

В.А. Панарин (МУ «Градостроительство», город Дзержинск)

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

Р.В. Панарин (Нижегородский архитектурно-строительный университет)

В настоящее время – студент Нижегородского архитектурно-строительного университета, специальность «городской кадастр».

О.Н. Колесникова (Компания «Совзонд»)

В 2001 г. окончила Московский государственный университет природообустройства. После окончания университета работает в компании «Совзонд», в настоящее время – руководитель направления комплексных проектов.

Анализ применения космической съемки аппаратами WorldView-2 и QuickBird для целей создания и корректировки градостроительной документации

Упоминание космического снимка как одного из видов градостроительной документации, или, по крайней мере, исходных данных для подготовки этой самой документации, в органах архитектуры местного самоуправления на сегодняшний день звучит непонятно для сотрудников и разработчиков этой документации. В лучшем случае снимки используются для визуального уточнения местоположения или наличия объектов градостроительной деятельности. Однако в реальности они могут давать огромный пласт информации для корректировки и контроля градостроительной документации и экономить значительные средства при ее создании. Авторы статьи в данной работе постарались раскрыть эти возможности на примере городского округа «Город Дзержинск» Нижегородской области. В работе использованы космические снимки с аппаратов QuickBird и WorldView-2, сделанные в июне 2005 г. и июле 2010 г. соответственно. Снимок QuickBird был приобретен Администрацией города и используется в работе управления архитектуры и градостроительства, а снимок WorldView-2 был любезно предоставлен фирмой «Совзонд» с согласия компании DigitalGlobe.

Обработка снимка производилась с помощью программного комплекса ENVI.

Первым шагом при попытке использовать снимок как основу для работы является привязка в системе координат, принятой в работе органов архитектуры местного самоуправления. Как правило, это местная система координат в прямоугольной проекции. Привязка производилась по наземным опорным точкам с контролем полученной точности по 10 контрольным точкам. Полученные результаты приведены на рис. 1, где показана зависимость среднеквадратичного отклонения точности привязки от количества точек для двух фрагментов территории города. Точность привязки выше 1 м практически не имеет значения, т. к. она определяется ошибкой указания привязки на снимке, определяемой его разрешением (0,5 м для панхроматического изображения и 1,8 м для мультиспектрального). Как видно из графиков, для работы достаточно привязки по 4–5 точкам при соблюдении правила, что 3–4 точки попадают в области вблизи границ снимка по углам и одна точка располагается в центральной области для корректировки смещений. Такая работа

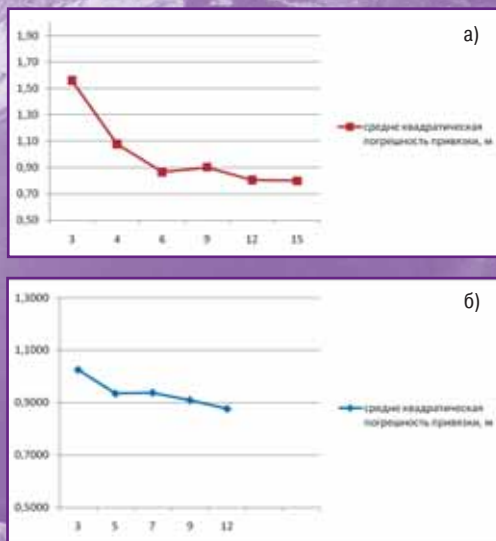


Рис. 1.

Зависимость среднеквадратического отклонения точности привязки от количества точек привязки

а) Снимок №1

б) Снимок №2

вполне может быть проведена сотрудниками органов архитектуры. Для крупных городов удобнее и точнее привязывать отдельные небольшие по размерам снимки (разрезанная первоначальная сцена съемки спутника), собирая их в мозаику, нежели привязывать один снимок

на всю территорию города. Например, на город Дзержинск использовались 24 фрагмента при площади города 420 кв. км. Привязка также важна и для корректной оценки изменений территории по разным снимкам с разных спутников. Например, использование непривязанных снимков напрямую без обработки в исходной системе координат на одну и ту же территорию дает смещение аналогичных точек снимков от 10 до 50 м!

