

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
член-корр. РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФОТОГРАММЕТРИЯ**

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.03 «Картография и геоинформатика»

Направленность (профиль) ОПОП:
общий

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 12, дата 08.12.2021)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Картография и геоинформатика» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемые последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована без разрешения факультета.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения;
2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: базируется на знаниях основ дистанционного зондирования, топографии, геодезических основ карт, географии, физики и математики.
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
<p>ПК-7 (<i>формируется частично</i>) Владеет аэрокосмическими методами географического картографирования и моделирования, основанными на компьютерных технологиях обработки и дешифрирования снимков разного типа</p>	<p>ПК-7.1. Применяет методы фотограмметрической обработки пространственных данных в научной и практической деятельности</p>	<p>Знать физические и геометрические основы стереоизмерений, характеристики геометрических искажений различных материалов дистанционного зондирования, способы описания геометрии снимков (элементы ориентирования). Уметь использовать различную информацию для географической привязки данных (наземные опорные точки, коэффициенты рациональных полиномов), выполнять измерения по стереопарам аэрофотоснимков и космических снимков. Владеть программным обеспечением для цифровой фотограмметрической обработки массивов изображений в видимом диапазоне (PHOTOMOD, Metashape).</p>
<p>ПК-10 (<i>формируется частично</i>) Владеет методами и технологиями фотограмметрической обработки и дешифрирования снимков разного типа</p>	<p>ПК-10.1. Применяет методы фотограмметрической обработки и дешифрирования снимков разного типа в научной и практической деятельности</p>	<p>Знать правила и порядок фотограмметрической обработки снимков, физические основы активных методов дистанционного зондирования, методики создания и обработки материалов радиолокационной интерферометрии и точек лазерных отражений. Уметь проводить автоматизированную фотограмметрическую обработку массивов аэрофотоснимков, выполнять геометрическую коррекцию материалов радиолокационной интерферометрии, редактировать облака точек лазерных отражений, создавать цифровые модели рельефа, цифровые модели местности и ортофотопланы по материалам дистанционного зондирования. Владеть программным обеспечением для геометрической обработки материалов радиолокационной интерферометрии (SNAP), редактирования геометрии и семантики точек лазерных отражений (CloudeCompare).</p>

4. Объем дисциплины 4 зачётные единицы, в том числе 65 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 79 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Подготовка отчёта по практической работе и повтор пройденного материала	Всего
Тема 1. Введение	4	2	-	-	-	2	2	2
Тема 2. Параметры фотографической съёмки, искажения кадрового снимка	10	2	-	-	-	2	8	8
Тема 3. Одиночные и взаимно перекрывающиеся кадровые снимки. Системы координат снимков и модели	12	2	2	-	-	4	8	8
Тема 4. Стереοизмерения, геометрическая и стереоскопическая модель местности	13	4	3	-	-	7	6	6
Текущая аттестация: письменная проверочная работа	1		1	-	-	1	-	-
Тема 5. Фотограмметрическая обработка массива аэрофотоснимков	21	4	12	-	-	16	5	5
Тема 6. Автоматизация фотограмметрических измерений	8	2	-	-	-	2	6	6
Тема 7. Беспилотные летательные аппараты	13	2	9	-	-	11	2	2

Тема 8. Фотограмметрия космических сканерных изображений, стереопары сканерных изображений	13	2	6	-	-	8	5	5	
Тема 9. Фотограмметрия радиолокационной съёмки	11	2	3	-	-	5	6	6	
Тема 10. Воздушное лазерное сканирование	10	2	3	-	-	5	5	5	
Тема 11. Понятие о цифровых моделях рельефа и местности	4	2	-	-	-	2	2	2	
Промежуточная аттестация экзамен	24	<i>Устный экзамен</i>					24		
Итого	144	65					79		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Тема 1. Введение. Термины и определения, дистанционное зондирование и фотограмметрия, цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами картографического профиля. Краткий исторический обзор развития фотограмметрии.

