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

Факультет геоинформатики и информационной безопасности
Кафедра информатики и геоинформационных технологий

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 5BFEE1D286E9C95A0C0D2C611E434BD5
Владелец: Степанченко Алексей Леонидович
Действителен: с 23.09.2026 по 17.12.2027

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор
А. Л. Степанченко
15 мая 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «Б1.В.09 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 09.03.03 Прикладная информатика

Направленность (профиль) подготовки: Разработка программного обеспечения для обработки и анализа пространственных данных

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2026

Срок получения образования: 4 года

Объем: в зачетных единицах: 4 з.е.
в академических часах: 144 ак.ч.

Москва, 2026

Разработчики:
Преподаватель кафедры Информатики и геоинформационных технологий Лебедев Е. Д.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, утвержденного приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 922

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	факультет Геоинформатики и информационной безопасности	Председатель ученого совета факультета	Матерухин А. В.	Рассмотрено	05.11.2025, № 12-25

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 - формирование у обучающихся знаний о современных космических системах дистанционного зондирования Земли и практических навыков разработки программного обеспечения для обработки получаемых ими данных: от программного поиска и получения снимков из открытых каталогов до построения воспроизводимого конвейера обработки, включающего методы машинного обучения, и обоснования принятых архитектурных решений.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение физических основ дистанционного зондирования и состава действующих космических систем, в первую очередь российской орбитальной группировки;
- освоение форматов хранения и метаданных данных дистанционного зондирования и библиотеки GDAL как основного программного средства работы с ними;
- освоение программного поиска и получения данных через каталоги, реализующие спецификацию STAC и STAC API;
- приобретение навыков предварительной и тематической обработки данных Sentinel: радиометрической коррекции, расчёта спектральных индексов, маскирования облачности, классификации земного покрова;
- освоение методов искусственного интеллекта в задачах обработки данных дистанционного зондирования и приёмов корректной проверки получаемых с их помощью результатов.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-2 Способен разрабатывать требования и осуществлять проектирование программного обеспечения

ПК-2.1 Формализует и анализирует высокоуровневые требования к программному обеспечению

Знать:

ПК-2.1/Зн8 Физические основы дистанционного зондирования, характеристики съёмочной аппаратуры (пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение) и состав действующих космических систем дистанционного зондирования Земли, включая российскую орбитальную группировку

ПК-2.1/Зн9 Уровни обработки данных, состав метаданных и критерии пригодности снимка для решения прикладной задачи

Уметь:

ПК-2.1/Ум7 Формализовать прикладную задачу мониторинга в виде требований к исходным данным: типу съёмки, разрешению, спектральным каналам, периодичности и допустимой облачности.

ПК-2.1/Ум8 Обосновывать выбор съёмочной системы и уровня обработки данных исходя из поставленной задачи и накладываемых ограничений

Владеть:

ПК-2.1/Нв7 Навыками постановки задачи обработки данных дистанционного зондирования и формирования требований к программному обеспечению её решения

ПК-2.1/Нв8 Обосновывает выбор системных решений и управляет архитектурными компромиссами при проектировании программного обеспечения

ПК-2.2 Обосновывает выбор системных решений и управляет архитектурными компромиссами при проектировании программного обеспечения

Знать:

ПК-2.2/Зн9 Архитектуру библиотеки GDAL: модель драйверов, виртуальные наборы данных, механизмы чтения по частям; форматы хранения растровых данных, включая Cloud Optimized GeoTIFF.

ПК-2.2/Зн10 Организацию каталогов данных на основе спецификации STAC и возможности STAC API; принципы работы с данными непосредственно в облачном хранилище без полной загрузки.

Уметь:

ПК-2.2/Ум10 Выбирать формат хранения, способ доступа к данным и схему организации вычислений исходя из объёма обрабатываемых материалов и требований к времени отклика.

ПК-2.2/Ум11 Оценивать компромисс между точностью результата, вычислительной стоимостью и объёмом требуемой разметки при выборе метода обработки.

Владеть:

ПК-2.2/Нв7 Навыками обоснования архитектуры конвейера обработки данных дистанционного зондирования и оценки последствий принятых решений.

ПК-2.3 Разрабатывает детальные функциональные и логические спецификации программных компонентов, включая описание алгоритмов, структур данных и интерфейсов взаимодействия

Знать:

ПК-2.3/Зн9 Программный интерфейс библиотеки GDAL и надстроек над ней; состав утилит командной строки и решаемые ими задачи.

ПК-2.3/Зн10 Алгоритмы предварительной и тематической обработки: радиометрическую и атмосферную коррекцию, расчёт спектральных индексов, маскирование облачности, классификацию с обучением и без обучения.

Уметь:

ПК-2.3/Ум9 Реализовывать обработку растровых данных программными средствами, корректно работая с системами координат, значениями «нет данных» и типами данных.

ПК-2.3/Ум10 Разрабатывать спецификацию компонента конвейера: формат входных и выходных данных, обрабатываемые ошибочные ситуации, интерфейс взаимодействия со смежными компонентами.

Владеть:

ПК-2.3/Нв9 Навыками разработки воспроизводимого конвейера обработки данных дистанционного зондирования с документированным программным интерфейсом

ПК-2.3/Нв10 Навыками проверки достоверности результатов автоматической обработки, включая результаты, полученные моделями машинного обучения.

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.09 «Информационные технологии обработки данных дистанционного зондирования» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 6.

