

# ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА ПРИМЕРЕ СНИМКОВ С КА «РЕСУРС-ДК1»

## Н.Л. Андреева (МИИГАиК)

В 2007 г. окончила факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «геоинформационные системы». В настоящее время — аспирантка МИИГАиК по специальности «аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия».

## Н.Д. Беклемишев («Талка»)

В 1979 г. окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «математик». В настоящее время — ведущий программист группы компаний «Талка». Преподает в Московском государственном университете печати. Кандидат физико-математических наук.

## В.Б. Кекелидзе («Талка-ТДВ»)

В 2000 г. окончил горный факультет Московского открытого университета по специальности «горный инженер-маркшейдер». С 2000 г. по настоящее время — младший научный сотрудник 22-й лаборатории ИПУ РАН. С 2002 г. — заместитель генерального директора НПФ «Талка-ТДВ».

## В.В. Костин («Талка-ГИС»)

В 1998 г. окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «математик». В настоящее время — старший научный сотрудник Института проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова, руководитель отдела программирования ООО «Талка-ГИС». Кандидат физико-математических наук.

В настоящее время для создания и обновления топографических карт и планов широко используются ортофотопланы, получаемые по материалам космической съемки. В отличие от аэрофотоснимков, обладающих продольным и поперечным перекрытиями с соседними снимками, космические снимки часто являются одиночными. По ним невозможно восстановить цифровую модель рельефа (ЦМР), необходимую для корректного выполнения процедуры ортотрансформирования этих снимков.

Цифровую модель рельефа космического снимка можно

получить, выполнив оцифровку горизонталей топографических карт на данную территорию. Однако не всегда такие карты имеются в наличии. На их приобретение и оцифровку требуются финансовые средства и дополнительное время. Кроме того, топографические карты могут быть созданы в другой системе координат.

В связи с тем, что во многих регионах периодически выполняется аэрофотосъемка и полученные материалы обрабатываются на цифровых фотограмметрических станциях, могут существовать проекты,

по которым можно создать ЦМР на требуемую территорию. Это может оказаться менее затратным, чем оцифровка рельефа по имеющимся топографическим картам.

Другой информацией, необходимой для ортотрансформирования космического снимка, являются элементы внешнего ориентирования камеры, с помощью которой получен данный космический снимок. Снимки с большинства космических аппаратов (КА), таких как IKONOS, QuickBird и аналогичных им, поставляются с RPC-коэффициентами, описы-

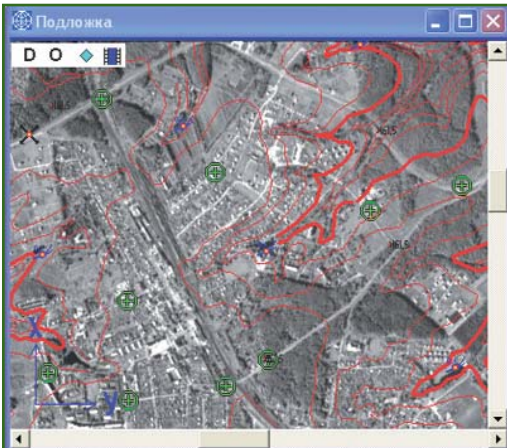


Рис. 1

Ортофотоплан с горизонталями, рассчитанными по цифровой модели рельефа

вающими элементы внешнего ориентирования камеры во время съемки и позволяющими выполнять внешнее ориентирование снимка в ПО «ЦФС-Талка».

Кроме того, при наличии опорных точек (хотя бы одной) можно провести дополнительное уравнивание пространственного положения снимка, что позволяет компенсировать систематические ошибки в прилагаемой модели внешнего ориентирования камеры [1].

В Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) на кафедре «Вычислительная техника и автоматизированная обработка информации», основываясь на ЦМР, получаемой по материалам аэрофотосъем-

ки, и функциональных возможностях ПО «ЦФС-Талка», была разработана технология создания ортофотопланов по одиночным космическим снимкам. Специалисты Группы компаний «Талка» оказали практическую помощь при разработке этой технологии, проводя консультации и предоставляя необходимое программное обеспечение.

Предлагаемая технология включает следующие этапы:

- создание проекта в ПО «ЦФС-Талка» по материалам космической съемки;
- внешнее ориентирование космического снимка;
- импорт ЦМР;
- создание ортофотоплана по космическому снимку.

Рассмотрим данную технологию на конкретном примере. В качестве исходных данных использовался космический снимок с КА «Ресурс-ДК1» и материалы аэросъемки на территорию Заокского района Тульской области. Космический снимок был получен с КА «Ресурс-ДК1» в сентябре 2008 г. с разрешением 1,5 м в панхроматическом режиме.

Космический аппарат «Ресурс-ДК1» был создан Государственным научно-производственным ракетно-космическим центром «ЦСКБ-Прогресс» и выведен на орбиту 15 июня 2006 г. Оператором данных со спутника является Научный

центр оперативного мониторинга Земли. Камера, установленная на КА «Ресурс-ДК1», позволяет получать цифровые изображения земной поверхности шириной от 4,7 до 28,3 км с пространственным разрешением 1 м в панхроматическом режиме (один канал) и 2–3 м в мультиспектральном режиме [2].

Создание проекта в ПО «ЦФС-Талка» начиналось с регистрации космического снимка с КА «Ресурс-ДК1» в проекте. Для того, чтобы проводить измерения и определять координаты объектов на снимке, в проект были введены данные о внутреннем ориентировании камеры.

