

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ЦИФРОВОЙ АФС И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ КАРТ

С.А. Кадничанский (РОФДЗ)

В 1973 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания института работал в Госцентре «Природа», а затем учился в очной аспирантуре ЦНИИГАиК. После защиты кандидатской диссертации в 1979 г. работал в ЦНИИГАиК. С 1993 г. — заведующий отделом цифровых кадастровых технологий РосНИЦ «Земля» и Центра «ЛАРИС», с 2002 г. — начальник отдела новых технологий ФГУП «Госземкадастрсъёмка» — ВИСХАГИ и по совместительству профессор кафедры картографии ГУЗ. С 2005 г. по настоящее время — директор по научно-исследовательской работе компании «Геокосмос». Вице-президент РОО «Общество содействия развитию фотограмметрии и дистанционного зондирования».

Обоснование пространственного разрешения снимка (размера пикселя на местности) в зависимости от масштаба создаваемой или обновляемой карты. О возможных масштабах карт в зависимости от пространственного разрешения снимков

Космическая съемка в видимом спектральном диапазоне и ближнем инфракрасном в последнее время претерпела весьма ощутимое развитие в сторону увеличения разрешающей способности космических изображений. Это принципиально делает возможным использование данной информации, в том числе для целей картографирования и обновления карт. При этом возникает вопрос: о каких масштабах карт может идти речь?

Применительно к цифровой аэрофотосъемке (АФС) или космической съемке, ни в каких российских нормативно-технических документах не содержится требований к пространственному разрешению в зависимости от масштаба карты, плана или ортофотоплана. В инструкции [1], в Приложении 5 (с. 90–91), изложена методика расчета размера пикселя при сканировании аналогового снимка в зависимости

от масштаба фотографирования и масштаба создаваемой карты, содержащая четыре формулы вычисления, из которых к данному случаю имеют отношение только первая (**Ps**) и последняя (**Pp**):

$$Ps = Vs \times Mk / 2Mc;$$

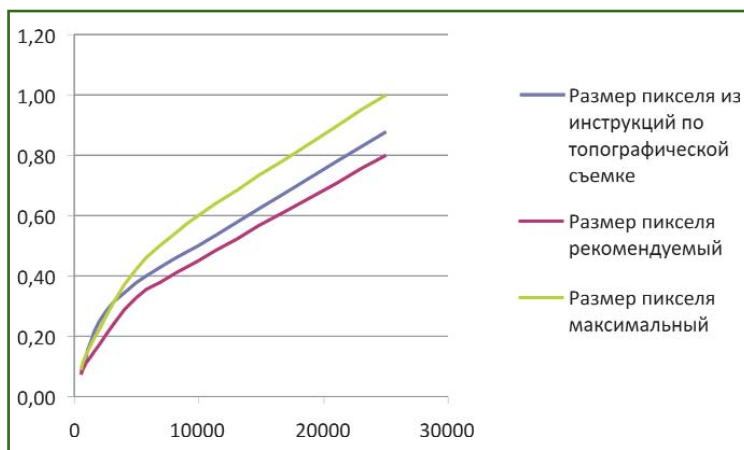
$$Pp = 70 \times Mk / 2Mc,$$

где **Mk** — знаменатель масштаба карты (плана), **Mc** — знаменатель масштаба аэрофотоснимка, **Vs** — требуемая точность определения плановых координат, равная 0,2 мм. Первая из этих формул определяет размер пикселя в мм, вторая — в микронах. Прямое отношение к требованиям размера пикселя на местности при цифровой аэрофотосъемке или космической съемке эти формулы не имеют, но в некоторых случаях, за неимением иных требований, их используют, преобразовав к виду, позволяющему оценить размер пикселя на местности в метрах: **Ps = 0,0001Mk**; **Pp = 0,00007Mk**.

Для масштаба плана 1:5000 при масштабе снимка 1:20 000 **Ps = 0,5 м**; **Pp = 0,35 м**.

