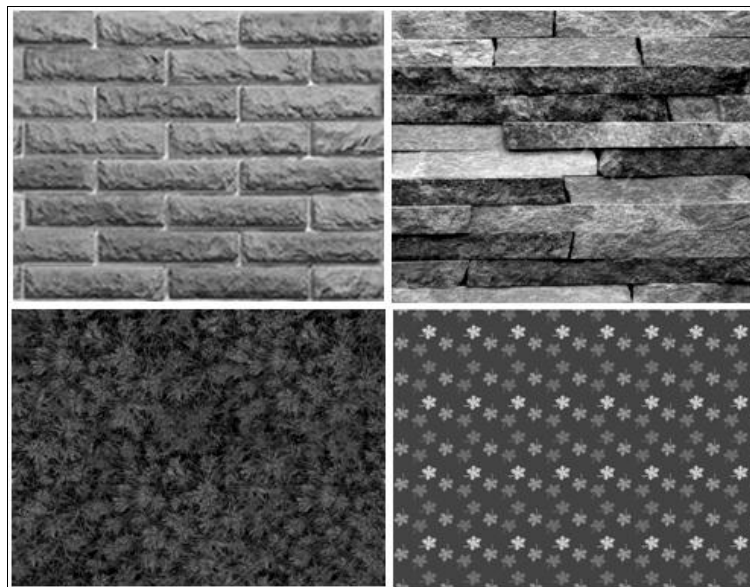


Рис. 3. Примеры изображений регулярных текстур

Фрактальные методы анализа текстурных областей изображений. Описание широкого класса процессов и явлений, таких как процессы ограниченной диффузной агрегации, образование вязких пальцев в пористых средах, турбулентность, процессы диффузии, называемые протеканием, а также описание объектов природы, таких как облака, земная поверхность и многие другие, в терминах фрактальной геометрии определило новое направление в исследованиях – анализ фракталов. При таком подходе авторы не называют объект текстурой, а называют его фракталом [7]. Многие авторы отмечают, что большинство естественных поверхностей являются пространственно изотропными фракталами и что двумерные поля интенсивностей от таких поверхностей также являются фракталами.

Фрактальные методы анализа текстурных областей изображений основаны на том, что текстура представляет собой фрактал – структуру, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Таким образом, при определении фрактала используется свойство самоподобия фрактала. Многие кривые и поверхности статистически самоподобны, то есть каждая часть может считаться изображением целого в уменьшенном виде (рис. 4). Основной особенностью фрактальных характеристик является то, что изображения искусственных и природных объектов имеют сильно различающиеся фрактальные размерности. Это позволяет успешно использовать фрактальные признаки для обнаружения искусственных изменений ландшафта по фотографиям из космоса, обнаружения искусственных объектов на изображениях, полученных с телекамер и других задачах. Для сегментации используются характеристики, по которым вычисляется размер фрактала.

Недостатком обработки фрактальных текстур является то, что, как правило, нельзя построить глобальную фрактальную модель всего изображения. Общая стратегия состоит в том, чтобы для найденных опорных точек оценить параметры локальных фрактальных моделей, произвести выращивание регионов с близкими параметрами, классифицировать их и провести сегментацию изображения. Причем, в случае ландшафтных изображений часто не требуется устанавливать точные границы между сегментами. Сравнительный анализ трех методов сегментации текстур, построенных на оценке размера фрактала, показал, что метод броуновской функции более эффективен,

чем другие исследованные методы [1, 4]. Также существенным недостатком фрактальных методов обработки текстурных изображений является их высокая трудоемкость. Примеры фрактальных текстур приведены на рис. 4.



Рис. 4. Примеры изображений фрактальных текстур

Спектральные методы анализа текстурных областей изображений. Спектральные методы анализа текстурных областей основаны на спектральных мерах текстур. Спектральные меры текстур основаны на спектре Фурье, который идеально подходит для описания направленности присутствующих в изображении периодических и квазипериодических двумерных структур.

Спектральная текстура характеризуется наличием частичной информации о непроектируемых элементах, в частности, об их размерах, которая интерпретируется в терминах пространственной частоты [2, 9]. Поскольку размер зерна текстуры пропорционален пространственному периоду, область крупнозернистой текстуры должна давать спектр Фурье, энергия которого сосредоточена на низких пространственных частотах [2]. Наоборот, для областей мелкозернистой текстуры энергия спектра концентрируется на высоких пространственных частотах. Хотя такое соответствие отчасти и существует, часто возникают трудности, связанные с пространственным изменением периода и фазы повторений структуры. Эксперименты [2] показали, что существует значительное перекрытие спектров для областей с заметно отличающейся естественной текстурой, например, таких, как городские кварталы, сельские районы и лесные массивы, выделенные на аэрофотоснимках. С другой стороны, спектральный фурье-анализ оказался успешным [2] при обнаружении и классификации антракоза легких у горняков, который визуально проявляется в виде диффузных текстурных отклонений снимков легких от нормы.

