

УДК 502:71

Л.В. ГУРЬЯНОВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС И ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

The regional monitoring urban areas on base of the GIS and remote sensing on example of the european project CORINE.

Мировой опыт показывает, что эффективный и оперативный мониторинг застроенных территорий возможен при использовании технологий ГИС (географических информационных систем), в которых пространственная информация базируется на приеме и обработке космических снимков высокого и среднего разрешения. Преимущества летательных платформ, на которых установлены современные сенсоры наблюдения за земной поверхностью, обеспечивают получение оперативной цифровой информации при чрезвычайных ситуациях на территории города, когда в режиме реального времени на экране компьютера можно произвести инвентаризацию полностью разрушенных или сильно пострадавших зданий и сооружений, рассчитать по компьютерным базам данных объектов недвижимости нанесенный ущерб. На космоснимках высокого разрешения хорошо дешифрируются несанкционированные свалки в городской черте и неразрешенные разработки карьеров в пригородной зоне и другие нарушения городского регламента, состояние жилой и коммерческой недвижимости (коттеджное строительство, реконструкция ветхого жилого фонда и др.), промышленных объектов и их инфраструктура, дорожно-мостового хозяйства, трубопроводов, опор линий электропередач.

В европейских странах региональный космический мониторинг урбанизированных территорий является составной частью проекта CORINE (Coordination of information on the environment). Методика работы основывается на обработке спутниковых изображений (Landsat и Spot) с визуальной и автоматизированной интерпретацией, оцифровкой, интеграцией в единую базу данных ГИС. В Республике Беларусь основная информация по структуре землепользования содержится в земельных информационных системах (ЗИС), при создании которых, в отличие от проекта CORINE, традиционно используются аэроортофотопланы, которые дешифрируются и оцифровываются на базе специального республиканского классификатора кодов земель. Однако с вводом в действие белорусской системы космического мониторинга роль спутниковых снимков будет возрастать при решении вопросов территориального планирования и управления. В этой связи рассмотрим более подробно основные подходы к выполнению регионального мониторинга урбанизированных территорий на основе спутниковых данных среднего разрешения на примере европейского проекта

CORINE и апробируем методические приемы на примере обработки мультиспектрального космоснимка спутника Landsat по состоянию на 18 августа 2001 г. для территории Дзержинского района Минской области [1].

В рамках проекта CORINE [2] в масштабе 1:100000 составляются карты структуры земель с использованием трехуровневого классификатора их категорий (первый – 5, второй – 15, третий – 44 категории) (табл. 1). Из таблицы видно, что основные категории земель первого уровня отражают общепланетарную схему их использования; второй уровень предназначен для идентификации 15 категорий использования земель в масштабе 1:500000 и 1:1000000; третий уровень применяется при выполнении проектов в масштабе 1:100000.

Таблица 1

Категории земель трех уровней по номенклатуре CORINE

Уровень		
1	2	3
1. Антропогенные объекты	1.1. Городские земли	1.1.1. Населенные пункты с плотной застройкой 1.1.2. Населенные пункты со свободной застройкой
	1.2. Земли под промышленные, коммерческие объекты и транспорт	1.2.1. Промышленные или коммерческие объекты
		1.2.2. Земли дорожного и железнодорожного хозяйств
		1.2.3. Порты
		1.2.4. Аэропорты
	1.3. Шахты, свалки и строительные объекты	1.3.1. Карьеры и открытые рудники
		1.3.2. Свалки
		1.3.3. Строительные площадки
2. Сельскохозяйственные земли	2.1. Обрабатываемые земли	1.4.1. Зеленые зоны городов
		1.4.2. Земли для спорта и отдыха
		2.1.1. Неорошаемые земли
		2.1.2. Орошаемые земли
	2.2. Сады, плантации и виноградники	2.1.3. Рисовые поля
		2.2.1. Виноградники
		2.2.2. Фруктовые и ягодные плантации
		2.2.3. Оливковые рощи
	2.3. Пастбища	2.3.1. Пастбища
		2.4.1. Чередование пашни и многолетних культур
		2.4.2. Сельскохозяйственные земли комплексного использования (пашня, пастбища, сады, плантации)
		2.4.3. Сельскохозяйственные земли со значительными участками естественной растительности
3. Леса	3.1. Леса	2.4.4. Лесопитомники
		3.1.1. Широколиственные леса
		3.1.2. Хвойные леса
		3.1.3. Смешанные леса
	3.2. Кустарниковая растительность и/или травяные ассоциации	3.2.1. Естественные травяные ассоциации
		3.2.2. Растительные сообщества из кустарников и трав
		3.2.3. Средиземноморская растительность
		3.2.4. Переходная древесно-кустарниковая растительность
	3.3. Открытые пространства с небольшим количеством растительности или ее отсутствием	3.3.1. Дюны, пески
		3.3.2. Голые скалы без растительности
		3.3.3. Редкая растительность
		3.3.4. Пожарища
		3.3.5. Ледники и постоянно заснеженные области
4. Внутренние болота	4.1. Болота	4.1.1. Внутренние болота
		4.1.2. Торфяные болота
	4.2. Береговые болота	4.2.1. Соленые болота
		4.2.2. Лиманы
		4.2.3. Приливно-отливные области
5. Водные объекты	5.1. Внутренние воды	5.1.1. Реки
		5.1.2. Озера
	5.2. Морские воды	5.2.1. Береговые лагуны
		5.2.2. Эстуарии
		5.2.3. Моря и океаны