Тема 2. Параметры фотографической съёмки, искажения кадрового снимка. Основные параметры фотографической съёмки. Фокусное расстояние. Эквивалентное фокусное расстояние. Светочувствительная матрица и её параметры. Типы матриц. Экспозиция. Аберрации. Дисторсия. Виды дисторсий. Центральная проекция кадрового снимка.

Тема 3. Одиночные и взаимно перекрывающиеся кадровые снимки. Системы координат снимков и модели. Система координат цифрового снимка с началом в его плоскости. Внутренние элементы ориентирования кадрового снимка. Условие коллинеарности. Трансформирование наклонного кадрового снимка. Элементы внешнего ориентирования. Система координат модели объекта. Взаимное ориентирование кадровых снимков. Условие компланарности. Преобразования систем координат.

Тема 4. Стереозмерения, геометрическая и стереоскопическая модель местности. Понятие о стереоэффекте. Стереоскопическое зрение. Физиологические и психологические особенности стереозрения. Фотограмметрическая засечка. Геометрическая и стереоскопическая модель. Свойства стереомодели. Стереозмерения. Способ марок. Координаты и параллаксы точек стереопары снимков. Вывод формулы превышений и её ограничения. Точность стереозмерений.

Тема 5. Фотограмметрическая обработка массива аэрофотоснимков. Требования к точкам фототриангуляции. Виды точек фототриангуляции. Уравнивание маршрутов и блоков снимков. Метод продолжения. Метод независимых маршрутов. Метод независимых моделей. Метод связок. Создание цифровых моделей местности по материалам аэрофотосъёмки. Цифровое ортофототрансформирование кадрового снимка.

Тема 6. Автоматизация фотограмметрических измерений. Корреляционный метод измерений соответственных точек на паре снимков. Геометрические и фотометрические искажения. Градиент изображения. Операторы свёрток.

Тема 7. Беспилотные летательные аппараты. Понятия, классификация, сферы применения, технологические и юридические ограничения. Опыт использования БПЛА в топографическом картографировании, географических исследованиях и смежных задачах. Программное обеспечение для планирования полётов. Особенности обработки данных.

Тема 8. Фотограмметрия космических сканерных изображений, стереопары сканерных изображений. Параметры оптико-механического сканирования. Искажения при оптико-механическом сканировании. Требования к путевой скорости. Система координат оптико-механического сканерного снимка. Параметры оптико-электронного сканирования. Система координат оптико-электронного сканерного снимка. Оптико-электронное сканирование с использованием линеек ПЗС, матриц ПЗС, ПЗС временной задержки и накопления. Виды орбитальных стереопар сканерных снимков. Строгая математическая модель сканерного снимка. Приближённая математическая модель сканерного снимка. Коэффициенты рациональных полиномов (RPC).

Тема 9. Применение радиолокационной съёмки для создания моделей местности. Принцип использования фазовой компоненты сигнала при обработке разновременных радиолокационных изображений. Понятие о радиолокационной интерферометрии и разнообразие интерферометрических методов. Требования к исходным данным. Виды интерферометрической базы. Периодичность съёмки в интерферометрическом режиме и ее влияние на качество обработки. Влияние метеорологических условий в момент радиолокационной съёмки на качество результатов интерферометрической обработки. Характеристика основных этапов интерферометрической обработки – выбор и подготовка данных, корегистрация, построение интерферограммы и расчет когерентности, фильтрация, развертка фазы, пересчет в значения высоты местности. Точность абсолютных и относительных высот.

Тема 10. Воздушное лазерное сканирование. Физические основы лазерного сканирования. Импульсный метод. Фазовый метод. Система координат ВЛС. Виды развертки ВЛС. Устройство сканирующей системы, взаимодействие инерциальной системы и ГНСС. Физические ограничения измерений. Информационная ценность облаков точек лазерных отражений. Применение ВЛС в топографическом картографировании. Применение ВЛС в географических исследованиях.

