

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

А. С. Гордиенко

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Методические указания по выполнению курсовой работы
для обучающихся по направлению подготовки
21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование
(уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2025

УДК 528.7+528.8

Г682

Рецензент: кандидат технических наук, картограф сектора камеральных работ № 1
АО «ПО Инжгеодезия» *А. Е. Червова*

Гордиенко, А. С.

Г682 Фотограмметрия и дистанционное зондирование : методические указания по выполнению курсовой работы / А. С. Гордиенко. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 37 с. – Текст : непосредственный.

Методические указания подготовлены кандидатом технических наук, доцентом А. С. Гордиенко на кафедре фотограмметрии и дистанционного зондирования СГУГиТ.

В методических указаниях описана последовательность выполнения курсовой работы по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» на тему «Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от заданных параметров». Рассмотрены основные разделы работы, приведены методические материалы, поясняющие выполнение отдельных этапов работы.

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» предназначены для обучающихся второго курса по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (уровень бакалавриата).

Рекомендованы к изданию кафедрой фотограмметрии и дистанционного зондирования, Ученым советом Института геодезии и менеджмента СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.7+528.8

© СГУГиТ, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Общие требования к выполнению курсовой работы	6
2. Содержание курсовой работы	8
2.1. Физико-географическое описание района работ	8
2.2. Теоретическая часть	8
2.2.1. Классификации цифровых моделей рельефа	8
2.2.2. Цифровое ортотрансформирование снимков	12
2.2.3. Технология создания ортофотопланов.....	14
3. Практическая часть	16
3.1. Построение модели по стереопаре снимков	16
3.2. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от количества опорных точек	17
3.3. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от расположения опорных точек	18
3.4. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от наличия элементов внешнего ориентирования снимков	19
3.5. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от плотности сбора исходной информации о рельефе	20
3.6. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от применения алгоритмов фильтрации ЦМР	20
3.7. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от точности ЦМР	21
3.8. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от степени сжатия снимков.....	23
3.9. Анализ результатов	25
4. Вопросы к защите курсовой работы.....	26
Заключение	27
Библиографический список рекомендуемой литературы	28

Библиографический список использованной литературы.....	30
Приложение 1. Образец оформления титульного листа.....	31
Приложение 2. Образец задания на курсовую работу	32
Приложение 3. Образец графика на курсовую работу	33
Приложение 4. Образец оформления ортофотоплана	34
Приложение 5. Образец оформления результатов исследований.....	35

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа представляет собой вид учебной и научно-исследовательской самостоятельной работы обучающихся. В соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по направлению 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (уровень бакалавриата) предусмотрено выполнение обучающимися второго курса курсовой работы по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» на тему «Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от заданных параметров».

Целями курсовой работы являются:

- создание ортофотоплана в программном обеспечении (ПО) PHOTOMOD;
- исследование зависимости точности ортофотоплана от указанных в варианте параметров;
- расширение, закрепление и систематизация теоретических и практических знаний по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование»;
- получение навыков работы со специальной и нормативной литературой;
- приобретение опыта представления и защиты результатов своей работы.

В ходе выполнения курсовой работы обучающимися должны быть решены следующие задачи:

- выполнен обзор научно-технической литературы и нормативных источников по теме работы;
- осуществлен поиск информации о физико-географическом местоположении исследуемой территории (в зависимости от варианта);
- построена одиночная модель по стереопаре снимков;
- создан ортофотоплан;
- исследована зависимость точности ортофотоплана от указанных в варианте параметров;
- выполнен анализ полученных результатов.

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа выполняется обучающимися самостоятельно под методическим руководством преподавателя. Работа является индивидуальной, т. е. каждый обучающийся выполняет свой вариант. Для каждого варианта выдается индивидуальная стереопара снимков, полученных с различными параметрами и на разную территорию. По стереопаре снимков выполняется построение ортофотоплана и исследование его точности в зависимости от указанных в варианте параметров. Кроме того, в варианте отражается индивидуальный теоретический вопрос, который должен быть обязательно рассмотрен в курсовой работе (проекте).

Перед выполнением курсовой работы обучающийся обязан изучить соответствующий теоретический материал, используя при этом учебники и учебные пособия (согласно списку рекомендуемой литературы), а также конспект лекций. По мере выполнения курсовой работы каждый обучающийся накапливает материал, подлежащий сдаче, и формирует технический отчет, который подшивает в скоросшиватель или в папку.

Технический отчет должен содержать титульный лист, задание и график выполнения курсовой работы, оглавление, введение, основную часть, заключение, список литературы и приложения (при необходимости).

Курсовая работа (проект) оформляется в соответствии с требованиями стандарта организации – СТО СМК СГУГиТ 8.5–39–2025 на сайте СГУГиТ [1].

Титульный лист оформляется в соответствии с прил. 1, задание и график выполнения курсовой работы – с прил. 2, 3.

Во введении указываются актуальность, цель и задачи курсовой работы (проекта).

Текстовая часть работы оформляется на листе формата А4. Нумерация страниц выполняется вверху посередине, титульный лист, задание и график

не нумеруются, но включаются в общий перечень. Содержание текстовой части курсовой работы (проекта) представлено следующими разделами.

1. Физико-географическое описание района работ.

2. Теоретическая часть (материал выбирается в соответствии с вариантом).

3. Практическая часть (описание построения ортофотоплана в ПО PHOTOMOD (прил. 4) и исследование зависимости его точности от указанных в варианте параметров).

В заключении отражаются результаты выполнения курсовой работы (проекта), перечисляются решенные задачи и достигнутые цели.

Список литературы. В конце текста необходимо привести список использованной литературы, который должен содержать сведения об учебных, методических и научных изданиях (на русском и иностранном языках), публикациях в периодической печати, а также базах данных, информационно-справочных системах и интернет-ресурсах, использованных обучающимся в ходе выполнения курсовой работы (проекта). Список литературы составляется в порядке упоминания в тексте в соответствии с требованиями к оформлению СТО СМК СГУГиТ 8.5–39–2025 [1].

Приложения. В приложения включается графическая часть курсовой работы (проекта): (отчеты по оценке точности, полученные на разных этапах, цифровые модели рельефа, ортофотопланы).

Сдача и защита курсовой работы (проекта). За неделю до защиты курсовая работа (проект) предоставляется на кафедру для проверки. Завершенная курсовая работа должна пройти проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат» (оригинальность работы должна быть не менее 50 %). После выполнения всех требований работа в распечатанном и переплетенном виде вместе с заданием и графиком ее выполнения сдается руководителю. Защита курсового проекта (работы) является заключительным этапом курсового проектирования. Защита проходит индивидуально в устной форме. Вопросы для защиты курсового проекта (работы) представлены в разд 4.

Курсовая работа может быть не допущена к ее защите при невыполнении существенных разделов задания, требований к оригинальности работы, а также при грубых нарушениях правил оформления работы.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

2.1. Физико-географическое описание района работ

На точность положения точек на снимках влияет ряд факторов, основными из которых являются углы наклона снимков и рельеф местности.

В данном разделе выполняется описание рельефа местности в соответствии с вариантом курсовой работы: максимальные и минимальные превышения, преобладающие формы рельефа, наличие объектов гидрографии. Приводится информация об изученности гидрологической сети региона: реки, озера, заболоченные территории и др. Кроме того, указываются данные о климате, температурном режиме, преобладающих ландшафтах, инфраструктуре дорожной сети и др.

2.2. Теоретическая часть

2.2.1. Классификация цифровых моделей рельефа

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – это метрическая информация о поверхности земли и правила обращения с этой информацией.

