

УДК 528.8

В. И. Волошин, Е. И. Бушуев, О. И. Паршина

Державне підприємство «Дніпрокосмос», Дніпропетровськ

Разработка методики классификации покровных элементов ландшафта

Надійшла до редакції 17.10.05

Розглядається методика класифікації покривних елементів ландшафту за даними дистанційного зондування Землі як головної задачі керування територією в цілому. Наведено перелік класів покривних елементів, перелік технологічних операцій обробки супутникових даних.

ВСТУПЛЕНИЕ

В ряду тематических задач, решаемых на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), задача определения ландшафтных элементов покрытия земли является одной из основных. Результат ее решения имеет как самостоятельное значение, так и служит основой для других тематических задач более высокого уровня детализации [1].

Работы по определению элементов покрытия земли являются ключевыми для инвентаризации земель, лесных и аграрных ресурсов, контроля природопользования и создания соответствующей национальной картографической базы данных для общего многоцелевого использования. Такая база данных имеет первостепенное значение для управления территорией в целом. По степени изменения площадей отдельных классов можно судить об эффективности политики развития региона (например, урбанизация территории, переход на мелкоконтурную систему аграрного производства, залеснение, мелиорация, изменение биоразнообразия и др.). Кроме того, используя маски определенных классов при последующей обработке данных ДЗЗ, можно существенно повысить эффективность решения тема-

тических задач внутри этих классов. В европейской классификации тематических областей использования пространственных данных класс «покрытие земли» («Land Cover») является одним из приоритетных.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И АНАЛИЗ МИРОВЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

На сегодняшний день выполнено много исследований покровных элементов ландшафта. В большинстве своем эти работы можно разделить по следующим направлениям или группам.

1. Теоретические исследования и описания проблемы — среди методов классификации используются преимущественно традиционные методы контролируемой классификации, метод нейронных сетей, экспертные системы. Здесь можно отметить работы Научного центра аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины [2—4].

2. Классификация ландшафта конкретной географической зоны или одного из объектов ландшафта, например дельты рек, береговой линии и ее динамики, заповедника с целью картирования территории, видового определения, опреде-

ления состояния леса и так далее, в том числе Чернобыльской зоны отчуждения [5, 6].

3. Национальные разработки отдельных стран. Например, в работе (Kerri J. T., Cihlar J., Canada Centre for Remote Sensing, Natural Resources Canada, «Land use and cover with intensity of agriculture for Canada from satellite and census data») предложена схема метода формирования карты использования земель Канады. В соответствии с этой схемой спутниковые данные маскируются, создавая при этом два подмножества — сельскохозяйственных и несельскохозяйственных земель; далее выполняется ландшафтная классификация несельскохозяйственных земель, в том числе определяются пожары; классификация сельскохозяйственных земель выполняется отдельно с использованием агрономических, картографических и статистических данных и их интеграции с данными ДЗЗ.

4. Работы, привязанные к определенной съемочной системе. Например, интересной является модель определения ландшафтных элементов покрытия Земли по данным аппаратуры MODIS (Strahler A., Center for Remote Sensing, Department of Geography, Boston University, Boston, MODIS Land Cover and Land-Cover Change, Version 5.0). Методика предусматривает создание ежеквартальной тематической карты по 17 классам с пространственным разрешением один километр. Учитывая свободный доступ к данным MODIS, и высокую периодичность обновления данных, эта методика может быть ценным дополнением к рассматриваемой методике, которая ориентирована на использование данных более высокого пространственного разрешения.

5. Глобальные межгосударственные проекты. В настоящее время в рамках проекта INSPIRE (Heymann Y., Steenmans Ch., Croissille G. and Bossard M., 1994. CORINE Land Cover. Technical Guide. EUR12585, Office for Official Publications of the European Communities (Luxembourg); Büttner G., Feranec J, Jaffrain G., et al. The CORINE Land Cover 2000 Project EARSeL Proceedings 3, 3/2004 331; European Commission. Building European information capacity for environment and security. Final Report. Eur/21109.24/05/04 <http://Europe.eu.net>; <http://terrestrial.eionet.eu.int>) выполняются работы по созданию инфраструктуры простран-

ственной информации Европы — двадцать девять европейских стран стали участниками создания общеевропейской базы данных элементов покрытия земли (CORINE Land Cover). В результате сформированы национальные базы данных обобщенной экологической оценки территории стран; анализ базы данных позволяет определить доминирующие процессы изменения покрытия земной поверхности Европы.

