

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

Е.А. Кобзева, «Технология 2000», Екатеринбург, Россия

Принятые в статье сокращения: АФС — аэрофотосъемка, КС — космический снимок, ОФП — ортофотоплан, СВР — сверхвысокое разрешение, ЦТК — цифровая топографическая карта, ЦТП — цифровой топографический план.

Возможность создания цифровых топографических карт и планов обеспечивается двумя основными факторами:

- 1) полнота объектового состава карты (плана) и атрибутивной информации;
- 2) точность метрического описания объектов.

Полнота объектового состава подразумевает как отображение (либо пропуск) определенных объектов местности, так и детальность (либо степень генерализации) показываемых объектов в соответствии с Условными знаками и другими нормативными документами. Например, некоторое одноэтажное здание будет показано в масштабе 1:2000 двумя площадными объектами (жилое огнестойкое строение плюс крыльцо), в масштабе 1:5000 — одним площадным объектом (жилое огнестойкое строение), а в масштабе 1:10 000 — одним точечным объектом (жилое огнестойкое строение) либо не показано вовсе.

Поэтому оценка возможности создания ЦТК, ЦТП по космическим снимкам включала следующие исследования:

- анализ дешифровочных свойств, то есть степень распознавания на снимках тех объектов местности, которые необходимо отобразить на ЦТК, ЦТП конкретного масштаба;
- анализ метрической точности отображения объектов на примере капитальных зданий;
- контрольную рисовку горизонталей по космическим снимкам.

Основными исходными данными являлись снимки Pleiades, полученные в режиме Tristereо на большую часть г. Екатеринбурга и окрестностей.

Анализ дешифровочных свойств

Методика исследования: выполнена визуальная оценка возможности распознавания объектов местности на КС Pleiades, а также сравнение с КС WorldView-2 и аэроснимками. Надежность распознавания оценена по четырем категориям:

- «А» — уверенное дешифрирование без использования дополнительных материалов;
- «В» — дешифрирование возможно камеральным способом при использовании дополнительных материалов;
- «С» — дешифрирование возможно только с использованием данных полевого обследования;

– «D» – дешифрирование невозможно.

Перечень объектов для анализа соответствует сквозному классификатору цифровых топографических планов масштаба 1:2000 – 1:10 000, принятому в ООО «Технология 2000» и строго соответствующему Условным знакам [3-5].

Исходными данными являлись цифровые ортофотопланы масштаба 1:2000, полученные на одну и ту же территорию по следующим материалам:

- КС Pleiades, размер проекции пикселя на местности 0.5 м, цветовой диапазон RGB, съемка в июне 2013;
- КС WorldView-2, размер проекции пикселя на местности 0.5 м цветовой диапазон RGB, съемка в июне 2010 г.;
- АФС, цифровая камера АЗ (VisionMap), размер пикселя на местности 0.1 м, цветовой диапазон RGB, съемка август-октябрь 2012 г.

В качестве дополнительных данных использованы топопланы масштаба 1:500.

Результаты исследования

Проанализировано 236 объектов классификатора. Общая статистика дешифрирования приведена в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Сводные результаты возможности дешифрирования объектов

Тип исходных данных	Количество объектов			
	A	B	C	D
КС Pleiades	103	92	21	20
КС WorldView	106	90	19	19
АФС VisionMap АЗ	126	78	15	14