Имея снимок в городской системе координат, можно использовать его для уточнения информации о градостроительных объектах и зонировании города. При наличии снимков разного периода и с разных спутников, как это было в данной работе, появляется возможность корректного сравнения получаемых вычисляемых результатов (в первую очередь площадей и местоположения объектов) по разным источникам: снимки, карты, схемы, генеральный план города, правила землепользования и застройки, проекты планировки, межевание территорий и участков и прочее. Наиболее трудоемкими, дорогостоящими и максимально влияющими на город документами из перечисленного списка являются генеральный план и правила землепользования и застройки. Рассмотрим подробнее использование космических снимков для создания и корректировки этих документов. Аналогично можно использовать снимки и для других документов. При этом стоимость наземного сбора информации (например, топографическая съемка или обследование) становится сравнимой или значительно большей по сравнению с затратами на приобретение и обработку снимков.

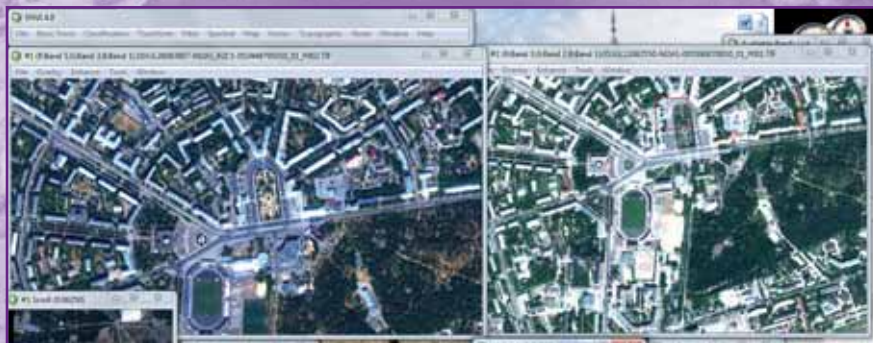


Рис. 2.

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



Рис. 3.
Мониторинг территории нового строительства по разновременным снимкам



Рис.4
Мониторинг изменения растительного покрова по разновременным снимкам

Для получения цифровой оценки зонирования территории необходима векторизация границ по снимку. Оцифровка проводилась на основе автоматизированной классификации спутниковых снимков с дальнейшей визуальной корректировкой. Подробно о методах векторизации снимков, их ограничениях, применимости и точностях авторы уже писали в статье «Применение космических снимков в муниципальном управлении урбанизированных территорий для задач территориального планирования» (журнал «ГЕОМАТИКА», №3, 2009 г., с. 40–55), поэтому подробно на этом останавливаться не будем.

Первым и максимально распространенным применением снимков является мониторинг территории города. Для этих целей снимки со спутника WorldView-2 намного информативнее, чем с QuickBird (рис. 2). Это связано с повышенной точностью мультиспектрального снимка и

увеличением количества спектральных каналов с 4 до 8, что позволяет увеличить точность идентификации объектов как визуальным путем, так и автоматизированной обработкой методом спектрального анализа.

На снимках разного периода легко дешифрируются изменения территории города за счет строительства (рис. 3), естественной и искусственной убыли растительного покрова (рис. 4), изменения границ водных объектов и прочее. На рис. 3 изображены проезды и песчаные площадки плохо различимы.

