

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
академик РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направления 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 № 16, дата 12.10.2022)

Москва 2022

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

1. Место дисциплины в структуре ОПОП — относится к базовой части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: требуются знания основ географии, физики и математики, топографии, владение информационными технологиями.
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
ОПК-3 Способен применять базовые картографические, геоинформационные и аэрокосмические методы при анализе географической информации и ее представлении в базах пространственных данных	ОПК-3.1. Применяет базовые аэрокосмические методы при анализе географической информации	<p>Знать предмет и объект изучения, историю развития и современное состояние дистанционного зондирования, физические основы дистанционного зондирования; основные технологии получения данных дистанционного зондирования; теоретические основы обработки данных дистанционного зондирования.</p> <p>Уметь классифицировать материалы дистанционного зондирования; найти и получить необходимые снимки через Интернет.</p> <p>Владеть методами базовой компьютерной обработки материалов дистанционного зондирования.</p>
ПК-7 Владеет аэрокосмическими методами географического картографирования и моделирования, основанными на компьютерных технологиях обработки и дешифрирования снимков разного типа	ПК-7.1. Владеет методами компьютерных технологий обработки снимков разного типа	

4. Объем дисциплины 3 з.е., в том числе 54 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 академических часа 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 отчета по практической работе	Работа с литературой (включая подготовку реферата, доклада*)	Всего
Введение	3	1	-	-	-	1	-	2	2
Физические основы получения изображений земной поверхности	11	4	2	-	-	6	1	4	5
Виды и технологии наземной, аэро- и космической съемок	21	10	2	-	-	12	2	7	9
Обработка снимков	41	3	28	-	-	31	7	3	10
Дистанционное зондирование в науках о Земле	12	-	4	-	-	4	-	8	8
Промежуточная аттестация экзамен	20	<i>Устный экзамен</i>					20		
Итого	108	54					54		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Введение. Термины и определения, цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами картографического профиля, основные направления использования современных материалов дистанционного зондирования. История развития дистанционного зондирования.

Физические основы получения изображений земной поверхности. Спектр электромагнитных колебаний, особенности получения изображений в отдельных его диапазонах. Влияние атмосферы: экранирующее влияние облачности; поглощение лучей атмосферой и окна прозрачности; рассеивание лучей атмосферой. Искусственное освещение местности.

Виды и технологии наземной, аэро- и космической съемок. Современная съемочная аппаратура. Классификация съемочных методов и средств. Аэросъемка. Космическая съемка. Наземная съемка. Пассивные и активные съемочные методы.

Основные параметры космической съемки земной поверхности. Особенности орбит: форма, высота, наклонение, период обращения, положение относительно Солнца. Влияние прецессий орбит и других особенностей орбитальной съемки на свойства снимков Земли.

Фотографическая съемка: черно-белая, цветная, спектрально-аналитическая. Фонд фотографических снимков.

Сканерная съемка. Оптико-механический и оптико-электронный способ съемки. Архивный фонд сканерных снимков. Современные сканерные снимки. Уровни обработки и категории продуктов Landsat.

Микроволновая радиометрическая съемка. Основы радиолокационного зондирования.

Тепловая и гиперспектральная съемка.

Обработка снимков. Цифровой снимок. Радиометрическая коррекция. Атмосферная коррекция. Преобразование контрастности снимков. Синтезирование цветных изображений. Понятие о маскировании. Синтез синего канала.

Изменение пространственного разрешения снимков. Передискретизация растров. Пирамидные слои. Понятие о фьюжне и паншарпенинге. Спектральные алгоритмы повышения пространственного разрешения. Пространственные (частотные) алгоритмы повышения пространственного разрешения. Высокочастотная и низкочастотная фильтрация растров.

Привязка и трансформация ДДЗ. Система координат снимка. Виды искажений ДДЗ. Алгоритмы трансформации: ортогональные, линейные, аффинные, проективные, полиномиальные преобразования, сплайн-трансформация и метод резинового листа.

Создание производных изображений. Предварительная обработка радиолокационных снимков.

Дистанционное зондирование в науках о Земле. Примеры использования материалов дистанционного зондирования в научных исследованиях.

