

одновременного удовлетворения двум критериям качества: а) границы должны выделяться чётко, и не иметь большого количества разрывов; б) должны выделяться только те границы, которые отражают значимые геологические структуры. Эти значения составили соответственно  $T_L=0,55$  для нижнего порога и  $T_H=0,8$  для верхнего.

Полученные результаты способны сократить время, необходимое на исследование исходных космических снимков и повысить эффективность процедур линеаментного анализа при решении пространственных задач.

#### Список литературы

1. Гук А.П. Автоматизированная система обработки аэрокосмических изображений / А.П. Гук, В.М. Дементьев, В.П. Пяткин – Новосибирск: НИИГАиК, 1989. – 68 с.
2. Pratt W.K. Digital Image Processing / W.K.Pratt. – Wiley, 2007. – 807 p.
3. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений / В.А. Сойфер. – М.: Физматлит, 2003. – 784 с.
4. Canny J. A computational approach to edge detection/ Canny J. // IEEE Trans. PAMI. – 1986. – V. 8. – P. 34-43.

## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ КОСМОСНИМКОВ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ГОРОДОВ**

И.Н. Гаркуша

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Национальный горный университет»)

На кафедре геоинформационных систем в течение ряда лет проводятся работы по выявлению температурных аномалий территорий городов Украины, составлению карт распределения приповерхностной температуры и ее взаимосвязи с различными геолого-геофизическими характеристиками по данным разновременной мультиспектральной космосъемки [1, 2]. Большую роль в этом процессе играют инструментарий и методы организации обработки космоснимков.

Наиболее известными системами обработки данных дистанционного зондирования Земли (данных ДЗЗ) из космоса являются крупные коммерческие продукты, например такие, как ERDAS Imagine, ENVI, ER Mapper, TNT Mips. Однако многие, наиболее широко используемые операции: радиометрическая, геометрическая, атмосферная и градационная коррекции, трансформирование и ортотрансформирование, растровая алгебра, фильтрация, классификация, сегментация, спектральный анализ, оцифровка объектов местности, доступны не только в коммерческом, но и в общедоступном, свободном программном обеспечении (СПО). К нему относится целый комплекс программ, например, ГИС GRASS, MultiSpec, Opticks, BEAM, SAGA GIS, gvSIG, Quantum GIS, SciLab и другие. Одну из ведущих ролей в процессе обработки с использованием СПО играют библиотеки GDAL, PROJ.4 и утилиты их использующие.

Одной из проблем, возникающих при обработке большого количества космоснимков, например, для целей температурного картографирования,

является однообразность, рутинность выполнения определенных операций, занимающих длительное время в случае ручного, интерактивного выполнения в перечисленных выше средах. В некоторых продуктах существуют специализированные инструменты, позволяющие автоматизировать ряд операций по обработке данных ДЗЗ. К таким инструментам относятся: Model Maker (ERDAS Imagine), язык IDL (ENVI), Graphical Modeler (ГИС GRASS), язык скриптов командного процессора, например, Bash операционных Unix/Linux-совместимых систем (ГИС GRASS).

Как показали эксперименты, наибольшую эффективность в автоматизации можно добиться, применяя последний из перечисленных инструментов. Это объясняется несколькими причинами. Во-первых, все операции по обработке данных ДЗЗ в растрово-векторной ГИС GRASS выполняются через определенные команды, представленные отдельными программными модулями, вызываемыми из среды выполнения GRASS. Даже в случае использования графического интерфейса пользователя, в конечном итоге будет сформирована определенная команда выполнения. Во-вторых, использование средств командного интерпретатора операционной системы добавляет большую гибкость при составлении скриптов управления процессом обработки, поскольку позволяет использовать как встроенные скриптовые конструкции и правила написания, так и возможности вызова внешних утилит обработки. Все это в комплексе может способствовать созданию специализированных, гибких механизмов выполнения однообразных операций над множеством данных и их быстрой обработке, что в свою очередь, в значительной степени, повышает ручной труд оператора.

Целью работы являлась разработка комплекса программных скриптов для ГИС GRASS, исполняемых под управлением командного интерпретатора Bash в Linux-среде, обеспечивающих автоматизированное создание цифровых карт распределения приповерхностной температуры.

В ходе работы решены задачи:

- извлечение из архивов космоснимков заданной территории;
- импорт каналов мультиспектральных изображений в базу геоданных GRASS;
- определение области рабочего участка на каждом из каналов и его импорт в базу геоданных;
- радиометрическая коррекция растров;
- атмосферная коррекция растров за исключением данных тепловых каналов;
- обработка растровых данных тепловых каналов;
- задание палитр отображения растровых данных в окнах результатов обработки;
- подготовка карт распределения приповерхностной температуры определенной территории.

Исходными данными являлись 9-ть мультиспектральных космоснимков, полученных сканером съемки Landsat-5 TM, уровень обработки L1T, опорная система: WRS-2; Path: 167, Row: 019; Path: 167, Row: 018; Path: 168, Row: 018.