Согласно инструкции [1], использовать нужно меньшее. Однако расчет **Pp** основан на требованиях к графическому качеству напечатанного на бумаге ортофотоплана, заключающемуся в том, чтобы размер полутонового

пикселя не превышал 70 мкм. Поэтому полагаться на этот критерий выбора размера пикселя в случае, когда ортофотоплан используется в цифровом виде или его твердая копия печатается с помощью плоттера (принтера), не обеспечивающего разрешение с размером полутонового пикселя равным 70 мкм, нет никаких причин. Таким образом, при использовании ортофотоплана в цифровом виде представляется более логичным придерживаться критерия **Ps**, основанного на требуемой точности измерений. Это означает, что согласно требованиям Инструкции по фотограмметрическим работам для масштаба 1:5000 размер пикселя на местности может достигать 0,5 м. Но даже это значение представляется необоснованным, так как критерий **Ps** базируется на том, что размер пикселя должен быть в 2 раза меньше допустимой ошибки измерения по ортофотоплану, а ошибка измерения составляет 0,2 мм в масштабе плана. Этот подход не имеет никакого обоснования. С одной стороны, точность измерений по цифровому изображению составляет доли пикселя, но не 2 пикселя и в любом случае не хуже 1 пикселя. Следует обратить внимание, что в этом подходе со-



Зависимость требуемого размера пикселя на местности от масштаба карты

вершенно не учитывается возможность дешифрирования снимков, т. е. распознавания объектов и определения их характеристик.

Таким образом, представленные в инструкции [1] формулы расчета размера пикселя на местности отражают линейную зависимость размера пикселя от масштаба карты, чего в принципе не должно быть с учетом задачи дешифрирования. Если проанализировать требования к допустимым масштабам фотографирования в зависимости от масштаба карты (плана), сформулированные в инструкциях [2, 3], акцентируя внимание на задаче дешифрирования, и принять, что разрешение аналоговых снимков на момент издания инструкции составляло не более 20–30 линий на мм (рассчитывать на более высокое разрешение нет оснований), то получится ряд зна-

чений размера пикселя, представленных в табл. 1.

Нелинейный характер зависимости разрешения снимка от масштаба карты отчетливо виден из этого ряда, особенно при графическом отображении (см. рисунок). Выбор соотношения масштаба карты (плана) и масштаба фотографирования, представленный в инструкциях [2, 3], носит несколько приближенный характер в том смысле, что масштаб фотографирования выражается весьма круглыми числами, и по этой причине кривая зависимости размера пикселя от масштаба карты выглядит недостаточно гладкой. В результате некоторого сглаживания кривой (см. рисунок) можно построить ряд номинально рекомендуемых значений размера пикселя для масштабного ряда (показано красным цветом) и максимально допустимых значений, принимая,

что они должны быть приблизительно пропорциональны рекомендуемым. Более точные обоснованные значения рекомендуемых и допустимых размеров пикселя могут быть получены в результате серьезных экспериментальных исследований, включающих вопросы камерального дешифрирования снимков.

Таким образом, зависимость размера пикселя от масштаба создаваемого плана (карты) с учетом потребности задачи дешифрирования не может носить линейный характер.

Выбор размера пикселя следует основывать не столько на точности, сколько на потребностях дешифрирования цифрового изображения, накопленном опыте, отраженном в инструкциях по топографической съемке, и разработанных таблицах номинально рекомендуемых размеров пикселей.

Исходя из того, что пространственное разрешение лучших в этом отношении коммерческих космических снимков составляет 0,5 м и 1,0 м, можно с уверенностью говорить о возможности их использования для создания и обновления топографических карт масштабов 1:10 000 и 1:25 000 с точки зрения дешифровочных свойств изображений. Возможность и эффективность использования космических снимков с разрешением 0,5 м для создания плана масштаба 1:5000 зависит от ситуации и конкретных требований к содержанию плана.

Размер пикселя на местности в зависимости от масштаба карты (плана)

Таблица 1

Масштаб карты (плана)	Rp, м	Ps, м	Масштаб фотографирования ¹	Размер пикселя на местности ² , м	Номинально рекомендуемый размер пикселя, м	Максимально допустимый размер пикселя, м
1:500	0,04	0,05	1:3000	0,08	0,07	0,09
1:1000	0,07	0,1	1:5000	0,13	0,11	0,14
1:2000	0,14	0,2	1:10 000	0,25	0,17	0,22
1:5000	0,35	0,5	1:15 000	0,38	0,33	0,42
1:10000	0,70	1	1:20 000	0,50	0,45	0,60
1:25000	1,75	2,5	1:35 000	0,88	0,80	1,00

Примечания:

¹ Требования инструкции по топографическим съемкам [2].