Проект CORINE первоначально был осуществлен с 1985 по 1990 гг. в большинстве стран Европы. С целью обновления данных в 2000 г. Европейское агентство окружающей среды (ЕЕА) и Объединенный центр исследований (JRC) начали совместные проекты IMAGE2000 и CLC2000. Первый из них обеспечивает национальные организации основным материалом для обновления базы данных за период 1990—2000 гг. — национальными мозаиками спутниковых данных «Landsat-7 ETM» высокой точности, второй — спецификацией базы данных, методологией ее обновления, организационными и координирующими вопросами. Национальные организации обеспечивают обязательное 50 %-е финансирование компании-разработчика проекта. Учреждения ЕС обеспечивают другую половину финансирования. Классификация ландшафта в большинстве стран выполнялась экспертами методом визуальной интерпретации спутниковых данных. В качестве инструмента картографирования распознанной информации большинство стран использовали программные продукты фирмы ESRI.

Требования спецификации проекта: масштаб — 1:100000, минимальный площадной объект карты — 25 га и минимальная ширина линейных элементов — 100 м; ошибка геопривязки для спутниковых данных 25 м для классифицированных типов покрытия земли — не хуже 100 м; точность классификации — 80 %. Требования нашей методики соответствуют европейской спецификации: масштаб — 1:100000, минимальный площадной объект карты — 5 га; геометрическая точность — 70 м; точность классификации — 80 %.

Стандартная европейская спецификация типов покрытия земли включает 44 класса. Они сгруппированы в трехуровневую иерархию и приведены в таблице.

Как видно, многие из классов являются близ-

Классы европейской спецификации типов покрытий земли

Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3
1. Искусственные поверхности	1.1 Городская застройка	1.1.1 Непрерывная городская застройка 1.1.2 Прерывная городская застройка
	1.2 Индустриальный	коммерческий и транспортный модули
	1.3 Свалки и участки строительства	1.3.1 Минеральные участки извлечения (полезные ископаемые) 1.3.2 Участки свалки 1.3.3 Участки строительства
	1.4 Искусственные несельскохозяйственные области	1.4.1 Зеленые городские области (парки) 1.4.2 Порт и области отдыха (досуга)
2. Сельскохозяйственные области	2.1 Пахотная земля	2.1.1 Неорошаемая пахотная земля 2.1.2 Постоянно орошаемая земля 2.1.3 Поля риса
	2.2 Многолетние культуры	2.2.1 Виноградники 2.2.2 Сады и плантации ягоды 2.2.3 Оливковые рощи
	2.3 Пастбища	2.3.1 Пастбища
	2.4 Гетерогенные сельскохозяйственные области	2.4.1 Однолетние культуры с вкраплением многолетних 2.4.2 Сложные образцы культивирования 2.4.3 Земля
3. Лес и полустественные области	3.1 Леса	3.1.1 Лиственный лес 3.1.2 Хвойный лес 3.1.3 Смешанный лес
	3.2 Кустарники и/или травяные ассоциации	3.2.1 Естественное поле — луг
	3.3 Открытые площади с незначительной растительностью	3.3.1 Берега
4. Заболоченные земли	4.1 Внутренние заболоченные земли	4.1.1 Внутренние болота 4.1.2 Трясины торфа
	4.2 Морские заболоченные земли	4.2.1 Соляные болота 4.2.2 Солончаки 4.2.3 Заливные области
5. Водные объекты	5.1 Внутренние воды	5.1.1 Водные течения (проточная вода) — реки 5.1.2 Водные тела — водоемы
	5.2 Морские воды	5.2.1 Прибрежные лагуны 5.2.2 Устья 5.2.3 Море и океан

кими или даже идентичными с точки зрения отражательной способности, например класс «городские парки», отнесенный к искусственным поверхностям, и класс «лиственный лес», принадлежащий природным объектам. Понятно, что ни один из методов классификации не в состоянии разделить эти классы однозначно.

