

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И КОРРЕКТИРОВКЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В.А. Панарин (МБУ «Градостроительство», Дзержинск, Нижегородская область)

В 1983 г. окончил физико-технический факультет Томского государственного университета. После окончания университета работал в НИИ «Машиностроения», с 1992 г. — в Комитете по земельным ресурсам и землеустройству и кадастровой палате г. Дзержинска Нижегородской области. С 2002 г. возглавлял «Дзержинский аэрогеодезический центр» в составе Верхневолжского аэрогеодезического предприятия. С 2006 г. работает в Администрации г. Дзержинска, в настоящее время — директор муниципального бюджетного учреждения «Градостроительство».

Р.В. Панарин (ИТЦ «СКАНЭКС»)

В 2011 г. окончил Нижегородский архитектурно-строительный университет по специальности «земельный кадастр». С 2008 г. работает в ИТЦ «СКАНЭКС», в настоящее время — специалист. Аспирант Нижегородского архитектурно-строительного университета по направлению «геоэкология».

Упоминание космического снимка как одного из видов градостроительной документации или, по крайней мере, исходных данных для ее подготовки в настоящее время вызывает ряд вопросов и не всегда понятно для сотрудников органов архитектуры местного самоуправления. В лучшем случае снимки используются для визуального уточнения местоположения или наличия объектов градостроительной деятельности. Однако, в реальности, они могут предоставлять огромный пласт информации для корректировки и контроля градостроительной документации, экономя значительные средства при ее разработке.

«Ахиллесовой пятой» архитектурно-строительных проектов городских и сельских поселений, особенно проектов территориального планирования, градостроительного зонирования и планировки территорий, является отсутствие качественных исходных данных. Это связано со «старением» картогра-

фических материалов (масштабов от 1:10 000 до 1:500) на уровне муниципальных образований, отсутствием в ведомствах и их территориальных органах сведений о реальном состоянии территорий (лесные и водные зоны, луговая растительность, степень и площадь загрязнений земель, состояние городского озеленения и т. д.). Если сведения об объектах капитального строительства, выдаваемые в качестве исходных данных для разработки проектов территориального развития, достаточно актуальны, то перечисленные выше материалы, как правило, предоставляются по состоянию на 1980–1990 гг. В первую очередь, это вызвано тем, что их обновление традиционными наземными методами требует значительных финансовых вложений, которые часто отсутствуют в бюджетах ведомств и муниципальных образований. Несмотря на то, что исходные данные для проектирования содержат устаревшие и неточные сведения, они пре-

доставляются в виде материалов, утвержденных соответствующими ведомствами и, следовательно, автоматически являются легитимными для разработчиков проектов. Эти проблемы растут с годами как снежный ком и порождают не соответствующую действительности оценку объемов работ в проектах территориального планирования и затрат на их реализацию.

Проекты территориального планирования создаются на значительные по площади территории, что автоматически подразумевает использование для этих целей данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) — космических снимков. С точки зрения авторов статьи, наиболее привлекательными в этом случае являются космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения (от 0,3 м до 1 м) и высокого разрешения (от 1 м до 2,5 м). По сравнению с традиционными картографическими материалами они обладают более высокой

информативностью при более низкой стоимости.

Данные ДЗЗ могут использоваться на территории городов для решения многих задач. Космические снимки сверхвысокого разрешения в панхроматическом режиме позволяют:

- создавать и корректировать градостроительную документацию;
- контролировать материалы геодезических съемок;
- определять местоположение охранных зон и наземных коммуникаций;
- определять фактические размеры и конфигурацию границ лесов и лесопарков, водных объектов, болот, лугов, газонов, сельскохозяйственных угодий, транспортных магистралей и коридоров, пустошей, застроенных территорий;
- строить цифровые модели рельефа и местности;
- создавать векторные планы территорий и др.

Космические снимки высокого разрешения в мультиспектральном и радиолокационном режимах дают возможность:

- определять местоположение некоторых видов подземных коммуникаций;
- уточнять санитарно-защитные зоны и определять зо-

ны, требующие мероприятий по их восстановлению;

— осуществлять мониторинг карстовых явлений и смещений земной поверхности по разновременным снимкам и др.