Для компьютерной обработки структуры землепользования в качестве территориальной операционной единицы (ТОЕ) принимается единица местности (unit size area), которая обладает следующими основными характеристиками: ТОЕ должна быть гомогенная или представлять комбинацию элементарных областей, имеющих единое целевое назначение; она должна представлять в метрическом отношении значимую территорию с выраженными границами по отношению к соседним ТОЕ; хозяйственное использование земель в ТОЕ должно быть достаточно стабильным для обеспечения более точного сбора информации.

В масштабе 1:100000 минимальной единицей измерения на местности является квадрат площадью 25 га, который на бумажной карте 1:100000 представлен квадратом 5х5 мм или кругом с радиусом 2,8 мм, ширина дешифрируемого объекта должна быть не менее 100 м.

В целом технологическая цепочка обработки данных Landsat TM включает традиционную последовательность шагов: Destriping (процедуру статистического усреднения – устранение полос); удаление артефактов путем фильтрации изображения; геометрическую коррекцию; спектральную комбинацию каналов (4,5,3 или 4,3,2) для получения синтезированных мультиспектральных изображений в псевдоцветах; изготовление космокарт на бумажных носителях в масштабе 1:100000 или 1:250000.

Поскольку для потребителя снимки Landsat ETM+ поставляются в формате GEOTIFF, что подразумевает их первичную привязку в системе координат UTM на эллипсоиде WGS-84 с точностью около 200 м на местности. Более же точную привязку обеспечивает ввод дополнительных опорных точек, координаты которых определяются по крупномасштабным картам и схемам или непосредственно на местности с использованием систем спутникового позиционирования. Для усиления четкости мультиспектрального изображения возможно использование пространственного разрешения панхроматического изображения (15 м).

Фотоинтерпретация спутниковых снимков является процессом экстраполяции, основанной на интерактивных элементах управления. Для этого на синтезированном в псевдоцветах изображении выделяются границы полигонов, которые включают земли согласно классификатору CORINE (см. табл. 1). При уточнении границ полигонов необходимо использовать максимальное количество дополнительных источников информации (топографические карты, схемы, статистические материалы, аэрофотоснимки) и индивидуальные признаки области (цвет, структура и текстура), чтобы правильно идентифицировать земельный участок и присвоить ему соответствующий код.

Для повышения достоверности дешифрирования следует придерживаться следующей комбинации каналов спутника при прорисовке изображения в псевдоцветах на мониторе компьютера в цветовой палитре RGB: зеленый спектральный канал – синий канал цветовой палитры RGB; красный – зеленый; ближний инфракрасный – красный. В общем в псевдоцветном космоснимке цвета и оттенки можно интерпретировать в следующем порядке (табл. 2).

Таблица 2

Интерпретация цветов в псевдоцветном космоснимке

Характер земельного покрытия	Псевдоцвет в изображении
Городские земли	Синий (темный, или более светлый, или ровный белый согласно строительной плотности)
Карьеры, строительные площадки, голые скалы, песок, дюны	Белый
Автомобильные и железные дороги	Темно-синий, серый
Ледники, облака, постоянно заснеженные области	Белый, голубовато-белый
Солевые болота	Белый, серый
Водные объекты	Черный, зелено-синий (темный или более светлый в соответствии с глубиной и мутностью воды)
Посевы однолетних культур	Красный (посевы), серо-розовый (после уборки урожая) и сине-белый (распаханная земля)
Постоянные посевы	Красно-розовый
Широколиственные леса	Ярко-красный
Хвойные леса	Коричнево-красный
Луга и травяные угодья	Яркий розовый, красный
Болота	Черный или очень темно-красный
Пастбища	Серо-желтый, серо-розовый, коричневый
Пожарища	Черный, темно-серый, голубоватый

На космоснимках Landsat городские земли являются достаточно гомогенными областями и хорошо дешифрируются, однако в небольших населенных пунктах с преобладанием частного сектора они в значительной степени гетерогенны и их идентификация определяется совокупностью косвенных признаков и привлечением дополнительных источников информации. Например, для идентификации антропогенных объектов можно использовать вспомогательные материалы (топографические карты, аэрофотосъемку, спутниковые данные других сенсоров) или проводить дополнительную обработку изображения (расчет вегетационного индекса, выполнение метода главных компонент, фильтрацию изображения, повышение его контрастности).

