

УДК 910.26:528.77

## ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Телегина М.В., Янников И.М.**

*ФБГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»,  
Ижевск, e-mail: mari\_tel@mail.ru*

Работа посвящена разработке системы аэрокосмического и геоинформационного мониторинга для визуализации результатов геоэкологических исследований северных экосистем. Описаны последовательные этапы автоматизированной обработки аэрокосмических снимков с последующим дешифрированием, распознаванием объектов снимка, анализом и интерпретацией данных. Для распознавания и определения качественных характеристик использованы дешифровочные признаки: цвет и текстура, форма, размер и структура. Рассмотрены особенности процедур распознавания текстуры, формы, распознавания по эталонам. Сочетание возможностей двух авторских разработок: системы с функциями обработки снимков, векторизации и послойной сегментации и геоинформационной системы с функциями создания цифровых карт и операциями пространственного анализа позволяют решить задачу экологического мониторинга по данным аэрокосмических снимков. Для анализа динамики разновременных данных предлагается составить пространственную балансовую модель динамики сложной системы.

**Ключевые слова:** аэрокосмический мониторинг, дешифрирование, обработка космических снимков, распознавание, создание цифровой карты, оценка и прогноз ситуации

## ABOUT AUTOMATION OF PROCESSING AEROSPACE DATA TO MONITORING THE NORTHERN TERRITORIES ON

**Telegina M.V., Yannikov I.M.**

*Izhevsk State Technical University M.T. Kalashnikov, Izhevsk, e-mail: mari\_tel@mail.ru*

Work is devoted to development system of aerospace and geo-information monitoring to visualization geoenvironmental results research of Northern ecosystems. Describes the successive stages of automated processing of aerospace images with subsequent interpretation, image objects recognition, analysis and interpretation of data. To identify and define the quality characteristics of the used decoding signs: color and texture, shape, size and structure. The features of the texture recognition procedures, forms recognition, measurement standards is reviewed. Combination of two authoring system: of system with the functions of processing images and layered segmentation, vectorization and of geoinformation system with functions to create digital maps and spatial analysis operations will solve the problem of environmental monitoring based on data from aerospace images. For the analysis of multi-temporal data to prepare a spatial balance model of the dynamics of a complex system.

**Keywords:** aerospace monitoring, interpretation of space images processing, pattern recognition, creating digital maps, assessment and prediction of the situation

Система аэрокосмического мониторинга предполагает включение основных технологических этапов: получение снимка объекта исследования; фотограмметрическую обработку, дешифрирование; создание цифровых карт по данным аэрокосмического мониторинга; интерпретация, оценка и прогноз развития ситуации, в отдельных случаях – поддержка принятия решений [3].

Необходимая для исследований информация (предметно-содержательная и геометрическая) извлекается из снимков двумя основными методами, это дешифрирование и фотограмметрические измерения. Дешифрирование позволяет получать предметную, тематическую (в основном качественную) информацию об изучаемом объекте или процессе, его связях с окружающими объектами. Фотограмметрическая обработка (измерения) показывает местонахождение объекта и его геометрические характеристики: размер, форму. Для этого выполняется трансформирование снимков, их изображение приводится в определенную картографическую проекцию. Это по-

зволяет определять по снимкам положение объектов и их изменение во времени [4, 5].

В разрабатываемой системе обработки и распознавания аэрокосмических данных предполагается реализация следующих этапов: привязка изображения, его геометрическая коррекция, дешифрирование, создание векторных слоев по результатам дешифрирования, при необходимости создание цифровых карт по аэрокосмическим снимкам, анализ изменения объектов территории во времени по повторным снимкам.

Основу информационного обеспечения аэрокосмического мониторинга территорий должны составлять аэрокосмические снимки разного масштаба и разрешения, содержащие новые сведения об изменении территории и обеспечивающие возможность пространственно-временной экстраполяции данных локальных наблюдений [4].

Процесс дешифрирования и фотограмметрической обработки необходимо максимально автоматизировать. Если трансформирование и привязку снимков можно полностью проводить с использованием

автоматизированных систем обработки изображений, процесс дешифрирования достаточно сложный как совокупность ступеней познания от обнаружения до определения характеристик объекта, и может быть автоматизирован частично.