В данной статье рассмотрен пример применения данных ДЗЗ при создании и корректировке градостроительной документации для городского округа города Дзержинска Нижегородской области.

Для исследования использовались следующие данные и программное обеспечение:

- снимок с КА QuickBird (июнь 2005 г.), приобретенный администрацией города и используемый в работе управления архитектуры и градостроительства;
- снимок с КА WorldView-2 (июль 2010 г.), предоставленный компанией «Совзонд»;
- цифровая модель рельефа территории города, созданная в 2013 г. по снимку с КА WorldView-1 [1];
- программный комплекс ENVI;
- ГИС Bentley Map;
- геопортал администрации города.

Первым шагом применения космического снимка как основы для работы является его привязка в систему координат, которая используется в органах архитектуры местного самоуправления. Как правило, это местная прямоугольная система координат города. Привязка космического снимка осуществляется по наземным опорным точкам. Поскольку точность привязки зависит от их количества, авторами были проведены соответствующие исследования. Привязка проводилась по различному количеству наземных опорных точек с оценкой точности привязки по величине среднего квадратичного отклонения (СКО) относительно 10 контрольных точек с известными координатами. Следует отметить, что величина СКО опреде-

ляется точностью визуального выбора местоположения точки на снимке и зависит от его пространственного разрешения. Так, пространственное разрешение панхроматического изображения с КА WorldView-2 составляет 0,46 м, а мультиспектрального — 1,84 м. Поэтому оцениваемое значение СКО привязки не может быть меньше 1 м. Оценка точности привязки проводилась для различных территорий города (рис. 1). Результаты показали, что для работы достаточно выполнить привязку по 4–5 опорным точкам при соблюдении следующего правила: 3–4 опорные точки должны находиться по углам снимка вблизи границ, а одна опорная точка, предназначенная для корректировки смещений, — располагаться в центральной области. Сотрудники органов архитектуры могут это сделать самостоятельно.

Для крупных населенных пунктов удобнее и точнее привязывать небольшие по размеру фрагменты снимка вместо одного снимка на всю территорию города. Для этого первоначальный снимок, полученный со спутника, необходимо «разрезать» на отдельные фрагменты и после привязки собрать из них мозаику. Например, на территорию города Дзержинска, площадь которой 420 км², использовалось 24 фрагмента. Точная привязка космических снимков (в дополнение к их обязательному ортотрансформированию) важна, в первую очередь, для корректной оценки изменений, произошедших на территории города, выявленных по снимкам с разных космических аппаратов. Например, на снимках без привязки смещение одноименных точек для одной и той же территории может достигать от 10 до 50 м.

Снимок в городской системе координат можно использовать для уточнения информации о градостроительных объектах и проведения зонирования тер-

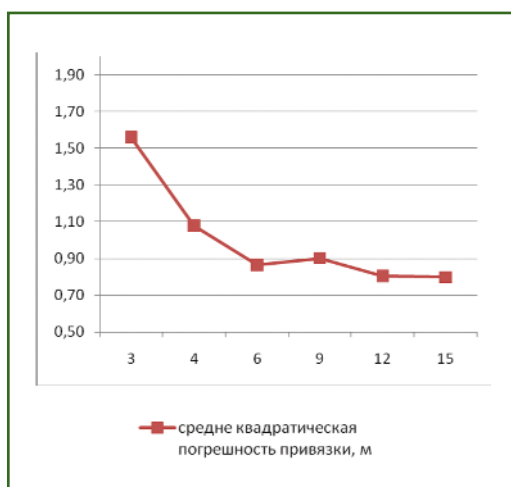


Рис. 1

Зависимость СКО привязки космического снимка от количества опорных точек на одной из территорий города

ритории города. При наличии нескольких снимков на разные даты съемки или с различных спутников, как это было в данной работе, появляется возможность проводить не только мониторинг изменений, произошедших на территории города, но и выполнять с заданной точностью измерения, в первую очередь, площадей и местоположения объектов. Используя полученную информацию по снимку, можно корректно сравнивать ее с данными на топографических планах, схемах, генеральном плане города, карте градостроительного зонирования, проектах планировки территорий, результатами межевания земель и др. Наиболее трудоемкими, дорогостоящими и максимально влияющими на развитие города документами из перечисленного списка являются: генеральный план, карта градостроительного зонирова-

ния, проекты планировки территорий. Рассмотрим подробнее применение космических снимков для создания и корректировки этих документов. При этом финансовые затраты на работы по сбору информации наземными методами, например, топографическая съемка или обследование, становятся сравнимыми или превышают стоимость приобретения и обработки космических снимков.