Вместе со снимками с космического аппарата «Ресурс-ДК» поставляется модель внешнего ориентирования камеры в виде файла с расширением \*.xml. В ЦФС «Талка» имеется задача «Импорт ориентирования Ресурс-ДК», позволяющая по прилагаемой к снимку модели внешнего ориентирования, методом наименьших квадратов, рассчитать RPC-коэффициенты. Используя значения этих коэффициентов, выполнялось внешнее ориентирование космического снимка с КА «Ресурс-ДК», аналогично обработке космических снимков с других спутников.

Для дополнительного уравнивания пространственного положения космического снимка в проекте применялись опорные точки, применявшиеся ранее для создания ортофотоплана по материалам аэрофотосъемки. Для этих целей используется задача «Блочная фототриангуляция для РПК-камер».

Цифровая модель рельефа, полученная по материалам аэрофотосъемки, импортировалась в проект со снимком с КА «Ресурс-ДК1», выполнялось ортотрансформирование космического снимка, а по ЦМР рас-

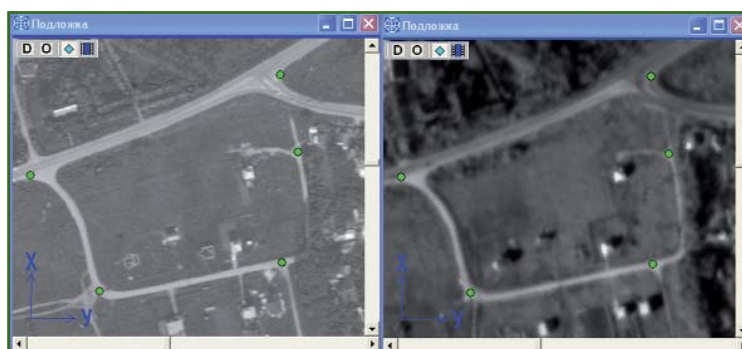


Рис. 2

Контрольные точки на ортофотоплане, созданном по аэрофотоснимку (слева) и космическому снимку (справа)

### Результаты оценки точности ортофотоплана масштаба 1:5000, созданного по снимку с КА «Ресурс-ДК1»

| № точки | $\delta X$ | $\delta Y$ | $\delta S$ |
|---------|------------|------------|------------|
| 1       | -1,12      | 0,97       | 1,48       |
| 2       | 0,16       | 0,67       | 0,69       |
| 3       | -0,50      | -0,29      | 0,58       |
| 4       | -0,13      | 1,23       | 1,23       |
| 5       | -1,50      | -0,37      | 1,54       |
| 6       | -0,83      | 1,75       | 1,94       |
| 7       | 0,44       | 2,18       | 2,22       |
| 8       | 0,14       | 0,43       | 0,45       |
| 9       | 0,58       | 2,79       | 2,86       |
| 10      | 0,37       | -0,25      | 0,45       |

считывались и строились горизонтали (рис. 1). Таким образом был получен ортофотоплан по космическому снимку с КА «Ресурс-ДК1».

Чтобы оценить точность готового материала, лист ортофотоплана был экспортирован в проект, созданный по материалам аэрофотосъемки. Для экспорта в проект выбранного листа ортофотоплана создавался файл привязки в формате ГИС MapInfo, имеющий расширение \*.tab. Затем в проект (аэрофотосъемка), при помощи опции «Растры», добавлялся выбранный лист ортофотоплана, а привязка импортировалась из ГИС MapInfo. На открывшемся ортофотоплане (космическая съемка) в характерных местах (пересечения дорог, углы домов) были нанесены точки и измерены их координаты (рис. 2, справа). После отключения из показа добавленного раstra аналогичным образом определялись координаты тех же контрольных точек в проекте, созданном по материалам аэрофотосъемки (рис. 2, слева). По разностям координат контрольных точек  $\delta X$ ,  $\delta Y$  и смещению  $\delta S = (\delta X^2 + \delta Y^2)^{1/2}$  проводилась оценка точности совпадения ортофотопланов. В связи с изменениями на местности, произошедшими за время между аэрофотосъемкой и космической съемкой, часть точек была исключена из

на, созданного по космическому снимку с КА «Ресурс-ДК1» и ЦМР, полученной по данным аэрофотосъемки, позволяют рекомендовать данную технологию для создания ортофотопланов крупных масштабов.

#### ▼ Список литературы

1. Grodecki J., Dial G. Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Functions // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. — January, 2003. — P. 59–68.



**Рис. 3**

Проверка совмещения контуров ортофотоплана, созданного по космическому снимку (слева) и по аэрофотоснимкам (справа)

обработки. Полученные результаты представлены в таблице. В результате оценки точности средняя квадратическая погрешность по координате X составила 0,72 м, а по Y — 1,38 м. Средняя квадратическая погрешность смещения оказалась равной 1,55 м.

Точность создания ортофотоплана по космическому снимку дополнительно проверялась по совмещению контуров на стыке соседних листов, один из которых был создан по материалам аэрофотосъемки, а второй — с использованием космического снимка (рис. 3).

Полученные результаты оценки качества ортофотопла-

2. Космические аппараты с оптико-электронными системами ДЗЗ // Геоматика. — 2009. — № 1. — С. 84.

#### RESUME

A technology of creating orthophotoplans based on a single high resolution space image using aerial survey materials together with the DPW-Talka software for the image orthophototransformation is considered. An example of the orthophotoplan creation using this technology for a space image from the «Resurs DK-1» spacecraft is given. Results of the obtained orthophotoplan quality assessment allow to recommend this technology for compiling orthophotoplans on large scales.