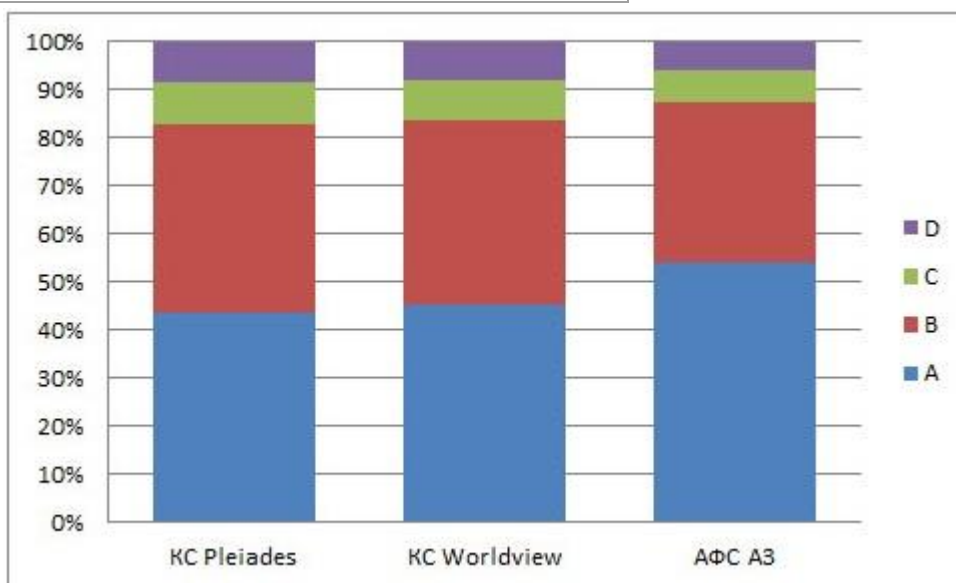


Рисунок 1. Возможность дешифрирования объектов в процентном отношении

По КС СВР чуть менее половины объектов распознаются уверенно (категория «А»), около 10 % объектов дешифрировать невозможно (категория «D») и примерно 50 % объектов

могут быть дешифрованы с помощью дополнительных материалов и полевого обследования. Для материалов АФС эти показатели соответственно 55, 5 и 40 %.

Дешифровочные свойства КС Pleiades и WorldView схожи. Однако по личному впечатлению операторов на КС WorldView-2 объекты читаются четче и более уверенно.

Ниже приводится характеристика дешифровочных свойств по различным типам объектов.

Геодезическая основа. Пункты ГГС, точки съёмочной сети и реперы опознаются на КС СВР только при наличии дополнительных материалов. На открытых участках уверенно читается окопка, если она сохранилась.

Рельеф суши. В данном классе объектов помимо основных элементов рельефа (горизонталей, отметок высот) попадают различные формы нарушения рельефа, как естественные (овраги, промоины, обрывы), так и искусственные (ямы, откосы). На одиночных снимках различные формы нарушения рельефа могут быть дешифрованы, в основном, по форме тени. При переходе от одиночного снимка к стереопаре, распознаваемость резко увеличивается – фактически все объекты (из числа присутствовавших на изучаемом снимке) переходят в категорию «А».

Гидрография. Объекты естественного и искусственного происхождения, относящиеся к данному слою, как правило, дешифрируются уверенно по прямым признакам на любом типе снимка, т.к. типичные размеры объектов гидрографии значительно превосходят величину пространственного разрешения исследуемых снимков. В категорию В, С, Д попадают объекты естественного и искусственного происхождения, скрытые растительностью.

Основные проблемы возникают при дешифрировании искусственных сооружений: различные типы колодцев и колонок имеют небольшие размеры и практически не поддаются дешифрированию.

Все точечные элементы слоя требуют дополнительных материалов для уточнения местоположения и назначения.

Населённые пункты. Разрешающая способность исследуемых снимков позволяет обнаруживать отдельные строения даже небольших размеров, поэтому все типы населённых пунктов по снимку дешифрируются уверенно, также уверенно дешифрируются кварталы в населённых пунктах любого типа и садовые участки. Затруднения вызывает определение огнестойкости зданий и сооружений: даже по снимкам, снятым не в надири, определить огнестойкость строительных материалов зданий затруднительно.

Социально-экономические объекты. Слой содержит здания и сооружения нежилого назначения (промышленные и сельскохозяйственные предприятия, социально-культурные и религиозные объекты), а также вышки, башни, столбы и опоры, линии связи и электропередач, трубопроводы, заборы и ограждения. Большинство этих объектов имеет значительные (по отношению к разрешающей способности съёмочной системы) размеры и может быть относительно легко дешифрировано.

