

УДК 004.932.72

*А. В. Кучуганов, кандидат технических наук**А. Н. Соловьева, старший преподаватель*

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МНОГОУРОВНЕВОЕ ОПИСАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Описывается методика анализа и описания изображений на основе их векторной информации, использующая аппарат аналитической геометрии, классической и нечеткой логики. Описание изображений выполняется на уровнях простых, текстурных и значимых объектов. Рассматривается применение предлагаемого подхода в задаче дешифрирования аэрокосмических снимков.

Ключевые слова: описание изображений, вербализация изображений, нечеткая логика, анализ текстур, автоматизация дешифрирования аэрокосмических снимков.

Дешифрирование – это метод изучения и картографирования местности по ее изображению, который заключается в поиске, обнаружении и распознавании объектов местности на изображениях, установлении по изображению их качественных и количественных характеристик и условном обозначении дешифрируемых объектов на карте или плане [1]. Интерпретация изображений производится на основе известных зависимостей между свойствами дешифрируемых объектов – дешифровочных признаков. Различают прямые дешифровочные признаки, непосредственно воспринимаемые глазом (размер, форма, тень, тон, цвет, структура), и косвенные признаки, характеризующие объект опосредованно через свойства других объектов.

В существующих геоинформационных системах (ERDAS Imagine, модуль ArcGIS Spatial Analyst, Комплекс автоматизированного дешифрирования и векторизации, eCognition и др.) средства автоматизированного дешифрирования представлены инструментами классификации пикселей или групп пикселей растрового изображения. Отнесение каждого пикселя к определенному классу выполняется на основе сходства значений интенсивности, статистических текстурных характеристик и др. в различных спектральных каналах. При классификации (с учителем либо без учителя) применяются метод опорных векторов, деревья решений, кластеризация с помощью алгоритма ISODATA и др. Обязательно выполняется ручное редактирование и доработка полученных классов. Затем изображение векторизуется и производится редактирование полученных контуров.

Несмотря на то, что компьютерная обработка предоставляет более высокую точность расчета количественных характеристик объектов и позволяет применять цифровые фильтры для улучшения читаемости изображений, объем ручной работы исполнителя при дешифрировании аэрокосмических снимков остается значительным [2]. Классификация пикселей изображений в существующих системах автоматизированного дешифрирования выполняется на основе единственного или нескольких прямых дешифровочных признаков. При этом для качественной интерпретации объектов необходим комплексный анализ совокупности прямых и косвенных де-

шифровочных признаков объектов с последующими логическими заключениями.

Предлагаемая методика анализа и описания аэрокосмических снимков реализует структурный подход к анализу изображений и позволяет интерпретировать их на нескольких уровнях абстракции: 1) «простые объекты» – отдельные однородные области векторизованного изображения; 2) «текстурные объекты» – составные текстурные области, образованные скоплениями однородных областей со сходными характеристиками; 3) «значимые объекты» – объекты изображения, характеризующиеся значимостью для предметной области (например, для аэрокосмического снимка – дороги, водоемы, мосты). Это позволяет при дешифрировании представлять составные объекты через структуры объектов более низкого уровня, а также применять косвенные дешифровочные признаки, что недоступно при обычной классификации областей изображения.

Исходными данными в предлагаемой методике являются векторизованные изображения [3]. Векторизация заключается в сегментации изображения с последующим выделением границ и скелетов полученных однородных областей.

Анализ и описание простых объектов. На данном этапе для каждой цветовой области с помощью эвристических алгоритмов, основанных на принципах аналитической геометрии, рассчитываются показатели, соответствующие прямым дешифровочным признакам: *форма* (вытянутость, наклон, разветвленность, извилистость границы, геометрическая правильность границы, плотность точек границы, выраженность полостей), *размер* (площадь абсолютная и относительно других областей), *тон, цвет* (оттенок, насыщенность, яркость), *контрастность*. Каждому из полученных показателей сопоставляется качественная характеристика, отражающая выраженность у области соответствующего дешифровочного признака.

Для преобразования количественных характеристик в качественные каждый дешифровочный признак представляется лингвистической переменной [4] с набором допустимых словесных значений. Функции совместимости для каждой качественной характеристики задаются экспертом.

Отличие предлагаемой методики от существующих подходов, применяющих лингвистические пе-

ременные для описания изображений [5, 6], заключается в использовании лингвистических переменных для описания свойств объектов на всех уровнях представления изображения от отдельных однородных областей до изображенных на снимке объектов местности (значимых объектов).

Анализ и описание текстурных объектов. На векторизованном изображении текстура представлена расположенной в пределах некоторой границы совокупностью (достаточного числа) однородных областей, обладающих сходными характеристиками, или геометрическим пересечением нескольких таких совокупностей.