При создании ЦМР сначала выполняется сбор исходных данных, которые представляют собой точки с известными геодезическими координатами, полученные с определенной точностью и плотностью. Далее выбирается математический аппарат для вычисления высотной координаты в любой точке поверхности на выбранном участке.

Необходимое количество исходных данных (точек с известными геодезическими координатами) для построения ЦМР определяется точностью моделирования рельефа и его характером.

В зависимости от источника исходной информации о рельефе можно выделить следующие методы создания ЦМР: картографический, геодезический, фотограмметрический, лазерное сканирование.

При картографическом способе получения исходной информации о рельефе используются горизонтали и высотные отметки с уже существующих карт и планов, на основе которых выполняется интерполяция для построения непрерывной поверхности Земли. Данный способ не требует дополнительных полевых работ, выполняется полностью в камеральных условиях, но точность описания рельефа будет напрямую зависеть от точности используемого картографического материала, а также его актуальности.

Геодезический метод заключается в выполнении комплекса полевых работ на местности с целью получения координат отметок всех характерных точек рельефа, необходимых для его описания с заданной точностью. Такой способ актуален для ограниченных по площади территорий, где требуется высокая точность.

В фотограмметрическом методе сбор исходной информации о рельефе осуществляется по снимкам в стереорежиме или автоматизированно. Точность получаемых данных будет зависеть от параметров съемки и самой съемочной системы, например, беспилотный летательный аппарат, пилотируемая аэросъемка или космическая. Данный метод применим в труднодоступных районах, а также при работе на больших по площади территориях.

Лазерное сканирование позволяет получать точную и очень подробную информацию (высокая плотность точек) о местности. Детальность получаемой информации будет зависеть от того, какой вид лазерного сканирования используется: наземное, воздушное или мобильное.

По структуре первичной информации о рельефе, т. е. по расположению исходных точек, различают регулярную сеточную модель, модель с расположением точек в характерных местах рельефа, комбинированный метод, а также хаотическое расположение исходных точек.

При расположении пикетов с заданным шагом, т. е. через определенное расстояние, формируется регулярная структура исходной информации. Такой подход не требует высокой квалификации оператора, процесс измерения координат легко автоматизируется, сокращается объем информации, хранящейся на компьютере, но не учитываются особенности рельефа (резкие перепады высот, сложные формы и т. д.). Целесообразно использовать данную модель для равнинной или слабо всхолмленной местности, со слабо меняющимся рельефом.

Расположение точек в характерных местах рельефа требует от оператора опыта в оценке структуры и форм рельефа, а, соответственно, больше трудозатрат. Как правило, на местности сочетаются равнинные участки и ярко выраженные перепады высот (обрывы, овраги, котлованы и др.). Таким образом, целесообразно комбинирование представленных выше подходов для описания рельефа.

Хаотическое расположение исходных точек не имеет определенной структуры, пикеты располагаются там, где это возможно.

Хранение информации о рельефе в памяти компьютера возможно в виде координат точек модели и в виде коэффициентов полиномов, что является более компактным способом.

Существует большое количество вариантов представления цифровых моделей рельефа (визуализация): градуированная отмывка, текстурирование, в виде отдельных точек, горизонталей, геометрических фигур, объемной поверхности и др.

По методу математического описания рельефа выделяют интерполяционные и функциональные методы. К интерполяционным методам построения ЦМР относятся средний весовой метод и триангуляция Делоне.

Средний весовой метод основан на вычислении высот точек на основе формулы

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^k P_i Z_i}{\sum_{i=1}^k P_i}, \quad (1)$$

где Z – координата искомой точки;

k – число исходных точек с известными координатами;

Z_i – координаты исходных точек;

P_i – вес соответствующей точки, равный

$$P_i = \frac{1}{L_i}, \quad (2)$$

где L_i – расстояние от искомой точки до точки i .

Если используется триангуляция Делоне, то поверхность земли представляется системой плоскостей, каждая из которых проходит через три точки местности, расположенные в характерных местах рельефа. Поверхность представляется в виде системы плоских треугольников (рис. 1).

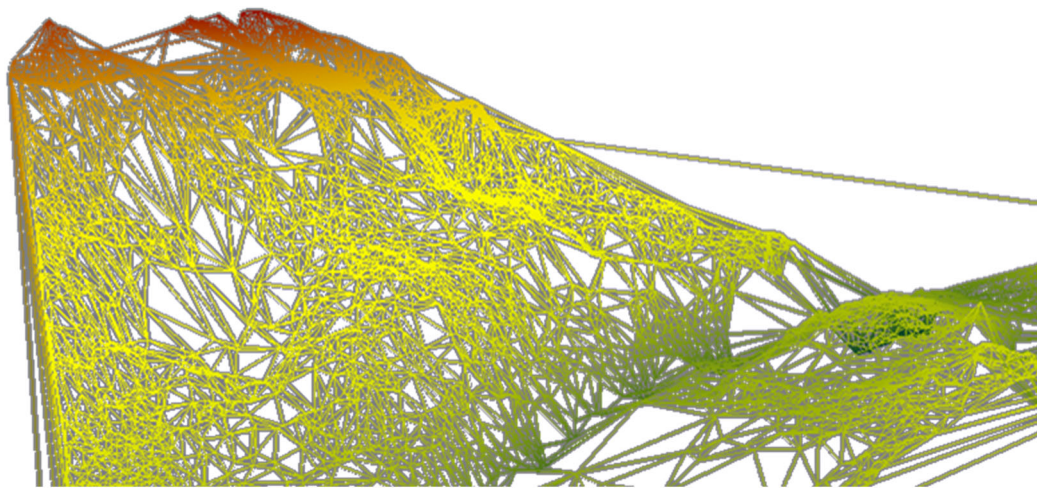


Рис. 1. Поверхность, представленная в виде системы плоских треугольников

Высота Z_i вычисляется интерполированием высот вершин треугольников из решения уравнения плоскости, проходящей через три точки:

$$\begin{vmatrix} X_i - X_1 & Y_i - Y_1 & Z_i - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0, \quad (3)$$

где $X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2, X_3, Y_3, Z_3$ – координаты вершин треугольника;
 X_i, Y_i, Z_i – координаты искомой точки внутри треугольника.

Из уравнения (3) определяется координата Z_i .

В функциональных методах цифровая модель рельефа представлена в виде функции, в качестве которой может выступать, например, полином

$$Z = C_0 + C_1X + C_2Y + C_3XY + C_4X^2 + C_5Y^2 \dots, \quad (4)$$

где X, Y, Z – координаты искомой точки;

$C_0, C_1, C_2, \dots$ – коэффициенты полинома.

Данное уравнение составляется для всех исходных точек с известными координатами, после чего вычисляются коэффициенты полиномов. Когда коэффициенты будут найдены, вычисляются высотные координаты любой точки поверхности. Точность построения ЦМР будет зависеть от характера рельефа и плотности расположения исходных точек.

При построении ЦМР должна быть обеспечена заданная точность моделирования рельефа в зависимости от назначения модели рельефа. Точность построения зависит от плотности и расположения исходных точек, размера элементарного участка моделирования, используемых алгоритмов для построения ЦМР, а также от точности определения высот исходных точек.

2.2.2. Цифровое ортотрансформирование снимков

При ортотрансформировании снимков происходит исправление снимков за угол наклона, за рельеф и приведение к заданному масштабу.