На подготовительном этапе перед началом автоматизированной фотоинтерпретации изображений визуально выявляются основные урбанизированные территории и населенные пункты с использованием синтезированных мультиспектральных изображений и топографических карт масштаба 1:100000.

Цвет идентифицируемых полигонов в зависимости от плотности растительности, уклона, ориентации может быть светлым, темным, бледным, переменным. Размеры идентифицируемых объектов бывают небольшими (менее 1 км²), средними (1÷5 км²) и большими (более 5 км²).

При анализе текстуры изображения, т. е. размещении пикселей других цветов и оттенков, можно выделить в зависимости от избирающих элементов следующие конфигурации текстуры: малая – менее 50 м, средняя – от 50 до 250 м, грубая – более 250 м, а также плавная и видимая. С учетом пространственных свойств идентифицируемых полигонов структуры объектов могут быть гомогенные, линейные, ячеистые, нерегулярные, в крапинку, спагетти.

Для идентификации и мониторинга урбанизированных территорий наибольший интерес представляют номенклатуры CORINE категории «Антропогенные объекты» от 1.1.1 до 1.4.2 (см. табл. 1). В этой связи рассмотрим основные дешифровочные признаки необходимых нам номенклатур земель.

Например, населенные пункты с плотной застройкой (номенклатура 1.1.1) характеризуются как земли, поверхность которых максимально занята постройками и транспортной сетью. Строения, дороги и искусственные покрытия занимают более 80 % их общей площади. Нелинейные области под зеленой растительностью и чистой почвой на открытых пространствах на этих землях – явление исключительно редкое.

Соответственно населенные пункты со свободной застройкой (номенклатура 1.1.2) характеризуются структурой земель, на которых постройки, дороги и искусственные покрытия сочетаются с открытыми пространствами. Застройка может быть представлена небольшими двух- или трехэтажными многоквартирными домами, индивидуальными строениями, садами, улицами и парками, где каждый из этих элементов имеет площадь менее 25 га. В структуре земель постройки, дороги и другие антропогенные объекты занимают от 50 до 80 % общей площади выделяемого полигона. В номенклатуру не входят единичные сельскохозяйственные постройки или разбросанные по территории отдельные усадьбы.

К номенклатуре 1.2.1 относятся постройки промышленных или коммерческих объектов. Значительная часть этих полигонов занята каменными строениями, покрытиями из цемента, асфальта или других искусственных материалов с незначительными участками растительности. Текстура полигонов достаточно разнородна, поскольку включает различные хозяйственные комплексы, например сопутствующие автомобильные парки, подъездные дороги. Отдельные крупные промышленные или коммерческие комплексы площадью более 25 га объединяются в данную номенклатуру, даже если они располагаются в границах городских земель. В число объектов включаются также санатории, больницы, дома отдыха, военные базы, образовательные учреждения, университетские комплексы, коммерческие центры и связанные с ними второстепенные сопутствующие объекты площадью менее 25 га. На полигонах данной категории могут размещаться цементные заводы, прудовые хозяйства, агропромышленные комплексы, но не тепличные комплексы.

Земли, на которых располагаются объекты автодорожной и железнодорожной сети и их инфраструктура (станции, платформы, дорожные насыпи), относятся к номенклатуре 1.2.2. Минимальная ширина для включения объектов в номенклатуру составляет 100 м, а общая поверхность площади полигона должна быть не менее 25 га. В связи с тем, что в реальной

обстановке на местности ширина инфраструктуры транспорта может быть менее 100 м, то при региональном космическом мониторинге земли этой номенклатуры формируются в основном за счет идентификации больших дорожных развязок и их инфраструктуры. Транспортные коммуникации с шириной менее 100 м, которые размещаются в промышленных комплексах или городах, отдельно не выделяются, а входят в состав соответствующих промышленных или городских полигонов. Линии электропередач не включаются в земли данной номенклатуры.