² Исходя из инструкции по топографическим съемкам [2].

▼ **Характеристика геометрической точности космических снимков высокого разрешения. О возможных масштабах карт в зависимости от точности снимков**

Под снимками высокого разрешения в данном случае понимаются космические снимки с размером пикселя на местности 0,5 м и 1,0 м. Рассмотрим их характеристики точности на примере продукции компании GeoEye (США). Дифференциация предлагаемой продукции в настоящее время строится не по тому, каким космическим аппаратом получено изображение (Ikonos или GeoEye-1), а по принципу предоставляемого пространственного разрешения (1,0 м или 0,5 м). Вид материалов космической съемки высокого разрешения (1,0 м и 0,5 м) зависит от проведенного уровня обработки и пригодности продукции для тех или иных целей. Предлагаются снимки трех уровней обработки, которые имеют следующие наименования: Geo, GeoProfessional, GeoStereo. Из них, в качестве предмета анализа интерес представляют Geo и GeoStereo как снимки, которые пользователь способен самостоятельно обрабатывать. Характеристики точности этих снимков в виде средних квадратических ошибок (СКО) в плане и по высоте представлены в табл. 2.

Снимки вида Geo можно рассматривать как основные, используемые в тех случаях, когда

имеется цифровая модель местности (ЦМР), полученных из другого источника, а вида GeoStereo могут применяться и в том случае, когда нет готовой ЦМР, и она создается по стереопаре космических снимков.

Относительно использования указанных материалов космической съемки для создания или обновления карт того или иного масштаба следует заметить, что по точности планового положения они удовлетворяют требованиям масштаба от 1:25 000 до 1:5000. Снимки вида GeoStereo Precision с разрешением 0,5 м можно применять для масштаба 1:2000. Для масштабов карт 1:25 000 и даже 1:10 000 снимки могут использоваться без фототриангуляции, т. е. без каких-либо дополнительных данных наземного планово-высотного обоснования, если этого не требует переход от одной координатной системы отсчета к другой при обработке снимков в конкретных условиях.

Кроме того, космические снимки с разрешением 1,0 м наиболее эффективно могут использоваться для масштаба 1:25 000, но для масштаба 1:10 000 их дешифровочных возможностей может оказаться недостаточно, т. е. применение их для целей картографирования в масштабе 1:10 000 должно оцениваться в каждом конкретном случае. Снимки с разрешением 0,5 м по своим дешифровочным возможностям удовлетворяют масштабу 1:10 000 и в некоторых случаях

могут быть использованы для масштаба 1:5000. Об их применении для создания планов масштаба 1:2000 можно будет говорить после экспериментальной проверки, имея в виду ограничения дешифровочных возможностей.

При этом следует обратить внимание на то, что съемка рельефа по космическим снимкам ограничивается высотой сечения рельефа 10 м или, в лучшем случае, 5 м при использовании снимков типа GeoStereo Precision.

Таким образом, космические снимки высокого разрешения могут уверенно применяться для создания ортофотопланов масштаба 1:10 000 и 1:25 000 при составлении или обновлении контурной части топографических карт этих масштабов. С некоторыми ограничениями дешифровочных возможностей, но без ущерба точности можно говорить об их использовании для составления или обновления планов в масштабе 1:5000.

▼ **Сопоставимость материалов АФС и космической съемки для получения различных видов продукции (только план при наличии готовой ЦМР или включая ЦМР)**

Аэрофотоснимки, полученные со стандартными продольным и поперечным перекрытиями, являются источником необходимой информации для того, чтобы выполнить съемку рельефа, построить ЦМР, провести ортотрансформирование, создать ортофотоплан и осуществить съемку ситуации. Причем при использовании снимков с размером пикселя 0,5 м можно рассчитывать на съемку рельефа с высотой сечения 5,0 м.