Даты съемок: 16.07.2006, 17.06.2007, 3.07.2007, 25.08.2009, 25.06.2010, 2.07.2010, 13.09.2010, 28.06.2011, 14.07.2011.

Исследуемый участок – город Березники (Российская Федерация, Пермский край). Ограничивающий регион исследования: север – 6592802,91; юг – 6580998,249; восток – 498407,31; запад – 479764,97. Координатная система: WGS-84/UTM Zone 40N (код EPSG: 32640).

Из-за расположенных на территории города крупных предприятий по добыче и переработке калийных солей, а также в связи с участвовавшими за последние несколько лет случаями очень сильного проседания почвы, экологическое состояние вызывает большое беспокойство.

В работе выполнена попытка установления взаимосвязи распределения приповерхностной температуры и зон с повышенным содержанием влаги. Установленные в работах [3, 4] места сильного проседания почвы являлись эталонными участками исследования.

Для обработки 9-ти мультиспектральных снимков использована технология автоматизированной обработки на основе предложенных командных скриптов для ГИС GRASS. В ходе обработки использованы модули GRASS: `r.in.gdal` (импорт растровых изображений в форматах, поддерживаемых библиотекой GDAL), `r.mapcalc` (калькулятор растров), `r.colors` (создание или модификация цветовых палитр, ассоциированных с растрами), `g.region` (определение региона обработки), `v.in.region` (создание векторного слоя на основе границ текущего региона), `v.to.rast` (растеризация векторного слоя в растр, с целью дальнейшего его использования в качестве маски в калькуляторе растров), `g.remove` (удаление определенных растровых/векторных слоев), `d.mon` (создание нового окна графического вывода), `d.rast` (отображение в созданном графическом окне определенного растра), `r.out.png` (экспорт растра в графический формат файла PNG без поддержки геопроекции), `r.out.tiff` (экспорт растра в графический формат файла TIFF с пиксельным разрешением текущего региона отображения). Кроме указанных модулей при создании скриптов автоматизации использованы GNU/Linux-утилиты `tar` (для архивирования мультиспектральных исходных данных) и `awk` для формирования промежуточной управляющей информации.

Для проведения радиометрической коррекции данных Landsat-5 TM, а также для расчетов с целью создания цифровых карт распределения температуры, использованы зарекомендовавшие себя, известные методы [5].

В ходе проведенной работы построены цифровые карты распределения температуры по городу Березники за представленные выше даты. Сопоставление с эталонными зонами провалов почвы проводилось с использованием космоснимка высокого разрешения, полученного через технологии компании Google. Снимок был ретрансформирован в систему координат космоснимков Landsat-5 TM.

Визуальный анализ показал, что соответствие существует. Практически на всех 9-ти исследуемых космоснимках зоны с пониженными температурами соответствовали участкам с густой растительностью, являющихся хорошими

индикаторами наличия влаги в почве. В дальнейших исследованиях планируется проведение количественной оценки результатов обработки.

#### Список литературы

1. Бусыгин Б. С., Гаркуша И. Н. Геоинформационная технология трехмерного моделирования Urban Heat Island по данным ДЗЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: материалы докладов (г. Москва, 2012). – М. СО РАН, 2012. – Электрон. видан. CD-ROM.

2. Бусыгин Б.С., Гаркуша И.Н. Геоинформационная технология температурного картографирования городов по данным космических съемок // XI Международная конференция “Геоинформатика: теоретические и прикладные аспекты”. Киев. 14-17 мая 2012. – Электрон. видан. CD-ROM.

3. Пермяков М.А., Васильева Е.Н., Геванов И.В., Шамина Е.П. Модель затопления рудника БКПРУ1 ОАО "Уралкалий" // ArcReview. – № 3(46), 2008. – С. 14-15.

4. Гневанов И.В., Шамин П.В. Оценка деформаций земной поверхности горных отводов ОАО "Уралкалий" в г. Березники методами радарной интерферометрии // Геоматика.- № 1, 2012. - С. 56-60.

5. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАТИВНЫХ СИСТЕМ ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

С.Л. Никулин, А.С. Подгорная

(Украина, Днепропетровск, ГВУЗ «Национальный горный университет»)

В настоящее время большинство систем автоматизированного решения прогнозно-поисковых геологических задач основано на использовании методов интеллектуального анализа данных, основным из которых является классификация с учителем (иначе – управляемая классификация).

Выполнение классификации предполагает наличие а) обучающих выборок, отражающих информацию о местоположении известных объектов прогнозируемого типа, а также объектов, заведомо не относящихся к нему и б) признаков – результатов первичной обработки натурных съемок (физические поля, геохимические ореолы, аэрокосмические снимки и т.п.) и их трансформант, полученных путём математических преобразований исходных признаков.

Классификация позволяет на основе анализа положения объектов в многомерном пространстве признаков отнести объекты генеральной совокупности (обычно – узлы сети геофизических наблюдений или пиксели космического снимка) к одному из взаимоисключающих классов, либо оценить степень принадлежности объектов к некоторому классу.

Как показывает опыт, качество получаемых результатов во многом зависит от информативности используемой системы признаков. Система считается информативной, если при заданных обучающей выборке и решающем правиле