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 обучения	Общая трудоемкость (часы)	Общая трудоемкость (ЗЕТ)	Практические занятия (часы)	Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация (часы)
6 семестр	144	4	72	72	Зачет
Всего	144	4	72	72	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Практические занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Физические основы и космические системы дистанционного зондирова	**20**	**10**	**10**	ПК-2.1 ПК-2.2
Тема 1.1. Физические основы дистанционного зондирования	4	2	2	
Тема 1.2. Обзор российских космических систем дистанционного зондирования	4	2	2	
Тема 1.3. Зарубежные системы. Программа Copernicus и спутники Sentinel	4	2	2	
Тема 1.4. Радиолокационное зондирование	4	2	2	
Тема 1.5. Гиперспектральная съёмочная аппаратура	4	2	2	
Раздел 2. Форматы данных и библиотека GDAL	**24**	**12**	**12**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
Тема 2.1. Форматы хранения данных. GeoTIFF и Cloud Optimized GeoTIFF	4	2	2	
Тема 2.2. Библиотека GDAL: архитектура, драйверы, утилиты	8	4	4	
Тема 2.3. Программная обработка растров средствами GDAL и rasterio	8	4	4	

Тема 2.4. Системы координат, привязка и перепроецирование	4	2	2	
Раздел 3. Каталоги данных и STAC API	**24**	**12**	**12**	ПК-2.1 ПК-2.3
Тема 3.1. Спецификация STAC: каталог, коллекция, элемент, ассет	8	4	4	
Тема 3.2. STAC API: программный поиск и получение данных	8	4	4	
Тема 3.3. Работа с данными в облачном хранилище	8	4	4	
Раздел 4. Обработка данных дистанционного зондирования	**24**	**12**	**12**	ПК-2.1 ПК-2.2
Тема 4.1. Радиометрическая и атмосферная коррекция	4	2	2	
Тема 4.2. Спектральные индексы	4	2	2	
Тема 4.3. Композиты, маскирование облачности, мозаики и временные ряды	4	2	2	
Тема 4.4. Классификация земного покрова	12	6	6	
Раздел 5. Искусственный интеллект в обработке данных дистанционного зондирования Земли	**40**	**20**	**20**	ПК-2.2 ПК-2.3
Тема 5.1. Машинное обучение в задачах обработки снимков	12	6	6	
Тема 5.2. Нейронные сети для сегментации и детекции объектов	12	6	6	
Тема 5.3. Обучающие выборки, аугментация и оценка качества	8	4	4	
Тема 5.4. Предобученные и фундаментальные модели; проверка результатов	8	4	4	
Раздел 6. Проектирование программного обеспечения обработки данных	**12**	**6**	**6**	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
Тема 6.1. Требования, архитектура и спецификации конвейера обработки	12	6	6	
Итого	**144**	**72**	**72**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Физические основы и космические системы дистанционного зондирова

Тема 1.1. Физические основы дистанционного зондирования

Электромагнитный спектр и диапазоны, применяемые в дистанционном зондировании. Окна прозрачности атмосферы, рассеяние и поглощение. Взаимодействие излучения с земной поверхностью; спектральные кривые отражения основных типов подстилающей поверхности. Пассивная и активная съёмка. Характеристики съёмочной аппаратуры: пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение, и связь между ними.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Устный опрос

Тема 1.2. Обзор российских космических систем дистанционного зондирования

Состав и назначение российской орбитальной группировки дистанционного зондирования Земли. Космические аппараты высокодетальной оптической съёмки «Ресурс-П» и «Ресурс-ПМ». Аппараты оперативного мониторинга и наблюдения чрезвычайных ситуаций «Канопус-В». Гидрометеорологические аппараты «Метеор-М», геостационарные «Электро-Л» и высокоэллиптические «Арктика-М» для наблюдения полярных областей. Радиолокационные аппараты «Кондор-ФКА» и «Обзор-Р». Порядок получения данных, отечественные геопорталы и условия доступа. Сопоставление отечественных и зарубежных систем по характеристикам съёмки.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Устный опрос

Тема 1.3. Зарубежные системы. Программа Copernicus и спутники Sentinel

Программы Landsat и Copernicus. Спутники Sentinel-1 (радиолокационная съёмка), Sentinel-2 (мультиспектральная съёмка), Sentinel-3 (океанография и суша). Состав спектральных каналов Sentinel-2, их пространственное разрешение и назначение. Уровни обработки L1C и L2A. Политика открытых данных и условия их использования. Знакомство с открытыми каталогами данных.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Устный опрос

Тема 1.4. Радиолокационное зондирование

Принцип активной радиолокационной съёмки. Радиолокатор с синтезированной апертурой. Диапазоны, поляризация, режимы съёмки на примере Sentinel-1. Геометрия радиолокационного изображения и присущие ей искажения. Спекл-шум и способы его подавления. Обзорно: интерферометрия и её применение для оценки смещений земной поверхности. Преимущество всепогодной и круглосуточной съёмки; отечественные аппараты «Кондор-ФКА» и «Обзор-Р».

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Тема 1.5. Гиперспектральная съёмочная аппаратура

Отличие гиперспектральной съёмки от мультиспектральной. Понятие спектрального куба и непрерывной спектральной кривой пикселя. Задачи, решаемые только по гиперспектральным данным: распознавание минералов, оценка состояния растительности, обнаружение загрязнений. Проблема высокой размерности и способы её снижения.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Письменный опрос

Раздел 2. Форматы данных и библиотека GDAL

Тема 2.1. Форматы хранения данных. GeoTIFF и Cloud Optimized GeoTIFF

Растровая и векторная модели пространственных данных. Формат GeoTIFF и его теги геопривязки. Сжатие с потерями и без потерь, выбор типа данных, значение «нет данных». Блочная организация растра, обзорные уровни (пирамиды). Формат Cloud Optimized GeoTIFF: внутренняя структура, поддержка частичного чтения по протоколу HTTP. Форматы поставки данных Sentinel-2 (SAFE) и структура каталога продукта.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.2. Библиотека GDAL: архитектура, драйверы, утилиты

Назначение и архитектура библиотеки GDAL/OGR. Модель драйверов и абстракция набора данных: наборы, каналы (bands), метаданные, геотрансформация. Виртуальный формат VRT. Утилиты командной строки: gdalinfo, gdal_translate, gdalwarp, gdalbuildvrt, gdal_calc, gdaladdo. Конфигурационные параметры и виртуальные файловые системы для доступа к удалённым и сжатым данным

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.3. Программная обработка растров средствами GDAL и rasterio

Программный интерфейс GDAL для языка Python. Чтение и запись растра по окнам, работа с массивами numpy. Библиотека rasterio как высокоуровневая надстройка: профили, окна, маски. Обработка больших растров без полной загрузки в память. Типовые ошибки: потеря геопривязки, некорректная обработка значения «нет данных», переполнение типа при арифметике над каналами.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 2.4. Системы координат, привязка и перепроецирование

