

На правах рукописи

КУВАЕВА НАТАЛЬЯ ЛЕОНИДОВНА

**Технология создания электронных ортофотокарт при комплексном
использовании аэрокосмических снимков и геоинформационных систем**

Специальность 25.00.34

«Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва –2010

Работа выполнена в Московском Государственном Университете Геодезии и Картографии (МИИГАиК) на кафедре Вычислительной техники и автоматизированной обработки аэрокосмической информации.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Журкин Игорь Георгиевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Алчинов Александр Иванович
кандидат технических наук
Гречищев Александр Владимирович

Ведущая организация: ГОУ ВПО Сибирская государственная
геодезическая академия «СГГА»

Защита состоится « 9 » декабря 2010 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д.212.143.01 при Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва К-64, Гороховский пер., д. 4, МИИГАиК, зал заседания Ученого Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского Государственного Университета Геодезии и Картографии.

Автореферат разослан « 6 » ноября 2010г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Краснопевцев Б.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы:

В настоящее время информационные системы, основанные на использовании данных космической съемки, стали важным инструментом решения множества практических задач. Данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) являются основой для создания топографических, навигационных, тематических карт. Помимо этого, одним из способов практической реализации проектов на основе комплексных технологических решений с использованием данных ДДЗ является создание ортофотокарт. Ортофотокарты - это карты с комбинированным графическим и фотографическим изображением местности, созданные на основе ортофотопланов на обширные территории. Ортофотокарты отличаются от обычных карт большей наглядностью, объективностью, являются наилучшими для ориентирования на местности, передают сезонный облик окружающей среды. Объектом данного исследования является технология создания электронных ортофотокарт при комплексном использовании аэрокосмических снимков и геоинформационных систем.

Актуальность постановки и решения научно-технической проблемы подтверждается следующими факторами:

1. Необходимостью комплексного использования всех имеющихся в распоряжении материалов, архивных геодезических и картографических данных, разновременных аэрокосмических снимков для создания ортофотокарт, что привело бы к снижению стоимости и сокращению сроков выполнения работ.

2. Наличием большого архива данных аэрокосмической съемки, каталогов опорных точек, которые могут быть использованы для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) и создания материалов планово-высотной подготовки.

3. Наличием большого спроса на ортотрансформированные изображения для целей картографии, связи, экологии, ГИС-приложений. Потребностью в

реалистичном отображении окружающего мира, что увеличивает значимость фотокарт и трехмерных карт.

Цель и основные задачи исследования:

Целью диссертационной работы является разработка технологии создания электронных ортофотокарт при комплексном использовании аэрокосмических снимков и геоинформационных систем.

Для достижения цели исследования решались следующие задачи:

1. Исследование методов создания ортофотопланов по космическим снимкам.

2. Разработка методики коррекции систематических ошибок в координатах точек планово-высотной основы, позволяющей проводить топографическую съемку при частичной утрате опорных пунктов и уменьшить время проведения полевых работ.

3. Разработка технологии создания ортофотоплана с использованием имеющейся цифровой модели рельефа.

4. Разработка технологии создания единого поля ортотрансформированных снимков по данным аэрокосмической съемки, с возможностью получения на его основе электронной ортофотокарты, а так же трехмерной фотокарты.

Информационную базу исследования составили космические снимки с КА «Ресурс-ДК1», материалы аэрофотосъемки, данные геодезических измерений, материалы планово-высотной подготовки, набранные по трассам автомобильных заездов, нормативно-технические документы, регламентирующие топографо-геодезические и фотограмметрические работы. В качестве программного обеспечения использовались цифровая фотограмметрическая система «ЦФС-Талка», программные комплексы обработки космических изображений и ГИС ArcGIS 9.3, MapInfo 8.5.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Разработана новая методика коррекции систематических ошибок в координатах текущих опорных точек по ограниченному числу архивных,

позволяющая проводить топографическую съемку при частичной утрате опорных пунктов, и уменьшить время проведения полевых работ.

- Разработана технология создания электронных ортофотокарт, основное ее отличие от известных состоит в том, что ортофотокарты создавались на основе единого поля трансформированных изображений при комплексном использовании разновременных аэрокосмических снимков.

Практическая значимость работы:

Практическая значимость работы заключается в использовании полученных электронных ортофотокарт для ориентирования на местности, ведения проектных работ и как основы для составления трехмерных фотокарт при использовании данных ГИС, позволяющих реализовать интерактивный трехмерный анализ местности. Результаты проведенных исследований применялись для создания ортофотокарты на территорию Заокского района Тульской области на «ЦФС-Талка» и использовались в процессе обучения в рамках курса «Сбор данных для ГИС» для магистров по программе «Геоинформационные системы и технологии», читаемого в Московском Государственном Университете Геодезии и Картографии.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности:

Диссертационная работа посвящена разработке технологии создания электронных ортофотокарт при комплексном использовании аэрокосмических снимков и геоинформационных систем. Полученные результаты соответствуют пункту 3 «Теория, технология и технические средства сгущения по аэрокосмическим снимкам геодезических сетей, создания и обновления топографических, землеустроительных, экологических, кадастровых и иных карт и планов» паспорта специальности 25.00.34 «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия», в рамках которой и предлагается к защите данная работа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработанная методика коррекции систематических ошибок в координатах точек планово-высотной основы.