К номенклатуре 1.2.3 относятся земли речных и морских портов и их инфраструктура (причалы, верфи и т. д.); к номенклатуре 1.2.4 – сооружения аэропортов (взлетные полосы и инфраструктура: офисы, терминалы, ангары, мастерские, склады, запасы горючего, автомобильные парки, искусственные посадки травы, если они составляют общую площадь 25 га и более. Площадки для вертолетов с территорией не менее 25 га также включаются в эту категорию.

Земли, занятые карьерными разработками по открытому способу добычи (песчаные карьеры, добыча гравия или других строительных материалов), идентифицируются как номенклатура 1.3.1. В категорию не входят участки речного извлечения строительных материалов (например, песчано-гравийных смесей и др.), однако включаются как разрабатываемые карьеры, так и не используемые, а также затопленные водой. В эту номенклатуру входят строения и сопутствующая промышленная инфраструктура (например, цементный завод), а также небольшие технические водоемы площадью менее 25 га.

К землям номенклатуры 1.3.2 относятся как промышленные, так и бытовые свалки площадью не менее 25 га. Если ее площадь меньше 25 га и она располагается около соответствующего промышленного объекта (например, лесопилки), то свалка входит в состав номенклатуры 1.2.1 (промышленные и коммерческие объекты).

Земли под строительными объектами площадью не менее 25 га относятся к номенклатуре 1.3.3. Сюда, однако, не входят мелиорируемые земли (т. е. земли, на которых проводятся мероприятия по увеличению дренированности территории или повышению ее плодородия).

Зеленые зоны городов, включая парки, кладбища с растительностью, особняки с парковыми комплексами площадью более 25 га, относятся к номенклатуре 1.4.1.

Земли, занятые спортивными объектами и их инфраструктурой, в том числе площадками для гольфа, конно-спортивные комплексы со скаковыми дорожками, комплексы для технических видов спорта (мотокросс и др.), а также отдельные парковые комплексы вне городской черты идентифицируются как земли номенклатуры 1.4.2. Горнолыжные курорты рассматриваются как городские земли, но их удаленная спортивная инфраструктура может быть отнесена к данной номенклатуре.

Если в пределах городской черты располагаются крупные водные объекты или болотные массивы шириной не менее 100 м или площадью 25 га и более, то они также идентифицируются как соответствующие номенклатуры (см. табл. 1).

После окончательного дешифрирования, идентификации и проверки правильности распознавания объектов на исследуемой территории были установлены их границы, которые идентифицируются по номенклатурам CORINE с указанием их метрических характеристик.

Необходимо отметить, что очередной этап развития проекта CORINE, который начался в 2000 г., включает работы по внедрению технологии получения автоматизированной идентификации спутниковых данных с использованием номенклатур CORINE и получения растровых классификационных карт. По результатам автоматической классификации в европейских государствах составляется национальная растровая база данных номенклатур земной поверхности с размером пиксела 25x25 м. В частности, опыт Финляндии показывает, что общая точность выявления номенклатур первого уровня равна 90 %, второго – 81 %, третьего уровня классификации – около 70 % с ошибкой по геопривязке 12,9 м спутниковых снимков.

Например, на мультиспектральном снимке Landsat-7 ETM+ для территории Дзержинского района (с улучшением пространственного разрешения до 15 м) с привлечением вспомогательного материала устойчиво интерактивно дешифрируются земли из списка номенклатур первого и второго уровней классификации CORINE. Выполнение автоматизированной классификации с обучением в ERDAS Imagine 8.5 позволяет получить растровую классификационную карту с детализацией первого уровня.

Далее с использованием ГИС-технологий (ArcGIS 9.0 ESRI Inc.) выполняется анализ метрических характеристик объектов четырех классов и рассчитывается общий баланс земель исследуемой территории Дзержинского района (антропогенные объекты – 47 % от общей площади, сельскохозяйственные земли – 32, леса – 20, водные объекты – 1 %). Однако необходимо отметить, что чистая почва, песок, бетон или асфальтовое покрытие имеют аналогичную отражательную способность на некоторых полосах Landsat, что влияет на точность расчетов баланса земель.

1. Гурьянова Л. В. Опыт использования ГИС-технологий ESRI Inc. и Imagine Expert Classifier при обработке снимка Landsat-7 для оценки урбанизации территории (на примере Дзержинского района Минской области) // Третий Белорус. космич. конгресс, Минск, 23–25 окт. 2007 г. Мн., 2007. С. 170.

2. The thematic accuracy of Corine land cover 2000 – Assessment using LUCAS [Электронный ресурс]. 2006. Режим доступа: http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2006_7/en/technical_report_7_2006.pdf. Дата доступа: 20.12.2008.

Поступила в редакцию 30.04.08.

Лариса Васильевна Гурьянова – кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения и геологии.