



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
(МИИГАиК)

Геодезический факультет
Кафедра геодезии



**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5387FD2AF5B17FED816FDE9A1D4973B1
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 21.07.2025 по 14.10.2026

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
А. Л. Степанченко
15 мая 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«ФТД.02 МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ПО
АЭРОФОТОСЪЕМКЕ»**

Уровень высшего образования: магистратура

Направление подготовки: 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Геодезия

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 2 года

Объем:
в зачетных единицах: 2 з.е.
в академических часах: 72 ак.ч.

Москва, 2026

Разработчики:

Доцент кафедры Геодезии, к.т.н. Насереддин Х.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 11.08.2020 № 938

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	28.01.2026, № 14

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)
2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы
3. Место дисциплины в структуре ОП
4. Объем дисциплины и виды учебной работы
5. Содержание дисциплины
 - 5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий
 - 5.2. Содержание разделов, тем дисциплины и формы текущего контроля
6. Оценочные материалы текущего контроля
7. Оценочные материалы промежуточной аттестации
8. Порядок проведения промежуточной аттестации
9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины
 - 9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - 9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся
 - 9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине
 - 9.4. Оборудование и технические средства обучения
10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины - сформировать у обучающихся систему теоретических знаний и практических навыков в области создания цифровых моделей местности (ЦММ) на основе данных аэрофотосъемки, охватывающую полный технологический цикл: от планирования съёмочных работ до оценки качества и визуализации конечных продуктов

Задачи изучения дисциплины:

- Научиться обосновывать выбор параметров съемки исходя из требуемых характеристик конечной ЦММ;
- Освоить этап фототриангуляции и научиться разделять наземные объекты и растительность для получения разных типов моделей (ЦМР и ЦММ);
- Научиться выполнять контроль качества финального продукта и выявлять систематические ошибки.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-7 Способен разрабатывать и руководить внедрением проектных решений в сфере профессиональной деятельности

ПК-7.1 Организует и управляет проектами производства геодезических работ по созданию, поддержанию и развитию государственной координатной основы

Знать:

ПК-7.1/Зн1 Основные типы и классы БАС, используемых при аэрофотосъемке местности

Уметь:

ПК-7.1/Ум1 Осуществлять обоснованный выбор БАС, для получения различных данных дистанционного съёмки, в зависимости от решаемых практических или исследовательских задач

Владеть:

ПК-7.1/Нв3 Навыками разработки проектной документации (проект производства работ) на выполнение топографо-геодезических и аэросъёмочных работ с использованием специализированного программного обеспечения для планирования полётов и управления проектами

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) ФТД.02 «Методы построения цифровых моделей местности по аэрофотосъемке» относится к обязательной части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 3.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к решению типов задач профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО и образовательной программой.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период	/доемкость сы)	/доемкость ЭТ)	ые занятия сы)	е занятия сы)	ая аттестация сы)
--------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------	----------------------

обучения	Общая труд (час)	Общая труд (ЗЕ)	Лаборатория (час)	Лекции (час)	Промежуточные (час)
3 семестр	72	2	54	18	Зачет
Всего	72	2	54	18	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лабораторные занятия	Лекционные занятия	Планируемые результаты обучения, соответствующие результатам освоения программы
Раздел 1. Методы построения цифровых моделей местности по аэрофотосъемке	72	54	18	ПК-7.1
Тема 1.1. Введение в цифровое моделирование местности. Классификация моделей.	9	7	2	
Тема 1.2. Технология получения исходных данных. Планирование аэрофотосъёмочных работ.	9	7	2	
Тема 1.3. Геометрические свойства аэрофотоснимка. Элементы ориентирования.	9	7	2	
Тема 1.4. Фотограмметрическое уравнивание (блочная триангуляция).	9	7	2	
Тема 1.5. Построение плотного облака точек (Алгоритмы стереосопоставления).	9	7	2	
Тема 1.6. Фильтрация и классификация облака точек.	9	7	2	
Тема 1.7. Математические методы интерполяции для создания регулярной сетки.	10	7	3	
Тема 1.8. Контроль качества, оценка точности и визуализация конечных продуктов.	8	5	3	
Итого	72	54	18	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Методы построения цифровых моделей местности по аэрофотосъемке

Тема 1.1. Введение в цифровое моделирование местности. Классификация моделей.