Несмотря на достаточно большой мировой опыт, в Украине до последнего времени не было методической базы классификации наземных объектов по космическим снимкам.

МЕТОДИКА

Проект методики, разработанный к настоящему времени государственным предприятием (ГП) «Днепрокосмос», соответствует общеевропейской спецификации покрытия Земли. В качестве инструмента обработки данных ДЗЗ используется программное изделие (ПИ) «Радуга», установленное, например, в Национальном центре испытаний и управления космическими средствами. Методика позволяет с применением внед-

ренного в рамках Национального космического агентства Украины программно-технического комплекса проводить практические работы по классификации покровных элементов земли.

Разработанный ГП «Днепркосмос» пакет методической документации включает:

- спецификацию классов — описание классов и графические примеры выделения классов на спутниковых данных;
- проект методики — основные требования к исходным данным и конечному информационному продукту, логическая модель обработки данных;
- руководство пользователя — описание операций обработки данных дистанционного зондирования и их интерфейса с пользователем в среде ПИ «Радуга».

Документ содержит теоретическое обоснование и практическое описание работы с отдельными функциями и процедурами ПИ, которые могут быть использованы при классификации ландшафта. Также в этом документе приведен перечень вспомогательных данных и дополнительных процедур обработки для идентификации каждого из специфицированных классов покрытия земли.

Разработаны:

- программа и методика испытаний, содержащая контрольный пример;
- методика аттестации результатов отработки методики;
- пособие по работе с топографическими картами.

На современном этапе разработки методики основная проблема заключается в том, что практически невозможно для различных данных ДЗЗ выстроить однозначную цепочку последовательно выполняемых операций обработки данных. Многое зависит от времени (сезона) съемки и, как правило, для обработки одной и той же территории необходимо иметь разновременные данные.

Последовательность операций обработки данных, реализованная к текущему моменту средствами ПИ «Радуга», следующая.

Осуществляется привязка данных к номенклатурному листу топографической карты, выделение фрагмента, соответствующего номенклатурному листу.

Операции обработки:

- преобразование по методу главных компонентов;
- расчет вегетационного или других индексов;
- определение на исходном снимке областей интереса методом затравочных пикселей (с использованием растровой топографической карты и возможности связывания данных), слияние областей интереса, наращивание их до тех пор, пока с точки зрения оператора область интереса не покрывает адекватно территорию на снимке и не сформирует соответствующий класс; создание и удаление областей интереса, вычисление статистики, оценка их разделимости, сохранение и восстановление из файла и т. д.;
- конвертирование областей интереса в классы и наоборот;
- маскирование данных;
- классификация с помощью любой из известных технологий (неконтролируемая классификация, классификация с обучением, в том числе методом нейронных сетей, построение экспертных систем) всего снимка или отдельных его фрагментов;
- сегментация классов;
- слияние изображений — результатов классификации в один файл;
- визуальный контроль результатов классификации;
- интерактивное переопределение классов, цветовое картирование классов;
- оценка качества и точности классификации;
- постклассификационные процедуры, удаление единичных пикселей, сглаживание, фильтрация, вычисление статистики классов;
- создание тематической карты.

На цветной вклейке (рис. V) приведен пример тематической карты покровных элементов ландшафта, построенной на основе одного номенклатурного листа топографической карты М 1:100000.

Следует сказать, что проблема разделимости на классы объектов, которые имеют близкую или даже одинаковую отражательную способность, трудноразрешима и, наверное, все равно потребует ручной корректировки результатов классификации по снимку.