Применение фотографической, оптической, оптико-электронной фильтрации позволит выделить исследуемых объектов на фоне зашумленного информационного изображения и изготовления синтезированных, цветоделенных, цветокодированных материалов дистанционного зондирования. Эти преобразования первичной информации обеспечивают выявление принципиально новых сведений, содержащихся в первичных материалах, но не обнаруживаемых при их визуальном дешифрировании.

Методы фотографической и оптической обработки позволяют изменить масштаб, тональность и распределение цветов в изображении, а оптико-электронной и цифровой обработки – улучшить контрастность и фактическую разрешающую способность фотоснимков. Можно также использовать следующие группы методов предварительной обработки снимков: преобразования яркости, моделирования свойств глаза, подчеркивания краев изображения и псевдоцветовые методы (дискретное цветовое кодирование), устранения общего фона и повышения контраста [4].

Планируется применить логическую структуру дешифрирования, состоящую из обнаружения, распознавания и интерпретации, к дешифрированию отдельных объектов или явлений. Выявление взаимосвязи между объектами позволит объединить выявленные объекты в природно-территориальные комплексы, занимающие значительные площади. Последнее приводит к необходимости дешифрирования не отдельных снимков, а фотосхем, фотопланов – к переходу от дешифрирования отдельных объектов к дешифрированию ситуаций. Знание ситуации позволит возвратиться к дешифрированию отдельных объектов на более высоком уровне обработки информации, а далее к интерпретации.

Для распознавания и определения качественных характеристик удобно использовать прямые дешифровочные признаки, или свойства объектов, которые передаются непосредственно и воспринимаются дешифровщиками на снимках, такие как цвет и текстура, форма, размер, тон, структура и тень.

Аэрокосмические изображения, полученные при экологическом мониторинге, в подавляющем большинстве являются текстурными. Текстуру, если она разложима, можно описывать в соответствии с двумя главными измерениями. Первое измерение относится к составляющим текстуру

тоновым производным элементам и локальным признакам. Второе измерение связано с пространственным расположением тоновых производных элементов, то есть с пространственным взаимодействием и взаимозависимостью производных элементов. Тоновые производные элементы – это области изображения с определенными тоновыми признаками. Так как текстура – пространственное свойство, измерение ее признаков должно быть ограничено областями, обладающими относительной однородностью. Такую область можно охарактеризовать ее площадью и формой.

Известны разные подходы к измерению и описанию текстуры изображения – статистические, геометрические, структурные. Важное свойство многих текстур – повторяющийся характер расположения текстурных элементов в изображении. На качественном уровне текстуру можно описать следующим образом: крупнозернистая, мелкозернистая, гранулированная, гладкая, беспорядочная, линейчатая, пестрая, нерегулярная, холмистая. Каждая из них выражается признаками тоновых производных элементов и/или пространственного взаимодействия между ними [2].

Сегментация является наиболее критической 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. Сегментированные по цветам и текстуре слои сохраняются в векторном формате. Векторизация цифровых аэрокосмических изображений раньше выполнялась операторами-дешифровщиками вручную, при поэлементной «обрисовке» объектов и представляла собой длительный и трудоемкий процесс. Хотя в настоящее время существует достаточно обширный рынок коммерческих векторизаторов, планируется использовать собственную разработку кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления» ИжГТУ – систему «ArtPhoto», функционально включающую методы обработки изображений, от предварительной обработки снимков до сегментации и создания векторных слоев по результатам векторизации. Для наибольшего ускорения векторизации использован автоматический режим. К числу важных характеристик относится возможность настройки на цифровые новые типы графических объектов. В данной системе обеспечен полный и точный ввод данных с исходного материала с одновременным формированием печечно-узловой структуры, возможен ввод атрибутивной

информации. В процессе векторизации создаваемые объекты группируются по слоям. Используется отработка топологической корректности графических данных, представляющая собой совокупность процедур улучшения, оптимизации полученных векторных слоев.

Для автоматизации процесса распознавания объектов можно использовать в совокупности с признаком цвета и текстуры объекта такой признак, как форму. Форма изображения – это основной прямой дешифровочный признак, по которому устанавливаются наличие объекта и его свойства. Геометрически определенная форма служит надежным дешифровочным признаком и относится преимущественно к искусственным сооружениям. Неопределенная форма характерна для многих природных объектов площадного типа (луга, леса и др.) и часто не может служить определенным дешифровочным признаком. Для определения формы объектов удобно использовать метрику формы, а также характерные точки контуров объектов изображения.