Геодезические системы координат и картографические проекции. Идентификаторы EPSG. Зоны UTM и особенности данных Sentinel-2. Геотрансформация и матрица привязки. Перепроецирование средствами gdalwarp: выбор метода интерполяции для непрерывных и категориальных данных. Приведение разноразрешённых каналов к общей сетке; типовые ошибки совмещения растров.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Устный опрос

Раздел 3. Каталоги данных и STAC API

Тема 3.1. Спецификация STAC: каталог, коллекция, элемент, ассет

Задача унификации описания пространственно-временных данных. Спецификация STAC (SpatioTemporal Asset Catalog): объекты Catalog, Collection, Item и Asset, их поля и связи. Пространственный и временной охват, ссылки между объектами. Расширения спецификации, в том числе описывающие спектральные каналы и параметры облачности. Статические каталоги и их отличие от каталогов с программным интерфейсом

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ

Тема 3.2. STAC API: программный поиск и получение данных

Программный интерфейс STAC API: конечные точки коллекций и поиска. Параметры запроса: пространственный охват, интервал дат, коллекция, фильтрация по свойствам. Постраничная выдача результатов. Клиентские библиотеки (pystac-client) и построение запроса из программы. Открытые каталоги данных Sentinel. Отбор сцен по доле облачности и формирование перечня ассетов для загрузки.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ

Тема 3.3. Работа с данными в облачном хранилище

Объектные хранилища и доступ к данным по протоколу HTTP. Частичное чтение Cloud Optimized GeoTIFF: запрос диапазона байтов вместо загрузки файла целиком. Виртуальные файловые системы GDAL для удалённого доступа. Вырезание фрагмента по области интереса непосредственно из удалённого файла. Оценка выигрыша по объёму передаваемых данных и времени выполнения

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 4. Обработка данных дистанционного зондирования

Тема 4.1. Радиометрическая и атмосферная коррекция

Значения яркости на верхней границе атмосферы и на поверхности. Переход от цифровых значений к коэффициентам отражения. Влияние атмосферы на измеряемый сигнал. Уровни обработки Sentinel-2: L1C и L2A, назначение процессора атмосферной коррекции. Канал классификации сцены и его использование. Условия, при которых атмосферная коррекция обязательна, и задачи, где допустимо работать с данными уровня L1C.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Устный опрос

Тема 4.2. Спектральные индексы

Понятие спектрального индекса как нормированной комбинации каналов. Вегетационный индекс NDVI, индекс водных объектов NDWI, индекс застроенных территорий NDBI: формулы, используемые каналы Sentinel-2, диапазон значений и его интерпретация. Пороговая сегментация по индексу и её ограничения. Расчёт индексов программными средствами; корректная обработка значений «нет данных» и деления на нуль.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Устный опрос

Тема 4.3. Композиты, маскирование облачности, мозаики и временные ряды

Синтез цветных изображений: естественные и искусственные цветовые композиты, назначение каналов. Растяжение гистограммы. Маскирование облачности и теней по каналу классификации сцены. Построение безоблачных композитов по набору сцен: медианное композитирование. Мозаика из смежных сцен и приведение их к единому радиометрическому уровню. Временные ряды индексов и анализ сезонной динамики.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Тема 4.4. Классификация земного покрова

Классификация без обучения: метод k-средних, ISODATA; интерпретация полученных классов. Классификация с обучением: формирование эталонных участков, методы максимального правдоподобия, случайного леса, градиентного бустинга. Матрица ошибок, общая точность, коэффициент каппа, полнота и точность по классам. Типовые причины низкого качества классификации и способы их устранения.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Практическая работа

Раздел 5. Искусственный интеллект в обработке данных дистанционного зондирования Земли

Тема 5.1. Машинное обучение в задачах обработки снимков

Постановка задач классификации, сегментации, детекции и регрессии применительно к данным дистанционного зондирования. Признаковое описание пикселя: спектральные каналы, индексы, текстурные и временные признаки. Классические методы: случайный лес, метод опорных векторов, градиентный бустинг. Сопоставление попиксельной классификации и методов, учитывающих пространственный контекст

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Кейс-задача

Тема 5.2. Нейронные сети для сегментации и детекции объектов

Свёрточные нейронные сети и их применение к многоканальным изображениям. Архитектура кодировщик — декодировщик, сеть U-Net для семантической сегментации. Нарезка снимка на фрагменты и обратная сборка результата, обработка краевых эффектов и перекрытий. Детекция объектов на снимках. Обзорно: трансформерные архитектуры для обработки изображений.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Кейс-задача

Тема 5.3. Обучающие выборки, аугментация и оценка качества

Источники разметки и её создание; открытые размеченные наборы данных. Пространственная автокорреляция и обусловленная ею утечка данных при случайном разбиении выборки; разбиение по территориям как способ её предотвращения. Дисбаланс классов и приёмы его компенсации. Аугментация, допустимая для снимков. Метрики качества сегментации: IoU, F1-мера, и их отличие от общей доли верных ответов.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Кейс-задача

Тема 5.4. Предобученные и фундаментальные модели; проверка результатов

Перенос обучения и дообучение моделей под прикладную задачу. Фундаментальные модели для данных дистанционного зондирования (Prithvi-EO, Clay и другие): принцип предобучения на больших неразмеченных архивах, поддержка многоканальных и разновременных данных. Ограничения: смещение обучающих данных относительно территории применения, ложные срабатывания, невоспроизводимость результата. Обязательная проверка результата независимыми данными и визуальным контролем; недопустимость публикации результатов автоматической обработки без верификации

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Кейс-задача

Раздел 6. Проектирование программного обеспечения обработки данных

Тема 6.1. Требования, архитектура и спецификации конвейера обработки

Формализация прикладной задачи мониторинга в виде требований к программному обеспечению. Функциональные и нефункциональные требования к системе обработки данных дистанционного зондирования. Архитектура конвейера: получение данных, предварительная обработка, тематическая обработка, публикация результата. Спецификация компонента: формат входных и выходных данных, обрабатываемые ошибочные ситуации, интерфейс взаимодействия. Воспроизводимость: фиксация версий данных и программных средств, журналирование хода обработки. Защита итогового проекта.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Просмотр выполненных работ
Защита 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, 6 семестр.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Физические основы и космические системы дистанционного зондирова
Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2

Тема 1.1. Физические основы дистанционного зондирования
Форма контроля/оценочное средство: Устный опрос