Однородные области изображения со сходными значениями характеристик можно рассматривать как принадлежащие одному кластеру в пространстве дешифровочных признаков. Например, четыре класса текстурных элементов, представленные на рис. 1, в пространстве *Площадь* × *Вытянутость* × *Наклон Оси* соответствуют четырем кластерам со следующими центрами: (*Большая, Незначительная, 45°*), (*Маленькая, Незначительная, 45°*), (*Средняя, Значительная, 45°*), (*Средняя, Значительная, -45°*). Их геометрическое пересечение на изображении образует область сложной текстуры.

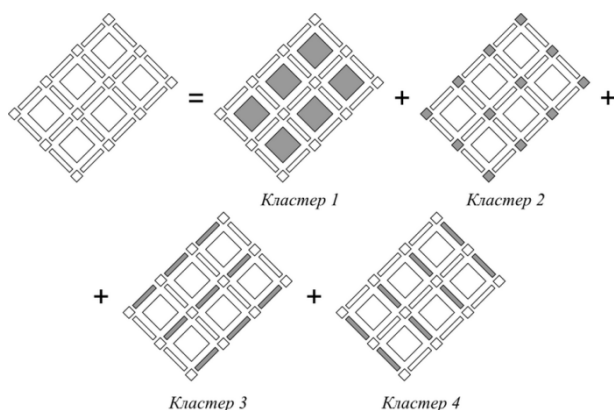


Рис. 1. Текстура, образованная 4 типами элементов

Чтобы выделить на изображении геометрически разнесенные области, образованные схожими объектами, в пределах каждого из полученных кластеров пространства дешифровочных признаков объекты следует дополнительно кластеризовать на основе расположения их геометрических центров. Полученные геометрические кластеры могут также быть сгруппированы в сложные кластеры с учетом расположения их геометрических центров, что позволяет моделировать еще более сложные текстуры.

Для каждой текстурной области с помощью эвристических алгоритмов рассчитываются показатели, соответствующие дешифровочным признакам составляющих ее элементов, текстурным характеристикам (регулярность, линейность, контрастность и др.), а также характеризующие форму ее границы.

С помощью специально разработанных алгоритмов возможно интерпретировать рисунок, образованный на аэрокосмическом снимке однородными и текстурными областями (осмысленные геометри-

ческие закономерности: расположение объектов на одной прямой, окружности и др.).

Анализ и описание значимых объектов. На данном этапе производится выделение на изображении объектов, характеризующихся значимостью для предметной области. В качестве значимых объектов могут выступать текстурные или однородные области (площадные объекты: водоемы, сады и др.), цепочки геометрических примитивов (дороги, ограждения, просеки и др.) и точки изображения (точечные объекты: колодцы, опоры линий передач и др.).

Априорно известные закономерности, характеризующие значимые объекты и отношения между ними, представляются в виде продукционных правил, которые заносятся в нагруженный граф $GP = \langle V, E \rangle$ на множестве V значимых объектов (далее – граф правил), $E \subseteq V \times V$. Пара вершин в графе правил соединяется дугой, если взаимное расположение соответствующих значимых объектов связано закономерностью.

Методика выделения значимых объектов заключается в обходе графа правил и отборе простых и текстурных объектов, удовлетворяющих правилам. На первом проходе методика анализирует только правила, занесенные в вершины, и отбирает из множеств простых и текстурных объектов объекты-кандидаты для каждой вершины (т. е. для каждого типа значимого объекта). На втором подходе полученные множества кандидатов уточняются с учетом правил, занесенных в дуги.