2. Технология создания ортофотопланов по материалам космической съемки с использованием имеющейся модели рельефа на примере снимков Ресурс-ДК1.

3. Технология создания единого поля ортотрансформированных снимков по данным аэрокосмической съемки, с возможностью получения на его основе электронной ортофотокарты, а так же трехмерной фотокарты.

Апробация работы и публикации по теме:

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на:

64-й юбилейной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК, посвященной 230-й годовщине со дня его основания. МИИГАиК, Москва, 7-8 апреля 2009 г;

65-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК, посвященной 65-летию победы в Великой Отечественной войне. МИИГАиК, Москва, 6-7 апреля 2010 г;

Публикации:

Основные результаты выполненных исследований освещены в четырех работах, в том числе в 3 публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК по специальности диссертации.

Структура и объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 120 наименований. Общий объем работы составляет 135 страниц машинописного текста, 57 рисунков, 10 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность решаемой задачи, сформулированы цель и задачи исследования, обоснована научная новизна и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе «Анализ космических съемочных систем, методов и технологий фотограмметрической обработки аэрокосмических снимков при создании и обновлении топографических карт» рассмотрены наиболее известные космические системы дистанционного зондирования Земли, произведено сравнение их характеристик. Для целей данного исследования целесообразно классифицировать съемочные системы по пространственному разрешению на местности, от которого зависит масштаб создаваемого ортофотоплана.

Особое внимание в главе обращено на космический аппарат «Ресурс-ДК1». КА «Ресурс-ДК1» обеспечивает съемку земной поверхности и оперативную доставку высокоинформативных изображений по радиоканалу на Землю. КА «Ресурс-ДК1» позволяет получать изображение земной поверхности в панхроматическом диапазоне с разрешением не хуже 1 метра и в трех узких спектральных диапазонах с разрешением 2-3 метра в масштабе времени, близком к реальному.

Сильно выигрывая в цене у зарубежных КА, «Ресурс-ДК1» практически не уступает большинству зарубежных конкурентов в пространственном разрешении (до 1 метра и лучше), и превосходит их по площади, захватываемой за один проход (28,35 км в ширину при высоте съемки 350 км и до 2000 км в длину).

Анализ существующих цифровых фотограмметрических систем показал, что основной тенденцией развития ЦФС является создание универсальных систем, позволяющих выполнять все фотограмметрические процессы создания векторных карт, цифровых моделей рельефа и цифровых фотопланов по снимкам, полученным, как аэро-, так и космическими съемочными системами.

Проведенный анализ показал, что современное развитие космических съемочных систем и цифровых фотограмметрических комплексов создает условия для разработки более рациональных и экономичных фотограмметрических технологий комплексного использования разнородной

геопространственной информации для создания ортофотопланов, фотокарт, трехмерных карт.

Во второй главе «Разработка технологии создания ортофотокарт и 3D моделей по данным ДЗЗ с использованием ГИС-технологий» представлена технология создания ортофотокарты на основе единого поля трансформированных снимков, а также методика создания трехмерной фотокарты с использованием цифровой модели рельефа и ГИС-технологий.

В главе описаны способы векторизации картографического материала, поскольку основной проблемой при автоматическом вводе и создании цифровых карт местности является преобразование растровых изображений в векторный формат. Наиболее эффективным методом создания цифровых карт на данный момент является метод полной загрузки цифрового растрового изображения в память ЭВМ с последующей векторизацией. В главе представлен обзор графических редакторов, в которых проводится векторизация растрового изображения.

Особую роль для ГИС имеют фотокарты, в которых графическое изображение местности в условных знаках сочетается с ее фотографическим изображением, как источники объективной реальности. Для обширных районов составляются ортофотокарты, выполняя предварительное трансформирование снимков, переводя их из центральной проекции в ортогональную и исключая искажение за рельеф и кривизну земной поверхности. С экономической точки зрения при создании таких карт очень важно комплексно использовать все имеющиеся в распоряжении материалы, геодезические и картографические данные, разновременные данные дистанционного зондирования Земли. В связи с этим, автором разработана технология создания электронных ортофотокарт на основе единого поля трансформированных аэрокосмических изображений. Функциональная схема данной технологии представлена на рис. 1.

