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

Геодезический факультет
Кафедра космического мониторинга и экологии

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

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

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор
А. Л. Степанченко
17 февраля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ «Б1.В.04.ДВ.02.01 МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Направление подготовки: 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Направленность(профиль) подготовки: Исследование природных ресурсов методами дистанционного зондирования

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора (приема на обучение): 2023

Срок получения образования: 4 года

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

Москва, 2023

Разработчики:
Заведующий кафедрой Космического мониторинга и экологии,
д.н., профессор Малинников В. А.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование, утвержденного приказом Минобрнауки от 12.08.2020 № 972

Согласование и утверждение

№	Подразделение	Ответственное лицо	ФИО	Виза	Дата, протокол (при наличии)
1	Геодезический факультет	Председатель ученого совета факультета	Половнев О. В.	Рассмотрено	23.01.2023, № 8

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 - заключается в получении обучающимися теоретических знаний, умений и навыков в области математических методов решения обратных задач дистанционного зондирования (ДЗ).

Задачи изучения дисциплины:

- Ознакомление студентов с понятием «обратная задача дистанционного зондирования», основными видами данных задач и источниками информации в глобальных компьютерных сетях об обратных задачах ДЗ и методах их решения;
- Формирование у студентов знаний, умений и навыков в области обработки информации средствами современных математических пакетов в части, касающейся их применения для решения обратных задач ДЗ;
- Получение студентами базовых представлений о математических методах решения обратных задач;
- Освоение навыков применения полученных знания для решения обратных задач ДЗ.

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

Компетенции, индикаторы и результаты обучения

ПК-1 Способен проводить прикладные исследования, обрабатывать и анализировать результаты

ПК-1.1 Выполняет эксперимент и оформляет результаты исследований и разработок

Знать:

ПК-1.1/Зн2 Методологию решения обратных задач ДЗЗ

Уметь:

ПК-1.1/Ум2 Оценивать погрешности и достоверность полученных результатов

Владеть:

ПК-1.1/Нв2 Математическими методами решения обратных задач

ПК-1.2 Обрабатывает и анализирует научно-техническую информацию и результаты исследований

Знать:

ПК-1.2/Зн2 Современные форматы представления научно-технической информации

Уметь:

ПК-1.2/Ум2 Систематизировать и обобщать результаты исследований

Владеть:

ПК-1.2/Нв2 Навыками подготовки аналитических обзоров и отчетов

ПК-1.3 Готовит элементы документации, проектов, планов и программ проведения отдельных этапов работ

Знать:

ПК-1.3/Зн2 Методы планирования и управления этапами работ

Уметь:

ПК-1.3/Ум2 Оценивать реалистичность и выполнимость планов работ

Владеть:

ПК-1.3/Нв2 Инструментами проектного управления и планирования

ПК-12 Способен выполнять технологические операции по подготовке предложений для принятия решения, в том числе на основе результатов космической деятельности

ПК-12.1 Формирует и направляет запросы на предоставление данных (информации), получаемых на основе использования результатов космической деятельности, в информационно-аналитические и мониторинговые системы различных уровней

Знать:

ПК-12.1/Зн2 Требования к формулировке запросов для решения обратных задач ДЗЗ

Уметь:

ПК-12.1/Ум2 Адаптировать запросы под требования конкретных мониторинговых систем

Владеть:

ПК-12.1/Нв3 Методами оценки качества и пригодности данных для решения обратных задач

ПК-12.2 Выполняет сбор, первичную обработку, систематизацию, каталогизацию и визуализацию данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности и результатов их обработки

Знать:

ПК-12.2/Зн3 Методы первичной обработки

Уметь:

ПК-12.2/Ум3 Систематизировать и каталогизировать данные

Владеть:

ПК-12.2/Нв3 Программными средствами приёма и обработки данных ДЗС

ПК-12.3 Выполняет комплексный анализ данных (информации), полученных на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.3/Зн3 Методы и алгоритмы решения обратных задач в ДЗЗ