Для проведения корректного сравнения и оценки указанных выше документов, необходимо было по снимку выполнить оцифровку (векторизацию) исследуемых объектов и границ на территории города. Векторизация проводилась в автоматическом режиме с использованием методов спектрального анализа с визуальной корректировкой. Подробнее о векторизации космических снимков, ограничениях на применение различных

методов и ожидаемой точности оцифровки можно узнать в статье [2].

В первую очередь, космические снимки необходимы для мониторинга изменений на территории города. Для этих целей целесообразно применять снимки с КА WorldView-2, которые информативнее снимков с КА QuickBird (рис. 2). Это связано с более высоким пространственным разрешением и большим количеством спектральных диапазонов. Снимки с КА WorldView-2 имеют пространственное разрешение 0,46 м в панхроматическом режиме, 1,84 м в мультиспектральном режиме и 8 спектральных диапазонов, а снимки КА QuickBird имеют пространственное разрешение 0,61 м и 2,44 м, соответственно, а число спектральных диапазонов составляет только 4. Наличие большего количества спектральных диапазонов

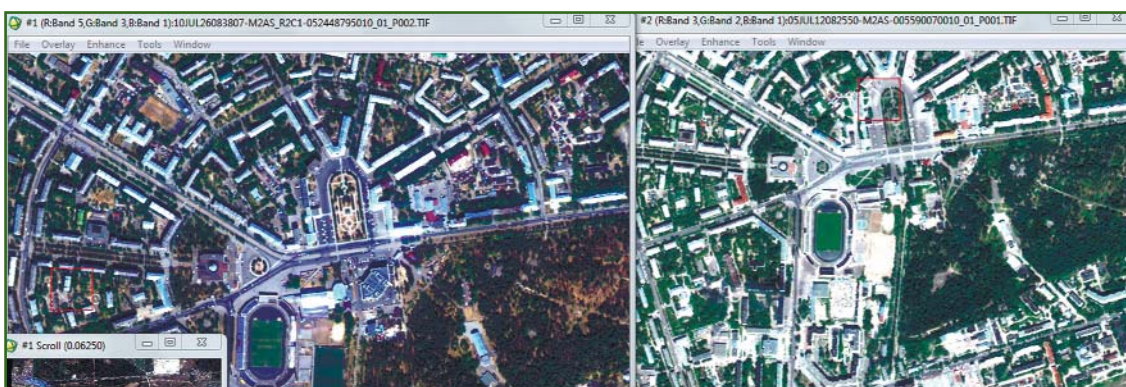


Рис. 2

Снимки селитебной территории города с КА WorldView-2 (слева) и с КА QuickBird (справа)

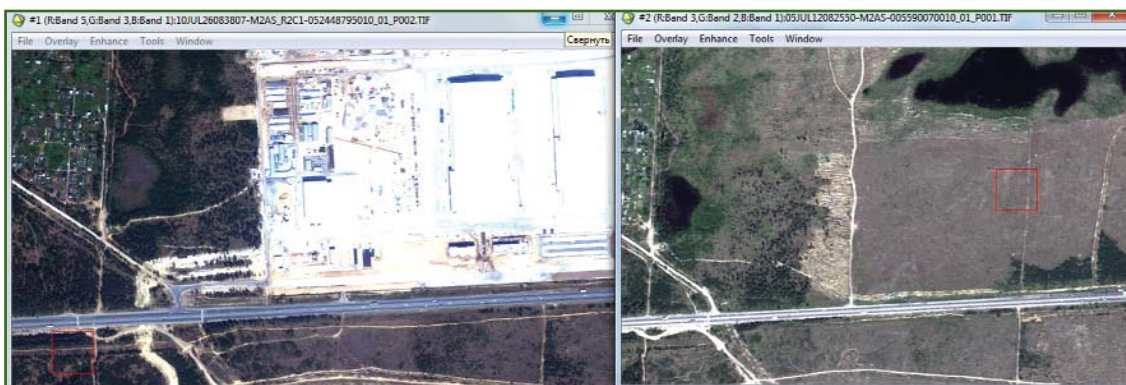


Рис. 3

Изменения территории города на космических снимках, полученных в разное время



Рис. 4
Использование комбинаций различных спектральных диапазонов для увеличения информативности снимка и качества распознавания отдельных объектов