Алгоритм цифрового ортотрансформирования основан на принципе обратного трансформирования, т. е. задается пустая матрица, представляющая собой ортотрансформированное изображение. Далее для элементов данной матрицы с координатами x^0, y^0 вычисляются соответствующие им координаты X, Y точки местности по формулам

$$\left. \begin{aligned} X &= X_S + (Z - Z_S) \frac{x^0}{(-f)} \\ Y &= Y_S + (Z - Z_S) \frac{y^0}{(-f)} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где x^0, y^0 – ортотрансформированные координаты;

X, Y, Z – геодезические координаты точки местности;

X_S, Y_S, Z_S – геодезические координаты точки фотографирования;

f – фокусное расстояние камеры.

На первом этапе высоты точек неизвестны. В формулу (5) подставляются средние значения высот для данного участка местности. По вычисленным плановым координатам на основе ЦМР определяется высота элементарного участка местности. Так как в формуле использовалось не истинное значение высоты, а приближенное, то и плановые координаты были получены приближенными. Далее происходит уточнение координат с помощью итераций до тех пор, пока разница высотных координат, полученных из соседних итераций, не будет меньше допустимого значения. Таким образом, будут определены истинные координаты точки местности, соответствующие элементу ортотрансформированного снимка.

На следующем этапе вычисляют плоские координаты точки на исходном изображении по формулам

$$\left. \begin{aligned} x - x_o &= -f \frac{X^*}{Z^*} \\ y - y_o &= -f \frac{Y^*}{Z^*} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где x, y – плоские координаты точки на исходном снимке;

x_o, y_o – координаты главной точки снимка;

X^*, Y^*, Z^* – пространственные координаты точки местности, которые вычисляются по формулам

$$\left. \begin{aligned} X^* &= a_1(X - X_S) + b_1(Y - Y_S) + c_1(Z - Z_S) \\ Y^* &= a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S) \\ Z^* &= a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S) \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ – направляющие косинусы.

Затем элементу цифрового ортотрансформированного снимка с координатами x^0, y^0 присваивается значение яркости пикселя с координатами x, y , вычисленными по формуле (6). Аналогичным образом выполняются вычисления для каждого пикселя.

2.2.3. Технология создания ортофотопланов

Обобщенная блок-схема создания ортофотопланов по данным аэро-съемки представлена на рис. 2.

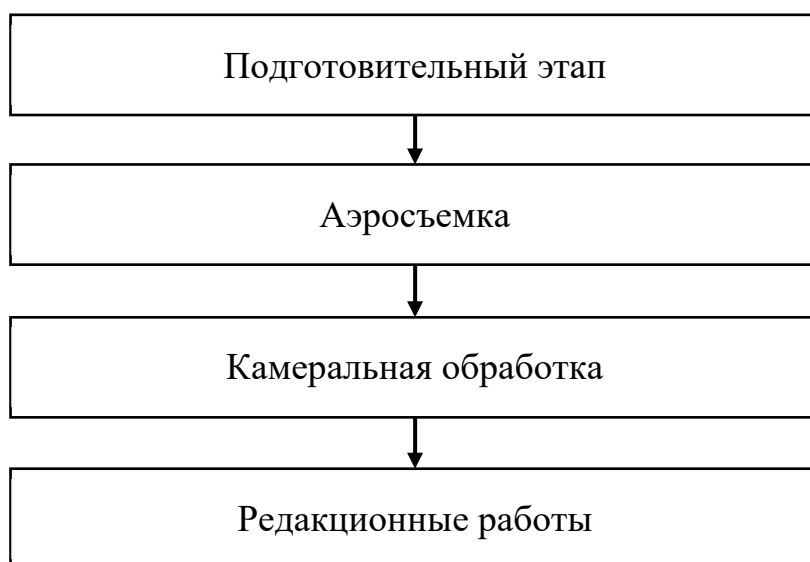


Рис. 2. Обобщенная блок-схема создания ортофотопланов по данным аэросъемки

Подготовительный этап включает в себя определение целей создания ортофотоплана, изучение физико-географического описания территории, а также имеющихся исходных данных (карты, аэроснимков, данных о рельефе). Далее выполняется планирование аэросъемки, а именно пилотируемая или беспилотная, направление маршрутов, расчет основных параметров съемки (высота фотографирования, масштаб, фокусное расстояние, продольное и поперечное перекрытие, базис фотографирования, расстояние между аэросъемочными маршрутами). В случае если местность мало контурная, выполняется маркировка опознаков, которая заключается в разметке временных пунктов на местности и определении их геодезических координат.

На основе полученных данных осуществляется аэросъемка. Также проводится комплекс полевых геодезических работ с целью обеспечения планово-высотной подготовки материалов съемки.

Во время камеральных работ в специализированном фотограмметрическом программном обеспечении выполняется создание сети пространственной фототриангуляции по материалам аэросъемочных работ, с помощью стереорежима или автоматизированных алгоритмов создается цифровая модель рельефа или поверхности, выполняется построение ортофотоплана.

В случае если это требуется технической документацией, выполняется деление единого ортофотоплана на планшеты, формируется зарамочное оформление, данные экспортируются в заданный формат.

Подготовка технического отчета включает документирование процесса создания ортофотоплана, указание использованного оборудования, методов обработки и точности полученных данных [2–7].

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Построение модели по стереопаре снимков

Исходные данные для выполнения курсовой работы:

- стереопара аэроснимков;
- паспортные данные камеры;
- каталог геодезических координат опорных точек;
- абрисы с изображениями опорных точек;
- система координат;
- цифровая фотограмметрическая станция PHOTOMOD.

В программе PHOTOMOD создайте локальный профиль и подключите виртуальную папку, в которой будет храниться проект. Перезапустите ПО и создайте новый проект, где необходимо указать тип проекции, систему координат, минимальную и максимальную высоты местности, а также путь к проекту. Далее загрузите стереопару снимков в проект без сжатия.

Создайте файл с параметрами камеры, либо импортируйте его (при его наличии), либо внесите данные вручную. Присвойте созданную камеру снимкам.

Загрузите каталог опорных точек и выполните измерение их координат на стереопаре снимков, используя абрисы. Кроме того, необходимо измерить координаты ориентировочных точек в шести стандартных зонах по одной точке. Выбирать точки следует на четких контурах на поверхности Земли. Контроль измерений выполняют по остаточному поперечному параллаксу (допуск см. [3]). Если параллакс не в допуске, то нужно выполнить проверку измерений: возможно, где-то присутствуют ошибки.

Когда остаточный поперечный параллакс будет иметь допустимое значение, можно переходить к следующему этапу.

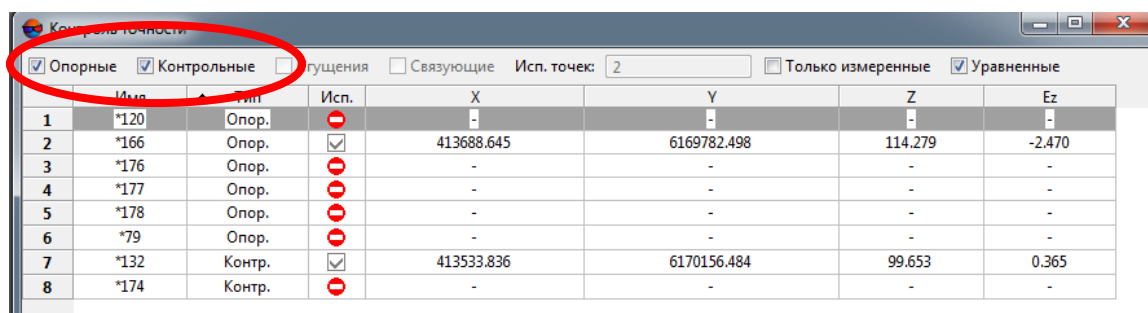
Внешнее ориентирование модели осуществляется на основе опорных точек. Расхождения их координат сравниваются с допустимыми значени-

ями (см. [3]), если допуски превышены, то выполняется корректировка измерений. Когда значения ошибок не превышают допуски, то добавляют контрольные точки, в качестве которых выбирают несколько опорных, расположенных в разных частях стереопары. Внешнее ориентирование модели считается завершенным, когда ошибки на опорных и контрольных точках не превышают допустимые.