Столбы и опоры имеют небольшие размеры (в горизонтальной плоскости), встречаются затруднения в дешифрировании местоположения основания объектов, даже по отчётливо читаемым теням.

Основные проблемы возникают при конкретизации класса объекта: так, трудно без дополнительных материалов определить материал и форму опоры или ограждения,

рабочее напряжение линии электропередач, назначение промышленного предприятия и т.д.

Дорожные сети и дорожные сооружения. К этому слою относятся объекты транспортной инфраструктуры (авто- и железные дороги, а также некоторые связанные с ними объекты: насыпи, мосты и туннели, опоры контактной сети ж/д и т.д.), наземные сооружения обеспечения деятельности метрополитенов, а также пешеходные дорожки. Линейные протяженные объекты этого слоя поддаются наилучшему дешифрированию (по сравнению с объектами любых других слоёв) – более 2/3 объектов имеет категорию дешифрирования «А».

Проблемы при дешифрировании даже при наличии дополнительного материала представляют точечные и мало протяжённые линейные объекты: трубы под дорогами и некоторые тротуары (часто скрыты зелёными насаждениями). Обнаружение таких объектов может быть облегчено использованием стереорежима и дополнительного материала.

Растительный покров и грунты. В этом слое объединена вся растительность, как естественного, так и искусственного происхождения.

Большинство площадей, занятых растительностью, легко дешифрируется по цвету и/или фототону. Проблему, как правило, представляет отнесение её к конкретному виду (например, трудно отделить травянистую луговую растительность от степной).

При создании топопланов масштабов 1:2000 и 1:5000 основные затруднения будут в отображении следующих объектов:

- геодезические пункты (только с использованием доп. материала);
- части строений (различные выступы строений сложной формы, отображаемые на ЦТП масштаба 1:2000);
- сооружения точечной локализации (только с использованием доп.материала или при наличии стереоснимков);
- опоры и столбы ЛЭП.
- некоторые участки гидрографии (сложно исключить растительность);
- гидротехнические объекты (только с использованием доп. материала);
- мосты, путепроводы, переправы (только с использованием доп. материала);
- рельеф местности;
- растительность (разделения по типам);
- микроформы земной поверхности.

Обобщая полученные данные, можно сказать, что при наличии дополнительной информации и материалов полевого обследования дешифровочные свойства КС Pleiades позволяют выполнять обновление и создание топопланов масштабов 1:5000 и 1:2000 на небольшие, разреженно застроенные населенные пункты; на межселенную территорию с преимущественным наличием протяженных линейных и площадных объектов. При полевом обследовании потребуется нанесение всех точечных объектов.

Уверенно КС Pleiades возможно использовать для обновления и создания карт и планов масштаба 1:10000.

Анализ точности отображения объектов

Методика исследования: по фотопланам и стереопарам выполнена отрисовка капитальных зданий так, как это выполнялось бы при создании цифровых топографических планов, то есть с использованием ортогональных шаблонов, с учетом перспективных искажений («завалов»), но с максимально подробным отображением архитектурных деталей.

Выбраны здания двух категорий: многоэтажные в городской застройке и одно-двухэтажные в частной застройке. Проведено сравнение положения, размеров и форм полученных объектов.

Исходные материалы:

- стереопара КС Pleiades (угол конвергенции 14 градусов), размер пикселя 0.5 м (0.7 м GSD), PAN, система координат WGS84 проекция UTM41, год состояния местности 2013;
- ортотрансформированный КС Pleiades (угол наклона 4 градуса), размер пикселя 0.5 м (0.7 м GSD), RGB, система координат WGS84 проекция UTM41, год состояния местности 2013;
- ортотрансформированный КС WorldView-2, размер пикселя 0.5 м (0.4 м GSD), RGB, система координат WGS84 проекция UTM41, год состояния местности 2010;
- контрольные данные – ортофотопланы масштаба 1:2000, созданные по аэроснимкам АЗ, размер пикселя 0.1 м, RGB, система координат WGS84, проекция UTM41, год состояния местности 2012.