позволяет повысить точность идентификации объектов как визуальным путем, так и в автоматическом режиме. На двух снимках, полученных в разное время, легко определяются изменения на территории города, вызванные за счет строительства (рис. 3), естественной и искусственной убыли растительного покрова, изменения границ водных объектов и др. На рис. 3 изображения проездов и песчаных площадок визуальнo плохо различимы. Использование комбинаций различных спектральных диапазонов дает возможность значительно увеличить информативность снимка и качество распознавания отдельных объектов и покрытий (рис. 4). По снимку в автоматическом режиме хорошо векторизируются границы территории, покрытой деревьями, водные объекты, дороги, естественные и искусственные углубления.

По нашим оценкам, качество векторизации по снимкам с КА WorldView-2 значительно выше, чем по снимкам с КА QuickBird, а времени на их обработку необходимо меньше. Так, например, со снимком с КА WorldView-2 практически не потребовалась дополнительных действий для получения неразрывной границы дороги в отличие от снимка с КА QuickBird. При обработке

космических снимков сверхвысокого разрешения следует проводить корректировку путем генерализации фрагментарности изображения объектов, что влияет на площадь векторизованного полигона. С большей трудоемкостью, за счет обязательной ручной корректировки, векторизируются болота, луговая растительность, различные грунтовые покрытия, элементы благоустройства. Практически невозможно в автоматическом режиме с использованием стандартного метода спектрального анализа оцифровать постройки, особенно, имеющие двухскатные крыши. Эти объекты имеют разные спектры, по разному отражаются при солнечном освеще-

щении, очень разнообразны по форме и сложно найти границу между ними и тенью от них, а также между близко расположенными отдельными деревьями. Единственным надежным способом является визуальный способ векторизации домов.

Эти особенности космических снимков могут быть эффективно использованы при градостроительном планировании и зонировании территории города. Генеральный план города и карта градостроительного зонирования по нормативам разрабатываются на основе топографических планов масштаба 1:10 000, но при этом градостроительное зонирование должно быть выполнено с учетом границ земельных участков, точность отображения которых соответствует или выше планов масштаба 1:2000. Обеспечить такие требования отображения в этих масштабах крайне трудоемко и дорого, поэтому при разработке карты градостроительного зонирования в целях снижения стоимости разработки они не практикуются. Однако часть вопросов легко решается за счет применения космических снимков для корректировки границ. Например, на рис. 5 показана зона кладбищ CO-1, граница которой должна идти по границе мест захоронения. Эту границу можно



Рис. 5
Положение границ зоны кладбищ CO-1 на карте градостроительного зонирования и на космическом снимке

было уточнить при проектировании, так как на снимке хорошо видна граница кладбища и пересечение границы зоны СО-1 с территориями других зон (лесные кварталы). В реальности в таких случаях приходится вносить изменения в уже утвержденные правила землепользования и застройки.

Важным элементом при территориальном планировании и зонировании является баланс территорий. Использование космических снимков позволяет довольно точно оценить площади водных объектов, зеленых насаждений (причем реально существующих, а не их предполагаемых границ), благоустройства и т. д. При этом достаточно выполнить векторизацию контуров этих площадных объектов по снимку в автоматическом режиме, что могут сделать сотрудники органов архитектуры (по заранее разработанной методике).

Рассмотрим точность определения площадей объектов по снимкам и градостроительной документации. По снимкам с КА QuickBird и КА WorldView-2 была определена площадь водной глади озера 1 (рис. 6) и озера 2 (рис. 7) в автоматическом режиме и по снимку с КА WorldView-2 с помощью точной визуальной векторизации (вручную). Погрешность обработки в автоматическом режиме по сравнению с выполненной вручную (для обоих озер) составила не более 4%, что говорит о возможности применения автоматического режима для этих целей.