Данная глава закладывает терминологическую базу курса. Здесь даются строгие определения трём основным типам моделей: ЦМР (цифровая модель рельефа — отображение только голой земли без растительности и построек), ЦМП (цифровая модель поверхности — отображение всех объектов, включая деревья и крыши зданий) и ЦММ (обобщающий термин для любой цифровой модели местности). Рассматриваются растровые (регулярная сетка) и векторные (TIN – нерегулярная триангуляционная сеть) способы хранения данных. Глава также освещает исторический переход от аналоговых стереопланографов к современным цифровым фотограмметрическим станциям. Определяются критерии выбора типа модели в зависимости от инженерной задачи: для подсчёта объёмов грунта нужна ЦМР, а для построения ортофотоплана — ЦМП.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.2. Технология получения исходных данных. Планирование аэрофотосъёмочных работ.

Глава посвящена наземному этапу, определяющему 50% успеха всей работы. Здесь изучаются правила расчёта высоты фотографирования (H) исходя из требуемого разрешения GSD (Ground Sample Distance) и параметров камеры. Детально рассматриваются коэффициенты продольного (обычно 80%) и поперечного (60%) перекрытия, обеспечивающие стереоэффект и связность снимков. Описывается влияние времени суток (высота солнца) на контрастность снимков и образование теней, а также метеоусловия (скорость ветра, дымка). Кроме того, вводятся понятия базиса фотографирования (расстояние между центрами соседних снимков) и расчёта количества маршрутов для покрытия заданного полигона. Особое внимание уделяется современным требованиям к навигационному обеспечению (использование RTK/PPK для получения точных координат центров проекции).

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.3. Геометрические свойства аэрофотоснимка. Элементы ориентирования.

Данная глава раскрывает математическую основу фотограмметрии — центральную проекцию. Рассматривается, почему снимок является перспективным изображением, а не ортогональным, и как это влияет на смещение точек за рельеф. Изучаются элементы внутреннего ориентирования (фокусное расстояние, координаты главной точки, дисторсия объектива) и элементы внешнего ориентирования (три угловых элемента — ω , ϕ , κ , описывающие наклоны снимка в пространстве, и три линейных — X, Y, Z, описывающие положение центра проекции в системе координат объекта). Глава объясняет, как эти элементы позволяют перейти от 2D-координат пикселя к 3D-координатам точки местности через коллинеарные преобразования, и подчеркивает критическую важность точного их определения для построения безошибочной модели.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.4. Фотограмметрическое уравнивание (блочная триангуляция).

Глава описывает процесс сборки разрозненных снимков в единый геометрически целостный блок. В центре внимания — метод независимых моделей и метод связок (пучков) лучей (Bundle Block Adjustment). Этот метод минимизирует невязки в координатах связующих точек на перекрытиях, одновременно уточняя параметры внешнего ориентирования каждого снимка. Рассматривается введение в процесс уравнивания жёстких и свободных опорных точек (GCP). Особое внимание уделяется устранению систематического дрейфа модели («эффекта банана»), возникающего из-за ошибок в траектории БВС. Объясняется, как использование высокоточных координат центров проекции (с RTK/PPK) позволяет выполнить уравнивание с минимальным количеством наземных марок или вовсе без них.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.5. Построение плотного облака точек (Алгоритмы стереосопоставления).

Эта глава знаменует переход от геометрии снимков к трёхмерной структуре сцены. Рассматриваются современные алгоритмы автоматического поиска соответствий (Image Matching) на стереопарах, такие как SGM (Semi-Global Matching) и MVS (Multi-View Stereo). Объясняется, как алгоритмы вычисляют диспаратность (сдвиг пикселей между снимками), которая пропорциональна высоте объекта. Изучается влияние качества текстур (однородные поверхности, засвеченные участки) на плотность облака, а также методы борьбы с «провалами» на глянцевых и водных поверхностях. В главе сравниваются плотные облака, полученные фотограмметрическим методом, с облаками LiDAR, анализируются преимущества первого (цветная атрибутика каждого пикселя) и недостатки (зависимость от освещения). Конечным продуктом этапа является цветное облако точек, содержащее миллионы точек с координатами X, Y, Z и значениями RGB.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.6. Фильтрация и классификация облака точек.