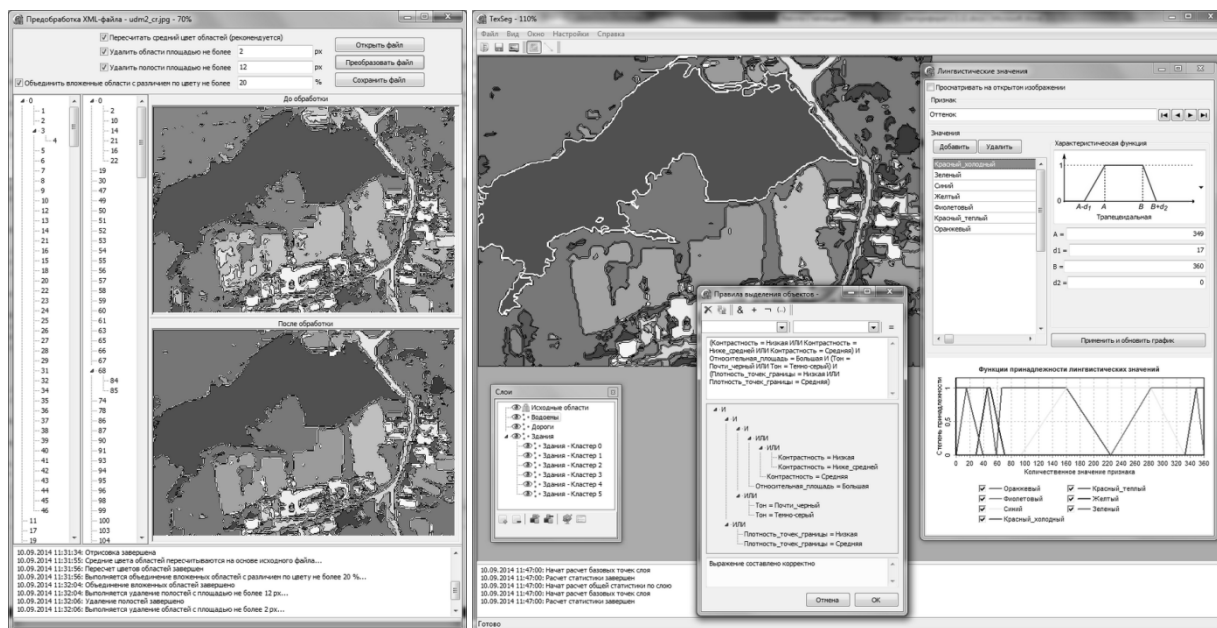
В зависимости от предметной области процентное соотношение количества правил вершин и количества правил дуг различается. В задаче дешифрирования прямые дешифровочные признаки представлены в графе правил правилами вершин (например, *ЕСЛИ «Контрастность = Ниже средней» \wedge «Плотность точек = Высокая», ТО «Объект естественного происхождения»*). Косвенные дешифровочные признаки могут быть представлены как правилами вершин (например, область грунтовых вод обнаруживают на снимке по полосам растительности, что можно смоделировать правилом с левой частью *«Тип = Растительность» \wedge «Вытянутость = Сильная»*), так и правилами дуг (Двор располагается на свободном месте в центре группы близко стоящих однотипных зданий, что соответствует правилу дуги с левой частью *«Расположение = В центре»*, где дуга инцидентна объекту *«Группа однотипных зданий»*). В предметных областях, для которых характерна априорно известная пространственная структура изображения, удельный вес правил дуг в графе правил может быть значительно выше. Примером является задача построения словесного портрета по фотографии [7].

Таким образом, предлагаемая методика анализа и описания аэрокосмических снимков позволяет в дополнение к низкоуровневым характеристикам (цвет, текстура, форма) применять количественные и качественные характеристики отдельных однородных областей, текстурных областей, образованного ими рисунка и пространственных отношений между ними, а также характеристики, значимые для предметной области (могут быть специфическими в различных зада-

чах). При этом отсутствует необходимость сбора значительного объема обучающих примеров.

На основе предложенной методики разработана система семантического кодирования растровых

изображений TexSeg, позволяющая автоматизировать выделение на снимках, обводку и расчет параметров значимых объектов местности (рис. 2).



а

б

Рис. 2. Пример работы системы семантического кодирования TexSeg: а – окно модуля предобработки результатов векторизации аэрокосмических снимков; б – пример выделения водоемов на изображении (открыты окно слоев, окно настройки правил выделения объектов, окно настройки лингвистических значений)

Система позволяет выполнять предобработку векторизованного изображения (удаление мелких областей и полостей, объединение областей, близких по цвету), производить кластеризацию однородных областей в пространстве дешифровочных признаков и в плоскости изображения, настраивать правила выделения значимых объектов и функции совместности качественных характеристик.

Библиографические ссылки

1. ГКИНП-02-121-79. Руководство по дешифрированию аэроснимков при топографической съемке и обновлении планов масштабов 1:2000 и 1:5000. – М. : ЦНИИГАиК, 1980. – 134 с. – (Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила).
2. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. – М. : АСПЕКТ ПРЕСС, 2004. – 184 с.

3. Кучуганов А. В., Осколков П. П. Автоматизация обработки и семантическое кодирование цифровых изображений // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2013. – № 1. – С. 41–44.

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
2. Li Q., Luo S., Shi Z. Semantics-based Art Image Retrieval Using Linguistic Variable // Fuzzy Systems and Knowledge Discovery 2007 : Proc. Intern. Conf. – 2007. – Vol. 2. – P. 406–410.
3. Wang W.-N., Yu Y.-L. Image Emotional Semantic Query Based on Color Semantic Description // Machine Learning and Cybernetics 2005 : Proc. Intern. Conf. – 2005. – Vol. 7. – P. 4571–4576.
4. Кучуганов А. В., Соловьева А. Н. Описание содержания изображений на ограниченном естественном языке // Вестник Ижевского государственного технического университета. – Ижевск : Издательство ИжГТУ, 2012. – № 4 (56). – С. 153–157.

A. V. Kuchuganov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
A. N. Solovyova, Senior Lecturer, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Multilevel description of images as applied to the interpretation of aerospace images

The article describes a technique for the analysis and description of images basing on their vector information which uses the apparatus of analytical geometry, classical logics and fuzzy logics. The image is described at the levels of simple objects, textural objects and significant objects. The proposed approach is considered as applied to the interpretation of aerospace images.

Keywords: image description, image verbalization, fuzzy logics, texture analysis, aerospace image interpretation.

Получено: 02.10.14