Тема 11. Понятие о цифровых моделях рельефа и местности. Определение ЦМР, родственные понятия (ЦММ). Значение ЦМР для географических исследований. Виды и способы представления ЦМР. Источники данных для создания ЦМР. Виды ошибок ЦМР. Производные от ЦМР поверхности. Морфометрические величины (крутизна, экспозиция, кривизна и др.) и их расчёт по ЦМР. Глобальные и региональные наборы высотных данных.

Содержание семинаров

Тема 3. Одиночные и взаимно перекрывающиеся кадровые снимки. Системы координат снимков и модели.

Семинар 1. Ориентирование кадровых снимков в учебной фотограмметрической программе E-foto (2 часа).

Создание проекта в учебной фотограмметрической программе E-foto. Добавление фотоснимков. Внутреннее ориентирование. Внешнее ориентирование.

Тема 4. Стереозмерения, геометрическая и стереоскопическая модель местности.

Семинар 2. Стереозмерения учебной фотограмметрической программе E-foto (3 часа).

Знакомство с различными режимами стеренаблюдений и стереоизмерений. Измерения высот по профилю, оценка точности измерений.
Создание цифровой модели местности

Тема 5. Фотограмметрическая обработка массива аэрофотоснимков.

Семинар 3. Создание цифровой фотограмметрической модели местности с помощью ЦФС PHOTOMOD (12 часов).

Знакомство с интерфейсом ПО PHOTOMOD. Знакомство с различными режимами стеренаблюдений и стереоизмерений. Обработка серии аэрофотоснимков, полученных по результатам маршрутной съемки. Созданий блока изображений: внутреннее, взаимное ориентирование, уравнивание фотограмметрической модели и оценка точности. Рисовка структурных линий и объектов местности в стереорежиме. Создание и уточнение TIN-модели. Создание цифровой модели местности. Создание цифровой модели рельефа на основе пикетов. Получение фотограмметрических продуктов: контуров горизонталей, ортофотоплана.

Тема 7. Беспилотные летательные аппараты.

Семинар 4. Съёмка с беспилотного летательного аппарата (3 часа).

Планирование и осуществление залёта.

Семинар 5. Обработка массива снимкам с беспилотного летательного аппарата (6 часа).

Обработка данных, полученных в ходе семинара 4 в ПО Agisoft Metashape.

Тема 8. Фотограмметрия космических сканерных изображений, стереопары сканерных изображений.

Семинар 6. Работа со стереопарами космических сканерных изображений (3 часа).

На основе коэффициентов рациональных полиномов осуществляется геометрическая коррекция сканерных изображений в ПО PHOTOMOD. Сопоставляются результаты с использованием наземных опорных точек и без их использования.

Семинар 7. Ортотрансформирование космических сканерных изображений (3 часа).

Построение цифровой модели местности с использованием стереопары сканерных изображений и коэффициентов рациональных полиномов.

Тема 9. Применение радиолокационной съёмки для создания моделей местности.

Семинар 8. Работа с радиолокационными изображениями (3 часа).

Анализ геометрических искажений на радиолокационном изображении (РЛИ), их зависимость от угла падения зондирующего луча. Геометрическая коррекция РЛИ, анализ влияния ЦМР разной детальности на качество коррекции.

Создание цифровой модели рельефа по РЛИ, анализ влияния качества исходных данных на точность построенной ЦМР.

Тема 10. Воздушное лазерное сканирование.

Семинар 9 Обработка облака точек лазерного сканирования (3 часа).

Обработка облака точек лазерного сканирования в ПО *CloudCompare*, классификация точек, построение цифровой модели рельефа и цифровой модели местности, их сопоставление.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

Текущая аттестация №1. Письменная проверочная работа

Студенту выдаётся рисунок со схематически показанными взаимно перекрывающимися снимками – необходимо подписать и объяснить все показанные элементы.

Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Фотограмметрия. Определение, предмет и метод.
2. Основные геометрические искажения сканерных изображений оптико-электронных систем.
3. Аналитические и технологические принципы тематического картографирования с использованием сканерных изображений Земли.
4. Математические модели преобразований сканерных изображений.
5. Внутреннее ориентирование фотоснимков.
6. Внешнее ориентирование фотоснимков.
7. Условное уравнение коллинеарности.
8. Следствие из условных уравнений коллинеарности – формулы трансформирования координат.
9. Определение элементов внешнего ориентирования аэро- и космических фотоснимков аналитическим способом.
10. Аналитическая пространственная географическая привязка аэро- и космических фотоснимков.
11. Условное уравнение компланарности.
12. Элементы абсолютного и взаимного ориентирования стереопары аэрофотоснимков.
13. Принцип стереонаблюдений и стереоизмерений.
14. Геометрические и физиологические особенности стереозрения.
15. Методы построения цифровых фотограмметрических моделей рельефа.
16. Сущность получения и использования коэффициентов рациональных полиномов
17. Принципы воздушного лазерного сканирования
18. Этапы съёмки и обработки данных с БПЛА
19. Принципы работы коррелятора при стереоизмерениях
20. Этапы создания цифровых моделей местности методами радиоинтерферометрии

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен в устной форме.

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

Основная рекомендуемая литература

Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. – М.: УПП «Репрография» МИИГАиК, 2008. – 160 с.

Михайлов А.П., Чибуничев А.Г. Фотограмметрия: Учебник для вузов / Под общ. Ред. А.Г. Чибуничева. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. – 294 с.: ил.

Дополнительная литература:

Новаковский Б.А. Фотограмметрия и дистанционные методы изучения Земли: картографо-фотограмметрическое моделирование. – М.: изд-во МГУ, 1997. – 205 с.

Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Балдина Е.А., Гельман Р.Н., Зинчук Н.Н., Золотарев Е.А., Лабутина И.А., Харьковец Е.Г., Коцеруба А.Д. Цифровая стереоскопическая модель местности: экспериментальные исследования – Под ред. Ю.Ф. Книжникова. – М.: Научный мир, 2004. – 244 с.

Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Под ред. В.С. Вербы. М.: Радиотехника, 2010. – 680 с.

Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и леса: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Геолидар, Геокосмос; Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с.

Перечень лицензионного программного обеспечения

PHOTOMOD – версия не ниже 7.0 или иной программный продукт с возможностями обработки массива аэрофотоснимков

Agisoft Metashape – версия не ниже 1.5 или иной программный продукт с возможностями обработки массива снимков с БПЛА

E-foto – версия не ниже 2016

CloudCompare – версия не ниже 2.11

SNAP – версия не ниже 8.0

ГИС-пакет QGIS – версия не ниже 3.16

ГИС-пакет SAGA – версия не ниже 4.0.0.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

- Сайт компании «Ракурс», <http://www.racurs.ru>

- Сайт компании ИБИК, <http://www.stereopixel.ru>

- Сайт компании Inpho, <http://www.inpho.de/>

- Сайт НПП «Геосистема», <http://vingeo.com/Rus/>

- Сайт ЦНИИГАиК, http://cniigaik.ru/cat/nauchnye_podrazdelenija/otdel_aerosemki.html

- Сайт инженерно-технологического центра Сканекс, www.scanex.ru/en/

Описание материально-технической базы

Компьютерный класс с мультимедийным проектором.

9. Язык преподавания: русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Карпачевский Андрей Михайлович, научный сотрудник кафедры картографии и геоинформатики; преподаватели: Карпачевский Андрей Михайлович, Энтин Андрей Львович, Михайлюкова Полина Геннадьевна.

11. Разработчики программы: Карпачевский Андрей Михайлович, н.с., к.г.н.; Энтин Андрей Львович, с.н.с., к.г.н.