

ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., ВИНЯЕВ Д. А., КИСЛЯКОВА Н. А.
ДЕШИФРИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
ПО СНИМКАМ ВЫСОКОГО И СРЕДНЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ Г. О. САРАНСК

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы автоматизированного дешифрирования космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения для застроенной территории. Выявлены особенности выбора эталонных участков. На примере анализа результатов дешифрирования отображена структура тестового участка застройки.

Ключевые слова: дешифрирование, дешифрование населенных пунктов, космические снимки, пространственное разрешение, контролируемая классификация, Google Earth.

VARFOLOMEEV A. F., VINYAEV D. A., KISLYAKOVA N. A.
INTERPRETING URBAN OBJECTS FROM HIGH AND MEDIUM RESOLUTION
IMAGES: A STUDY OF SARANSK CITY DISTRICT

Abstract. The article considers methods for automated interpretation of medium and high resolution satellite images of built-up areas. The features of reference areas selection are revealed. The structure of a test development site is shown through the analysis of image interpretation.

Keywords: image interpretation, image interpretation settlements, satellite images, spatial resolution, supervised classification, Google Earth.

В современном быстро развивающемся мире данные дистанционного зондирования (ДДЗ) стали неотъемлемой частью создания и обновления разного рода геоинформационно-картографической продукции, которая, в свою очередь, используется практически повсеместно: для создания топографических планов и обновления карт, для мониторинга и принятия решений в чрезвычайных ситуациях, для территориального планирования и в градостроительстве, для создания проектов межевания территорий, для контроля строительных объектов и процессов, для расчета навигационных маршрутов, в рекреации и исследовании территориальных изменений в использовании земель, в образовании и т. п. [2; 8–11; 14–16].

Формирование крупных городов и миграция населения из сельской местности в города – это тенденция современного мира. Расширение городских территорий является серьезной проблемой, которая требует адекватного решения. Все это сильно меняет облик

городской территории. Таким образом, карты быстро устаревают и нуждаются в более частых обновлениях. Среди различных методов мониторинга строительства объектов важен такой вид наблюдения и контроля, как космический мониторинг. Этот метод позволяет вести всестороннее наблюдение за продвижением работ, осуществлять своевременное реагирование на возможные задержки и мониторинг соблюдения экологических требований на основе анализа ДДЗ.

Объектом исследования в данной работе является территория г. о. Саранск.

Предметом исследования является алгоритм контролируемой классификации для дешифрирования многозональных космических снимков и выявления по ним структуры застроенных территорий.

Целью работы является изучение возможности автоматизации процесса распознавания объектов городских территорий.

Дешифрирование снимков застроенных территорий – процесс обнаружения, распознавания и изображения в специальных условных знаках видимых объектов города (построек, земельных угодий, водных объектов, зеленых насаждений) [9].

При дешифрировании снимков сверхвысокого разрешения, для которых характерна подробная детализация изображения, можно эффективно применять метод визуального дешифрирования по эталонам. В качестве эталонов в таких случаях выступают тестовые фрагменты снимков [3; 16; 17].

Строения и сооружения в большинстве случаев определяются по геометрически правильной форме. Здания показываются разными оттенками – от серого до практически белоснежного тона. Цвет крыши строения нередко может указывать на назначение самого здания. Например, крыши синего цвета чаще всего встречаются у промышленных объектов, а небольшие здания с красной крышей вполне могут быть объектами торговли. Кварталы образуют ячеистую правильную структуру. Форма жилых домов, как правило, геометрически правильная. Гаражную застройку можно распознать по размеру строений и их кучности расположения (см. рис. 1).

Главными дешифровочными признаками инженерных и спортивных сооружений являются форма и структура объекта.

Обнаружение начинается с анализа всего снимка, затем изображение разделяется на все более мелкие компоненты, а затем выделяются элементарные единицы (объекты и их элементы) [8; 16; 17].

Дешифрирование снимков выполняется по прямым и косвенным дешифровочным признакам и, как правило, с привлечением дополнительных картографических материалов.