Данная глава является самым трудоёмким и интеллектуальным этапом обработки. Описываются методы отделения точек «земли» (Ground) от точек «объектов» (Non-Ground): деревья, кустарники, здания, провода. Рассматриваются фильтры, основанные на анализе уклонов (Slope-based) — точка удаляется, если угол подъёма к ней превышает пороговое значение, и фильтры на основе морфологии (открывающие операции). Детально разбирается проблема классификации точек в городской среде (острые края крыш, карнизы) и лесной местности (многоярусный полог). Вводится понятие «интеллектуальной фильтрации» с использованием алгоритмов машинного обучения (например, Random Forest), которые учитывают не только высоту, но и интенсивность отражения, локальную кривизну и текстурные признаки. Итогом является бинарная (или мультиклассовая) маска точек, которая затем используется для построения чистой ЦМР.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 1.7. Математические методы интерполяции для создания регулярной сетки.

После фильтрации мы имеем неравномерно распределённое множество точек земли (Ground). Задача главы — превратить этот дискретный набор в непрерывную регулярную сетку (растр) с шагом, заданным пользователем. Изучаются 4 основных метода: TIN (построение нерегулярной сети треугольников, сохраняющая точность исходных точек, но не дающая сглаживания); IDW (обратно-взвешенное расстояние — быстро, но чувствительно к выбросам); Кригинг (геостатистический метод, учитывающий пространственную автокорреляцию — оптимален для плавных рельефов, но медленный); и сплайн-интерполяция (создаёт гладкую изогнутую поверхность минимальной кривизны). В главе даются рекомендации по выбору метода в зависимости от характера рельефа: для горных территорий предпочтителен TIN, для равнинных сельхозугодий — Кригинг или IDW.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ

Тема 1.8. Контроль качества, оценка точности и визуализация конечных продуктов.

Заключительная глава посвящена метрологическому обеспечению работ. Изучаются методы оценки точности построенной ЦММ с использованием контрольных независимых точек (Check Points), не участвовавших в уравнивании. Вводится расчёт средней квадратической ошибки (СКО / RMSE) отдельно по плановым (X, Y) и высотным (Z) координатам, а также сопоставление с нормативными допусками (СП 47.13330). Рассматривается процесс создания производных продуктов: ортофотоплана (трансформированное изображение с устранёнными искажениями за рельеф), топографических горизонталей (изолиний) и трёхмерных визуализаций (Mesh-моделей). Дополнительно обсуждается оформление технического отчёта с паспортом качества данных. В финале изучаются современные подходы к визуализации в ГИС-системах и редакторах 3D-графики (Blender, QGIS) для наглядной демонстрации результатов заказчику.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ

6. Порядок проведения промежуточной аттестации

Порядок проведения промежуточной аттестации регламентируется локальными нормативными актами Университета:

- Положением о формах, периодичности, порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по основным образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.6 «Организация и проведение промежуточной аттестации».
- Положением о порядке осуществления образовательного процесса, проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», п.8 «Проведение промежуточной аттестации с применением ЭО и ДОТ».

Промежуточная аттестация: Зачет, 3 семестр.

Зачёт проводится в виде опроса согласно выдаваемому заранее списку вопросов для подготовки к зачёту и работам, выполнявшимся в рамках текущего контроля. Задаётся 1-3 вопроса. Положительная оценка выставляется, если возможно зачесть ответ на один из вопросов. На усмотрение преподавателя зачёт также может проводиться в виде тестирования согласно выдаваемому заранее списку вопросов для подготовки к зачёту и работам,

выполнявшимся в рамках текущего контроля. Положительная оценка в таком случае выставляется при определении системой более 40% правильных ответов. При проведении оценивания в ходе промежуточной аттестации преподаватель может учитывать результаты текущего контроля.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Методы построения цифровых моделей местности по аэрофотосъемке

Контролируемые ИДК: ПК-7.1

Тема 1.1. Введение в цифровое моделирование местности. Классификация моделей.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания о классификации цифровых моделей местности (ЦМР, ЦМП, ЦММ) и способах их хранения (растровая и векторная формы) путём решения практических задач по идентификации, анализу и выбору моделей для конкретных инженерных задач.