За счет использования комбинаций различных каналов можно значительно увеличить информативность снимка и качество распознавания отдельных объектов и покрытий (рис. 5). Очень хорошо автоматически векторизуются по снимку границы залесенности территории, водные объекты, дороги, естественные и искусственные

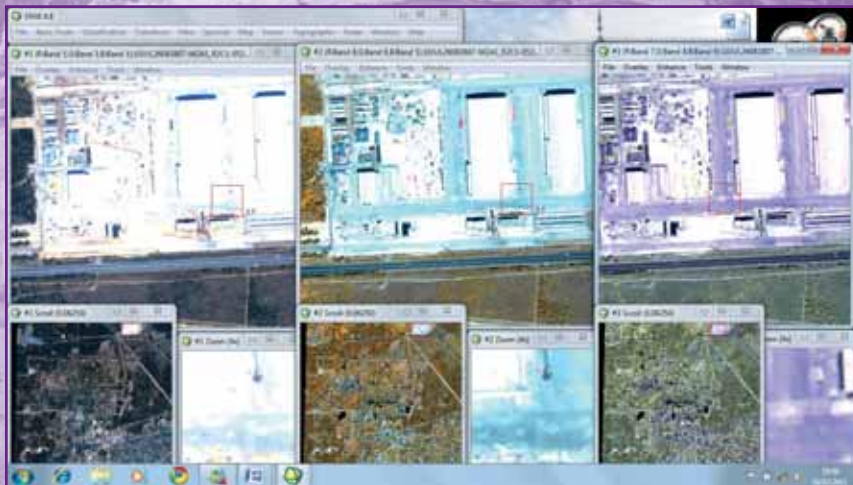


Рис. 5.
Использование комбинаций различных каналов для увеличения информативности снимка и качества распознавания отдельных объектов

углубления. На рис. 6 приведены сравнительные результаты автоматической векторизации развязки дорог. Качество векторизации по снимкам WorldView-2 значи-

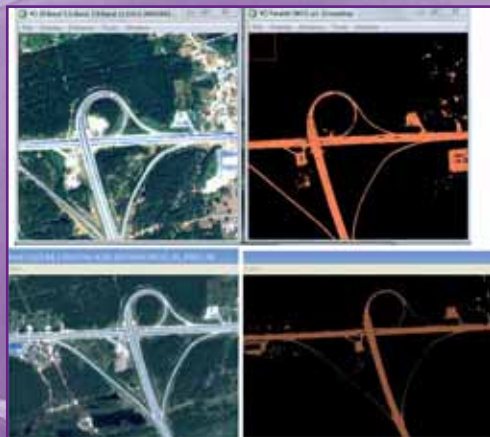


Рис. 6.
Сравнительные результаты автоматической векторизации развязки дорог по снимкам спутников WorldView-2 (вверху) и QuickBird (внизу)

тельно выше, чем аналогичные результаты по снимкам QuickBird. На снимке WorldView-2 практически не потребовалась постобработка для получения неразрывных границ дороги в отличие от обработки снимка QuickBird.

При обработке высокодетальных снимков следует учитывать и проводить корректировку путем генерализации фрагментарности изображения объектов (рис. 7), что влияет на площадь векторизованного полигона. Более трудоемко, с обязательной ручной корректировкой, векторизируются болота, луговая растительность, различные грунтовые покрытия, элементы благоустройства. Практически невозможно спектральными методами оцифровать постройки, особенно имеющие двухскатные крыши. Эти объекты имеют разные спектры, по-разному отсвечивают при солнечном свете, очень разнообразны по форме и сложноотделимы от теней и близко расположенных отдельных деревьев. Единственным надежным способом является ручная оцифровка домов.