Для решения задач изучения застроенных территорий и выявления городских объектов были использованы космические снимки проекта Google Earth [19].



Рис. 1. Вид зданий на космическом снимке.

Google Earth – проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет представлены спутниковые изображения всей земной поверхности. Основными поставщиками фотографий земной поверхности из космоса являются две американские компании: низкого разрешения – Terra Metrics, высокого – Digital Globe [14; 16].

В настоящей работе поставлена задача рассмотреть возможности снимков среднего и высокого пространственного разрешения для выявления застроенной территории и особенностей её структуры. Google Earth полностью подходит под заданные параметры, так как получить соответствующие изображения можно изменив высоту камеры наблюдения.

Изображения для территории г. о. Саранска позволяют определять не только контуры города и структуру застройки, но и с большой вероятностью распознавать отдельные объекты, такие как жилые дома, административные здания, спортивные объекты, промышленные объекты (см. рис. 2).

Изображения территории г. о. Саранска в проекте Google Earth датированы 22 августа 2019 г. Таким образом, они являются источником вполне актуальной информации и могут отобразить современную структуру застройки города.

Дешифрирование застроенной территории было решено проводить в два этапа. На первом этапе была выявлена общая застроенная территория по снимкам среднего пространственного разрешения. На втором этапе был выбран тестовый участок для подробного дешифрирования типов застройки.

Для достижения поставленной цели космические изображения необходимо

разместить в распространенной в нашей стране прямоугольной системе координат 1942 г. (СК-42).

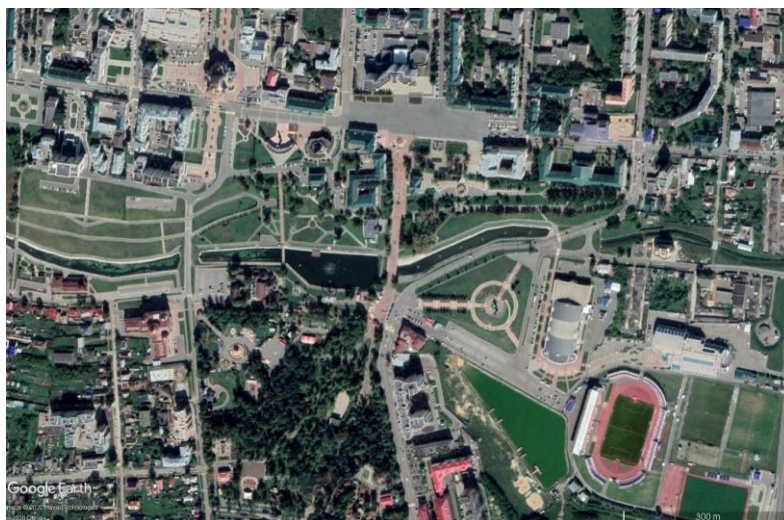


Рис. 2. Центральная часть г.о. Саранск на космическом снимке, размещенном в Google Earth [19].

Это необходимо также для того, чтобы была возможность представить результат исследования в виде карты структуры застроенной территории. Для этого необходимо было перейти от системы координат WGS-84, в которой размещены космические снимки в Google Earth к СК-42.

Пересчет координат осуществлялся при помощи координатного калькулятора (Coordinate Calculator), встроенного в программу ERDAS IMAGINE [18]. Далее была проведена координатная привязка снимков с последующим объединением их в мозаику изображений (см. рис. 3).