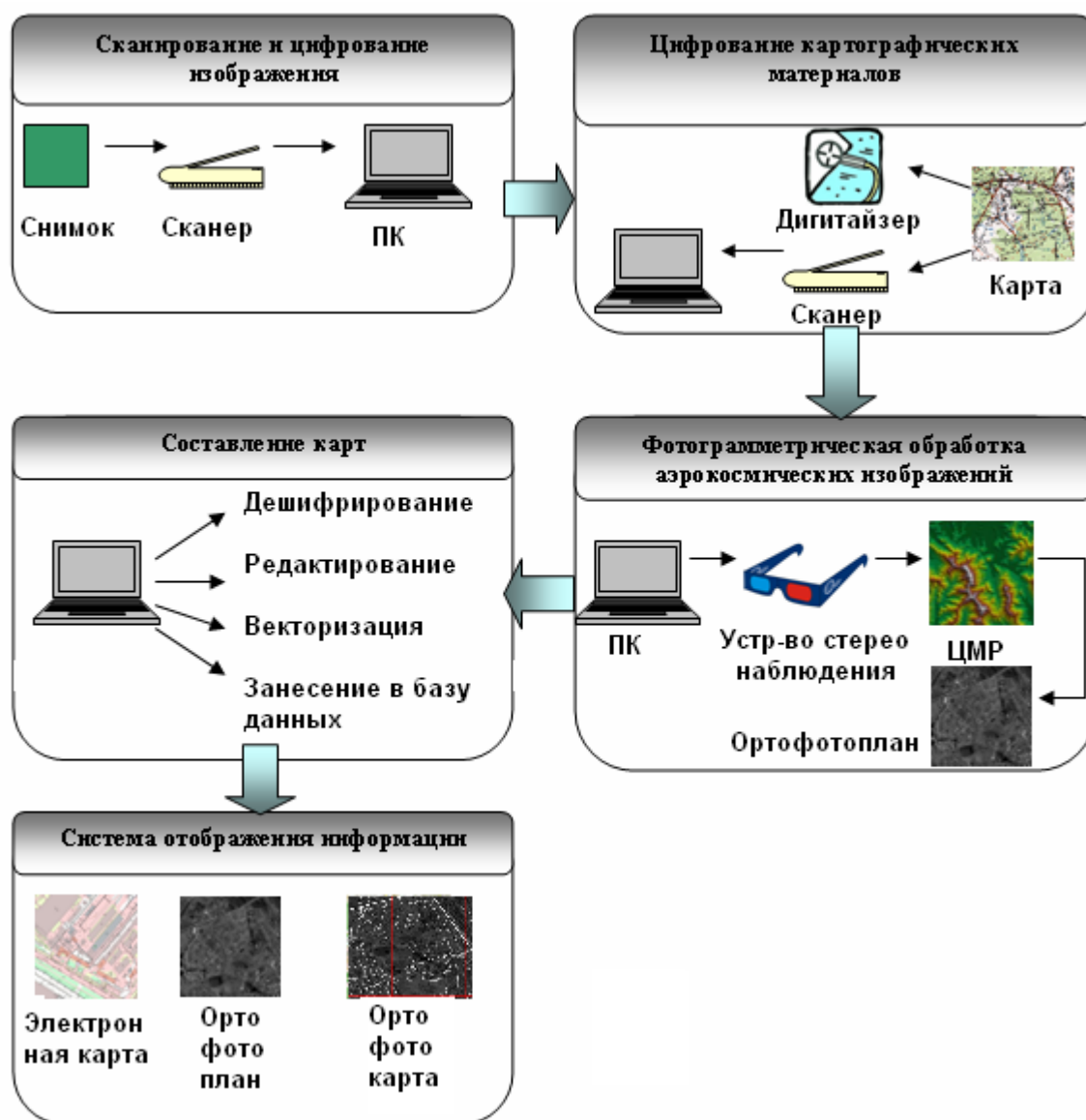


Рис 1. Функциональная схема создания электронных ортофотокарт

В процессе работы была получена ортофотокарта масштаба 1:10 000 на территорию Заокского района Тульской области. Для получения на основе единого цифрового ортоизображения электронной ортофотокарты на него накладывалась векторная информация: километровая сетка и слой дорожной сети. Работы по созданию ортофотокарты были выполнены в геоинформационной системе ArcGis.