На этом построение одиночной модели по стереопаре снимков методом на основе компланарности соответственных лучей завершено, и можно переходить к исследованию точности построения ортофотопланов.

3.2. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от количества опорных точек

Для построения ортофотоплана необходимо создать сетку с заданным шагом на всю стереопару снимков, по сетке выполняется расчет пикетов, при этом выбирается конфигурация коррелятора в соответствии с местностью, изображенной на снимках. По пикетам строится нерегулярная триангуляционная сеть, а далее цифровая модель рельефа, для которой необходимо сохранить отчет по оценке точности. Ортофотоплан создается на основе ЦМР. Для получения средних квадратических ошибок для опорных и контрольных точек отдельно, при сохранении отчетов используйте функции выбора (рис. 3).



	Имя	Тип	Исп.	X	Y	Z	Ez
1	*120	Опор.	❌	-	-	-	-
2	*166	Опор.	✅	413688.645	6169782.498	114.279	-2.470
3	*176	Опор.	❌	-	-	-	-
4	*177	Опор.	❌	-	-	-	-
5	*178	Опор.	❌	-	-	-	-
6	*79	Опор.	❌	-	-	-	-
7	*132	Контр.	✅	413533.836	6170156.484	99.653	0.365
8	*174	Контр.	❌	-	-	-	-

Рис. 3. Отчет по оценке точности ЦМР

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от количества опорных точек необходимо вернуться к этапу

внешнего ориентирования модели и исключить одну опорную точку. Контрольные точки остаются неизменными. Выполните уравнивание и сохраните отчет.

Постройте ортофотоплан аналогично описанному выше, то есть на ту же территорию и с теми же параметрами, сохраните отчеты по оценке точности ЦМР и ортофотоплана.

Вернитесь к этапу внешнего ориентирования модели и исключите еще одну опорную точку. Повторите все действия до оценки точности ортофотоплана.

3.3. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от расположения опорных точек

Для построения ортофотоплана необходимо создать сетку с заданным шагом на всю стереопару снимков, по сетке выполняется расчет пикетов, при этом выбирается конфигурация коррелятора в соответствии с местностью, изображенной на снимках. По пикетам строится нерегулярная триангуляционная сеть, далее – цифровая модель рельефа, для которой необходимо сохранить отчет по оценке точности. Ортофотоплан создается на основе ЦМР, и формируется отчет по оценке точности. Для получения средних квадратических ошибок для опорных и контрольных точек отдельно, при сохранении отчетов используйте функции выбора (см. рис. 3).

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от расположения опорных точек необходимо вернуться к этапу внешнего ориентирования модели и оставить только три опорные точки, расположенные стандартно – по углам стереопары. Контрольные точки остаются неизменными. Выполните уравнивание и сохраните отчет.

Постройте ортофотоплан аналогично описанному выше, т. е. на ту же территорию и с теми же параметрами, сохраните отчеты по оценке точности ЦМР и ортофотоплана.

Вернитесь к этапу внешнего ориентирования модели и оставьте только три опорные точки, расположенные в линию с одной стороны перекрытия стереопары. Контрольные точки остаются неизменными. Повторите все действия до оценки точности ортофотоплана.

3.4. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от наличия элементов внешнего ориентирования снимков

Для построения ортофотоплана необходимо создать сетку с заданным шагом на всю стереопару снимков. По сетке выполняется расчет пикетов, при этом выбирается конфигурация коррелятора в соответствии с местностью, изображенной на снимках. По пикетам строится нерегулярная триангуляционная сеть, далее – цифровая модель рельефа, для которой необходимо сохранить отчет по оценке точности. Для получения средних квадратических ошибок для опорных и контрольных точек отдельно, при сохранении отчетов используйте функции выбора (см. рис. 3). Ортофотоплан создается на основе ЦМР и формируется отчет по оценке точности.

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана, в зависимости от наличия элементов внешнего ориентирования снимков, вернитесь к этапу уравнивания.

Импортируйте элементы внешнего ориентирования снимков (рис. 4).

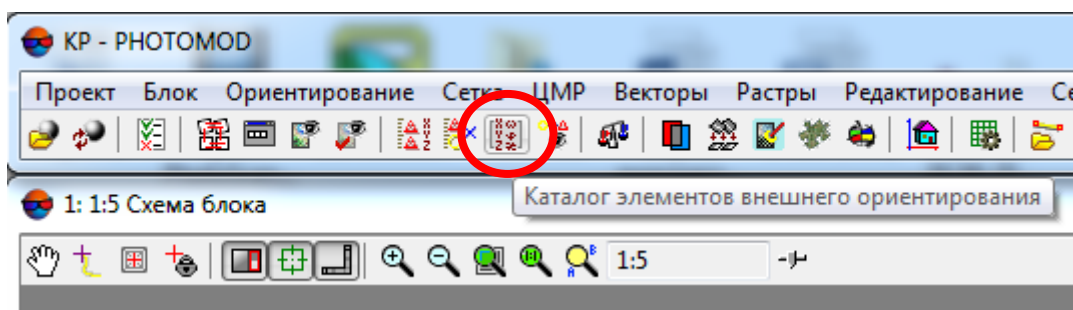


Рис. 4. Импорт каталога элементов внешнего ориентирования снимков

Переуравняйте модель, сохраните отчет и постройте ортофотоплан на ту же территорию, как описано выше (с теми же параметрами), и сохраните отчеты по оценке точности ЦМР и ортофотоплана.

Далее вернитесь к уравниванию и исключите все опорные точки, кроме одной. В результате для внешнего ориентирования будут использоваться два центра проекции и опорная точка.

Постройте ортофотоплан на ту же территорию, как описано выше (с теми же параметрами), и сохраните отчеты по оценке точности ЦМР и ортофотоплана.

3.5. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от плотности сбора исходной информации о рельефе

Для построения ортофотоплана необходимо создать сетку с заданным шагом на всю стереопару снимков. По сетке выполняется расчет пикетов, при этом выбирается конфигурация коррелятора в соответствии с местностью, изображенной на снимках. По пикетам строится нерегулярная триангуляционная сеть, далее – цифровая модель рельефа, для которой необходимо сохранить отчет по оценке точности. Для получения средних квадратических ошибок для опорных и контрольных точек отдельно, при сохранении отчетов используйте функции выбора (см. рис. 3). Ортофотоплан создается на основе ЦМР, и формируется отчет по оценке точности.

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от плотности сбора исходной информации о рельефе необходимо изменить шаг сетки в соответствии с вариантом. Выполнить построение ЦМР и ортофотоплана по пикетам, построенным с разной плотностью.

3.6. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от применения алгоритмов фильтрации ЦМР

Для построения ортофотоплана необходимо создать сетку с заданным шагом на всю стереопару снимков. По сетке выполняется расчет пикетов, при этом выбирается конфигурация коррелятора в соответствии с местностью, изображенной на снимках. По пикетам строится нерегулярная триангуляционная сеть, далее – цифровая модель рельефа, для которой необходимо сохранить отчет по оценке точности. Для получения средних квадра-

тических ошибок для опорных и контрольных точек отдельно, при сохранении отчетов используйте функции выбора (см. рис. 3). Ортофотоплан создается на основе ЦМР, и формируется отчет по оценке точности.

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от применения алгоритмов фильтрации ЦМР необходимо применить сглаживающий фильтр с различными значениями апертуры (заданы вариантом) к цифровой модели рельефа (рис. 5).