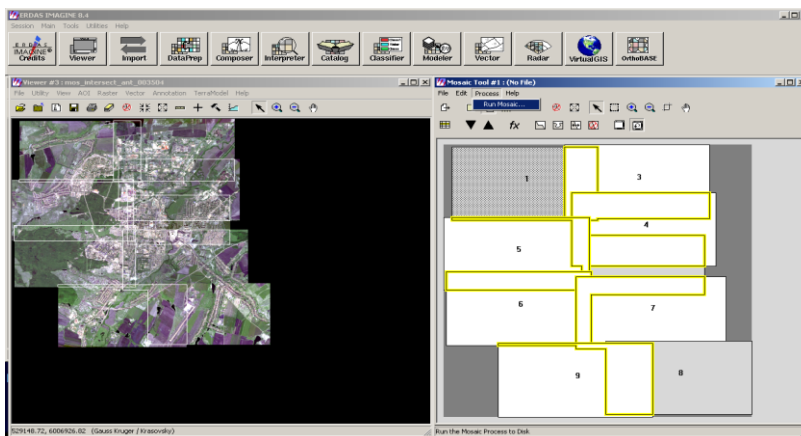


Рис. 3. Процесс создания мозаики изображений на территорию г. Саранска в ERDAS IMAGINE 8.4. [18].

Таким образом, была создана мозаика изображений на территорию г. о. Саранска, состоящая из 9 снимков среднего пространственного разрешения – 11 м на пиксель, а также

мозаика изображений из четырех снимков на тестовый участок. Пространственное разрешение полученного изображения составило 0,57 м на пиксель.

Программное обеспечение ERDAS IMAGINE 8.4 [18] содержит множество функций, позволяющих проводить аналитическую обработку космических данных. В их число входит и такой способ обработки снимков, как автоматизированная классификация. Она, в свою очередь, представлена несколькими методами:

- автономная (неконтролируемая) классификация;
- классификация с обучением (контролируемая);
- гибридная классификация.

На мозаике снимков нашли свое отражение множество объектов. Соответственно, были составлены эталоны для следующих групп объектов: древесные насаждения (парки); травянистая луговая растительность; водные поверхности; искусственные поверхности (застройка); искусственные поверхности (асфальтированные покрытия); поля распаханые; поля свежееубранные; поля со зрелыми культурами.

Для выявления объектов по значениям спектральной яркости при проведении гибридной классификации использовался способ максимального правдоподобия. Этот способ предполагает нормальное распределение значений яркости в пределах каждого класса объектов во всех спектральных зонах съемки изображения.

Поскольку цель исследования заключалась в распознавании именно застроенной территории, было решено отобразить городскую застройку отдельным цветом на изображении, полученном в результате проведения гибридной классификации (рис. 4).

На рисунке 4 можно увидеть, что основная структура городской застройки проявилась достаточно четко. Также можно заметить, что асфальтированные дороги отображены вместе с застроенными территориями. Связано это с тем, что строения и асфальтовое покрытие очень близки по своим яркостным характеристикам и имеют высокий уровень отражательной способности. Несмотря на попытку разбить эти объекты на разные классы, автоматический алгоритм не смог отделить их друг от друга.

На следующем этапе изучения возможностей космических снимков для выявления структуры застроенных территорий были использованы снимки высокого пространственного разрешения. Для этого был определен тестовый участок, расположенный в Пролетарском районе г. о. Саранска. Этот участок был выбран потому, что здесь, прежде всего, расположены различные типы застройки, а также строения отличаются еще и своей этажностью.

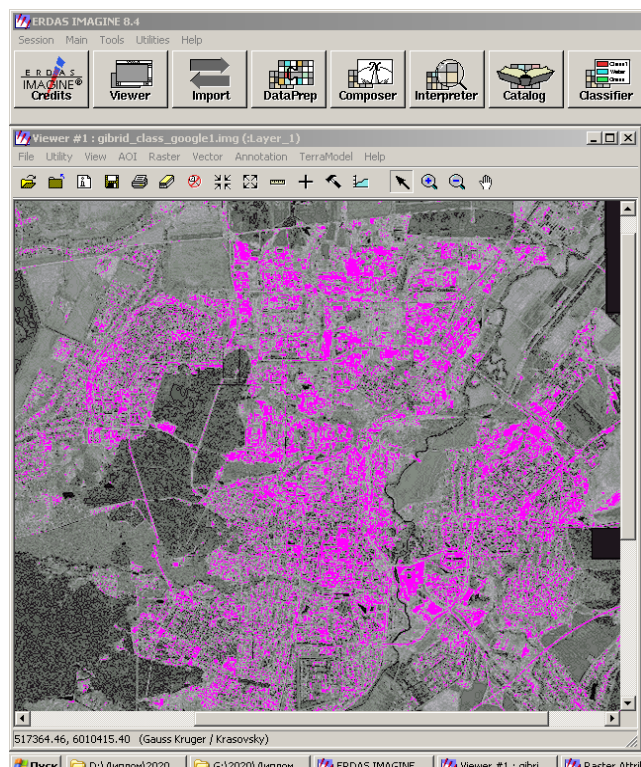


Рис. 4. Отображение застроенной территории по итогам гибридной классификации.

