

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТИПОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

М.А. Иванов

Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: maximko-87@mail.ru

В статье проводится анализ существующих методов дешифрирования многозональных космических снимков (на примере снимков со спутников Landsat) для картографирования землепользования на региональном уровне генерализации.

Ключевые слова: Landsat; землепользование; визуальное дешифрирование; компьютерная классификация; объектно-ориентированное дешифрирование.

Информация о характере функционального использования территории является необходимой для решения целого ряда задач в области географических и экологических исследований:

- оценка антропогенной нагрузки на территорию;
- тематическое картографирование;
- ландшафтное планирование;
- оценка динамики антропогенных и природно-антропогенных комплексов;
- мониторинг объектов землепользования, и др. [1]

Особенности изменения землепользования во многом определяют темпы эрозионно-аккумулятивных процессов и ряда других экзогенных процессов в пределах равнинных территорий. В связи с высокой динамичностью изменений характера землепользования возникает необходимость оперативного получения актуальной информации об их пространственных изменениях за определённые интервалы времени. Источником такой информации в последние десятилетия являются материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [2]. Пространственное разрешение, охват и тип используемых данных обуславливается масштабом исследования. Для глобального, мелкомасштабного картографирования наиболее подходящими являются многозональные снимки низкого разрешения, например, MODIS. Для решения задач по оценке динамики землепользования в среднем и крупном масштабах более целесообразно использование космических снимков сверхвысокого разрешения и аэрофотосъемки.

Для создания и обновления пространственных баз данных землепользования на региональном уровне (на уровне средних по разме-

рам речных бассейнов или других территориальных единиц) подходят многозональные снимки среднего разрешения, наиболее популярными из которых являются снимки, выполненные со спутников Landsat, начиная с Landsat 5 [6]. Помимо достаточного для решения данных задач разрешения (30 м на пиксель) и съемки в нескольких каналах, выбор данных снимков обусловлен еще рядом причин:

- бесплатный доступ к материалам съемки;
- сплошное покрытие территории;
- большой архив данных (с 1984 г.);
- подходящая периодичность съемки.

Очевидно, что для различных типов снимков используются и различные методы дешифрирования. Для многозональных снимков низкого разрешения в силу обширного охвата лучше использовать методы компьютерной классификации, тогда как для снимков сверхвысокого разрешения эти методы плохо применимы, ввиду большой детальности.

Для снимков Landsat применимы как методы визуального дешифрирования и ручной оцифровки, так и автоматизированные методы дешифрирования. Рассмотрим подробнее эти методы с точки зрения возможности и удобства их применения для картографирования структуры землепользования.

Следует отметить, что дешифрирование типов землепользования предполагает распознавание целого комплекса разнородных объектов с уникальными свойствами отображения, что является задачей более сложной, чем дешифрирование отдельных типов объектов (например, лесов, водоемов и т.п.).

При использовании любых методов в первую очередь необходимо провести предварительное визуальное дешифрирование, для составления перечня идентифицируемых объектов и определения их дешифровочных признаков.

Самым технически простым методом является ручная оцифровка (векторизация) типов землепользования. Основным недостатком такого подхода является трудоёмкость, однако этот метод позволяет идентифицировать максимально возможное количество типов объектов. Одинаково успешно дешифрируются как площадные, так линейные и точечные объекты. Использование комплекса прямых и косвенных дешифровочных признаков позволяет точно разделить разнородные объекты, а также распознать объекты невидимые на снимке. Достоверность результатов в этом случае во многом будет определяться профессионализмом дешифровщика. Возникает возможность появления ошибок, например, пропуск мелких объектов.

Когда речь идёт о картографировании обширных территорий, широко применяются методы компьютерной классификации, подразумевающую автоматизированное подразделение всех пикселей снимка на группы, соответствующие разным объектам (классам) [3]. Сюда относятся методы классификации с обучением (эталонная), без обучения (автономная), гибридная классификация, классификация с использованием нейронных сетей и др.