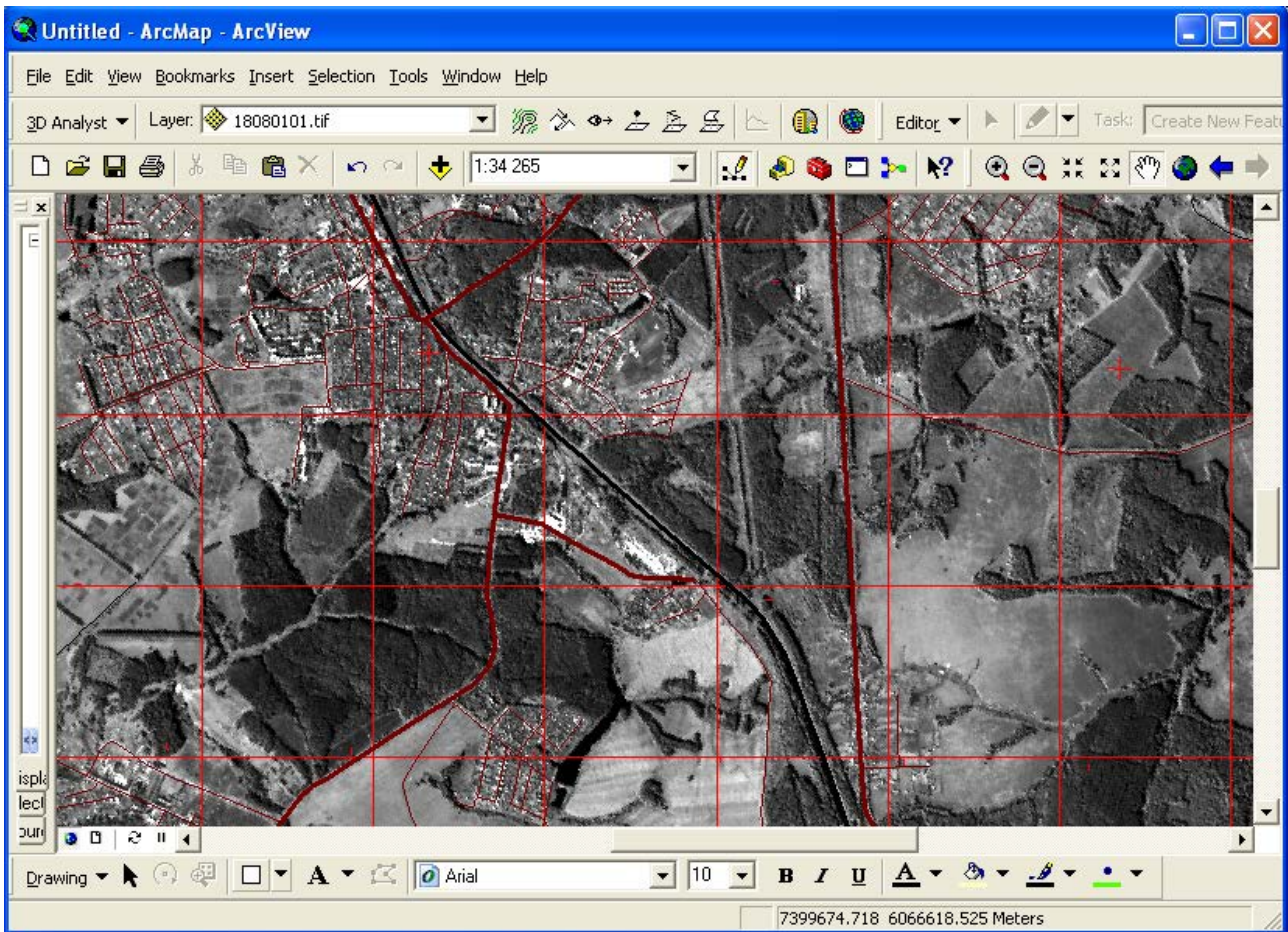


Рис 2. Электронная ортофотокарта дорожной сети

Полученные электронные ортофотокарты могут быть использованы для ориентирования на местности, ведения проектных работ и как основы для составления трехмерных фотокарт при использовании данных ГИС, позволяющих реализовать интерактивный трехмерный анализ местности. Поэтому была разработана методика создания трехмерной фотокарты на основе ортофотопланов, имеющейся цифровой модели рельефа и векторного слоя дорожной сети. Схема методики представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема методики создания трехмерной фотокарты

Цифровая модель рельефа была представлена в качестве нерегулярной сети треугольников, являющейся основным инструментом для описания явлений, имеющих сплошное распространение по территории, таких как рельеф земной поверхности.

На трехмерную модель местности были наложены как векторные слои – дорожная сеть и координатная сетка, так и растровые слои – единое поле ортофотопланов аэрокосмических изображений. В результате получена трехмерная фотокарта – совместное отображение созданной ортофотокарты с ЦМР (рис. 4).