Далее была проведена гибридная классификация. Результат классификации представлен на рисунке 5. На этот раз асфальтовые покрытия удалось выделить в отдельный класс. Частично разграничилась и растительность. Классификация зафиксировала различными пикселями деревья и газоны.

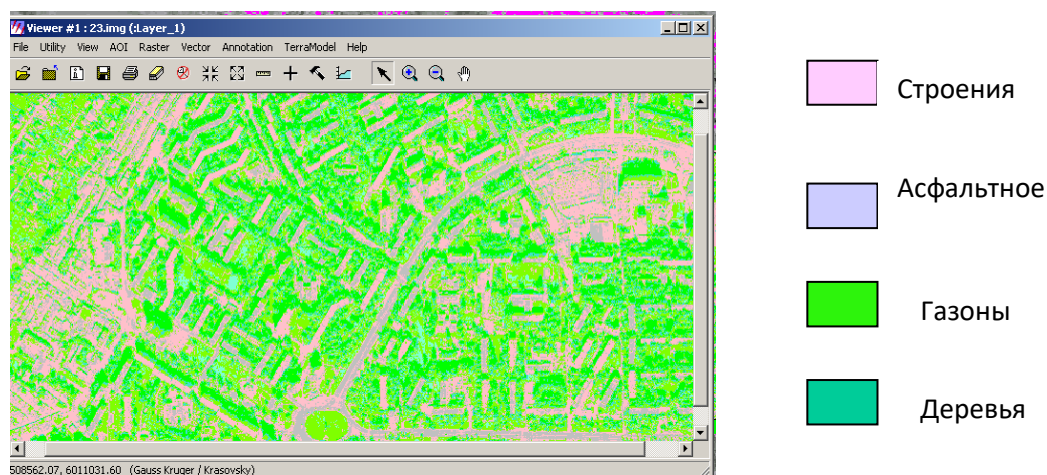


Рис. 5. Результат гибридной классификации мозаики изображения тестового участка.

Несмотря на заранее подготовленные эталоны, некоторые пиксели участков застройки все же были отнесены алгоритмом гибридной классификации в класс асфальтированных покрытий.

Кроме того, в представляемой работе была проведена автоматическая гибридная классификация двух мозаик изображения. Они были склеены из снимков разного пространственного разрешения. Мозаика на территорию г. Саранск была создана из снимков среднего пространственного разрешения, а мозаика на тестовый участок – из снимков высокого разрешения.

Исследование показало, что автоматический процесс дешифрирования позволяет распознать объекты населенного пункта разного характера. Прежде всего, это такие, как застроенная территория, другие искусственные поверхности, разные виды озеленения, водные поверхности.

На результат дешифрирования существенное влияние оказывает качество исходного изображения. Так на снимках среднего пространственного разрешения при помощи гибридной классификации хорошо проявляются природные объекты, такие как реки и растительность. А вот искусственные поверхности по результатам классификации попадают в один класс объектов. Даже попытки заранее разделить эти объекты путем создания для каждого из них отдельного эталона не увенчались успехом.

Гибридная классификация изображений высокого разрешения показала в этом плане лучший результат. Так, прежде всего, в отдельный класс удалось выделить дороги.

Следующим этапом в работе стало создание карты структуры застроенной территории на примере тестового участка.

Созданные мозаики снимков и результаты классификаций для удобства дальнейшей работы были объединены в единую геоинформационную среду в ГИС ArcView 3.1.