Тема 1.2. Технология получения исходных данных. Планирование аэрофотосъёмочных работ.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания о технологии получения исходных данных и сформировать практические навыки планирования аэрофотосъёмочных работ: расчёта высоты полёта, продольного и поперечного перекрытия, выбора параметров камеры и оценки производительности съёмки.

- Расчёта масштаба снимка и высоты фотографирования;
- Определения оптимальных параметров съёмки в зависимости от поставленной задачи;
- Оценки влияния перекрытий на количество снимков и производительность работ;
- Проектирования маршрутов аэрофотосъёмки для заданной территории.

Тема 1.3. Геометрические свойства аэрофотоснимка. Элементы ориентирования.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания о геометрических свойствах аэрофотоснимков как центральной проекции, изучить элементы внутреннего и внешнего ориентирования, освоить практические навыки расчёта смещений точек за рельеф и влияния углов наклона на геометрию снимка. Сформировать понимание критической важности точного определения элементов ориентирования для построения безошибочных цифровых моделей, так как ошибки в ориентировании приводят к систематическим искажениям и непригодности конечных продуктов.

Тема 1.4. Фотограмметрическое уравнивание (блочная триангуляция).

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Сформировать понимание того, что блочная триангуляция — это ключевой этап, определяющий всю геометрическую точность конечного продукта. Ошибки на этом этапе невозможно исправить на последующих стадиях обработки. Закрепить теоретические знания о фотограмметрическом уравнивании (блочной триангуляции), освоить практические навыки расчёта точности определения координат точек, понимания роли связующих и опорных точек, а также оценки влияния геометрии блока на точность конечной модели.

Тема 1.5. Построение плотного облака точек (Алгоритмы стереосопоставления).

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания об алгоритмах стереосопоставления (SGM, NCC, CENSUS), освоить практические навыки расчёта параметров эпполярной геометрии, анализа плотности облака точек и оценки влияния параметров сопоставления на качество конечной модели. Сформировать понимание того, что плотное облако точек — это «цифровой слепок» местности, и от качества его построения зависит успех всех последующих этапов обработки (интерполяция, классификация, визуализация).

Тема 1.6. Фильтрация и классификация облака точек.

Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания о методах фильтрации и классификации облака точек, освоить практические навыки отделения точек земли от точек объектов (деревья, здания), понимания критериев классификации и оценки качества фильтрации. Сформировать понимание того, что качество фильтрации и классификации напрямую влияет на точность ЦМР (модели рельефа) и пригодность данных для инженерных задач. Ошибки на этом этапе приводят к неверным расчётам объёмов, проектированию и моделированию.

Тема 1.7. Математические методы интерполяции для создания регулярной сетки.

Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания о математических методах интерполяции для создания регулярной сетки (GRID), освоить практические навыки расчёта значений высот в узлах сетки методами IDW, Кригинга, сплайн-интерполяции и TIN, а также научиться анализировать и сравнивать результаты различных методов. Сформировать понимание того, что выбор метода интерполяции существенно влияет на точность и достоверность конечной цифровой модели, а также ответственность за правильный выбор метода в зависимости от типа рельефа и поставленной задачи.

Тема 1.8. Контроль качества, оценка точности и визуализация конечных продуктов.

Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Вопросы/Задания:

1. Закрепить теоретические знания о методах контроля качества и оценки точности цифровых моделей местности, освоить практические навыки расчёта статистических показателей точности, анализа артефактов и визуализации конечных продуктов (ортофотопланы, 3D-модели, профили, горизонталы). Сформировать понимание ответственности за качество конечных продуктов, так как от их точности зависят принимаемые инженерные решения, безопасность строительства и экономическая эффективность проектов.

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

3 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-7.1

Вопросы/Задания:

1. Какой термин является обобщающим для любой цифровой модели местности, независимо от того, что на ней изображено (земля, деревья или здания)?