Для процесса распознавания большую роль играют эталонные снимки, эталоны объектов. Это снимки, на которых показан пример дешифрирования заданного (или схожего) района, т.е. определены цветовые характеристики для известных объектов. Для дешифрирования по эталонам предполагается использовать опорные фрагменты эталонных снимков с априорно известными цветовыми характеристиками. Опорные фрагменты представляют собой фрагменты каждого основного цвета (или текстуры при использовании процедуры эквализации) исходного изображения, максимальной величины, необходимой для прямого измерения их характеристик. Аналитическим описанием характеристик распределения для опорного фрагмента  $j$ -го цвета являются средние значения цветовых компонент изображений (математическое ожидание) и среднеквадратичное отклонение (СКО). При использовании экстенсивной модели не присутствующий на опорных фрагментах цвет относится к наиболее близкому в цветовом пространстве кластеру, нормированному по количеству СКО [7].

Так как в рамках проекта предполагается широкий территориальный охват на данных аэрокосмической съемки, то хорошо будет на снимках представлена структура природно-территориальных комплексов, которая дешифрируется по комплексным дешифровочным признакам. Данные признаки являются более определенными и устойчивыми, чем прямые признаки их элементов, и составляют основу ландшафтного метода дешифрирования. Тональная структура изображения складывается из формы, площади

и тона. Тональную структуру изображения классифицируют по геометрическому, оптическому и генетическому принципам [3]. Геометрическая классификация основана на системе и взаимном положении точек, линий и площадей и имеет тип: точечный, линейный, площадной, комбинированный, сетчатый и древовидный. Оптическая классификация основана на выраженности и изменчивости тонов, образующих геометрические формы. По оптическим свойствам природно-территориальные комплексы можно подразделить на:

- 1) однородные бесструктурные;
- 2) размытые с неопределенной структурой;
- 3) резкие с четко выраженной структурой;
- 4) светотеневые переменной структуры.

Генетическая классификация строится применительно к природно-территориальным комплексам или к их компонентам, например, применительно к болотам, растительности, геологическому строению.

Результаты распознавания объектов снимков и целых комплексов в значительной степени зависят от результатов скелетизации (получение на основе заданного изображения нового изображения для применения методов распознавания и классификации), так как классификации подвергаются не исходные изображения, а их образы, результирующие скелетизацию в выбранном пространстве количественных и (или) качественных признаков. Применение набора эталонов определенной формы, размеров и цвета или тона, процедуры скелетизации объектов может способствовать распознаванию определенных структур комплексов в автоматизированном режиме на этапе сегментации и обработки изображения, перехода от их геометрической классификации к генетической. Сочетание скелетизированных образов объектов с применением методов определения характерных точек позволяет определить геометрический тип структур, имеющих преимущественно линейные и полигональные составляющие.

Функции создания цифровых карт по данным аэрокосмического мониторинга; интерпретация оценки и прогноза развития ситуации в системе обработки данных аэрокосмических снимков планируется реализовать в созданной на кафедре «Автоматизированные системы обработки информации и управления» ИжГТУ геоинформационной системе «Map3D» (ГИС «Map3D»), в которую поступают векторные изображения слоев карты, сегментированные по цветам и текстуре [6].

ГИС «Map3D» представляет собой объектную инструментальную геоинформационную систему, имеющую послойный способ организации данных. Среди основных функций системы создание и редактирование различных электронных карт, привяз-

ка к карте растрового изображения; работа с объектами карты: создание, редактирование, изменение свойств; масштабирование; работа с атрибутами слоя, редактирование атрибутивной информации объектов.

Имеющаяся функция отображения растрового изображения в виде подложки для оцифровки карты позволит добавлять и редактировать слои, сформированные по результатам сегментации в программе обработки изображений, а также провести дальнейшее дешифрирование по косвенным признакам объектов с занесением атрибутов объектов в базу данных ГИС.

Косвенные дешифровочные признаки, позволяющие выявить наличие или характеристику объекта, не изобразившегося на снимке или не определяемого по прямым признакам, планируется использовать в интерактивном режиме процедуры дешифрирования. Это обусловлено сложностью определения приуроченности объектов снимка, следов деятельности или функционирования объектов, взаимосвязи и взаимообусловленности.