Космические снимки вида Geo могут применяться только для создания ортофотоплана при условии наличия готовой ЦМР с точностью, характеризуемой СКО < 14 м для масштаба ортофотоплана 1:10 000 и СКО < 30 м для масштаба 1:25 000. При отсутствии готовой ЦМР следует использовать космические снимки вида GeoStereo, позволяющие построить ЦМР по стереопаре.

Точность планового и высотного отображения точек на космических снимках, предлагаемых компанией GeoEye

Таблица 2

Наименование продукции	СКО планового положения, м	СКО определения высоты, м
Разрешение 1,0 м		
Geo	8	—
GeoStereo	8	13
GeoStereo Precision	2	3,6
Разрешение 0,5 м		
Geo	3	—
GeoStereo	2	3,6
GeoStereo Precision	1	1,8

Возможности использования космических снимков и аэрофотоснимков для решения различных задач по созданию и обновлению топографических карт и планов

Таблица 3

Наименование продукции и задач	Аэрофотоснимок	Вид космического снимка			
		Geo 1,0 м	0,5 м	GeoStereo 1,0 м	0,5 м
Создание ЦМР для ортотрансформирования	Да	Нет	Нет	Да	Да
Создание ортофотоплана по имеющейся ЦМР, съемка ситуации для масштабов:					
1:25 000	Да	Да	Да	Да	Да
1:10 000	Да	Нет	Да	Нет	Да
1:5000	Да	Нет	Требует проверки	Нет	Требует проверки
1:2000	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
1:1000	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
1:500	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Съемка рельефа при высоте сечения 10 м	Да	Нет	Нет	Нет	Да
Съемка рельефа при высоте сечения 5 м	Да	Нет	Нет	Нет	Требует проверки

В табл. 3 наглядно представлены возможности использования космических снимков и аэрофотоснимков для решения различных задач по созданию и обновлению топографических карт и планов, откуда видно, что космический снимок и аэрофотоснимок имеют разные возможности как для создания различных видов продукции, так и для решения тех или иных задач по ним.

▼ Сравнение затрат времени на съемку и оперативность ее выполнения

О преимуществах применения данных космической съемки можно уверенно говорить при наличии и использовании архивных материалов, а также при необходимости выполнения работ на особо удаленных труднодоступных территориях. К сожалению, не всегда можно подобрать материалы требуемого качества на интересующую территорию из архивов. По этой причине правильнее будет сравнивать затраты времени и оперативность исполнения в равных условиях, когда съемка делается на заказ.

Точно оценить затраты времени выполнения заказа на новую космическую съемку существенной по площади территории трудно, так как это зависит от нескольких факторов: погодных условий, приоритетности, под каким углом от-

клонения от надира выполняется съемка, какой вид снимков требуется получить (Geo или GeoStereo). Если это снимки вида Geo, то в среднем съемка укладывается в срок менее 60 дней. В случае стереосъемки срок выполнения заказа составляет 100 дней.

В случае аэрофотосъемки основным фактором, определяющим оперативность ее выполнения, является получение разрешения на осуществление полетов. Для европейской части России на это может потребоваться от недели до месяца, если речь идет о Сибири и Дальнем Востоке — до двух месяцев. Далее главный вопрос — это погода. Затраты времени на аэрофотосъемку, например, для создания топографической карты масштаба 1:10 000 на площадь 10 000 км² составляют несколько дней. Таким образом, если сравнивать продолжительность исполнения заказа по получению материалов с равными возможностями (стерео), то аэрофотосъемка позволяет решить задачу более оперативно для европейской части России, а для Сибири и Дальнего Востока — это время сопоставимо. Если речь идет о получении материалов космической съемки вида Geo, то у космической съемки могут быть ощутимые преимущества для территорий Сибири и

Дальнего Востока, но для европейской части России и в этом случае более оперативной будет аэрофотосъемка. Хотя надо учитывать тот факт, что на европейскую часть России накоплен серьезный банк архивных материалов космической съемки, и он постоянно обновляется.

▼ Сравнение стоимости материалов АФС и космической съемки

Стоимость 1 км² космической съемки под заказ с получением продукции вида Geo с разрешением 0,5 м составляет около 27 дол., для продукции вида GeoStereo — приблизительно 44 дол., что в рублях (по курсу 34,0) соответственно составляет 918 руб. и 1496 руб.