1. А) ЦМР (Цифровая модель рельефа)
2. Б) ЦМП (Цифровая модель поверхности)
3. В) ЦММ (Цифровая модель местности)

4. Г) TIN (Триангуляционная нерегулярная сеть)

2. Для решения какой инженерной задачи критически важно использовать исключительно ЦМР (модель «голой земли»)?

1. А) Построение ортофотоплана
2. Б) Подсчёт объёмов грунта при планировке площадки
3. В) Создание туристических навигационных карт
4. Г) Расчёт высоты линии радиовидимости

3. Какой тип модели (ЦМР или ЦМП) должен использоваться для построения ортофотоплана (исправленного аэроснимка) с целью минимизации искажений от объектов?

1. А) ЦМР, так как она показывает только землю
2. Б) ЦМП, так как она учитывает высоту крыш и крон деревьев для их корректного смещения
3. В) Любая, разницы нет
4. Г) Исключительно TIN-модель

4. Какая модель (ЦМР или ЦМП) будет содержать высоту верхушек деревьев и конька крыши здания?

1. А) Только ЦМР
2. Б) Только ЦМП
3. В) Обе модели в равной степени
4. Г) Ни одна из моделей

5. Какой математической моделью описывается геометрия одиночного аэрофотоснимка?

1. Ортогональной проекцией
2. Параллельной проекцией
3. Аксонометрической проекцией
4. Центральной проекцией

6. Вопросы для зачёта

Задание №1. Планирование маршрута и расчёт количества снимков Условие: необходимо отнять прямоугольный участок размером $800 \text{ м} \times 600 \text{ м}$. Высота полёта установлена на 120 м. Размер одного снимка в натуре (с учётом GSD) составляет $150 \text{ м} \times 100 \text{ м}$. Вы закладываете продольное перекрытие = 80% и поперечное перекрытие = 60%. Задание: Рассчитайте фактический шаг между центрами снимков вдоль линии (по курсу) и между линиями. Определите, сколько снимков будет в одном маршруте и сколько всего маршрутов потребуется для покрытия всего участка.

Задание №2. Выбор системы позиционирования (RTK vs PPK vs GCP) Условие: у вас есть два дрона: Дрон А — с модулем RTK, Дрон Б — без RTK, но с обычным GNSS. Погода облачная, связь с базовой станцией RTK нестабильна. Площадь съёмки — открытый карьер, где геодезисты не могут заложить наземные марки (GCP) из-за техники безопасности (работает тяжёлая техника). Задание: 1. Предложите техническое решение: какой дрон и какой метод обработки вы выберете в данной ситуации? 2. Аргументируйте выбор. Если вы выбираете PPK — опишите последовательность действий при постобработке. Если выбираете съёмку без марок — предложите способ контроля точности.

Задание №3. Дешифрирование и выбраковка некачественных снимков (Оценка качества полёта) Условие: В программу фотограмметрической обработки загружены 200 снимков. В логе полёта зафиксированы следующие проблемы: в середине полёта (снимки №№ 45–60) резко усилился ветер (порывы до 12 м/с), а на снимках №№ 110–115 камера зафиксировала пересвет (солнце вышло из-за туч и попало прямо в объектив под углом). Задание: 1- Предложите критерии (по параметрам EXIF и визуально), по которым вы выявите снимки со смазом (blur) и с пересветом. 2- Что вы сделаете: удалите эти снимки из проекта или попытаетесь их сохранить с помощью коррекции? Если удалить 20% снимков, как это повлияет на перекрытие и итоговую модель? Дайте рекомендации по повторному вылёту на досъёмку.

Задание №4. Инженерная задача (Подсчёт объёма грунта) Условие: у вас есть два ортофотоплана и две ЦМР (цифровые модели рельефа) одного и того же строительного участка: первая снята 1 марта (до строительства), вторая — 1 июня (котлован уже вырыт). Размер сетки (шаг пикселя) ЦМР = 0,5 м. Программное обеспечение выдало разностную модель (Cut/Fill), но студент вместо подсчёта объёма умножил среднюю глубину на площадь. Задание: 1. Объясните, почему метод умножения средней глубины на площадь является грубой ошибкой. 2. Напишите правильную формулу для подсчёта объёма вынутого грунта (принцип суммы по столбцам/ячейкам сетки). Придумайте числовой пример на 4-х ячейках (с высотами -0.1м, -0.5м, +0.2м, -1.0м) и рассчитайте чистый объём выемки (только для отрицательных ячеек) при площади ячейки 0.25 м².