Всего нанесено 40 зданий в городской застройке (разной формы, серии и года постройки) и 43 здания в частной застройке (уверенно читающиеся по снимкам, не закрытые растительностью).

Результаты исследования

При анализе результатов учитывались требования действующих нормативно-технических актов [1-3]:

- предельные погрешности во взаимном положении точек близлежащих важных контуров для ЦТП м 1:2000 - 0.8 м, для ЦТП м 1:5000 - 2.0 м;
- должны быть показаны архитектурные фигурные детали, выступы, уступы строений при их размерах 1.0 м для ЦТП м 1:2000 и 2.5 м для ЦТП м 1:5000.

Полученные результаты:

1. Средняя погрешность нанесения углов зданий по одиночным изображениям Pleiades и WorldView одинакова и составляет 1.3 – 1.5 м. Средняя погрешность нанесения углов зданий по стереопарам Pleiades в два раза лучше, чем по одиночным снимкам, и составляет 0.9 м.
2. Максимальные погрешности составили 4.0 - 5.4 м для одиночных изображений и 3.5 м для стереоизображений.
3. Форма и размеры капитальных зданий простой формы отображаются верно по КС.
4. Архитектурные фигурные детали отображаются как верно, так и неверно в зависимости от контраста с окружающей местностью, в ряде случаев – пропущены.
5. В частной застройке встречаются следующие трудности: разделение жилых и нежилых построек при их смыкании; нарушение формы и размеров строений (до 2 м).

Также можно видеть результаты в таблице 2 и на рисунках 2-5 (слева – ОФП Pleiades, справа – ОФП АЗ; голубым цветом показан контур строения с ОФП Pleiades, синим – с ОФП АЗ; при анализе учтен систематический сдвиг, вызванный разницей в ориентировании снимков).

Анализ рисовки горизонталей

Методика исследования: рисовка горизонталей вручную по стереопаре Pleiades на пилотном участке и сравнение с контрольными данными. Для рисовки горизонталей выбран открытый всхолмленный участок с частной застройкой (рис. 6) – местность, с одной стороны, не затрудняющая рисовку рельефа, не осложненная лесом или высотной застройкой, с другой стороны – типовая при создании ЦТП крупных масштабов. Перепад высот на участке 60 м (абсолютные высоты от 220 до 280 м), площадь участка 1.5 кв. км.

Исходные материалы:

- стереопары КС Pleiades (N+P с углом конвергенции 14 градусов и L+P с углом конвергенции 21 градус), размер пикселя 0.5 м (0.7 м GSD);
- контрольные данные: ЦТК масштаба 1:10 000 с сечением рельефа горизонталями через 2.0 м, созданная методом стереотопографической съемки по аэроснимкам масштаба 1:25 000.

Результаты исследования

Результаты исследования приводятся ниже и проиллюстрированы на рис. 7-8.

1. Общие формы рельефа показаны верно.
2. Рельеф слишком генерализирован, пропущены горки высотой 3-4 м, сглажены и не отображены лога.
3. Формы рельефа лучше выражены на стереопаре L+P, чем N+P, что объяснимо большим углом засечки. В этом случае съемка в режиме «триплет» имеет преимущество перед обычной стереосъемкой.

Выводы

В целях создания цифровых топографических карт и планов, которые носят универсальный характер и предназначены для решения широкого круга задач, космические снимки Pleiades могут уверенно использоваться для ЦТК масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 2 м.

Для картографической продукции масштабов 1:2000 – 1:5000 космические снимки должны использоваться ограниченно в зависимости от характеристик местности и задач, для которых создается карт. продукция.

Создание (обновление) ЦТП масштаба 1:2000 на застроенные территории по КС Pleiades с соблюдением нормативных требований невозможно.

Создание (обновление) контурной части ЦТП масштаба 1:5000 на застроенные территории по КС Pleiades должно выполняться по стереоснимкам. Использование одиночных снимков не обеспечивает соблюдение нормативных требований.

Эти же выводы справедливы и для КС WorldView.