Как это все относится к документам градостроительного планирования и зонирования территории? Очень даже напрямую. Генеральный план города и правила землепользования и застройки по нормативам готовятся на основе карт масштаба 1:10 000, но при этом правила

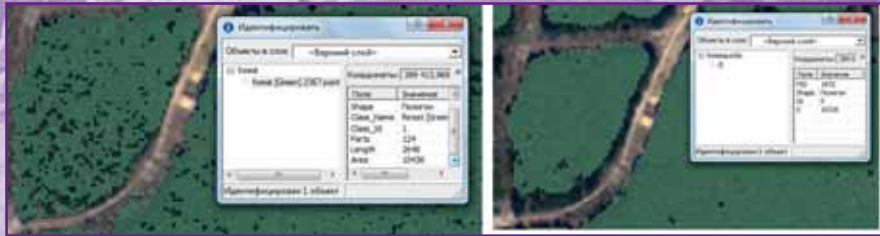


Рис. 7. Влияние генерализации размеров контрольной области при векторизации методом спектрального анализа

землепользования и застройки обязаны быть выполнены с учетом границ земельных участков, где точность равняется или выше масштаба 1:2000. Совместить такие требования и изображения в этих масштабах крайне трудноемко и дорого и поэтому не практикуется при разработке правил землепользования и застройки в целях снижения стоимости разработки. Однако часть вопросов легко решается применением космического снимка для корректировки границ. Например, границы зонирования мест захоронения на рис. 8 можно было уточнить сразу при проектировании, т. к. на снимке хорошо видны пересечения с территориями, относящимися к данному виду зон. В реальности требуется вносить изменения в документ уже после утверждения правил землепользования и застройки.

Очень важным элементом документов территориального планирования и зонирования является баланс территорий. Использование снимков позволяет достаточно точно оценить площади водных объектов, зеленых насаждений (причем реально существующих, а не их предполагаемых границ), благоустройства и т. д. При этом достаточно провести автоматизированную векторизацию этих площадей по снимку, что могут выполнить по разработанной методике обычные сотрудники организации – разработчика. Возникает вопрос о точности такой обработки. На рис. 9, 10 приведены результаты автоматизированной обработки по снимкам и ручной (более тщательной) векторизации. Как видно, погрешность автоматизированной обработки по сравнению с ручной составляет не более 4%.

При определении границ того же объекта в правилах землепользования и застройки и в генеральном плане были использованы карты масштабов 1:5000 и 1:10 000 (рис. 11). Как видим, ошибка определения границ воды на порядки превышает ранее приведенную погрешность (14% по отношению к снимку по озеру 2, а по озеру 1 про-



Рис. 8. Сравнение границ зонирования в правилах землепользования и застройки с изображением на снимке

сто контура разные!). По всей территории города это дает значительную погрешность определения баланса территории в части водных объектов. Часть земель, занятых лесом и имеющих соответствующее зонирование согласно устаревшему и неточному картматериалу на самом деле является пустырями (рис. 4).

Оценка благоустройства также достаточно затруднена по картматериалам рекомендуемых масштабов без дополнительной информации. Например, на карте масштаба 1:5000 существуют озелененные благоустроенные площадки общей площадью 4064 кв. м (рис. 12). На снимке мы видим, что на этом месте расположено новое здание с полностью заасфальтированной территорией (рис. 13). Общее количество таких «погрешностей» может давать значительные ошибки в оценках благоустройства городского ландшафта и соответствующие ошибки в итоговых выводах.

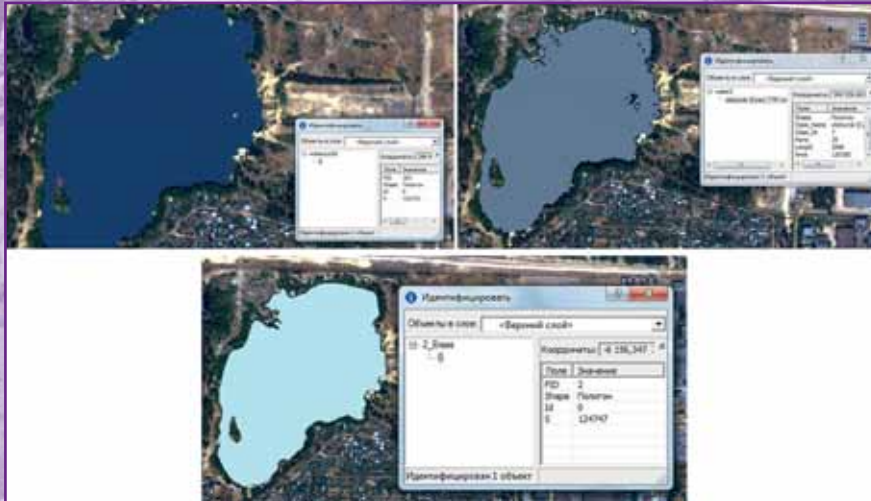


Рис. 9.