7. Вопросы для зачёта

Комплексное задание №1.

Организация спасательной миссии в условиях ЧС (отказ связи и смена погоды)

Условие: поступил срочный заказ от МЧС на съёмку участка горной местности (площадь 15 км²) после схода селевого потока. Мост разрушен, наземные геодезические марки (GCP) заложить физически невозможно (небезопасно). У вас есть мультироторный дрон с LiDAR и RTK, а также самолетный БВС с фотокамерой. На момент выезда — солнечно, но метеосводка предупреждает о подходе циклона через 4 часа. Во время второго вылета связь с дроном по управляющему каналу прерывается.

Задание (проверка владения):

1. Разработайте двухэтапную стратегию: как перераспределить задачи между LiDAR-ом и фото-БВС, чтобы успеть за 3, 5 часа получить данные, достаточные для построения и ЦММ, и ортофотоплана?

2. Опишите алгоритм ваших действий при потере связи (сценарий failsafe). На какие параметры вы обратите внимание в логе полета после возврата дрона?

Предложите метод постобработки данных без наземных марок, используя только траекторную информацию от спутников. Напишите обоснование для заказчика, почему точность соответствует требованиям (порядок RMSE 3–5 см) даже при отсутствии GCP.

Комплексное задание №2.

Арбитражный спор по объёмам строительства («Сложный рельеф + Склад»)

Условие: Подрядчик предъявил заказчику акты выполненных работ с подсчетом объёма вынутого грунта (Cut & Fill) по результатам съёмки БВС. Заказчик нанял другую компанию для контрольной съёмки, но их цифры разошлись на 30%. У обеих компаний есть сертифицированное оборудование. Вскрылась деталь: первая компания строила модель по облаку точек только первых отражений (First Pulse), игнорируя землю под кучами; вторая использовала лидар. Более того, на участке лежат штабеля песка, форма которых постоянно менялась ветром.

Задание (проверка владения):

1. Вы выступаете как независимый технический эксперт. Составьте письменное заключение-преамбулу: какие типы ошибок могли привести к расхождению в 30%? (Укажите влияние фильтрации, алгоритма интерполяции, и времени суток съёмки).

2. Разработайте Регламент контрольной съёмки для данного спора: выберите тип БВС, высоту, плотность облака точек и метод сканирования (мультиуголовой или вертикальный), чтобы минимизировать влияние отвалов.

Опишите процедуру «поправки на ветер» для штабелей песка при подсчете товарной массы, если плотность материала известна, а геометрия меняется

Комплексное задание №3.

Проектирование «цифрового двойника» (Digital Twin) для карьера с автоматическим обновлением

Условие: Крупный горно-обогатительный комбинат требует внедрения системы еженедельного мониторинга карьера глубиной 150 метров. Борта карьера имеют отрицательные углы наклона (козырьки). Программное обеспечение для построения ЦММ по снимкам (фотограмметрия) постоянно «проваливается» в пустоты на отвесных стенках, а

LiDAR дает слишком шумные точки на мокрой глине. Инженерам комбината нужна не просто ЦММ, а результат в виде точной триангуляционной сети (TIN) с расчетом углов устойчивости бортов.

Задание (проверка владения):

1. Предложите комбинированную технологию сбора данных (БВС + Наземное лазерное сканирование с коллапсированных точек).
2. Напишите алгоритм «сшивки» разнородных облаков точек (с разных систем координат) в единый блок. Как быть с систематическим сдвигом (порядка 10 см) между данными дрона и наземного сканера?

Разработайте ТЗ (Техническое задание) для программиста, чтобы автоматизировать отсеечение «плохих» точек на мокрых глинистых поверхностях (опишите критерий классификации по интенсивности отражения).

Комплексное задание №4.