По КС СВР могут создаваться специализированные планы крупных масштабов с усеченным объектовым составом и пониженной точностью.

Список литературы

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1982.
2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. М.: ЦНИИГАиК, 2002.
3. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005.
4. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000. ГУГК. М.: Недра. 1977 г.
5. Временные дополнения в условные знаки для топографической карты масштаба 1: 10 000 издания 1977 г., ФСГ и К России, 2002 г.

Приложение

Таблица 2. Сводные результаты по оценке точности нанесения объектов ЦТП

Параметр	ОФП_WV2	ОФП_Pleiades	стерео_Pleiades
Количество измерений	371	366	371
Средняя ошибка, м	1.3	1.5	0.9
Максимальная ошибка, м	4.0	5.4	3.5
Распределение ошибок для ЦТП м1:2000			
Распределение ошибок для ЦТП м1:5000			



Рисунок 2. Размеры здания неверные (ширина здания 9 м по АФС и 10 м по КС) (1); по КС невозможно отделить жилую постройку от нежилой (2)



Рисунок 3. Не отображен уступ шириной 1.5 м (1), форма и размер здания отображены с ошибкой 2 м (2)



Рисунок 4. Форма и размеры капитальных многоэтажных зданий простой формы отображается верно



Рисунок 5. Архитектурные фигурные детали могут быть пропущены (уступы по левой стороне здания показаны, а по правой пропущены)



Рисунок 6. Пилотный участок для рисовки горизонталей

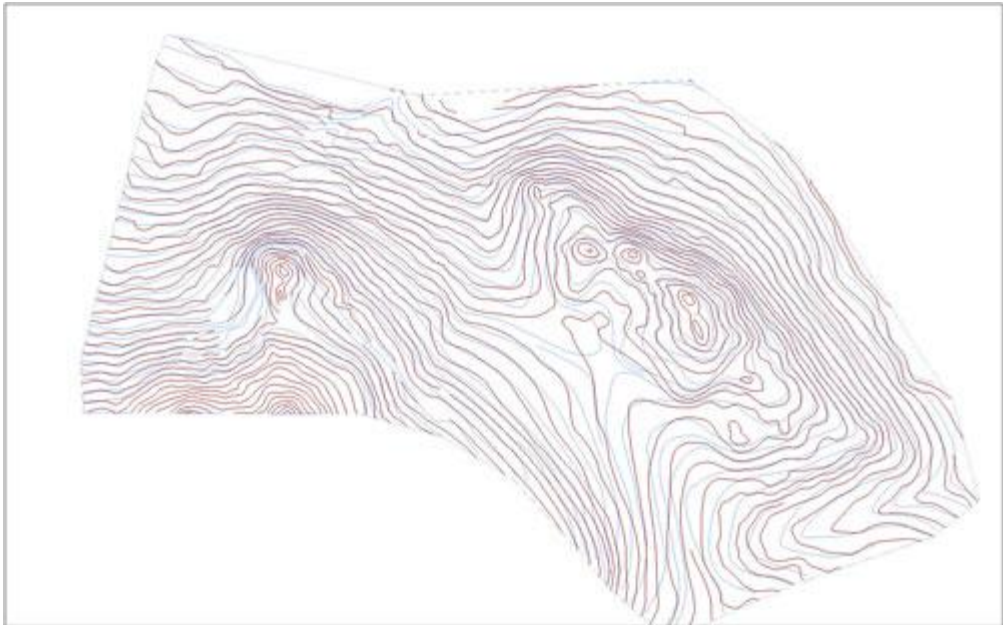


Рисунок 7. Общая картина сравнения горизонталей: коричневым цветом - созданы по аэроснимкам, синим цветом - созданы по КС Pleiades. Общие формы рельефа показаны верно



Рисунок 8. Сравнение горизонталей: коричневым цветом — созданы по аэроснимкам, синим цветом — созданы по КС Pleiades. Пропущены горки высотой до 3-4 м (1), (2), (3), не отображен лог (4), (5)