Комбинированные или смешанные методы анализа текстурных областей изображений. Комбинированные методы основаны на использовании сочетания признаков различных групп. Например, в [3] предложен метод выделения областей на изображениях с использованием фрактальных и текстурных характеристик снимков высокого разрешения. Он направлен на выявление больных участков сельскохозяйственных полей и получить дополнительную информацию о состоянии растительного покрова. Вычисление фрактальных сигнатур и текстурных характеристик изображений осуществляется для отдельных каналов с последующим их объединением с использованием коэффициентов, значения которых зависят от типа и состояния растительности.

Выводы

1. В настоящее время предложено множество методов сегментации текстурных областей изображений. Особенностью каждого метода является его направленность на решение определенного класса задач в рамках рассматриваемой прикладной области человеческой деятельности. В зависимости от используемых признаков текстурных областей методы сегментации делятся на статистические, структурные, фрактальные, спектральные и смешанные методы.

2. Основным недостатком рассмотренных методов является их ориентированность на наличие эталонной базы объектов сегментации, что затрудняет их использование в случае, если результаты воздушного фотографирования значительно отличаются от изображений объектов в базе. В этом случае вероятность точной сегментации очень низка. Проведенный анализ 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.

3. В ходе дальнейшей работы целесообразно проведение следующих действий:

- проведение исследований по определению информативных признаков, которые полно описывают статистические и структурные свойства текстурных изображений;
- отсутствие четкой меры различия/близости двух текстурных изображений приводит к необходимости в разработке методов сегментации текстур с близкими значениями яркостных и структурных признаков;
- для дальнейшего развития решения задачи сегментации текстур с близкими значениями яркостных и структурных признаков предлагается разработка метода сегментации на основе совместного применения статистических и структурных свойств текстурных областей растительности на аэрофотоснимках. При разработке метода сегментации текстурной области необходимо учитывать особенности анализируемых изображений, таких как масштаб изображения, вид текстуры, ее характеристические признаки, а также результат сегментации, который должен выдавать предложенный метод.

Список литературы

1. Mark S. Nixon Feature Extraction and Image Processing / Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado. – Oxford: A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2002. – 330 p.
2. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Обработка изображений в среде Matlab. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с.
3. Мин И.В. Сегментация изображений на основе выделения текстурных и цветовых признаков / И.В. Мин // Материалы XIX Международной научно-практической конференции “Современные техника и технологии”. – Томск: Томский политехнический университет, 2012. – С. 290-292.
4. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов / А.Д. Морозов. – М.: “Современная математика”, 2002. – 57 с.
5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: [в 2-х томах] / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 312 с.



6. Рубан И.В. Исследование информативности признаков текстурных изображений маскировочных сетей / И.В. Рубан, О.В. Шитова, А.Н. Пухляк и др. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 9(107). – С. 75-79.
7. Фисенко В.Т. Фрактальные методы сегментации текстурных изображений / В.Т. Фисенко, Т.Ю. Фисенко // Приборостроение, 2013. – Т. 56 № 5. – С. 63–70
8. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Изд. Дом “Вильямс”, 2004. – 928 с.
9. Харалик Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур / Р. М. Харалик // ТИИЭР. – 1979. – Т. 67, № 5. – С. 98-120.
10. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.
11. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р. А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
12. Юдин Д.А. Применение метода экстремального обучения нейронной сети для классификации областей изображения / Д.А. Юдин, В.З. Магергут // Научные ведомости БелГУ. Серия: История, Политология, Экономика, Информатика. – 2013. – №8 (151). – Вып. 26/1. – С. 95-103.
13. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.

ANALYSIS OF METHODS OF SEGMENTATION TEXTURE REGIONS IN THE SYSTEMS OF IMAGE PROCESSING

O.V. SHYTOVA
A.N. PUKHLYAK
E.M. DROB

*Kharkov Air Force University
named after Ivan Kozhedub*

Kharkov, Ukraine

*e-mail:
shhelga@mail.ru
sanders17@gmail.com
demarkovich@mail.ru*

The analysis of the methods of segmentation texture regions has been presented in the article. The comparing characteristic of main methods has been given. Advantages and disadvantages of existing methods and problems which arise with texture segmentation have been pointed.

Keywords: segmentation, texture, image processing system, aerial photograph.