Интеграция с ГИС и правовой режим (Лесное хозяйство)

Условие: Лесхоз заказал съемку 2000 га леса для выявления незаконных вырубок и оценки запаса древесины. Данные получены. При обработке выяснилось, что навигационный файл (RINEX) с базовой станции поврежден и не читается, поэтому все точки облака плавают с ошибкой до 3 метров в плане. Восстановить вылет и перенести невозможно (уже зима, лес под снегом). Росреестр требует абсолютной привязки к государственной системе координат (МСК) для судебных исков к браконьерам.

Задание (проверка владения):

1. Предложите нестандартный метод «спасения» проекта: как привязать облако точек к земле, используя только открытые карты (например, спутниковые снимки высокого разрешения или карты OSM) и характерные контуры (пересечения дорог, русла рек)? Опишите метод «трансформации подобия» (Helmert) по 3–4 опорным контурам.
2. Оцените юридическую силу такой привязки. Что вы пропишете в акте сдачи-приемки, чтобы снять с себя ответственность за абсолютную погрешность 1-2 метра, но гарантировать относительную точность внутри модели (для подсчета объемов древесины)?
3. Спрогнозируйте, как изменится ЦММ (высота деревьев) при съемке зимой (снег на кронах) по сравнению с летом. Предложите поправочный коэффициент на снеговую нагрузку.

Комплексное задание №5.

Экстремальный городской полигон (Помехи и отражения)

Условие: Дано задание на создание высокоточной ЦММ для центральной площади города с исторической застройкой (шпили, купола, колоннады, стеклянные витрины). БВС поднимать выше 50 метров над зданиями запрещено законом. Вокруг плотная застройка, GNSS-сигнал постоянно теряется в «городском каньоне». В данных лазерного сканирования огромное количество шумов от стеклянных поверхностей (лазер уходит в бесконечность или дает двойные отражения). Сроки горят.

Задание (проверка владения):

1. Разработайте детальный план полетного задания: траектория движения (прямоугольники, круги, «восьмерки»), чтобы обеспечить достаточную геометрическую связь снимков при плохом GNSS.
2. Предложите метод фильтрации данных LiDAR для исторического центра без потери архитектурных деталей (карнизы, статуи). Какой размер ядра фильтра вы зададите и почему?
3. Создайте чек-лист визуального контроля модели для заказчика, указав, на какие именно элементы зданий нужно обратить внимание при проверке, чтобы доказать, что моделирование выполнено на уровне ВЛАДЕНИЯ (схвачены даже мелкие элементы декора).

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Щербаков В. В. Аэрофотосъемка. Геодезические работы и условные знаки: учебное пособие / В. В. Щербаков. - 2-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск: СГУПС, 2022. - 95 с. - 978-5-00148-271-0. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/356219> - Режим доступа: по подписке

Дополнительная литература

1. Гук А. П. Аэрокосмические съемки: учебное пособие / А. П. Гук. - Новосибирск: СГУГиТ, 2019. - 105 с. - 978-5-907052-37-6. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/157325> - Режим доступа: по подписке

9.2. Профессиональные базы данных и ресурсы «Интернет», к которым обеспечивается доступ обучающихся

Профессиональные базы данных

1. <https://www.garant.ru> - Информационно-правовой портал "Гарант"
2. www.znanium.com - Коллекция электронных версий изданий (книг, журналов, статей и пр.), сгруппированных по тематическим и целевым признакам

Ресурсы «Интернет»

Не используются.

9.3. Программное обеспечение и информационно-справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения

(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем

(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Компьютерный класс

Автоматизированное рабочее место (АРМ) - 13 шт.

Интерактивная панель - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

С целью успешного освоения данного предмета студенту необходимо выполнять домашние работы по указанным преподавателям темам и представленным на занятиях материалам. Для более успешного выполнения работы студенту предлагается использование учебно-методических материалов, соответствующих указанной теме.

Самостоятельная работа студентов описывается и регулируется методическими рекомендациями по дисциплине.

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

При необходимости обучения студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями

здоровья аудиторные занятия могут быть заменены или дополнены изучением полнотекстовых лекций, презентаций, видео- и аудиоматериалов в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета. Индивидуальные задания подбираются в адаптированных к ограничениям здоровья формах (письменно или устно, в форме презентаций). Выбор методов обучения зависит от их доступности для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Рабочая программа дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.