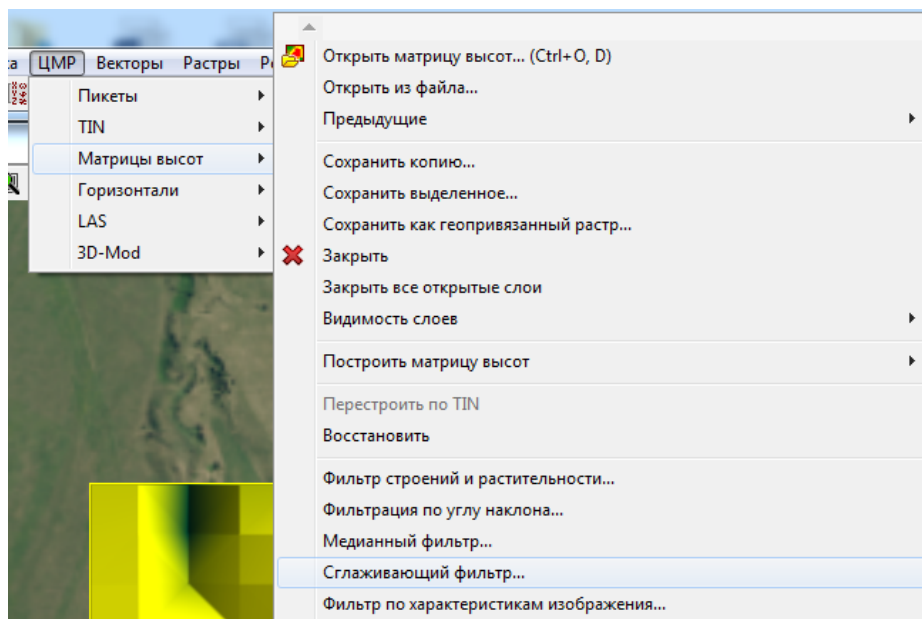


Рис. 5. Меню выбора сглаживающего фильтра

Сохраните отчет по оценке точности ЦМР и постройте ортофотоплан. Выполните оценку точности ортофотоплана. Повторите действия, изменив значение апертуры.

3.7. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от точности ЦМР

Для построения ортофотоплана необходимо создать сетку с заданным шагом на всю стереопару снимков. По сетке выполняется расчет пикетов, при этом выбирается конфигурация коррелятора в соответствии с местно-

стью, изображенной на снимках. По пикетам строится нерегулярная триангуляционная сеть, далее – цифровая модель рельефа, для которой необходимо сохранить отчет по оценке точности. Для получения средних квадратических ошибок для опорных и контрольных точек отдельно, при сохранении отчетов используйте функции выбора (см. рис. 3). Ортофотоплан создается на основе ЦМР и формируется отчет по оценке точности.

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от точности ЦМР постройте модель рельефа еще раз (по TIN – Triangulated Irregular Network, созданному ранее), но изменив размер ячейки матрицы высот на заданное значение (рис. 6), также и для третьего эксперимента. Остальные операции повторяются аналогично первому эксперименту.

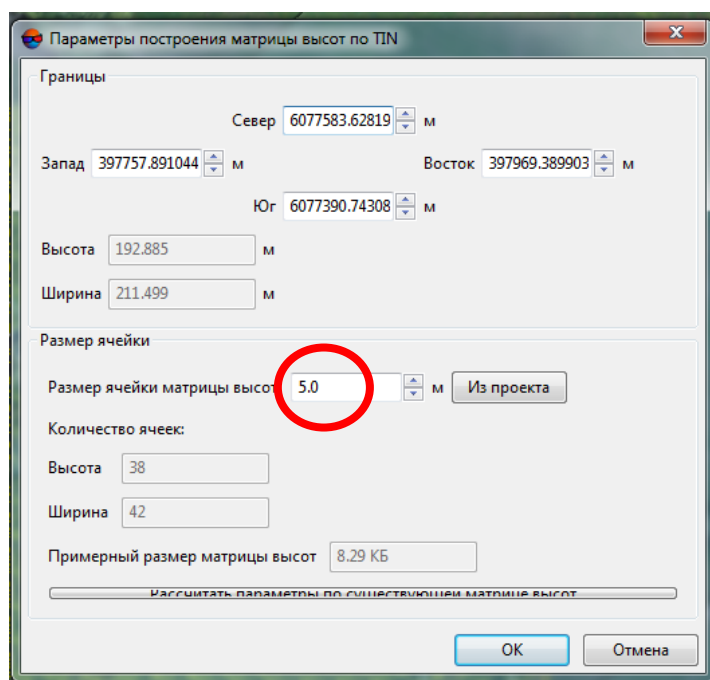


Рис. 6. Параметры построения матрицы высот

Соответственно, будет построено три ЦМР с разными размерами ячейки и, соответственно, три ортофотоплана.

3.8. Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от степени сжатия снимков

Выполните построение одиночной модели по стереопаре снимков (в соответствии с вашим вариантом). При загрузке снимков выберите «без сжатия» (рис. 7).

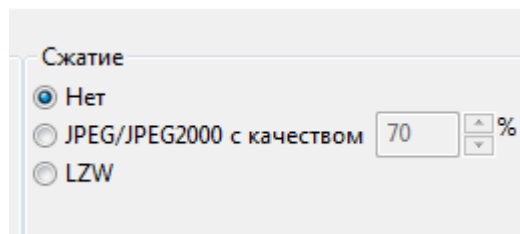


Рис. 7. Меню выбора сжатия снимков при загрузке в проект

При внешнем ориентировании выберите 2 контрольные точки, а остальные будут опорными. Выполните оценку точности полученной модели. Далее постройте ортофотоплан. Сохраните отчеты по оценке точности цифровой модели рельефа и ортофотоплана.

Для выполнения исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от степени сжатия снимков необходимо создать новый проект и при загрузке в него снимков указать сжатие в соответствии с вариантом (рис. 8).

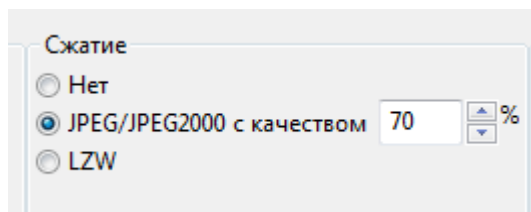


Рис. 8. Меню изменения степени сжатия снимков при загрузке в проект

Чтобы не выполнять измерения координат запроектированных точек снова, предварительно нужно выполнить экспорт измерений (рис. 9).

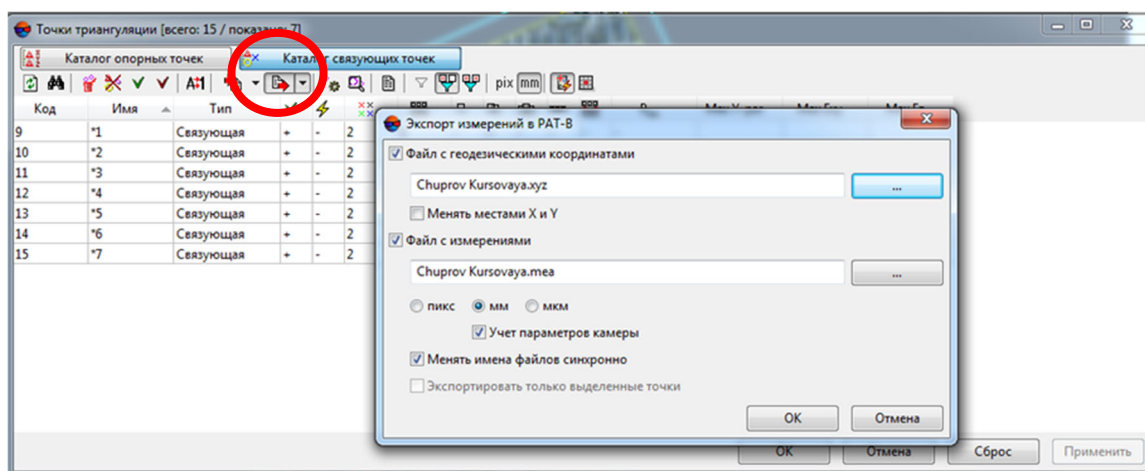


Рис. 9. Окно экспорта измерений координат точек проекта

После создания нового проекта со сжатыми снимками загружается камера и присваивается им, импортируются координаты всех точек, измеренные при создании первого проекта (рис. 10).