При разработке карты градостроительного зонирования, а также генерального плана для определения границ водной глади озер 1 и 2 были использованы топографические планы масштабов 1:5000 и 1:10 000. В результате проведенной авторами оценки было выявлено, что площадь водной глади озера 1, определенная на генеральном плане города, по сравнению с площадью, определенной по

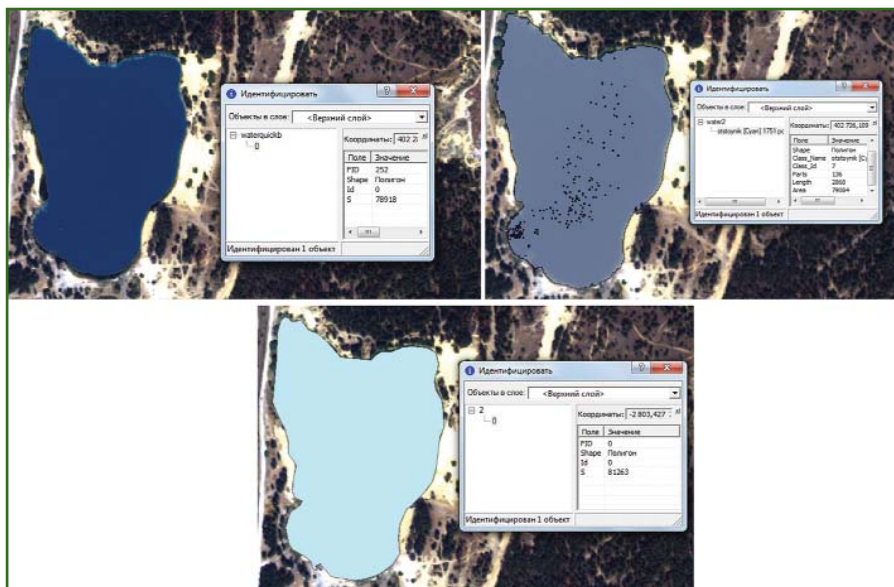


Рис. 6

Определение площади водной глади озера 1 на снимке с КА QuickBird (слева) и КА WorldView-2 (справа) в автоматическом режиме и на снимке с КА WorldView-2 вручную (внизу)

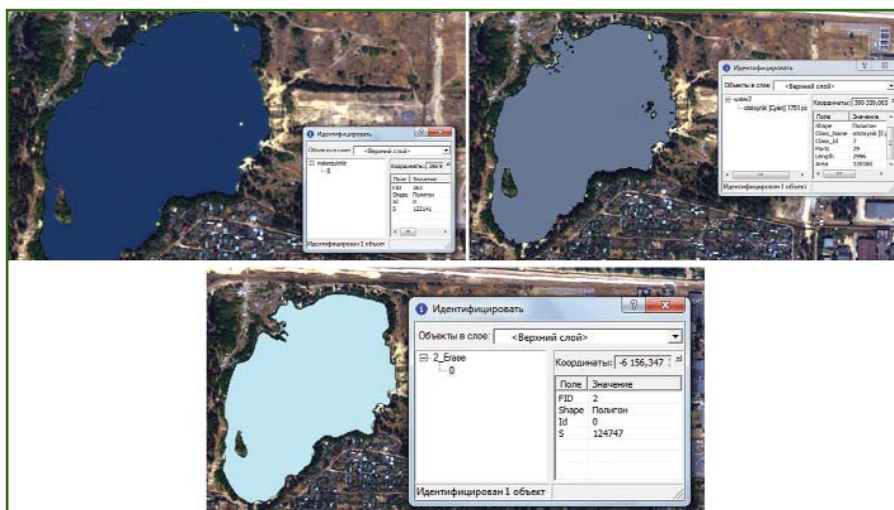


Рис. 7

Определение площади водной глади озера 2 на снимке с КА QuickBird (слева) и КА WorldView-2 (справа) в автоматическом режиме и на снимке с КА WorldView-2 вручную (внизу)

снимку, отличается на 14%, а контур озера 2 на карте градостроительного зонирования не совпал с контуром этого озера на снимке (рис. 8).