Из всех перечисленных, только в методах автономной классификации (кластеризации) исключен «человеческий фактор». Классификация с обучением, равно как и алгоритмы нейронных сетей, требуют от дешифровщика правильного подбора обучающей выборки, как залога получения достоверных результатов.

Основным преимуществом методов автоматизированной классификации по сравнению с ручной оцифровкой, является высокая скорость. Вместе с тем, можно выделить ряд недостатков, присущих этим методам:

- невозможность идентификации линейных и незначительных по размеру (точечных) объектов;
- невозможность грамотного распознавания объектов со сложной внутренней структурой (например, населенных пунктов);
- невозможность дифференцирования сельскохозяйственных земель на пахотные и сенокосно-пастбищные угодья (ввиду схожести лугов и полей со всходами культур по яркостным признакам)
- идентификация только по яркостным характеристикам;
- ошибки оmissии и комиссии.

Таким образом, методы попиксельной классификации больше подходят для дешифрирования типов земного покрова, нежели категорий землепользования.

Одним из наиболее современных методов автоматизированного дешифрирования снимков, который можно выделить в отдельную категорию, является объектно-ориентированный анализ изображений.

Методика объектно-ориентированного дешифрирования подразумевает первоначальное выделение на изображении объектов (сегментов), как областей относительной однородности цвета, текстуры и яркости. На следующем этапе проводится классификация этих объектов, как по традиционным спектрально-яркостным признакам, так по признакам геометрическим (форма, площадь, ориентация и др.), контекстным (вхождение в более крупные объекты или области, близость к объектам определенного класса и др.) и текстурным [4].

Наиболее известным программным продуктом в этой области является система объектно-ориентированного анализа изображений Definiens eCognition.

В программе реализована процедура сегментации с переменным разрешением, которая представляет собой последовательное слияние областей, начиная с объектов размером в один пиксель. Шаг за шагом мелкие объекты объединяются в более крупные [5].

Сама процедура дешифрирования может осуществляться различными путями. Один из них – эталонная классификация. Однако в отличие от стандартных методов использующих не более 3х каналов и оперирующих только яркостными характеристиками, в Definiens eCognition эталоны используются для обучения базы знаний, на основе которой изображение будет классифицировано, а сама база знаний представляет собой n-размерное поле признаков, где n – количество признаков. Поскольку программа работает с сегментами, в качестве признаков используются яркостные показатели (значения яркости, среднеквадратичное отклонение, диапазон значений, производные индексы), показатели текстуры (коэффициенты энтропии, однородности), формы (отношение ширины объекта к его длине, размер вписанного в объект прямоугольника, размер вписанного в объект эллипса, индекс формы) и др [2]. Более того, в качестве признаков могут использоваться дополнительные растровые и векторные данные.

Несмотря на большое количество признаков (показатели яркости, текстуры, формы и т.д.) которые применяются при эталонной классификации, она является далеко не идеальным методом автоматизированного распознавания различных типов землепользования. Для наиболее точного выделения различных объектов целесообразно применять различные уровни сегментации изображения и индивидуально подбирать показатели. Показатели должны быть характерными для соответствующего объекта, и в то же время не должны иметь высокого разброса значений в пределах одного класса [6].

С учетом таких требований процедура дешифрирования может быть реализована с использованием алгоритма представленного деревом последовательных иерархически выстроенных процессов. При создании алгоритма важно продумать последовательность выделения классов, чтобы исключить классифицированные объекты из дальнейшей обработки изображения для упрощения идентификации оставшихся классов. Следует отметить, что в разработанном алгоритме процесс идентификации каждого типа землепользования включает целый комплекс процедур:

1. сегментация изображения;

2. выделение класса (индивидуально подобранные признаки заранее прописываются внутри классов);
3. удаление «дыр» (если необходимо)
4. генерализация результата классификации;
5. объединение соседних объектов одного класса в единые полигоны [2].