Для составления легенды создаваемой карты структуры застройки использовалась классификация типов застройки В. В. Беленко [2].

Классификация выполнена с учетом требований Градостроительного кодекса России [6] и свода правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [13].

В представленной работе для отображения объектов тестового участка частично были выбраны подтипы застройки. В легенду создаваемой карты не вошли почти все объекты нежилого типа, кроме застройки объектами коммунального и складского назначения. Кроме зданий и сооружений в легенду карты вошли такие объекты, как скверы, древесная растительность, дороги (см. рис. 6).

Все представленные на карте дополнительные сведения были получены с публичной кадастровой карты и описаний объектов по их адресам [12].

По результатам выполненной работы можно сделать вывод о том, что

автоматизированное дешифрирование застроенных территорий все еще сталкивается с определенными трудностями, в частности, – главным из них – недостаточным качеством снимков, находящихся в открытом доступе.



Рис. 6. Карта структуры застройки тестового участка в Пролетарском районе г. о. Саранск.

Тем не менее, они с успехом могут быть применены для дешифрирования разных типов застройки, результаты которого, в свою очередь, могут быть использованы для мониторинга объектов и процесса строительства и расширения застраиваемых территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антощук С. Г., Сербина Н. А. Система распознавания текстурных изображений при экологическом мониторинге // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 406–412.
2. Беленко В. В. Экспериментальные исследования типов и динамики застройки по космическим снимкам для картографирования застраиваемых территорий // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Т. 62. – № 1. – С. 52–62.
3. Бирюков В. С., Даргель А. В., Новоселов Д. И. О методах автоматизации топографического дешифрирования // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 1. – С. 134–140.

4. Волков А. В. Методика автоматизированного дешифрирования изображений топографических объектов // Геодезия и картография. – 2012. – № 10. – С. 53–56.
5. Генеральный план городского округа Саранск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adm-saransk.ru/plan-razvitiya/genpl.php> (дата обращения: 18.02.2024).
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 18.02.2024).
7. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 25 октября 2001 г. №136-ФЗ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://consultant.ru> (дата обращения: 18.02.2024).
8. Кислякова Н. А., Колесникова А. А. Разработка каталога космических изображений природных и антропогенных объектов и их дешифровочных признаков на примере территории Республики Мордовия [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2022. – № 4. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/razrabotka-kataloga-kosmicheskix-izobrazhenij-prirodnix-i-antropogennyx-obektov-i-ix-deshifrovocnyx-priznakov-na-primere-territorii-respubliki-mordoviya> (дата обращения: 18.02.2024).
9. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2014. – 336 с.
10. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
11. Марчуков В. С., Чеман Д. А. Оценка измерений застроенных территорий и растительного покрова Ирака по многозональным космическим снимкам // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 5. – С. 41–44.
12. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 18.02.2024).
13. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 г. №1034/пр) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14465/> (дата обращения: 18.02.2024).

14. Чинаев С. С., Тесленок К. С. Использование результатов топографической съемки для создания проектов межевания территории // «Молодежь и наука–2019». Материалы VI международной студенческой научно-практической конференции «Молодежь и наука–2019», посвященной «Jastar july». – Т. 5. – Петропавловск, 2019. – С. 223–228.
15. Чинаев С. С., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Создание топографического плана рекреационного комплекса // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Сер. Науки о Земле. – 2020. – № 2 (18) – С. 5–15.
16. Чинаев С. С., Тесленок С. А. Использование карт и данных дистанционного зондирования при изучении территориальных изменений в использовании земель [Электронный ресурс] // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. – С. 111–119. – Режим доступа: http://openedo.mrsu.ru/catalog/Estestvennie/2018/struktura_dinamika_i_funkcionirovanie_pri_rodno-socialno-proizvodstvennyh_sistem.pdf (дата обращения: 18.02.2021).
17. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. – М.: Техносфера. 2010. – 560 с.
18. Erdas Imagine: руководство пользователя / пер. с англ. – М.: Дата +, 2006. – 360 с.
19. Google Earth: виртуальный глобус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения: 18.02.2024).