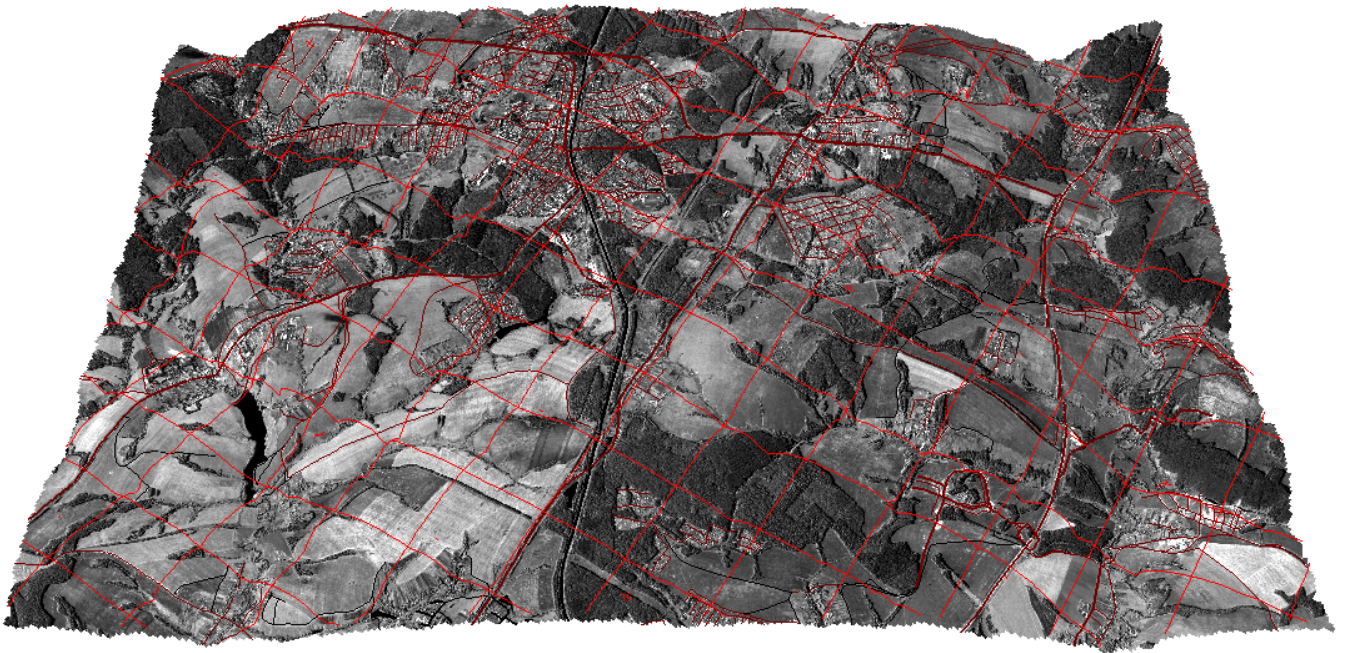


Рис.4. Трехмерная фотокарта

В третьей главе «Разработка технологии создания ортофотоплана, создание единого поля ортотрансформированных снимков при комплексном использовании аэрокосмических снимков и геоинформационных систем» разработана новая методика комбинированного использования архивных геодезических и картографических данных для получения материалов планово-высотной основы при создании ортофотопланов. При частичной утрате опорных пунктов, а также в зимнее время или в период распашки полей затруднена возможность проведения топографической съемки. Тогда целесообразно использовать в качестве материалов планово-высотной основы точки, набранные по трассам автомобильных заездов, т.к. дорожная сеть наименее подвержена сезонным изменениям. Но не всегда полученные опорные точки удовлетворяют требованиям по точности создания карт заданного масштаба. В связи с этим, автором была разработана методика комбинированного использования архивных геодезических и картографических данных для получения материалов планово-высотной основы при создании ортофотопланов. Методика

включает процедуры выявления и исправления систематических ошибок в координатах точек планово-высотной подготовки по ограниченному числу архивных опорных точек.

В качестве исходных данных использовались изображения с КА «Ресурс-ДК1» с разрешением 1,5 м на местности в панхроматическом режиме, опорные точки, набранные по трассам автомобильных заездов, и архивные материалы геодезической съемки. Все данные получены на территорию Заокского района Тульской области.

Предлагаемая методика включает следующие этапы:

1. Создание ортофотоплана, используя в качестве высотной основы опорные точки, полученные по трассам заездов.
2. Контроль точности полученного ортофотоплана по независимым точкам. Выявление систематической ошибки.
3. Коррекции координат текущих опорных точек по результатам выявленных систематических ошибок.
4. Повторное создание ортофотоплана с использованием скорректированных материалов планово-высотной подготовки.