Содержание семинаров

Семинар 1. Спектр электромагнитных колебаний.

Работа в режиме дискуссии: по заданию преподавателя студенты обсуждают особенности получения изображений в отдельных диапазонах спектра, ограничения и преимущества для решения прикладных задач.

Семинар 2. Цифровой снимок.

Задачи: *изучить* основные характеристики цифрового снимка, *получить базовые навыки* работы.

Усваиваемые понятия: аэрокосмические методы: сущность, классификация съемочных методов. Определение снимка. Спектр ЭМК, его деление на диапазоны. Интегральная яркость, спектральная яркость, влияние освещенности. Цифровой снимок, понятие пиксела, координаты цифрового снимка. Разрешение снимка: пространственное, спектральное, радиометрическое.

Приобретаемые навыки: загрузка данных; яркостные преобразования снимков; изучение яркостных особенностей объектов снимка в отдельных каналах; синтез цветного изображения в естественной цветопередаче и псевдоцветах; создание фрагмента изображения; измерение расстояний, площадей и углов; сохранение и закрытие изображений.

Семинар 3. Параметры орбит ИСЗ.

Задачи: *получить представление* о влиянии параметров орбит искусственных спутников Земли на формирование фонда данных дистанционного зондирования.

Усваиваемые понятия: основные группы ресурсных спутников; классификация орбит ИСЗ по форме, наклонению, периоду обращения.

Приобретаемые навыки: определение пространственного охвата съемкой со спутников с разными параметрами орбит; выделение групп решаемых задач для изображений, полученных с разных орбит.

Семинар 4. Скачивание снимков и подготовка их к работе.

Задачи: *получить представление* о сущности и назначении геопорталов данных дистанционного зондирования, *изучить* общую структуру геопортала и технологическую схему работы на конкретном примере, *получить навыки* поиска и отбора изображений по заданным координатам и участкам, *изучить* способы скачивания данных дистанционного зондирования и их подготовки к дальнейшей работе.

Усваиваемые понятия: параметры поиска снимков, уровни обработки снимков, синтез многоканального изображения.

Приобретаемые навыки: скачивание данных, синтез многоканального изображения.

Семинар 5. Изменение пространственного разрешения снимков.

Задачи: *изучить* методы преобразования разрешения космических снимков на примере снимков разной детализации.

Усваиваемые понятия: система координат снимка, соотношение разрешения зональных и панхроматических изображений, передискретизация растров, алгоритмы передискретизации, фильтрация изображения, паншарпенинг с помощью спектральных алгоритмов.

Приобретаемые навыки: передискретизация, фильтрация изображений, паншарпенинг с использованием спектральных алгоритмов.

Семинар 6. Геометрическая коррекция космического снимка.

Задачи: *изучить* понятие пространственной привязки геоизображений, *получить навыки* привязки данных дистанционного зондирования.

Усваиваемые понятия: сущность пространственной привязки; наземные контрольные точки: принципы расстановки на топографической карте и на космическом снимке; трансформирование изображений (аффинные преобразования, полиномиальные преобразования второй степени, проективные преобразования, сплайн-преобразования, метод резинового листа).

Приобретаемые навыки: ручная привязка аэрофотоснимка в программе Google Earth, пространственная привязка топографической карты по координатной сетке; пространственная привязка космического снимка к топографической карте; выбор модели преобразования; оценка точности привязки по контрольным точкам. Привязка архивного космического снимка Keyhole по современной мозаике космических снимков. Визуальная оценка точности.

Семинар 7. Построение индексных изображений.

Задачи: *изучить* инструменты алгебры карт, научиться строить индексные изображения и их интерпретировать.

Усваиваемые понятия: алгебра карт, индексные изображения, NDVI.

Приобретаемые навыки: работа с инструментами алгебры карты, первичная интерпретация получаемых индексных изображений.

Семинар 8. Создание мозаики снимков.

Задачи: *изучить* инструменты создания мозаик космических снимков, получить бесшовное изображение на выбранную территорию.

Усваиваемые понятия: мозаика, линия реза, выравнивание гистограммы.