Тема 1.2. Обзор российских космических систем дистанционного зондирования
Форма контроля/оценочное средство: Устный опрос

Тема 1.3. Зарубежные системы. Программа Copernicus и спутники Sentinel
Форма контроля/оценочное средство: Устный опрос

Тема 1.4. Радиолокационное зондирование
Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Тема 1.5. Гиперспектральная съёмочная аппаратура
Форма контроля/оценочное средство: Письменный опрос

Раздел 2. Форматы данных и библиотека GDAL
Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3

Тема 2.1. Форматы хранения данных. GeoTIFF и Cloud Optimized GeoTIFF
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Тема 2.2. Библиотека GDAL: архитектура, драйверы, утилиты
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Тема 2.3. Программная обработка растров средствами GDAL и rasterio
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Тема 2.4. Системы координат, привязка и перепроецирование
Форма контроля/оценочное средство: Устный опрос

Раздел 3. Каталоги данных и STAC API
Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.3

Тема 3.1. Спецификация STAC: каталог, коллекция, элемент, ассет
Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Тема 3.2. STAC API: программный поиск и получение данных
Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ

Тема 3.3. Работа с данными в облачном хранилище
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Раздел 4. Обработка данных дистанционного зондирования
Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2

Тема 4.1. Радиометрическая и атмосферная коррекция
Форма контроля/оценочное средство: Устный опрос

Тема 4.2. Спектральные индексы
Форма контроля/оценочное средство: Устный опрос

Тема 4.3. Композиты, маскирование облачности, мозаики и временные ряды
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Тема 4.4. Классификация земного покрова
Форма контроля/оценочное средство: Практическая работа

Раздел 5. Искусственный интеллект в обработке данных дистанционного зондирования Земли
Контролируемые ИДК: ПК-2.2 ПК-2.3

Тема 5.1. Машинное обучение в задачах обработки снимков
Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задача

Тема 5.2. Нейронные сети для сегментации и детекции объектов
Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задача

Тема 5.3. Обучающие выборки, аугментация и оценка качества
Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задача

Тема 5.4. Предобученные и фундаментальные модели; проверка результатов
Форма контроля/оценочное средство: Кейс-задача

Раздел 6. Проектирование программного обеспечения обработки данных
Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3

Тема 6.1. Требования, архитектура и спецификации конвейера обработки
Форма контроля/оценочное средство: Просмотр выполненных работ
Форма контроля/оценочное средство: Защита работ

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

6 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3

Вопросы/Задания:

1. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Способность съёмочной системы различать на местности объекты заданного размера характеризуется _____ разрешением.

2. Установите правильную последовательность прохождения сигнала при пассивной космической съёмке.

А. Регистрация отражённого излучения приёмником съёмочной аппаратуры
Б. Прохождение излучения через атмосферу к земной поверхности
В. Испускание излучения Солнцем
Г. Отражение излучения земной поверхностью
Д. Передача полученных данных на наземный сегмент

3. Установите соответствие между российскими космическими аппаратами и их основным назначением.

Позиция Вариант
1. «Ресурс-П» А. Радиолокационное наблюдение земной поверхности
2. «Канопус-В» Б. Высокодетальная оптическая и гиперспектральная съёмка
3. «Метеор-М» В. Оперативный мониторинг и наблюдение чрезвычайных ситуаций
4. «Кондор-ФКА» Г. Гидрометеорологическое обеспечение

4. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Радиолокатор, в котором высокое разрешение вдоль траектории достигается обработкой сигнала, накопленного на участке полёта, называется радиолокатором с _____ апертурой.

5. Прочитайте задание и запишите развернутый, обоснованный ответ

Обоснуйте, почему для мониторинга паводков применяют радиолокационную съёмку, тогда как оптическая в этих условиях часто оказывается непригодной.

6. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Формат хранения растра, внутренняя структура которого допускает чтение фрагмента по протоколу HTTP без загрузки файла целиком, обозначается аббревиатурой _____.

7. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Утилита GDAL, выполняющая перепроецирование и совмещение растров, называется _____.

8. Установите соответствие между утилитами GDAL и решаемой ими задачей.

Позиция Вариант
1. gdalinfo А. Построение обзорных уровней (пирамид) растра
2. gdal_translate Б. Вывод сведений о наборе данных: размер, каналы, привязка, метаданные
3. gdalbuildvrt В. Создание виртуального набора данных из нескольких файлов
4. gdaladdo Г. Преобразование формата, вырезание фрагмента, изменение типа данных

9. Установите соответствие между понятиями модели данных GDAL и их содержанием.

Позиция Вариант
1. Драйвер А. Коэффициенты перехода от номера строки и столбца к координатам
2. Набор данных (Dataset) Б. Отдельная матрица значений одного спектрального диапазона
3. Канал (Band) В. Модуль поддержки конкретного формата хранения
4. Геотрансформация Г. Совокупность каналов с общими размерами, привязкой и метаданными

10. Установите правильную последовательность действий при поблочной обработке большого растра программными средствами.

А. Запись результата в выходной набор с сохранением геопривязки

Б. Открытие исходного набора данных и чтение его профиля
В. Поочерёдное чтение данных по окнам (блокам)
Г. Создание выходного набора с нужным типом данных и значением «нет данных»
Д. Вычисление над массивом текущего окна

11. Прочитайте задание и запишите развернутый, обоснованный ответ

Обоснуйте, почему при перепроецировании растра классификации земного покрова недопустимо применять билинейную интерполяцию.

12. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Спецификация унифицированного описания пространственно-временных данных в каталогах обозначается аббревиатурой _____.

13. Установите соответствие между объектами спецификации STAC и их содержанием.

Позиция Вариант
1. Catalog А. Однородный набор данных с общими метаданными и пространственно-временным охватом
2. Collection Б. Узел дерева, группирующий вложенные каталоги и коллекции
3. Item В. Ссылка на конкретный файл данных с указанием его типа и роли
4. Asset Г. Отдельная сцена с геометрией, датой съёмки и набором свойств

14. Прочитайте задание и запишите развернутый, обоснованный ответ

Обоснуйте, почему при регулярном мониторинге территории поиск снимков через STAC API предпочтительнее ручной загрузки через веб-интерфейс каталога.

15. Установите правильную последовательность действий при программном получении снимков через STAC API.