Несмотря на довольно трудоемкий процесс разработки, иерархический алгоритм дешифрирования имеет ряд преимуществ перед эталонной классификацией. Во-первых, благодаря индивидуально подобранным дешифровочным признакам и вариантам сегментации, резко возрастает достоверность идентификации объектов. Во-вторых, алгоритм не требует от дешифровщика выделения эталонных участков, что не только сокращает время обработки снимка, но и делает этот процесс полностью автоматизированным (то есть, алгоритм отрабатанный на ключевом участке может использоваться для дешифрирования других фрагментов того же снимка).

Методы объектно-ориентированного дешифрирования позволяют выделять такие сложные объекты, такие как населенные пункты. Более того, использование текстурных признаков и различных коэффициентов, описывающих форму объектов, делает возможным разделение пашни со всходами и сенокосно-пастбищных угодий (хоть и не со стопроцентной точностью), а также позволяет дифференцировать селитебные земли на городские и сельские поселения. Однако, этот метод не позволяет идентифицировать линейные и точечные объекты.

На основе анализа рассмотренных методов дешифрирования были выделены основные характеристики каждого из них (Табл. 1).

**Таблица 1**  
**Особенности различных методов дешифрирования для картографирования землепользования**

	<i>Ручная оцифровка</i>	<i>Автономная классификация</i>	<i>Эталонная классификация</i>	<i>Объектно-ориентированное дешифрирование</i>
<i>Идентифицируемые объекты</i>	Площадные, линейные, точечные	Площадные	Площадные	Площадные
<i>Количество достоверно выделяемых классов</i>	Максимально возможное	Основные классы, хорошо отличимые по яркостным характеристикам	Основные классы, хорошо отличимые по яркостным характеристикам	Возможно выделение сложных по структуре и текстуре объектов
<i>Трудоемкость</i>	Высокая	Низкая	Низкая	Средняя

Очевидно, что для создания наиболее полной, комплексной геоинформационной базы данных землепользования необходимо сочетание методов автоматизированного дешифрирования и ручной векторизации. Однако, при таком подходе возникают свои методические трудности. Например, необходима коррекция топологии между объектами, оцифрованными вручную и построенными в результате компьютерного дешифрирования полигонами. Подводя итог, можно сказать, что выбор метода дешифрирования при картировании землепользования в первую очередь зависит от характера и масштаба задачи, при решении которой эта информация будет использована.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РНФ № 15-17-20006*

### **Библиографический список**

1. Иванов М.А. Идентификация типов землепользования по материалам ДЗЗ с применением системы объектно-ориентированного дешифрирования // Современные проблемы географии и гидрологии суши: сборник статей участников Всероссийской молодежной научной школы. Москва: Географический факультет МГУ, 2010. С. 36-37.
2. Иванов М.А. Идентификация пахотных угодий по материалам дистанционного зондирования Земли с применением системы объектно-ориентированного дешифрирования // Эрозия почв, овражная эрозия, русловые процессы: теоретические и прикладные вопросы. Москва: Географический факультет МГУ, 2011. С. 124-130.
3. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 336с.
4. Андрианов В. Ю. Новые технологии дистанционного зондирования и работы с ДДЗ// ArcReview, 2005. №3. С. 1-2.
5. Martin Baatz, Ursula Benz, Seyed Dehghani. Definiens Ecognition. User guide. Munich, 2004. 486p.
6. Yermolaev O.P., Ivanov M.A. Environmental Assessment of Basin Geosystems Based on the Landscape Approach // Biosciences Biotechnology Research Asia, November 2014.Vol. 11(Spl.Edn.), p.257-263.doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1472>.

### **METHODOLOGICAL ASPECTS OF LAND USE MAPPING BASED ON SPACEBORNE IMAGERY**

Ivanov M.A.

Kazan (Volga-region) Federal University, 420008, Kazan, 18 Kremlyovskaya St.,  
e-mail: [maximko-87@mail.ru](mailto:maximko-87@mail.ru)

The paper analyzes existing methods of multispectral satellite images processing (for Landsat images) for land use mapping at the regional scale.

Key words: Landsat; land use; visual interpretation; computer classification; object-oriented analysis.