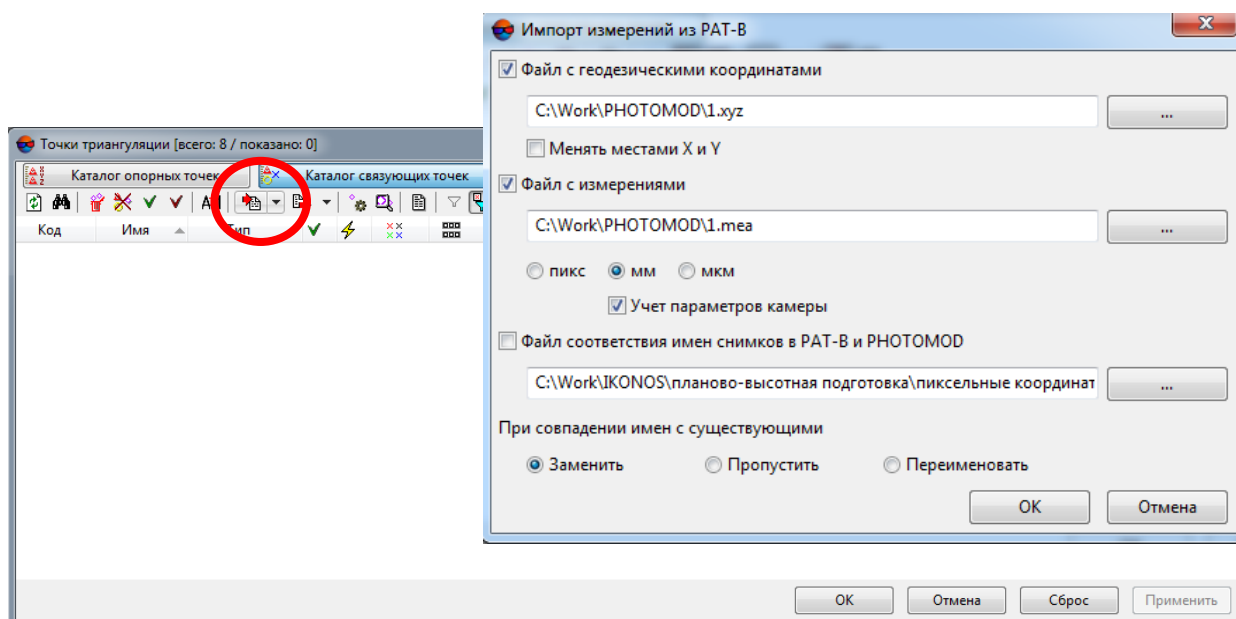


Рис. 10. Окно импорта измерений координат точек проекта

Далее выполните обновление состояния проекта (рис. 11) и уравнийте проект.

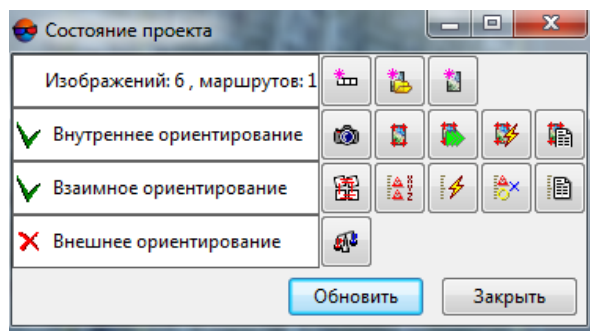


Рис. 11. Состояние проекта

Постройте ЦМР и ортофотоплан на ту же территорию, что и в первом эксперименте (с теми же параметрами), и сохраните отчеты по оценке точности ЦМР и ортофотоплана.

Для третьего эксперимента создайте новый проект и при загрузке снимков укажите новую степень сжатия.

Постройте модель, ЦМР и ортофотоплан на ту же территорию, что и в первом эксперименте (с теми же параметрами), и сохраните отчеты по оценке точности ЦМР и ортофотоплана.

3.9. Анализ результатов

В результате выполнения экспериментов будут сформированы отчеты по оценке точности построения модели, ЦМР и ортофотоплана, как показано в примерах в прил. 5. Оформите полученные результаты в виде рисунков (рис. П.5.1 – П.5.3), графиков, таблиц (табл. П.5.1, П.5.2) и выполните анализ данных.

Необходимо проанализировать данные и сделать выводы о том, как изменение того или иного параметра повлияло на точность ортофотоплана.

4. ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Теоретические основы построения модели по стереопаре снимков.
2. Исходные данные и материалы для построения одиночной модели по паре цифровых изображений.
3. Оценка фотографического и фотограмметрического качества снимков.
4. Внутреннее ориентирование снимков.
5. Взаимное ориентирование снимков.
6. Определение фотограмметрических координат точек модели по формулам прямой фотограмметрической засечки.
7. Внешнее ориентирование модели.
8. Определение геодезических координат точек модели.
9. Оценка точности построения одиночной модели по стереопаре снимков.
10. Назначение и методы трансформирования снимков.
11. Цифровые модели рельефа и способы их создания.
12. Цифровое ортотрансформирование снимков.
13. Создание фотопланов и ортофотопланов по цифровым снимкам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» на тему «Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от заданных параметров» подготовлены в соответствии с рабочей программой дисциплины для обучающихся по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (уровень бакалавриата).

В результате выполнения курсовой работы обучающиеся приобретают навыки теоретических и экспериментальных исследований, анализа результатов, а также работы с научно-технической и нормативной литературой.

Полученные знания, умения и навыки могут быть применены в будущей профессиональной деятельности выпускников направления 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буров М. И., Краснопевцев Б. В., Михайлов А. П. Практикум по фотограмметрии : учеб.-метод. пособие. – М. : Недра, 1987. – 302 с.
2. Головина Л. А., Дубовик Д. С. Топографическое дешифрирование снимков : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГГА, 2011. – 59 с.
3. Гордиенко, А. С. Дистанционное зондирование и фотограмметрия. Теория стереопары снимков. Основы пространственной фототриангуляции : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 88 с.
4. Гордиенко А. С., Кулик Е. Н. Современные методы дистанционного зондирования для решения задач геодезии : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 82 с.
5. ГОСТ Р 51833–2001. Фотограмметрия. Термины и определения. – Введ. 2002–07–01. – М. : Госстандарт России, 2001. – 63 с.
6. ГОСТ Р 52369–2005. Фототопография. Термины и определения. – Введ. 2006–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 2005. – 48 с.
7. Гук А. П., Конечный Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование : учебник. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 248 с.
8. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов (Обязательна для исполн. всеми субъектами геодезической и картограф. деят.) : ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М. : ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.
9. Краснопевцев Б. В. Фотограмметрия. – М. : Репрография МИИГАиК, 2008. – 160 с.
10. Лобанов А. Н. Фотограмметрия : учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1984. – 552 с.
11. Михайлов А. П. Фотограмметрия : учебник / А. П. Михайлов, А. Г. Чибуничев ; под общ. ред. А. Г. Чибуничева. – М. : МИИГАиК, 2016. – 294 с.