Приобретаемые навыки: работа с инструментами мозаики.

Семинар 9. Радиолокация

Задачи: *освоить методы предварительной обработки радиолокационных снимков*. Исходные материалы: фрагмент радиолокационного изображения Sentinel-1. Сначала выполнить радиометрическую калибровку радиолокационного изображения. Затем в ходе тестирования алгоритмов фильтрации спекл-шума подобрать фильтр и его параметры, которые сохраняют максимальную детальность изображения и при этом устраняет зернистость.

Отчетные результаты: отчет о результатах выполненной работы, который должен включать скриншоты отфильтрованных изображений, анализ результатов фильтрации и обоснование выбранного фильтра.

Семинар 10. Дистанционное зондирование в науках о Земле: защита рефератов (4 часа).

Задачи: *получить представление* о современном фонде данных дистанционного зондирования, возможностях дистанционного зондирования при решения различных задач.

Усваиваемые понятия: Основные типы космических снимков; соотношение пространственного, спектрального и временного разрешений снимков.

Приобретаемые навыки: выделение групп решаемых задач для изображений, полученных на основе разных технологий, разного спектрального и пространственного разрешения.

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

Текущая аттестация №1. Компьютерное тестирование

Примерный вариант теста

1. Какой из указанных диапазонов относится к ближней инфракрасной части спектра: а) 0,25-0,36 мкм; б) 1,38-1,75 мкм; в) 0,52-0,56 мкм; г) 0,89-0,95 мкм.
2. Расставьте участки спектра по убыванию длины волны: а) тепловой инфракрасный, б) видимый, в) ближний инфракрасный, г) радиоволновой, д) средний инфракрасный.
3. Активные съемочные методы – это: а) регистрация отраженного искусственного излучения, б) регистрация отраженного солнечного излучения, в) получение изображения путем оптико-электронных преобразований.
4. Выберите из списка пассивные съемочные методы: а) фотографическая съемка, б) оптико-электронное сканирование, в) оптико-механическое сканирование, г) радиолокационная съемка.
5. Выберите из списка съемочные системы спутника LANDSAT-7: а) HRG; б) TIRS; в) ETM+; г) OLI; д) Vegetation; е) MSI.
6. Верно ли, что обычно в геопорталах ДДЗ можно подбирать снимки по следующим параметрам: дата съемки, наличие облачности, пространственное и спектральное разрешение (да или нет).
7. Для какого спутника панхроматические и многозональные изображения попадают в один класс по пространственному разрешению? а) Ikonos; б) LANDSAT-7; в) SPOT-5; г) IRS.

Текущая аттестация №2. Защита рефератов.

Устный доклад и ответы на вопросы по теме рефератов.

Текущая аттестация №3. Отчеты по практическим работам. Отчет по практической работе включает выполнение студентом работы по теме семинара (№№ 2-9, см. п. 6. Содержание дисциплины) и при необходимости исправление замечаний.

Промежуточная аттестация

Экзамен устный.

При отсутствии у обучающегося отчета по одной или нескольким практическим работам на экзамене студенту предоставляется возможность выполнить весь объем учебной работы до ответа по экзаменационному билету в пределах нормативного времени, отведенного на прием устного экзамена (до 30 минут на одного обучающегося). При невыполнении указанного условия, учебный план считается невыполненным, обучающемуся выставляется оценка «неудовлетворительно».

