

От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии в Республике Башкирия

Ш.Б. Кутушев

Башкирский государственный университет, Уфа, Россия

Площадь Республики Башкортостан составляет 142,9 тысяч квадратных километров или 0,8% от общей площади Российской Федерации. Республика Башкортостан является хорошо заселенным и освоенным субъектом Российской Федерации. По территории республики проходят важнейшие железнодорожные, трубопроводные и автомобильные магистрали, связывающие европейскую часть России с Уралом и Сибирью. Башкортостан является составной частью Уральского экономического района, уступающего по масштабам лишь Центральному району России, и находится в соседстве с высокоразвитыми регионами Поволжья и Западно-Сибирского экономического района, расположен на западном склоне Южного Урала, между $53^{\circ}31' - 56^{\circ}30'$ с.ш. и $53^{\circ}05' - 60^{\circ}01'$ в.д.

Однако отсутствие крупномасштабных карт являлось тормозом для развития производственной (строительной), социально-культурной, туристической и других сфер, поэтому в рамках Республиканской целевой программы «Создание автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра и государственного учета объектов недвижимости» на 2003-2012 годы, одобренная постановлением Правительства Республики Башкортостан (РБ) от 29.12.2007 г. № 398 была реализована идея создания ортофотопланов в масштабе 1:10 000 на всю территорию РБ.

Для реализации Программы была принята следующая организационно-технологическая схема работ:

- аэрофотосъемка;
- планово-высотная подготовка снимков;
- фотограмметрическое сгущение опорной сети;
- построение цифровой модели рельефа;
- создание ортофотопланов.
- нанесение информации из государственного земельного кадастра на цифровые ортофотопланы.

Аэрофотосъемка и планово-высотная

подготовка снимков

Аэрофотосъемка выполнена в 2008 г. Масштаб залёта 1:40 000. Камера Hasselblad H4D 70VS30633 с объективом HC80mm 7CSR24068 с фокусным расстоянием $f_k=153$ мм. Продольное перекрытие 60%, поперечное 30%.

В качестве исходных для определения координат опознаков использовались пункты МСК-02. Плановая привязка опознаков производилась с использованием спутниковой геодезической аппаратуры.

Геодезические измерения выполнены в режиме быстрой статики (от 25 до 40 минут наблюдений в зависимости от количества и геометрии расположения спутников).

Предварительная обработка спутниковых наблюдений осуществлялась с использованием программного обеспечения LGO непосредственно на полевой базе бригады после ежедневного переноса информации из приемников в компьютер.

Опознаки выбирались с таким расчетом, чтобы точность опознавания выдерживалась не грубее 0,1 мм в масштабе карты. В качестве опознаков использовались местные предметы, отдельно стоящие деревья не выше 1,5 м, углы заборов, изгородей, углы крыш небольших сараев, столбы линии электропередачи и связи.

Опознаки наколоты на контактной печати с использованием лупы с 7-кратным увеличением. На лицевой стороне аэрофотоснимка накол обведен окружностью диаметром 8 мм, на обороте наколотая точка обведена кружком диаметром 2 мм, приведено описание опознака и в карандаше зарисован абрис местоположения опознака относительно ближайших контуров местности. Контроль опознавания выполнен вторым исполнителем на свободных аэрофотоснимках. Оформление аэрофотоснимков выполнено аналогично основному опознаванию. Качество полевых наблюдений контролировались исполнителем непосредственно на определяемом пункте. Контроль включал в себя периодическую проверку величин PDOP,

который не должен был превышать 4. Для работы по плановой подготовке аэрофотоснимков использовались:

Проект плановой подготовки аэрофотоснимков на репродукциях накидного монтажа масштаба 1:120 000;

Аэрофотоснимки - масштаб 1: 40 000, шифр О-38-1-07, залет 2008 г.;

Выписки координат пунктов в МСК-02.

Проект плановой подготовки аэрофотоснимков был составлен на репродукциях накидного монтажа масштаба 1:120 000.

На копии репродукций накидного монтажа наносились блоки с плановыми опознаками. Опознаки в блоках располагались так, чтобы они обеспечивали всю площадь и находились в зоне продольного и поперечного перекрытия.

- периодическую проверку количества наблюдаемых спутников (не менее 4);
- периодическую проверку записей эпох, которые должны иметь как можно меньше срывов.

Для обработки GPS измерений использовалось программное обеспечение LGO. Средняя квадратическая погрешность определения координат опознаков в плане не превысила 1 м. Цифровые ортофотопланы масштаба 1:10 000 созданы в системе координат МСК-02 на все районы Республики Башкортостан.