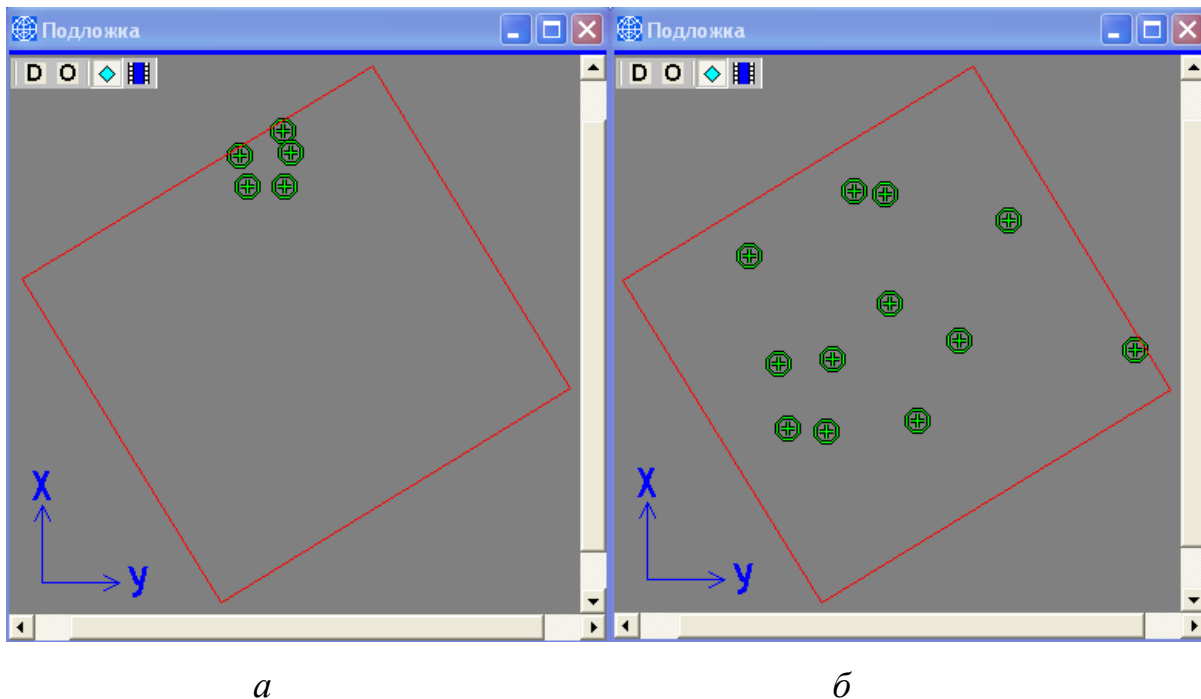


Рис. 5. Распределение по космическому снимку архивных опорных точек (а) и опорных точек, полученных по трассам заездов (б)

При создании ортофотопланов масштаба 1:10 000 в качестве планово-высотной основы использовались точки, набранные в динамическом режиме вдоль трасс автомобильных заездов. Кроме того, в распоряжении имелось ограниченное число архивных опорных точек, полученных в результате геодезической съемки, компактно распределенных только в ограниченной области исследуемого участка, что в итоге и определило необходимость набора опорных точек, равномерно распределенных по всей снимаемой территории (Рис. 5).

Контроль точности полученного ортофотоплана проводился по независимым фотограмметрическим точкам. В качестве контрольных точек использовались материалы архивной геодезической съемки. Разность координат вычислялась по формулам:

$$\Delta X = \frac{\sum(X_k - X_n)}{n} \quad \Delta Y = \frac{\sum(Y_k - Y_n)}{n}$$

где X_k и Y_k – координаты контрольных точек; X_n и Y_n – координаты точек, соответствующих контрольным на ортофотоплане.

Результаты вычислений занесены в Таблицу 1.

Таблица 1

Разница координат контрольных точек и координат точек, соответствующих контрольным на ортофотоплане

№ точки	$\Delta X,$ м	$\Delta Y,$ м
1	2.383	-7.673
2	1.525	-6.913
3	-1.846	-7.342
4	2.687	-7.763
5	-1.592	-5.701
6	-2.583	-6.833
7	-0.94	-5.714
8	2.895	-5.794
Среднее значение	0.316	-6.717

Из таблицы видно, что систематическая ошибка по координате У составляет -6.717 м.

Для коррекции текущих координат опорных точек, набранных вдоль трасс заездов, выполнялась процедура исключения систематических ошибок по формулам:

$$X_{\text{испр}} = X_n - \Delta X \quad U_{\text{испр}} = U_n - \Delta U$$

Используя полученные откорректированные координаты $X_{\text{испр}}$ и $U_{\text{испр}}$, выполняем расчет ортофотоплана, после чего проводим повторный контроль планового положения точек по независимым архивным опорным точкам:

$$\Delta X_{\text{испр}} = \frac{\sum_1^n (X_k - X_{\text{испр}})}{n} \quad \Delta U_{\text{испр}} = \frac{\sum_1^n (U_k - U_{\text{испр}})}{n}$$

Результаты выполненных вычислений занесены в таблицу 2. Вычисления могут выполняться в интерактивном режиме.

Таблица 2

Разница координат контрольных точек и координат точек, соответствующих контрольным на исправленном ортофотоплане

№ точки	$\Delta X_{\text{испр}}$, м	$\Delta U_{\text{испр}}$, м
1	1.819	-1.782
2	-1.225	-0.864
3	-0.756	-1.651
4	1.096	-1.920
5	-1.495	1.444
6	-1.934	-1.259
7	-1.709	-1.069
8	2.062	-1.541
Среднее значение	-0.268	-1.080

В описанном эксперименте контроль планового положения по независимым фотограмметрическим точкам соответствует точности создания цифровых ортофотопланов масштаба 1: 10 000.

Скорректированные материалы планово-высотной подготовки в диссертационной работе были использованы при создании ортофотопланов на территорию Заокского района Тульской области по материалам космической съемки с использованием имеющейся цифровой модели рельефа.

Технология создания ортофотопланов по материалам космической съемки с использованием имеющейся модели рельефа для снимков «Ресурс-ДК1» включает в себя следующие этапы:

1. Создание проекта в «ЦФС-Талка» по материалам космической съемки.
2. Внешнее ориентирование космического снимка.
3. Импорт цифровой модели рельефа (ЦМР).
4. Создание ортофотопланов по космическим снимкам.

При создании ортофотопланов использовалась цифровая модель рельефа, полученная по топографическим картам масштаба 1:25000. ЦМР была импортирована в проект со снимком Ресурс-ДК1.

Для трансформирования космического снимка в работе использовался аппроксимационный метод фотограмметрической обработки, известный как метод RPC-коэффициентов.