Расценки, которые использовала Роснедвижимость при расчетах по госторгам в 2008 г., для АФС при создании карт масштаба 1:10 000 составляли 541 руб. с НДС за 1 км². Возможно, эта цена представляется несколько жесткой для коммерческих организаций, выполняющих аэрофотосъемочные работы. К тому же стоимость аэрофотосъемочных работ в большой степени зависит от соотношения площади объекта ко времени полета к нему. Если объект достаточно удален (например, необходимо отправить самолет в Сибирь или на Дальний

восток из европейской части), а площадь мала (день работы или меньше), то цена может быть весьма велика. Однако для удачного соотношения указанных факторов она не будет превышать 700 руб. за 1 км². При значительных расстояниях полета к объекту и сравнительно больших площадях цена может составлять около 1500 руб. за 1 км² и выше.

Таким образом, в части стоимости космическая съемка уверенно конкурирует в тех случаях, когда выполнение АФС сопряжено с переброской самолета к удаленным территориям, а площадь территории сравнительно мала (1–2 дня аэрофотосъемки или еще меньше). Кроме того, материалы космической съемки могут быть экономически выгодны, если не выполняется съемка на заказ, а используются архивные снимки.

По итогам рассмотренных вопросов можно сделать следующие выводы.

1. Материалы космической съемки могут уверенно использоваться для создания или обновле-

ния контурной части топографических карт 1:10 000 и 1:25 000 и возможно в некоторых случаях планов масштаба 1:5000.

2. Материалы космической съемки ограниченно могут быть использованы для топографической съемки рельефа с сечением 5 м и более.

3. Более доступный вид космических снимков Гео, используемый для создания ортофотопланов, требует наличия цифровой модели рельефа, полученной из других источников.

4. Аэрофотосъемка обеспечивает высокую оперативность исполнения заказа на съемку территории для европейской части России, а для территорий Сибири и Дальнего Востока более выгодным может стать использование космической съемки.

5. По стоимости космическая съемка может быть эффективна при использовании архивных материалов, а также в случае съемки сравнительно небольших по площади территорий, удаленных от европейской части.

6. Заключение о целесообраз-

ности использования того или иного вида съемки следует делать применительно к конкретному объекту с учетом конкретной задачи и условий ее выполнения.

▼ Список литературы

1. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. — М.: ЦНИИГАиК, 2002.

2. Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:10 000 и 1:25 000. Полевые работы. — М.: Недра, 1978.

3. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. — М.: Недра, 1982.

RESUME

An approach to determine scales of the being either created or updated topographic maps depending on the digital imagery spatial resolution is proposed. The aerial photogrammetry and space images are compared considering the capability of generating topographic maps on different scales, as well as cost and time consumption for imaging and its operational efficiency.



РАКУРС

Программные разработки и услуги в области цифровой фотограмметрии и данных ДЗЗ

выбери
BPIQ60N

нужный

РАКУРС

Приглашаем Вас принять участие в IX Международной научно-технической конференции «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». 5-8 октября 2009 г. Атика, Греция

Программное обеспечение PHOTOMOD®

Компания РАКУРС является разработчиком цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD, занимающей лидирующие позиции в России и широко распространенной за рубежом.

PHOTOMOD позволяет выполнить весь спектр фотограмметрических работ с получением всевозможных выходных продуктов: цифровых моделей рельефа, ортофотопланов и цифровых карт на основе аэро- и космических изображений и блоков изображений.

Данные Дистанционного Зондирования

Компания РАКУРС является официальным дистрибутором данных SPOT, GeoEye, FORMOSAT-2, KOMPSAT-2, IKONOS, TerraSAR-X.

Интерактивная модель движения спутников ДЗЗ в режиме реального времени

С помощью модели вы сможете:

- посмотреть положение спутника на текущий момент времени,
- рассчитать положение спутника в заданное время,
- задать Вашу область интереса и определить ближайшее время прохождения спутника через нее,
- получить информацию о наличии архивных данных со спутников на территорию России и стран СНГ.

<http://sputniki.racurs.ru>

129366, Россия, Москва
ул. Ярославская, д.13А, оф. 15

Тел.: (495) 720-51-27
Факс: (495) 720-51-28

E-mail: info@racurs.ru
Internet: www.racurs.ru