Цифровые ортофотопланы созданы по материалам аэрофотосъемки масштаба залета 1:40 000.

Фотограмметрическое сгущение опорной сети

Фотограмметрические работы заключались в обработке аэрофотоснимков цифровыми методами на цифровой фотограмметрической станции PHOTOMOD по следующей схеме:

- сканирование аэронегативов;
- фотограмметрическое сгущение опорной сети;
- создание цифровой модели рельефа (ЦМР);
- ортофототрансформирование снимков;
- построение ортофотоизображения в границах листов масштаба 1:10 000;
- построение зарамочного оформления;
- запись ортофотопланов на DVD диски.

Исходные материалы.

1. Материалы аэрофотосъемки масштаба

1:40 000 $f_k=153$ мм, 2008 года.

2. Координаты центров фотографирования, определенные в процессе аэрофотосъемки.

3. Координаты центров фотографирования использовались при создании цифровых ортофотопланов масштаба 1:10 000.

4. Материалы плановой подготовки аэрофотоснимков.

Сканирование аэронегативов выполнено на фотограмметрическом сканере Delta. Формат кадра – 23x23 см. Разрешение сканирования 12 мкм, при этом величина пиксела на местности составляет 0,48 метра.

Фотограмметрическое сгущение выполнялось на ЦФС PHOTOMOD.

Содержание работ и технические требования соответствовали инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов.

Ввод и создание проекта производилось в модуле PHOTOMOD Montage Desktop. После создания проекта производился сбор данных и измерений при обработке блока изображений в модуле PHOTOMOD AT.

Точность при внутреннем ориентировании не превышала элемента геометрического разрешения для сканированных снимков.

Аэротриангуляция снимков проводилась путем измерения координат связующих точек снимков, выбираемых в шести стандартных зонах, и вычисляются элементы взаимного ориентирования снимков. Оптимальное количество измерений в каждой зоне 2-3. Взаимное ориентирование снимков в маршруте: СКО остаточных поперечных параллаксов не должна превышать 10мкм, максимальное значение величины остаточного поперечного параллакса – 20 мкм. Контроль точности в триплетах: СКО 15 мкм, максимальное значение – 33 мкм.

По результатам построения свободных моделей в проектах средняя величина остаточного поперечного параллакса по стереопарам составляет 4-5 мкм. Максимальное значение остаточных поперечных параллаксов 11 мкм. Максимальное значение ошибки по связующим точкам 4,2 м, средний модуль – 0,602 м.

Уравнивание фотограмметрических сетей проводилось в местной системе координат

МСК-02 в модуле PHOTOMOD Solver с использованием координат центров фотографирования. В результате триангуляции средние погрешности в плановом положении на опорных точках не превышали 0,2 мм в масштабе плана, на контрольных точках – 0,3 мм в масштабе плана.

Точность уравнивания соответствует требованиям инструкции по фотограмметрическим работам.

Построение цифровой модели рельефа

Создание цифровой модели рельефа ЦМР производилось в модуле PHOTOMOD DTM с помощью пикетов и структурных линий. При получении ЦМР были использованы автоматический, ручной режим сбора ЦМР или их комбинация.

В зависимости от характера рельефа шаг регулярной сетки ЦМР менялся в пределах участка работ и стереопары.

Элементы рельефа: обрывы, овраги, промоины, а также дороги, насыпи, реки, выемки, мосты и другие объекты отображались структурными линиями.

Пикеты и вектора, полученные по отдельным стереопарам, согласовывались между собой.

После создания ЦМР выполнялись контрольные операции и устранялись ошибки оцифровки (пикеты не должны стоять на деревьях, домах и пр.). Точность вершин в Тipe соответствовала 4,6 метра (согласно рассчитанной по инструкции).

Регулярная матрица высот построена с шагом 10 м в модуле PHOTOMOD Montage.

Создание ортофотопланов

Цифровые ортофотопланы созданы номенклатурными листами в разграфке местной системы координат для Республики Башкортостан с зарамочным оформлением:

- масштаб 1:10 000,
- система координат — МСК-02,
- формат tif,
- файлы привязки tab.

Построение ортофотопланов производилось в модуле PHOTOMOD Mosaic.