А. Загрузка выбранных ассетов или чтение их фрагментов
Б. Отбор сцен по доле облачности и другим свойствам
В. Формирование запроса: коллекция, пространственный охват, интервал дат
Г. Подключение к конечной точке STAC API каталога
Д. Постраничное получение перечня найденных элементов

16. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Уровень обработки данных Sentinel-2, соответствующий коэффициентам отражения на земной поверхности после атмосферной коррекции, обозначается _____.

17. Установите правильную последовательность подготовки сцены Sentinel-2 к расчёту спектрального индекса.

А. Расчёт спектрального индекса по каналам
Б. Получение сцены уровня L2A из каталога
В. Приведение каналов разного разрешения к единой сетке
Г. Маскирование облаков и теней по каналу классификации сцены
Д. Вырезание фрагмента по границе области интереса

18. Установите соответствие между спектральными индексами и формулами их расчёта по каналам Sentinel-2.

Позиция Вариант
1. NDVI А. (B03 − B08) / (B03 + B08)
2. NDWI Б. (B11 − B08) / (B11 + B08)
3. NDBI В. (B08 − B04) / (B08 + B04)

19. Прочитайте задание и запишите развернутый, обоснованный ответ

Обоснуйте, почему при построении безоблачного композита по серии снимков применяют медиану, а не среднее значение.

20. Прочитайте задание и запишите развернутый, обоснованный ответ

Обоснуйте, почему высокая общая точность классификации может скрывать полную неработоспособность модели при сильном дисбалансе классов.

21. Установите соответствие между методами классификации и их характеристиками.

Позиция Вариант
1. Метод k-средних А. Разбиение на классы без обучающей выборки по близости векторов

признаков
2. Случайный лес Б. Статистическая классификация в предположении нормального распределения классов
3. Метод максимального правдоподобия В. Ансамбль решающих деревьев, устойчивый к разнотипным признакам
4. Сеть U-Net Г. Сегментация с учётом пространственного контекста посредством свёрток

22. Установите соответствие между понятиями машинного обучения на снимках и их содержанием.

Позиция Вариант
1. Семантическая сегментация А. Присвоение класса каждому пикселю изображения
2. Детекция объектов Б. Расширение обучающей выборки преобразованиями исходных изображений
3. Перенос обучения В. Обнаружение и локализация отдельных объектов ограничивающими рамками
4. Аугментация Г. Использование модели, предобученной на большом архиве, для новой задачи

23. Установите правильную последовательность применения обученной модели сегментации к новой сцене.

А. Сборка результата в единый растр с сохранением геопривязки
Б. Нарезка сцены на перекрывающиеся фрагменты
В. Проверка результата по независимым данным и визуальным контролем
Г. Приведение сцены к виду, использованному при обучении
Д. Получение предсказания сети для каждого фрагмента

24. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Метрика качества сегментации, равная отношению площади пересечения к площади объединения предсказанной и эталонной областей, обозначается аббревиатурой _____.

25. Задания с развернутым ответом

Обоснуйте, почему при случайном разбиении размеченных пикселей на обучающую и контрольную выборки оценка качества модели оказывается завышенной.

26. Установите правильную последовательность подготовки и обучения модели сегментации.

А. Разбиение выборки на обучающую и контрольную по территориям
Б. Формирование разметки эталонных участков
В. Оценка качества по метрике IoU на контрольной выборке
Г. Нарезка снимка и разметки на фрагменты фиксированного размера
Д. Обучение сети на обучающих фрагментах

27. Прочитайте задание и напишите пропущенный термин

Свойство конвейера обработки, состоящее в возможности получить тот же результат повторным запуском при зафиксированных версиях данных и программных средств, называется _____.

28. Прочитайте задание и запишите развернутый, обоснованный ответ

Обоснуйте, почему в спецификации компонента конвейера необходимо явно описывать обрабатываемые ошибочные ситуации, а не только основной сценарий.

29. Установите правильную последовательность этапов проектирования системы обработки данных дистанционного зондирования.

А. Разработка спецификаций компонентов конвейера
Б. Формализация прикладной задачи и требований к исходным данным
В. Выбор источников данных и способа доступа к ним
Г. Проверка полученного результата на контрольной территории
Д. Определение архитектуры конвейера и состава его этапов

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Соловицкий А. Н. Дистанционное зондирование Земли: электронное учебное пособие / А. Н. Соловицкий. - Кемерово: КемГУ, 2019. - 66 с. - 978-5-8353-2418-7. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/135244 - Режим доступа: по подписке

2. Ракитский А. А. Методы машинного обучения: учебно-методическое пособие / А. А. Ракитский, К. И. Дементьева. - Методы машинного обучения - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2023. - 35 с. - 2227-8397. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/138857.html - Режим доступа: по подписке

3. Бикбулатова Г. Г. Геоинформационные системы и технологии: учебное пособие / Г. Г. Бикбулатова. - Омск: Омский ГАУ, 2016. - 66 с. - 978-5-89764-542-8. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/129444 - Режим доступа: по подписке

Дополнительная литература

1. Коберниченко В. Г. Радиоэлектронные системы дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / В. Г. Коберниченко. - Радиоэлектронные системы дистанционного зондирования Земли - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 224 с. - 978-5-7996-1685-4. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/68463.html - Режим доступа: по подписке

2. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учебное пособие / составители: С. С. Рацен [и др.]. - Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории - Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. - 149 с. - 978-5-98346-146-8. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/136985.html - Режим доступа: по подписке

3. Короткова Е. М. Применение данных дистанционного зондирования Земли для оценки окружающей среды / Е. М. Короткова. - Томск: ТГАСУ, 2023. - 92 с. - 978-5-6049514-1-5. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/408602 - Режим доступа: по подписке

4. Трифонова Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: учебное пособие для вузов / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко, А. Н. Краснощеков. - Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях - Москва: Академический проект, 2020. - 349 с. - 978-5-8291-2999-6. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/110100.html - Режим доступа: по подписке

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

Профессиональные базы данных

Не используются.

Ресурсы «Интернет»

1. https://www.iprbookshop.ru/ - Электронно-библиотечная система IPR SMART
2. http://www.elibrary.ru/ - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
3. www.znanium.com - издательство ИНФРА-М

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)
1. PostGIS;
2. PostgreSQL;
3. QGIS;
4. Microsoft Visual Studio;

Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)
Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Компьютерный класс
Маркерная доска - 0 шт.
Моноблок - 16 шт.
Проектор - 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.