12. Назаров А. С. Фотограмметрия : пособие для студ. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ТетраСистемс, 2010. – 400 с.
13. Новаковский Б. А., Пермяков Р. В. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа : учеб.-метод. пособие. – М. : МИИГАиК, 2019. – 175 с.
14. Сердюков В. М. Фотограмметрия : учеб.-метод. пособие. – М. : Высшая школа, 1983. – 351 с.
15. Хлебникова Е. П. Фотограмметрия и дистанционные методы зондирования Земли. Фотограмметрическая обработка одиночных снимков. Трансформирование аэроснимков. Фотосхемы и фотопланы : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 112 с.
16. Чибуничев А. Г. Фотограмметрия : учеб.-метод. пособие. – М. : МИИГАиК, 2022. – 328 с.
17. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модель и методы обработки изображений. – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО СМК СГУГиТ 8.5–39–2025. Стандарт организации. Государственная итоговая аттестация выпускников СГУГиТ. Структура и правила оформления. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 67 с.
2. Гордиенко А. С. Дистанционное зондирование и фотограмметрия. Теория стереопары снимков. Основы пространственной фототриангуляции : учеб.-метод. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 88 с.
3. ГКИНП (ГНТА) 02-036–02. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов / Федеральная служба геодезии и картографии России. - М. : ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.
4. Краснопевцев Б. В. Фотограмметрия. – М. : Репрография МИИГАиК, 2008. – 160 с.
5. Гордиенко А. С., Кулик Е. Н. Современные методы дистанционного зондирования для решения задач геодезии : учебно-методическое пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – 82 с.
6. Гук А. П., Конечный Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование : учебник. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 248 с.
7. Чибуничев А. Г. Фотограмметрия : учеб.-метод. пособие. – М. : МИИГАиК, 2022. – 328 с.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Институт геодезии и менеджмента
Кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине
«Фотограмметрия и дистанционное зондирование»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОРТОФОТОПЛАНА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРОВ
(вариант Х)

Обучающийся

Группа

Руководитель

Дата допуска к защите

канд. техн. наук,
доцент Гордиенко А. С.

Оценка по результатам защиты

Подписи членов комиссии

Гордиенко А. С.

Арбузов С. А.

Шляхова М. М.

Чермошенцев А. Ю.

Новосибирск – 20XX

ОБРАЗЕЦ ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Институт геодезии и менеджмента
Кафедра фотограмметрии и дистанционного зондирования

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ФиДЗ
Комиссаров А. В.
« » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование»

обучающемуся (ейся) Махаланобису Прасанте Чандре,
группы _____.

Тема работы Исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от заданных параметров (вариант XX).

Руководитель Гордиенко Антонина Сергеевна, канд. техн. наук, доцент каф. ФиДЗ

Тема утверждена распоряжением по институту геодезии и менеджмента,
протокол № _____ от _____

Срок сдачи выполненной работы _____

Задание и перечень рассматриваемых вопросов: рассмотреть теоретические основы создания ортофотопланов, выполнить экспериментальные исследования точности построения ортофотоплана в зависимости от заданных параметров с использованием программного продукта PHOTOMOD.

Перечень графического материала с указанием основных чертежей: ортофотоплан и оценка точности ортофотоплана.

Исходные данные к курсовой работе: рассмотрение теоретических аспектов создания ортофотопланов, стереопара аэроснимков, программное обеспечение PHOTOMOD, исследование точности построения ортофотоплана в зависимости от заданных параметров.

ОБРАЗЕЦ ГРАФИКА НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

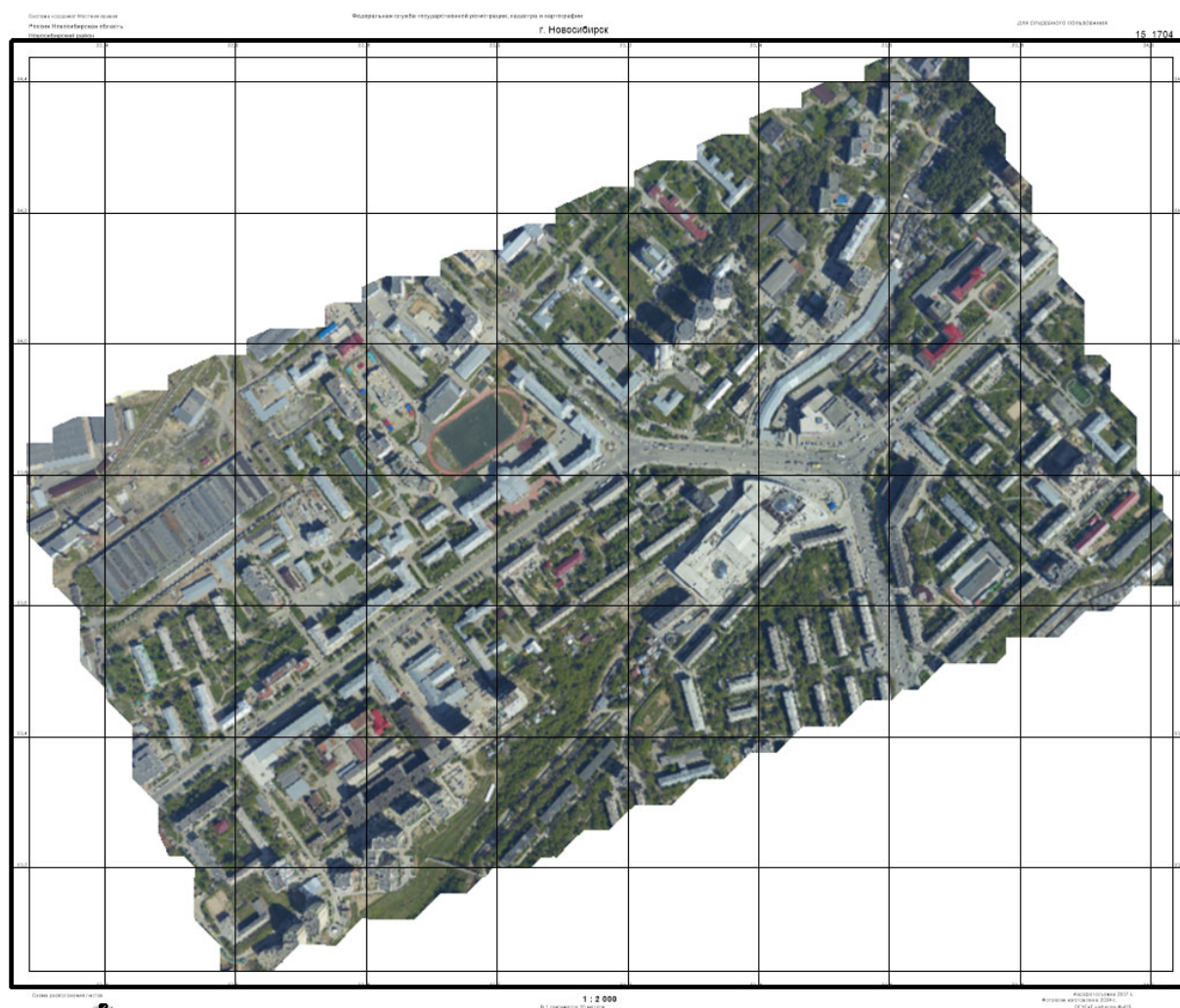
ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Этапы выполнения курсовой работы	Срок исполнения	Отметка о выполнении этапа работы
1. Выдача заданий на курсовую работу, общие положения курсовой работы		
2. Подбор и изучение исходных материалов		
3. Подбор и анализ литературных источников		
4. Выполнение экспериментальных работ		
5. Подготовка текста первого раздела		
6. Подготовка текста второго раздела		
7. Подготовка текста третьего раздела		
8. Сдача работы на проверку		
9. Защита курсовой работы		

Руководитель _____ Гордиенко А. С.
XX.XX.20XX г.