Для дополнительного уравнивания космического снимка в качестве планово-высотной основы служили скорректированные по результатам выявленных систематических ошибок точки, набранные в динамическом режиме вдоль трасс автомобильных заездов.

В результате были получены ортофотопланы, изготовленные по космическому снимку «Ресурс-ДК1». Для оценки точности готовых материалов лист ортофотоплана был экспортирован в проект, созданный по данным аэросъемки. Для выбранного листа фотоплана создавался файл привязки в формате программы Mapinfo, имеющий расширение *.TAB. На фотоплане по материалам космической съемки на характерные места (пересечения дорог, углы домов) были нанесены точки и измерены их координаты. После отключения из показа добавленного растра по точкам производилась оценка точности совпадения фотопланов.

По разностям координат контрольных точек δX , δY и смещению

$\delta XY = \sqrt{(\delta X^2 + \delta Y^2)}$ проводилась оценка точности совпадения ортофотопланов. Для точек вычислялась средняя квадратическая ошибка.

Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Разница координат контрольных точек

№ точки	Масштаб 1:5 000		
	ΔX	ΔY	ΔXY
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

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.

Полученные результаты оценки качества ортофотоплана позволяют рекомендовать данную технологию для создания ортофотопланов крупных масштабов по космическому снимку.

В связи с тем, что в последнее время все чаще возникают вопросы по обработке материалов, полученных в разное время съемок и с различных носителей для создания единого изображения, поскольку не все программные продукты имеют возможность обработки в одном проекте материалов аэро- и космической съемок, автором была предложена технология создания единого поля ортотрансформированных снимков. В работе использовались разновременные материалы аэрокосмической съемки.

Блок-схема технологического процесса создания единого поля ортотрансформированных снимков приведена на рис. 6.

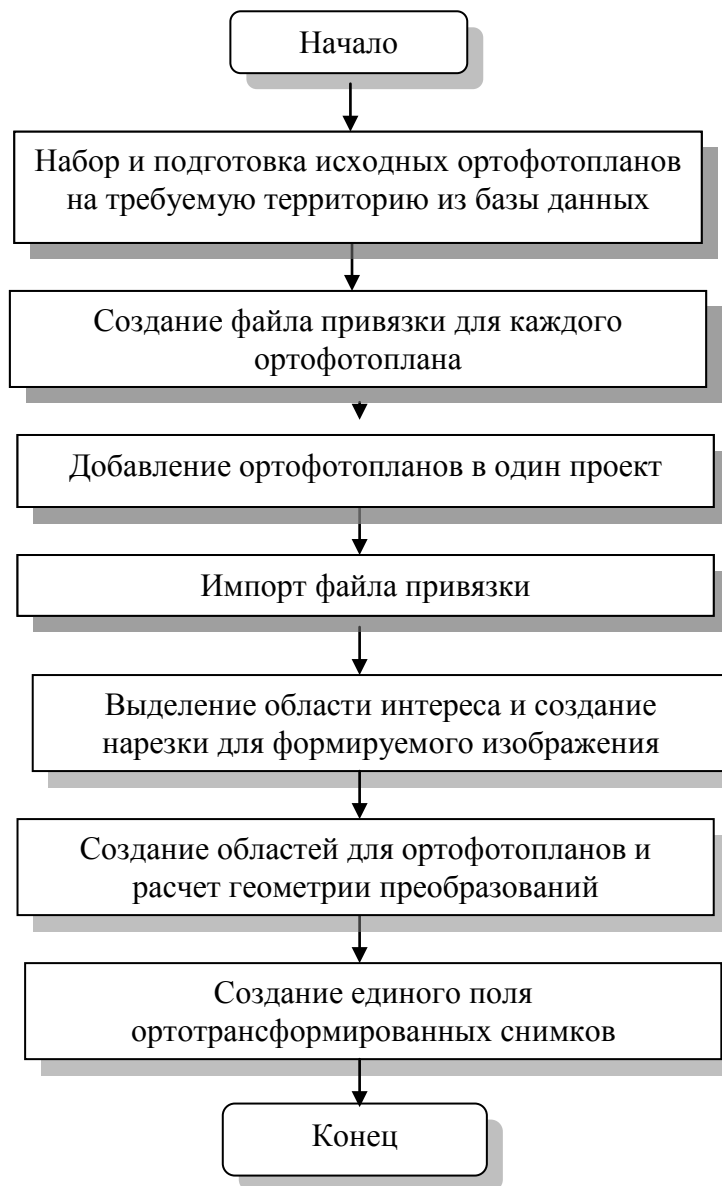


Рис. 6. Блок-схема процесса создания единого поля ортотрансформированных снимков

В качестве исходных материалов при создании единого ортоизображения использовались лист ортофотоплана, созданного по материалам аэросъемки на территорию Заокского района Тульской области; лист ортофотоплана, созданного по космическому снимку со спутника «Ресурс-ДК1».

На этапе подготовки исходных материалов происходил подбор из каталога готовых ортофотопланов, покрывающих требуемую территорию. Выбирались наиболее свежие данные, ортофотопланы с наилучшим качеством,

либо с меньшей облачностью. В зависимости от имеющихся в наличии материалов, использовались как актуальные, так и архивные ортоизображения.