Дальнейшие исследования направлены на разработку экспертных систем для обнаружения

отдельных классов покрытия земли, а также дополнительных модулей, которые бы, учитывая результаты классификации и принимая во внимание форму объектов, например линейность — узкие направленные полосы однородных пикселей, — могли бы разделить вегетацию природную (узкие извилистые балки) или полуприродную (лесополосы) и сельскохозяйственные посе-вы на полях, имеющие четкую полигональную форму.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разрабатываемая впервые в Украине методика классификации покровных элементов ландшафта в автоматизированном режиме обработки данных соответствует требованиям европейской спецификации и методологии.

2. Основными данными должны быть разно-временные многоспектральные снимки террито-рии среднего разрешения (10—15 м).

3. Для эффективного внедрения методики не-обходимо обеспечение вспомогательными дан-ными — топографическими, тематическими картами; статистическими данными, планами отдельных хозяйств и районов, экспертными знаниями, достаточной временной выборкой спутниковых данных по сети тестовых участков, обоснованно выбранных по всей территории страны.

4. Следует продолжить разработку дополни-тельных программных модулей в среде ПИ «Ра-дуга», которые бы позволили максимально ав-томатизировать процесс эксплуатации методики.

5. Тематические карты покровных элементов ландшафта являются информационной основой для управления территорией в целом и для более глубокого дешифрирования спутниковой информации в рамках отдельных тематических классов.

Главный вывод — в Украине осуществляется процесс практической отработки методики клас-сификации покровных элементов ландшафта ав-томатизированными в программной среде ПИ «Радуга» процедурами в научных целях, а также с целью практического применения в управле-нии и мониторинге территорий. Такая работа,

выполненная для всей Украины, позволит стра-не стать равноправным участником глобальных межгосударственных проектов в интересах раз-вития украинского общества.

1. Бушуев Е. И., Паршина О. И., Саблина В. И. и др. Разработка методики классификации покровных эле-ментов ландшафта // Пятая Украинская конференция по космическим исследованиям: Сб. тезисов. 4—11 сен-тября 2005 г., НЦУИКС, Евпатория. — К.: Ин-т космических исследований НАНУ—НКАУ, 2005.—С. 140.
2. Лялько В. И., Вульфсон Л. Д., Котляр А. Л. Ландшафт-ная классификация и оценка фитометрических пара-метров растительного покрова с использованием много-зональных снимков в оптическом диапазоне сканера МСУ-В КА «Океан-О» // Материали III наради кори-стувачів аерокосмічної інформації (20—24.11.2000 р., м. Київ). — Київ, Знання України, 2001.—С. 77—85.
3. Лялько В. И., Сахацький О. И., Азімов О. Т. та ін. Використання багатозональних космічних знімків з метою вивчення рослинності Зони відчуження ЧАЕС // Материали науково-технічного семінару «Нові методи в аерокосмічному землезнавстві», 27—28 травня 1999 р., Київ. Київ, 1999.—С. 105—113.
4. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г. и др. Дешифриро-вание космических снимков ландшафтных комплексов на основе структурно-текстурного анализа // Космічна наука і технологія.—2002.—8, № 2/3.—2002.—С. 76—83.
5. Федоровський О. Д. Про дешифрування космічних знімків природних ландшафтів // Нові методи в аеро-космічному землезнавстві. Методичний посібник по те-матичній інтерпретації матеріалів аерокосмічних зйомок / Під ред. В. І. Лялька. — Київ: ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 1999.—С. 46—49.
6. Leumanns H. J. L., Lavrinenko I. A., Lavrinenko O. V., et al. Classification of main landscape units (RIZA report № 2000.037; MD report № MD CAE 2000.29) // Pechora delta: Structure and dynamics of the Pechora delta ecosys-tems (1995—1999). — Lelystad (The Netherlands), 2000.—P. 37—80.

DEVELOPMENT OF A TECHNIQUE FOR CLASSIFICATION OF INTEGUMENTARY ELEMENTS OF A LANDSCAPE

V. I. Voloshyn, Ye. I. Bushuyev, O. I. Parshyna

Methodical maintenance for classification of integumentary elements of a landscape is considered on the basis of data of the Earth's remote sensing as the primary goal of management of territory. The classes of integumentary elements and techno-logical operations of satellite data processing are listed.