Перечень содержит 40 теоретических. Вопросы требуют развёрнутого связного ответа.
Число вопросов по разделу пропорционально его трудоёмкости, поэтому вероятность выпадения темы соответствует объёму отведённого на неё учебного времени. Контролируемые индикаторы: ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3.
Распределение вопросов по разделам
Раздел дисциплины Часов Вопросов Номера Индикаторы
Раздел 1. Физические основы и космические системы дистанционного зондирования 18 7 1–7 ПК-2.1
Раздел 2. Форматы данных и библиотека GDAL 22 8 8–15 ПК-2.2 ПК-2.3
Раздел 3. Каталоги данных и STAC API 14 5 16–20 ПК-2.1 ПК-2.3
Раздел 4. Обработка данных дистанционного зондирования на примере Sentinel 26 10 21–30 ПК-2.2 ПК-2.3
Раздел 5. Искусственный интеллект в обработке данных дистанционного зондирования 20 7 31–37 ПК-2.2 ПК-2.3
Раздел 6. Проектирование программного обеспечения обработки данных 8 3 38–40 ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3
Итого 108 40 1–40

Структура билета и порядок проведения зачёта
Позиция Содержание Разделы Баллов
Вопрос 1 Теоретический вопрос Разделы 1–3 30
Вопрос 2 Теоретический вопрос Разделы 4–6 30
Задание 3 Практическое задание Разделы 1–6 40

Итого 100

На подготовку отводится 40 минут; разрешается пользоваться документацией GDAL и спецификацией STAC без готовых решений.

Баллы Оценка Требования

86–100 зачтено (отлично) оба вопроса раскрыты полностью, приведены примеры и количественные характеристики; практическое задание выполнено верно и обосновано

71–85 зачтено (хорошо) вопросы раскрыты, допущены отдельные неточности; практическое задание выполнено с несущественными ошибками

56–70 зачтено (удовлетворительно) изложены основные положения, часть существенных элементов отсутствует; практическое задание выполнено частично

менее 56 не зачтено вопросы не раскрыты либо содержат грубые ошибки; практическое задание не выполнено

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ

Раздел 1. Физические основы и космические системы дистанционного зондирования

Контролируемые индикаторы: ПК-2.1.

1. Электромагнитный спектр в дистанционном зондировании. Окна прозрачности атмосферы; влияние рассеяния и поглощения на измеряемый сигнал.

2. Спектральные кривые отражения основных типов земной поверхности: растительности, почвы, воды, застройки. Как различия этих кривых используются при дешифрировании?

3. Характеристики съёмочной аппаратуры: пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение. Взаимные ограничения между ними.

4. Состав и назначение российской орбитальной группировки дистанционного зондирования Земли. Аппараты «Ресурс-П», «Ресурс-ПМ» и «Канопус-В»: решаемые задачи и характеристики съёмки.

5. Гидрометеорологические и специализированные российские космические системы: «Метеор-М», «Электро-Л», «Арктика-М». Особенности геостационарной и высокоэллиптической орбит для задач наблюдения.

6. Радиолокационное зондирование: принцип активной съёмки, радиолокатор с синтезированной апертурой, поляризация, режимы съёмки. Геометрические искажения радиолокационного изображения и спекл-шум.

7. Гиперспектральная съёмка: отличие от мультиспектральной, понятие спектрального куба, решаемые задачи и проблема высокой размерности данных.

Раздел 2. Форматы данных и библиотека GDAL

Контролируемые индикаторы: ПК-2.2 ПК-2.3.

8. Растровая и векторная модели пространственных данных. Формат GeoTIFF: организация, теги геопривязки, выбор типа данных и значения «нет данных».

9. Блочная организация растра и обзорные уровни (пирамиды). Cloud Optimized GeoTIFF: внутренняя структура и обеспечиваемые ею возможности.

10. Архитектура библиотеки GDAL: модель драйверов, абстракция набора данных, каналы, метаданные, геотрансформация.

11. Виртуальный формат VRT: назначение, устройство и типовые сценарии применения.

12. Утилиты командной строки GDAL: состав и решаемые задачи. Приведите примеры команд для типовых операций обработки снимков.

13. Программный интерфейс GDAL и библиотека rasterio: чтение и запись по окнам, работа с профилем набора данных, обработка растров, не помещающихся в оперативную память.

14. Системы координат и картографические проекции в задачах дистанционного зондирования. Идентификаторы EPSG, зоны UTM, особенности данных Sentinel-2.

15. Перепроецирование и совмещение растров: выбор метода интерполяции, приведение разноразрешённых каналов к общей сетке, типовые ошибки совмещения.

Раздел 3. Каталоги данных и STAC API

Контролируемые индикаторы: ПК-2.1 ПК-2.3.

16. Организация каталогов данных дистанционного зондирования. Статические каталоги и каталоги с программным интерфейсом: назначение, различия, области применения.