Сравнительная оценка площади озера 1 на снимках спутников QuickBird (слева), WorldView-2 (справа) при автоматической векторизации и векторизации визуально вручную (внизу)

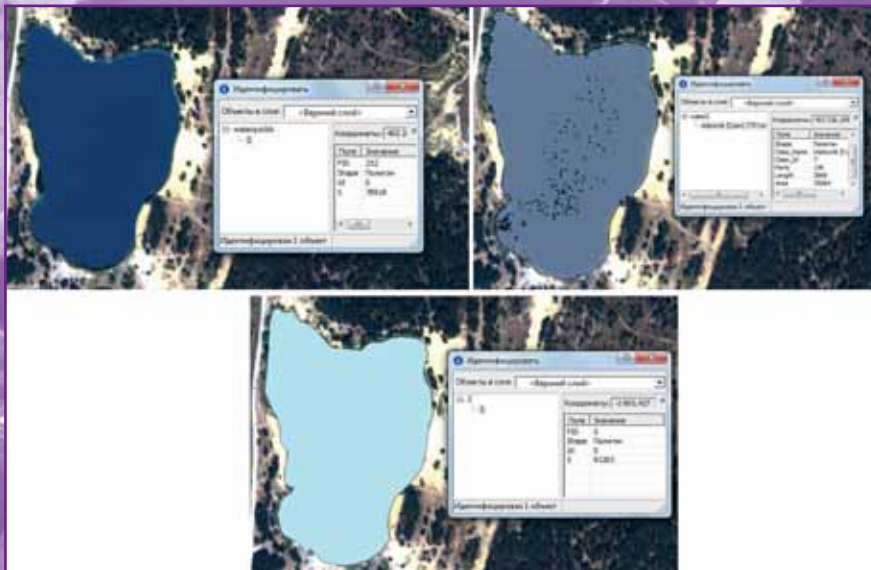


Рис. 10.

Сравнительная оценка площади озера 2 на снимках спутников QuickBird (слева), WorldView-2 (справа) при автоматической векторизации и векторизации визуально вручную (внизу)

Все подобные неточности, при общей формально верной методике разработки градостроительной документации и отсутствии ошибок разработчиков, приводят к частому внесению изменений в документы территориального планирования территорий и дополнительным затратам на их корректировку, значительно превышающим стоимость космических снимков и их обработки.

Таким образом, применение высокоточных космических снимков сверхвысокого разрешения при разработке градостроительной документации, особенно документов территориального планирования и зонирования, позволяет даже при использовании исходных устаревших карт получить точные и качественные данные, провести корректировку границ территорий и снизить затраты на разработку и последующую корректировку градостроительной документации. Применяемые для привязки и обработки, включая векторизацию, снимков методы вполне доступны штатным работникам проектных организаций и органов местного самоуправления при условии разработки пошаговых инструкций и наличия 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 повышенным спросом и позволяют улучшить инвестиционную привлекательность городских терри-



Рис. 11. Вид озера 1 и 2 в правилах землепользования и застройки и площадь озера 1 в Генеральном плане

торий. Возврат затраченных средств идет за счет предоставления платных сведений из информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и освоения территорий инвесторами.



Рис. 12. Озелененные благоустроенные площадки на фрагменте карты масштаба 1:5000



Рис. 13. Фрагмент карты масштаба 1:5000, совмещенной со снимком спутника WorldView-2