Обучающийся _____ / _____ Махаланобис П. Ч.
XX.XX.20XX г.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ОРТОФОТОПЛАНА



ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица П.5.1

Оценка точности уравнивания

Номер эксперимента	Опорные точки		Контрольные точки	
	$m\Delta L$, м	$m\Delta Z$, м	$m\Delta L$, м	$m\Delta Z$, м
Первый эксперимент	0,312	0,122	0,083	0,210
Второй эксперимент	0,409	0,001	0,062	0,060
Третий эксперимент	0,409	0,001	0,062	0,060

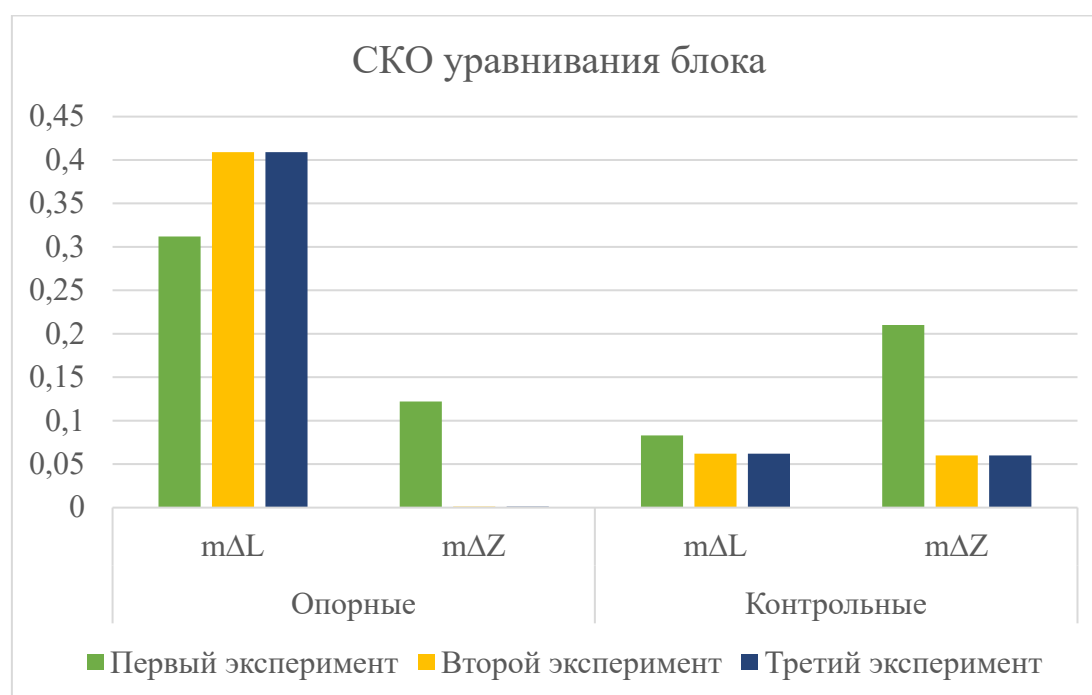


Рис. П.5.1. Оценка точности уравнивания

Оценка точности ЦМР

Номер эксперимента	Опорные точки	Контрольные точки
	$m\Delta Z$, м	$m\Delta Z$, м
Первый эксперимент	0,777	0,876
Второй эксперимент	0,694	0,780
Третий эксперимент	0,694	0,780

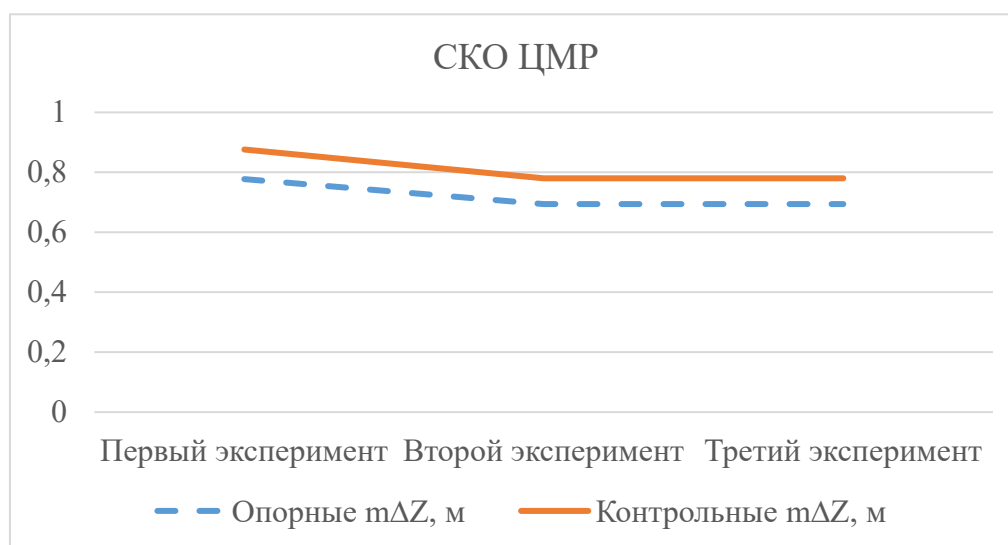


Рис. П.5.2. Оценка точности ЦМР

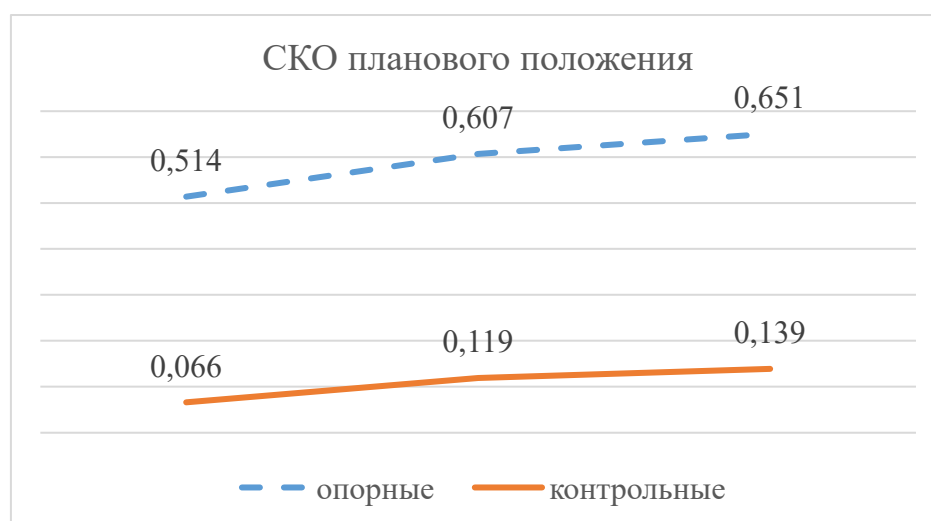


Рис. П.5.3. Оценка точности ортофотопланов

Учебное издание

Гордиенко Антонина Сергеевна

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Редактор *О. В. Георгиевская*

Компьютерная верстка *А. П. Бочарниковой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 06.11.2025. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 2,15. Тираж 33 экз. Заказ 148.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 8.