17. Расширения спецификации STAC. Какие сведения о снимке они позволяют описать и как это используется при отборе данных?
18. STAC API: конечные точки, параметры поиска, постраничная выдача результатов. Построение поискового запроса из программы.
19. Объектные хранилища и доступ к данным по протоколу HTTP. Частичное чтение Cloud Optimized GeoTIFF и виртуальные файловые системы GDAL.
20. Сравните загрузку сцены целиком и чтение фрагмента непосредственно из удалённого файла по объёму передаваемых данных, времени выполнения и применимости.
Раздел 4. Обработка данных дистанционного зондирования на примере Sentinel
Контролируемые индикаторы: ПК-2.2 ПК-2.3.
21. Яркость на верхней границе атмосферы и коэффициент отражения на земной поверхности. Переход от цифровых значений снимка к физическим величинам.
22. Атмосферная коррекция: назначение и влияние атмосферы на измеряемый сигнал. Уровни обработки Sentinel-2 L1C и L2A, условия применения каждого из них.
23. Канал классификации сцены Sentinel-2: состав классов и применение для маскирования облачности и теней.
24. Состав спектральных каналов Sentinel-2, их пространственное разрешение и назначение при решении прикладных задач.
25. Спектральные индексы: понятие, принцип нормирования, интерпретация значений. Индексы NDVI, NDWI, NDBI и решаемые с их помощью задачи.
26. Ограничения пороговой сегментации по спектральному индексу. В каких случаях она даёт заведомо неверный результат?
27. Цветовые композиты: естественные и искусственные, назначение используемых каналов. Растяжение гистограммы и его влияние на восприятие изображения.
28. Построение безоблачных композитов и мозаик по набору сцен. Приведение смежных сцен к единому радиометрическому уровню.
29. Классификация без обучения: методы k-средних и ISODATA, порядок применения и интерпретация полученных классов.
30. Классификация с обучением: формирование эталонных участков, применяемые методы. Матрица ошибок, общая точность, коэффициент каппа, полнота и точность по классам.
Раздел 5. Искусственный интеллект в обработке данных дистанционного зондирования
Контролируемые индикаторы: ПК-2.2 ПК-2.3.
31. Постановка задач классификации, сегментации, детекции и регрессии применительно к данным дистанционного зондирования. Признаковое описание пикселя.
32. Классические методы машинного обучения в обработке снимков: случайный лес, метод опорных векторов, градиентный бустинг. Их достоинства и ограничения.
33. Свёрточные нейронные сети для многоканальных изображений. Архитектура «кодировщик — декодировщик» и сеть U-Net для семантической сегментации.
34. Нарезка снимка на фрагменты и обратная сборка результата: краевые эффекты, перекрытия, сохранение геопривязки выходного растра.
35. Источники и создание разметки для задач дистанционного зондирования. Дисбаланс классов и приёмы его компенсации. Виды аугментации, допустимые для снимков.
36. Метрики качества сегментации: IoU, F1-мера, общая доля верных ответов. В каких случаях каждая из них вводит в заблуждение?
37. Перенос обучения и фундаментальные модели для данных дистанционного зондирования: принцип предобучения, дообучение под прикладную задачу, ограничения и обязательная проверка результата.
Раздел 6. Проектирование программного обеспечения обработки данных
Контролируемые индикаторы: ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3.
38. Формализация прикладной задачи мониторинга в виде требований к программному обеспечению. Функциональные и нефункциональные требования к системе обработки данных дистанционного зондирования.
39. Архитектура конвейера обработки данных: состав этапов, разграничение ответственности между компонентами, интерфейсы взаимодействия.
40. Воспроизводимость обработки: фиксация версий данных и программных средств,

журналирование хода обработки, проверка результата. Почему это требование существенно для систем обработки данных дистанционного зондирования?

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. По описанию прикладной задачи мониторинга сформулировать требования к исходным данным: тип съёмки, пространственное разрешение, спектральные каналы, периодичность, допустимая облачность. Обосновать выбор съёмочной системы.
2. Составить команду GDAL для вырезания фрагмента сцены по заданной области интереса с перепроецированием в указанную систему координат.
3. Записать параметры запроса к STAC API для отбора сцен Sentinel-2 уровня L2A по заданным территории, интервалу дат и доле облачности.
4. Записать формулу спектрального индекса через каналы Sentinel-2 и указать диапазон значений для заданного типа поверхности.
5. По приведённой матрице ошибок вычислить общую точность, полноту и точность указанного класса и объяснить полученный результат.
6. Предложить схему разбиения размеченных данных на обучающую и контрольную выборки для заданной территории и обосновать её.
7. Составить схему конвейера обработки для указанной задачи: этапы, входные и выходные данные каждого этапа, обрабатываемые ошибочные ситуации.

БИЛЕТЫ К ЗАЧЁТУ

Билет № 1

1. Электромагнитный спектр в дистанционном зондировании. Окна прозрачности атмосферы; влияние рассеяния и поглощения на измеряемый сигнал.
2. Яркость на верхней границе атмосферы и коэффициент отражения на земной поверхности. Переход от цифровых значений снимка к физическим величинам.
3. По описанию прикладной задачи мониторинга сформулировать требования к исходным данным: тип съёмки, пространственное разрешение, спектральные каналы, периодичность, допустимая облачность. Обосновать выбор съёмочной системы.

Билет № 2

1. Спектральные кривые отражения основных типов земной поверхности: растительности, почвы, воды, застройки. Как различия этих кривых используются при дешифрировании?
2. Атмосферная коррекция: назначение и влияние атмосферы на измеряемый сигнал. Уровни обработки Sentinel-2 L1C и L2A, условия применения каждого из них.
3. Составить команду GDAL для вырезания фрагмента сцены по заданной области интереса с перепроецированием в указанную систему координат.

Билет № 3

1. Характеристики съёмочной аппаратуры: пространственное, спектральное, радиометрическое и временное разрешение. Взаимные ограничения между ними.
2. Канал классификации сцены Sentinel-2: состав классов и применение для маскирования облачности и теней.
3. Записать параметры запроса к STAC API для отбора сцен Sentinel-2 уровня L2A по заданным территории, интервалу дат и доле облачности.

Билет № 4

1. Состав и назначение российской орбитальной группировки дистанционного зондирования Земли. Аппараты «Ресурс-П», «Ресурс-ПМ» и «Канопус-В»: решаемые задачи и характеристики съёмки.
2. Состав спектральных каналов Sentinel-2, их пространственное разрешение и назначение при решении прикладных задач.
3. Записать формулу спектрального индекса через каналы Sentinel-2 и указать диапазон значений для заданного типа поверхности.

Билет № 5

1. Гидрометеорологические и специализированные российские космические системы: «Метеор-М», «Электро-Л», «Арктика-М». Особенности геостационарной и высокоэллиптической орбит для задач наблюдения.
2. Спектральные индексы: понятие, принцип нормирования, интерпретация значений.

Индексы NDVI, NDWI, NDBI и решаемые с их помощью задачи.
3. По приведённой матрице ошибок вычислить общую точность, полноту и точность указанного класса и объяснить полученный результат.

Билет № 6

1. Радиолокационное зондирование: принцип активной съёмки, радиолокатор с синтезированной апертурой, поляризация, режимы съёмки. Геометрические искажения радиолокационного изображения и спекл-шум.
2. Ограничения пороговой сегментации по спектральному индексу. В каких случаях она даёт заведомо неверный результат?
3. Предложить схему разбиения размеченных данных на обучающую и контрольную выборки для заданной территории и обосновать её.