Это вносит погрешность в определение баланса территорий в части водных объектов относительно всей территории города. Часть земель, занятых лесом и имеющих соответствующее зонирование, согласно устаревшим и неточным картографи-

ческим материалам, на самом деле является пустырями (рис. 9). Оценка благоустройства также достаточно затруднена по картографическим материалам рекомендуемых масштабов без дополнительной информации. Общее количество таких ошибок может выявить значительные погрешности в оценках благоустройства городского ландшафта и, соответственно, в итоговых выводах.

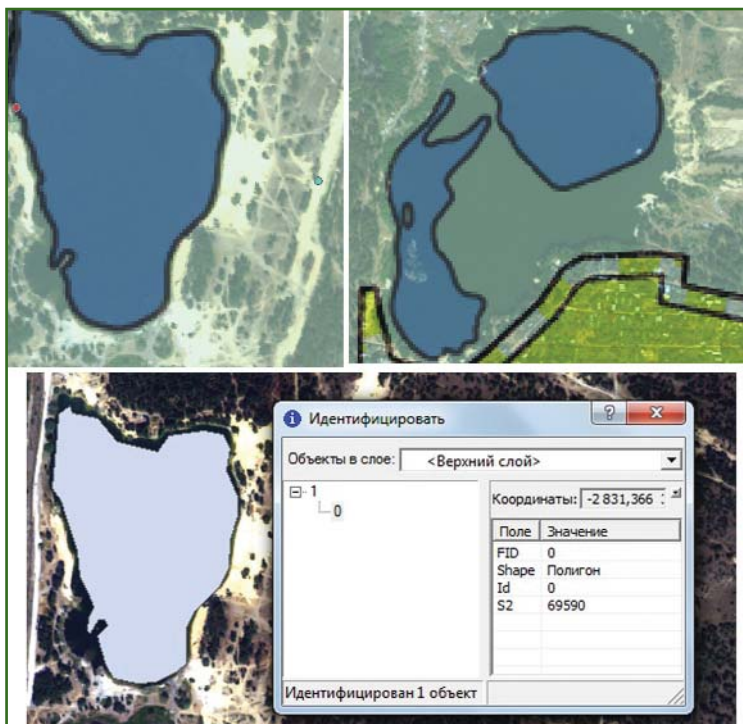


Рис. 8

Определение границ водной глади озера 1 (слева) и 2 (справа) на карте градостроительного зонирования и площади озера 1 на генеральном плане (внизу)

вязки и обработки космических снимков, включая их оцифровку, вполне доступны сотрудникам проектных организаций и органов архитектуры местного самоуправления при условии наличия пошаговых инструкций и соответствующего программного обеспечения. Дополнительные затраты на разработку инструкций, приобретение специализированного программного обеспечения и обучение персонала полностью окупаются в очень короткие сроки. Выполненные качественно градостроительные документы пользуются спросом и позволяют повысить инвестиционную привлекательность городских территорий. Возврат затраченных средств идет за счет предоставления платных сведений из актуализированных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и освоения территорий инвесторами.



Рис. 9

Изменения растительного покрова на космических снимках, полученных в разное время

Все подобные неточности при общей формально верной методике разработки градостроительной документации и отсутствии ошибок, приводят к частому внесению изменений в утвержденные документы территориального планирования и градостроительного зонирования, вызывая дополнительные затраты на их корректировку, иногда значительно превышающие стоимость приобретения и обработки космических снимков.

Таким образом, применение космических снимков позволяет даже при наличии устаревших исходных картографических материалов получить точные и качественные данные, провести корректировку границ территорий и снизить затраты на разработку и последующую корректировку градостроительной документации, особенно документов территориального планирования и градостроительного зонирования. Данные методы при-

▼ Список литературы

1. Панарин В.А. Система городского мониторинга топографических планшетов и использование ЦМР для городских нужд // Геопрофи. — 2014. — № 5. — С. 10–14.
2. Панарин В.А., Панарин Р.В. Применение космических снимков в муниципальном управлении урбанизированных территорий для задач территориального планирования // Геоматика. — 2009. — № 3. — С. 40–55.