Геодинамические процессы распознаются по характеру общего размещения площадей и степени пораженности территории тем или другим процессом, расположении очагов процессов, стадии процессов и их смена в пространстве, а при использовании материалов повторных съемок – и во времени. Поэтому, чтобы на основе выявленных сведений об объектах осуществлять прогноз динамики развития явления или изменения объекта, необходима разработка операции пространственного анализа:

- измерительные операции, включая вычисление длин отрезков прямых и кривых линий, вычисление площадей, периметров;
- определение топологических характеристик геопространства;
- построение карты непрерывного распределения параметров в виде поля с применением интерполяции значений;
- построение буферных зон объектов карты и оверлея; сохранение результатов в отдельный слой;
- отображение динамики изменения значений полей во времени и в пространстве, как в виде карты, также в виде тренда [1].

Осуществляя мониторинг и составляя прогнозы, ученые и специалисты, естественно, не должны ограничиваться пассивным созерцанием неблагоприятных явлений. Для анализа динамики разновременных данных по повторным фотографиям строятся так называемые матрицы переходов, в которые заносятся все площади, изменившие состояние за период времени между съемками. Такой метод дает возможность, во-первых, составить пространственную балансовую модель динамики сложной системы в ближайшем будущем.

Во-вторых, составленные по результатам дешифрирования и анализа тематические карты должны отображать современное состояние изучаемых территорий, специфику их развития и остроту экологической ситуации.

Необходимо отметить, что сочетание возможностей двух систем: обработки и сегментации изображений и геоинформационной системы позволят решить задачу экологического (и не только) мониторинга по данным аэрокосмических снимков. Постановка и решение новых задач дешифрирования и пространственно-временного анализа изменений территории по снимкам поднимут решение поставленной проблемы на новый научный уровень.

#### Список литературы

1. Оперативная система мониторинга земель после аварий и катастроф / В.А. Алексеев, М.В. Телегина, И.М. Янников, М.В. Цапков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2007. – м №4(10). – Т.1. – С. 82–86.
2. Антошук С.Г., Сербина Н.А. Система распознавания текстурных изображений при экологическом мониторинге // Искусственный интеллект. – 2002. – №4. – С. 406–412.
3. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований – М.: Изд. Центр Академия, 2004. – м336 с.
4. Рис. Г.У. Основы дистанционного зондирования. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
5. Смирнов Л.Е. Аэрокосмические методы географических исследований. – СПб.: Изд-во С-Петербургского ун-та, 2005. – 348 с.
6. Телегина М.В., Коробейников А.А. Основные функции геоинформационной системы MAP 3D // Информационные технологии в науке, образовании и экономике: IV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием: тезисы докладов. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2012. – Ч. I. – С. 116–118.
7. Телегина М.В. Анализ пространственных структур цветных графических изображений – карт // Геоинформатика. – М, 2005. – №4. – С. 16–22.

#### References

1. Alekseev V.A., Yannikov I.M., Telegina M.V., Tsapok M.V. Land monitoring operating system after accidents and disasters // Questions of modern science and practice. University V.I. Vernadsky. no. 4 (10). 2007. Vol. 1. pp. 82–86.
2. Antoshuk S.G., Serbina N.A. The texture images recognition system in environmental monitoring // Artificial intelligence. 4\*2002. pp. 406–412.
3. Knizhnikov U.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. Aerospace methods of geographical research-m.: IZD. Center Academy. 2004. pp. 336.
4. Rice H. W. Fundamentals of remote sensing. M.: Technosphere, 2006, pp. 336.
5. Smirnov L.E. Aerospace methods of geographical research // Spb: Petersburg University Press, 2005. pp. 348.
6. Telegina M.V., Korobeinikov A.A. Basic functionality of geoinformation system MAP 3D // Information technologies in science, education and the economy: IV all-Russian scientific and practical Conference with international participation: abstracts Yakutsk: SVFU Publishing House, 2012. C.I. pp. 116–118.
7. Telegina M.V. Analysis of spatial structures of the colored graphics picture-maps // Geoinformatics. M, no. 4, 2005. pp. 16–22.

#### Рецензенты:

Алексеев В.А., д.т.н., профессор, ученый секретарь ФБГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», г. Ижевск;

Заболотских В.И., д.т.н., профессор кафедры «Электротехника» ФБГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», г. Ижевск.

Работа поступила в редакцию 24.08.2012.