На следующем этапе создавался новый проект, где в качестве снимков регистрировались ортофотопланы, при этом для каждого из них загружался файл привязки в формате *.ТАВ, содержащий координаты углов листов на местности.

При расчете итогового единого поля ортотрансформированных снимков проводилась фотометрическая коррекция изображения, которая позволяет сгладить различия в контрасте снимков.

Важную роль при наличии единого поля ортофотопланов играет возможность выбора части изображения из массива. Выбор растра на требуемую территорию осуществляется двумя способами. В первом случае задание области интереса выполняется пользователем вручную, во втором – вводятся координаты углов выбранного листа на местности в метрах (4 вершины прямоугольника).

В результате работы было получено единое поле трансформированных снимков, представляющее собой одно бесшовное изображение выровненных и привязанных друг к другу ортофотопланов. Готовое поле ортотрансформированных снимков на выходе – это растровое изображение в формате GeoTIFF. Полученное единое изображение может быть использовано при создании геоинформационных систем различного назначения.

Методика организации хранения и манипулирования данными ортотрансформированных снимков в ГИС включает в себя следующие шаги:

1. Визуализация единого поля ортоизображений в ГИС.
2. Совместное отображение с векторными слоями, трехмерной моделью.
3. Использование единого ортофото в качестве основы для составления и обновления карт.
4. Печать изображений.

Способ отображения зависит от того, какие данные содержит изображение, и что именно необходимо показать. Для одних имеется

предопределенная цветовая схема (цветовая карта), которую ГИС автоматически использует при их загрузке. Для тех, у которых нет своей схемы, ГИС выбирает подходящий способ отображения.

Для улучшения визуализации объектов существует возможность совместного отображения векторных и растровых (единое изображение ортофото) слоев. Кроме того, изображение может быть использовано для совмещения с уже существующей цифровой моделью рельефа для получения фотореалистичного вида.

Поле трансформированных снимков может использоваться в качестве подложки для получения топографических и тематических карт, планов, создания ортофотокарт и трехмерных фотокарт.

Визуализация выходных результатов обработки может выполняться как в виде электронных карт, ортофотопланов, так и в виде регистрации изображений на твердой копии в виде графических карт, фотопланов, фотокарт.

Единое поле ортотрансформированных снимков позволяет повысить эффективность исследований характеристик земной поверхности, поскольку наилучший результат зачастую может быть достигнут только при совместной обработке данных, как архивных, так и актуальных, получаемых в разное время, разными съемочными системами, с разных КА.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана новая методика коррекции систематических ошибок в координатах точек планово-высотной подготовки. Контроль планового положения по независимым фотограмметрическим точкам для материалов планово-высотной основы соответствует точности создания цифровых ортофотопланов масштаба 1: 10 000. Предложенная методика позволяет проводить топографическую съемку при частичной утрате опорных пунктов, а также уменьшить время проведения полевых работ.

2. Разработана технология создания ортофотоплана с использованием имеющейся цифровой модели рельефа, полученной по топографическим картам

масштаба 1:25000. Для дополнительного уравнивания использовались скорректированные материалы планово-высотной основы. Полученные результаты оценки качества ортофотоплана, созданного по космическому снимку с КА «Ресурс-ДК1» при использовании имеющейся ЦМР, позволяют рекомендовать данную технологию для создания ортофотопланов крупных масштабов.

3. Разработана технология создания единого поля ортотрансформированных аэрокосмических изображений. Полученные результаты использовались для создания электронных ортофотокарт, совмещающих детальное фотоизображение и точную картографическую основу, а также трехмерных фотокарт, позволяющих реализовать интерактивный трехмерный анализ местности. Представлена методика организации хранения и манипулирования данными ортотрансформированных снимков в ГИС, где описаны способы отображения единого поля ортофото, наложение на него векторных слоев, трехмерных моделей, использование в качестве основы для составления и обновления карт, печать ортофото.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

(по перечню ВАК 3 статьи)

1. Андреева (Куваева) Н.Л. Использование космических снимков для составления и обновления топографических карт // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. Московский государственный университет геодезии и картографии. - 2009. - №3. - с. 61-63.
2. Андреева (Куваева) Н.Л., Беклемишев Н.Д., Кекелидзе В.Б., Костин В.В. Технология создания ортофотопланов по материалам космической съемки с использованием имеющейся модели рельефа на примере снимков Ресурс-ДК1 // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. Московский государственный университет геодезии и картографии. - 2010. - №2. - с. 72-74.
3. Журкин И.Г., Андреева (Куваева) Н.Л. Технология коррекции систематических ошибок в координатах точек планово-высотной подготовки //

Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. Московский государственный университет геодезии и картографии. - 2010. - №4. - с. 55-57.

4. Андреева (Куваева) Н.Л. Сбор пространственных данных для геоинформационных систем (ГИС) на ЦФС «Талка». Методические указания по выполнению лабораторной работы в рамках курса «Сбор данных для ГИС».- МИИГАиК, 2010.