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Общая характеристика спектра электромагнитных колебаний, используемых при аэро- и космических съемках.
2. Спектральная прозрачность атмосферы.
3. Преимущества и ограничения съемки в разных диапазонах.
4. Виды съемок. Пассивные и активные съемочные методы.
5. Фотографическая съемка.
6. Оптико-механическое сканирование.
7. Оптико-электронное сканирование.
8. Многозональная съемка.
9. Съёмка в тепловом диапазоне.
10. Гиперспектральная съёмка
11. Радиолокационная съемка: виды и диапазоны.
12. Радиолокационная съемка: особенности проникновения и отражения сигнала.
13. Радиолокационная съемка: особенности геометрии.
14. Виды разрешений снимков.
15. Классификация космических снимков по масштабу и охвату.
16. Классификация космических снимков по пространственному разрешению.
17. Параметры орбит ИСЗ.
18. Долготное смещение трассы полета.
19. Особенности солнечно-синхронных орбит.
20. Радиометрическая коррекция изображений.
21. Атмосферная коррекция изображений.
22. Уровни обработки и категории данных Landsat.
23. Преобразования снимков.
24. Синтезирование цветного изображения.
25. Передискретизация и фильтрация изображений
26. Улучшение пространственного разрешения (спектральные алгоритмы).
27. Улучшение пространственного разрешения (частотные алгоритмы).
28. Спектральные индексы.
29. Принципы привязки и трансформирования данных дистанционного зондирования.
30. Сравнение алгоритмов трансформирования данных дистанционного зондирования.
31. Создание мозаик снимков
32. Мировой фонд космических фотографических снимков.

33. Мировой фонд космических снимков оптико-механического сканирования.
34. Мировой фонд космических снимков оптико-электронного сканирования.
35. Фонд космических снимков высокого пространственного разрешения.
36. Фонд космических снимков очень высокого и сверхвысокого пространственного разрешения.

Шкала и критерии оценивания

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, тестирование)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические 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 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:

а) Основная рекомендуемая литература

Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: изд. центр «Академия», 2011. – 416 с.

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

Рис. У.Г. Основы дистанционного зондирования. Второе издание. – М.: Техносфера, 2006.

б) дополнительная литература:

Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. – М.: Мир, 1988. – 349 с.

Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. Учебное пособие. - М.: Научный мир, 2003.

Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса: Учебно-методическое пособие. – М.: изд-во МИИГАиК, 2000.

Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. М.: Наука–Берлин: Академи Ферлаг. Т.1, 1982. Т.2, 1988

Космические методы геоэкологии / Под ред. В.И. Кравцовой. – М.: Географ.ф-т МГУ, 1998. – 108 л.

Тутубалина О.В. Компьютерный практикум по курсу «Космические методы исследования почв». – М.: Географический факультет МГУ, 2009.

Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное. Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с. ISBN 978-5-94836-331-8

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- Перечень лицензионного программного обеспечения

ScanEx Image Processor, ScanEx. Лицензионный продукт для обработки аэрокосмических материалов и оформления результатов;

ArcGIS Pro версии не ниже 2.6, Лицензионный ГИС-пакет;

QGIS версии не ниже 3.14, открытый ГИС-пакет;

SNAP версии не ниже 8.0.0, открытый ГИС-пакет;

Google Earth Pro;

Orbitron 3.7 свободно распространяемая программа для мониторинга искусственных спутников Земли.

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Каталог Геологической службы США (<http://earthexplorer.usgs.gov>)

Каталог-портал центров НАСА (<https://wist.echo.nasa.gov/~wist/api/imswelcome>)

Каталог данных Sentinel (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)

Каталог снимков и онлайн-инструменты аналитики EOS (<https://eos.com/landviewer>)

Каталог Совзонда (<http://www.sovzond.ru>)

Генеральный каталог российского Научного центра оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) (http://sun.ntsomz.ru/data_new)

Геопортал GoogleEarth (<http://www.googleearth.com>)

Геопортал Космоснимки (<http://www.kosmosnimki.ru>)

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- - справка по практическим заданиям https://iowq750.github.io/Remote_Sensing_Photogrammetry
- поисковая система научной информации www.scopus.com
- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий. Учебная аудитория, оснащенная оборудованием для ведения компьютерных практикумов. Лицензионные программы для обработки данных дистанционного зондирования. Банк цифровых снимков, пополняемый и обновляемый по мере появления материалов новых съемочных экспериментов.

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Прасолова Анна Ивановна, доцент кафедры картографии и геоинформатики, преподаватели: н.с. А.М. Карпачевский, н.с. П.Г. Михайлюкова.

11. Разработчики программы: Прасолова Анна Ивановна, доцент кафедры картографии и геоинформатики, к.г.н., Карпачевский Андрей Михайлович, научный сотрудник, к.г.н.; Михайлюкова Полина Геннадьевна, научный сотрудник, к.г.н.