Аналитическое трансформирование аэронегативов выполнено в пределах полезной площади снимка. Ортофотопланы создавались

в рамках листов масштаба 1:10 000. Выполнены работы по созданию областей трансформирования. Линии пореза не должны пересекать высотные объекты, и объекты, служащие ориентирами. При пересечении линейных объектов и четких контуров линию пореза следует проводить под прямым углом к этим объектам. Средние величины погрешностей в плановом положении опорных и контрольных точек не превышали 0,5 мм в масштабе создаваемого плана. Несовмещение контуров по линии соединения фрагментов были не более 0,7 мм. Предельно допустимые несовмещения контуров при контроле по сводкам со смежными фотопланами — 1,0 мм.

При построении ортофотоплана выполнялось выравнивание яркости с использованием локального выравнивания и сглаживания линий совмещения, выравнивание фототона фрагментов в пределах фотоплана, при этом использовался автоматический подход.

После построения ортофотопланов производилась «очистка» изображений при наличии артефактов - частиц пыли, сколов и т.д. Для этого была использована встроенная в ЦФС PHOTOMOD, программа Dust Correct.

Ортофотопланы изготовлены в формате tiff, файлы привязки в формате TAB.

Выполнен визуальный контроль качества ортофотопланов по порезам, по сводкам смежных листов.

Контроль точности построения мозаики проводился по точкам сгущения, которые не участвовали в трансформировании. Средний модуль невязок составил — 0,1 мм. Выполнение зарамочного оформления цифровых ортофотопланов масштаба 1:10 000 производилось в ЦФС PHOTOMOD в модуле PHOTOMOD Montage. Ортофотопланы записаны на DVD носитель.

На DVD в каждой папке содержится:

- ортофотоплан в формате tif с файлом привязки,
- зарамочное оформление в формате MIF, MID, схема ортофотопланов по районам формат MIF; MID.

Каждый DVD-диск сопровождается этикеткой по образцу.

Нанесение информации из государствен-

ного земельного кадастра на цифровые ортофотопланы

Исходные материалы для выполнения работ:

- цифровые ОФП, масштаб 1:10 000, МСК-02;
- схемы взаимного расположения кадастровых кварталов, кадастровых районов по субъекту Российской Федерации в электронном виде (нормализованные таблицы) в формате MapInfo, в условных системах координат районов;
- схемы взаимного расположения кадастровых кварталов, кадастровых районов полученные в ФГУ ЗКП Республики Башкортостан.

Кадастровая информация представлена по муниципальным районам в объеме:

- территории кадастрового района;
- территорий кадастровых кварталов межселенной территории.

Контроль качества

Качество фотограмметрических сетей, уравненных по опорным точкам, оценивалось по остаточным расхождениям фотограмметрических и геодезических координат на опорных точках и по расхождениям фотограмметрических и геодезических координат на контрольных геодезических точках, не использованных при уравнивании.

Точность созданных ортофотопланов проверялась по контрольным точкам, определенным при фотограмметрическом сгущении опорной сети и находящихся на разных высотах. Точность созданных ортофотопланов не превышает допусков, п.п. 4.9; 8,3 раздела 2 Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНТП (ГНТА)-02-036-02. М, ЦНИИГАиК, 2002 г.

Контроль качества нанесения кадастровой

информации осуществлялся в соответствии с требованиями «Рекомендаций по нанесению информации из государственного земельного кадастра на цифровые ортофотопланы. 2007 г.»

Выполненные работы по контролю качества соответствуют требованиям «Инструкции о проведении контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ» (ГКИНП (ГНТА)-17-004-99). Полученные выходные материалы и отчетная документация соответствует техническому заданию заказчика и требованиям нормативных документов.

На всех стадиях производства проводилась проверка соответствия выполняемых работ требованиям действующих технических инструкций и руководящих материалов.

Организация контроля на всех стадиях и приемка осуществлялась отделом технического контроля.

Завершенные и принятые ОТК материалы переданы организациям в соответствии с перечнем.

В результате работы получены:

- Номенклатурные листы цифровых ортофотопланов в масштабе 1:10000, МСК-02, в формате tiff с файлами привязки tab, с файлами зарамочного оформления MapInfo (mid/mif) на всю территорию Республики Башкортостан в количестве 8260 трапедий.

- Кадастровая информация по районам Республики Башкортостан, масштаб 1:10 000, МСК-02, 2 и 3 зона, формат MapInfo (mid/mif).

- Полученные результаты соответствуют требованиям «Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топокарт и планов. ГКИНП-02-036-02, 2002 г.» и «Рекомендаций по нанесению информации из государственного земельного кадастра на цифровые ортофотопланы. 2008 г.». Качество работ удовлетворительное.