Билет № 7

1. Гиперспектральная съёмка: отличие от мультиспектральной, понятие спектрального куба, решаемые задачи и проблема высокой размерности данных.
2. Цветовые композиты: естественные и искусственные, назначение используемых каналов. Растяжение гистограммы и его влияние на восприятие изображения.
3. Составить схему конвейера обработки для указанной задачи: этапы, входные и выходные данные каждого этапа, обрабатываемые ошибочные ситуации.

Билет № 8

1. Растровая и векторная модели пространственных данных. Формат GeoTIFF: организация, теги геопривязки, выбор типа данных и значения «нет данных».
2. Построение безоблачных композитов и мозаик по набору сцен. Приведение смежных сцен к единому радиометрическому уровню.
3. По описанию прикладной задачи мониторинга сформулировать требования к исходным данным: тип съёмки, пространственное разрешение, спектральные каналы, периодичность, допустимая облачность. Обосновать выбор съёмочной системы.

Билет № 9

1. Блочная организация растра и обзорные уровни (пирамиды). Cloud Optimized GeoTIFF: внутренняя структура и обеспечиваемые ею возможности.
2. Классификация без обучения: методы k-средних и ISODATA, порядок применения и интерпретация полученных классов.
3. Составить команду GDAL для вырезания фрагмента сцены по заданной области интереса с перепроецированием в указанную систему координат.

Билет № 10

1. Архитектура библиотеки GDAL: модель драйверов, абстракция набора данных, каналы, метаданные, геотрансформация.
2. Классификация с обучением: формирование эталонных участков, применяемые методы. Матрица ошибок, общая точность, коэффициент каппа, полнота и точность по классам.
3. Записать параметры запроса к STAC API для отбора сцен Sentinel-2 уровня L2A по заданным территории, интервалу дат и доле облачности.

Билет № 11

1. Виртуальный формат VRT: назначение, устройство и типовые сценарии применения.
2. Постановка задач классификации, сегментации, детекции и регрессии применительно к данным дистанционного зондирования. Признаковое описание пикселя.
3. Записать формулу спектрального индекса через каналы Sentinel-2 и указать диапазон значений для заданного типа поверхности.

Билет № 12

1. Утилиты командной строки GDAL: состав и решаемые задачи. Приведите примеры команд для типовых операций обработки снимков.
2. Классические методы машинного обучения в обработке снимков: случайный лес, метод опорных векторов, градиентный бустинг. Их достоинства и ограничения.
3. По приведённой матрице ошибок вычислить общую точность, полноту и точность указанного класса и объяснить полученный результат.

Билет № 13

1. Программный интерфейс GDAL и библиотека rasterio: чтение и запись по окнам, работа с

профилем набора данных, обработка растров, не помещающихся в оперативную память.
2. Свёрточные нейронные сети для многоканальных изображений. Архитектура «кодировщик — декодировщик» и сеть U-Net для семантической сегментации.
3. Предложить схему разбиения размеченных данных на обучающую и контрольную выборки для заданной территории и обосновать её.

Билет № 14

1. Системы координат и картографические проекции в задачах дистанционного зондирования. Идентификаторы EPSG, зоны UTM, особенности данных Sentinel-2.
2. Нарезка снимка на фрагменты и обратная сборка результата: краевые эффекты, перекрытия, сохранение геопривязки выходного растра.
3. Составить схему конвейера обработки для указанной задачи: этапы, входные и выходные данные каждого этапа, обрабатываемые ошибочные ситуации.

Билет № 15

1. Перепроецирование и совмещение растров: выбор метода интерполяции, приведение разноразрешённых каналов к общей сетке, типовые ошибки совмещения.
2. Источники и создание разметки для задач дистанционного зондирования. Дисбаланс классов и приёмы его компенсации. Виды аугментации, допустимые для снимков.
3. По описанию прикладной задачи мониторинга сформулировать требования к исходным данным: тип съёмки, пространственное разрешение, спектральные каналы, периодичность, допустимая облачность. Обосновать выбор съёмочной системы.

Билет № 16

1. Организация каталогов данных дистанционного зондирования. Статические каталоги и каталоги с программным интерфейсом: назначение, различия, области применения.
2. Метрики качества сегментации: IoU, F1-мера, общая доля верных ответов. В каких случаях каждая из них вводит в заблуждение?
3. Составить команду GDAL для вырезания фрагмента сцены по заданной области интереса с перепроецированием в указанную систему координат.

Билет № 17

1. Расширения спецификации STAC. Какие сведения о снимке они позволяют описать и как это используется при отборе данных?
2. Перенос обучения и фундаментальные модели для данных дистанционного зондирования: принцип предобучения, дообучение под прикладную задачу, ограничения и обязательная проверка результата.
3. Записать параметры запроса к STAC API для отбора сцен Sentinel-2 уровня L2A по заданным территории, интервалу дат и доле облачности.

Билет № 18

1. STAC API: конечные точки, параметры поиска, постраничная выдача результатов. Построение поискового запроса из программы.
2. Формализация прикладной задачи мониторинга в виде требований к программному обеспечению. Функциональные и нефункциональные требования к системе обработки данных дистанционного зондирования.
3. Записать формулу спектрального индекса через каналы Sentinel-2 и указать диапазон значений для заданного типа поверхности.

Билет № 19

1. Объектные хранилища и доступ к данным по протоколу HTTP. Частичное чтение Cloud Optimized GeoTIFF и виртуальные файловые системы GDAL.
2. Архитектура конвейера обработки данных: состав этапов, разграничение ответственности между компонентами, интерфейсы взаимодействия.
3. По приведённой матрице ошибок вычислить общую точность, полноту и точность указанного класса и объяснить полученный результат.

Билет № 20

1. Сравните загрузку сцены целиком и чтение фрагмента непосредственно из удалённого файла по объёму передаваемых данных, времени выполнения и применимости.
2. Воспроизводимость обработки: фиксация версий данных и программных средств, журналирование хода обработки, проверка результата. Почему это требование существенно

для систем обработки данных дистанционного зондирования?
3. Предложить схему разбиения размеченных данных на обучающую и контрольную выборки для заданной территории и обосновать её.

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.