Уметь:

ПК-12.3/Ум3 Проводить комплексный анализ данных ДЗЗ

Владеть:

ПК-12.3/Нв4 Математическими методами решения некорректных задач

ПК-12.4 Формирует набор возможных вариантов решения на основе использования результатов космической деятельности

Знать:

ПК-12.4/Зн4 Алгоритмы оценки неоднозначности решений обратных задач

Уметь:

ПК-12.4/Ум3 Формулировать множество возможных решений обратных задач

Владеть:

ПК-12.4/Нв4 Методами анализа неоднозначности обратных задач

ПК-15 Способен разрабатывать проектную продукцию по результатам инженерно-технического проектирования

ПК-15.1 Разрабатывает и оформляет проектные решения

Знать:

ПК-15.1/Зн3 Методологию проектирования решений для обратных задач ДЗЗ

Уметь:

ПК-15.1/Ум3 Обосновывать выбор методов и алгоритмов в проектных решениях

Владеть:

ПК-15.1/Нв3 Инструментами проектного моделирования и проектирования

ПК-15.2 Моделирует для проектных целей и для обоснования надежности и безопасности объектов

Знать:

ПК-15.2/Зн4 Методы математического и компьютерного моделирования в ДЗЗ

Уметь:

ПК-15.2/Ум4 Разрабатывать модели для проектных целей на основе данных ДЗЗ

Владеть:

ПК-15.2/Нв4 Инструментами математического и имитационного моделирования

ПК-15.3 Согласовывает и представляет проектную продукцию

Знать:

ПК-15.3/Зн3 Методы эффективной презентации технических решений

Уметь:

ПК-15.3/Ум3 Готовить и проводить презентации проектных решений

Владеть:

ПК-15.3/Нв3 Навыками публичных выступлений и визуализации технической информации

ПК-16 Способен разрабатывать проекты создания фотограмметрической продукции

ПК-16.1 Разрабатывает проекты создания фотограмметрической продукции

Знать:

ПК-16.1/Зн6 Теоретические основы фотограмметрии и методов обработки снимков

Уметь:

ПК-16.1/Ум6 Выбирать оптимальные методы решения обратных задач для конкретных типов продукции

Владеть:

ПК-16.1/Нв6 Технологиями интеграции результатов ДЗЗ в фотограмметрические проекты

3. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина (модуль) Б1.В.04.ДВ.02.01 «Методы решения обратных задач дистанционного зондирования» относится к формируемой участниками образовательных отношений части образовательной программы и изучается в семестре(ах): 7.

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

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Период	доемкость сы)	доемкость ЗЕТ)	ные занятия сы)	ые занятия сы)	льная работа сы)	ая аттестация сы)

обучения	Общая тру (ча	Общая тру (ЗЕ	Лабораторн (ча	Лекционны (ча	Самостоятел (ча	Промежуточн (ча
7 семестр	72	2	15	15	42	Зачет
Всего	72	2	15	15	42	

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

(часы промежуточной аттестации не указываются)

Наименование раздела, темы	Всего	Лабораторные занятия	Лекционные занятия	Самостоятельная работа	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с результатами освоения программы
Раздел 1. Теоретические основы и постановка обратных задач дистанционного зондирования	**22**	**3**	**4**	**15**	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-12.1 ПК-15.3
Тема 1.1. Прямые и обратные задачи ДЗ	10	1	2	7	
Тема 1.2. Математическая постановка обратной задачи ДЗ	12	2	2	8	
Раздел 2. Методы решения	**50**	**12**	**11**	**27**	ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-12.4 ПК-15.1 ПК-15.2 ПК-16.1
Тема 2.1. Неустойчивые методы решения некорректно поставленных обратных задач	16	4	3	9	
Тема 2.2. Устойчивые методы решения некорректно поставленных обратных задач	18	4	5	9	
Тема 2.3. Примеры решения обратных задач ДЗ	16	4	3	9	
Итого	**72**	**15**	**15**	**42**	

5.2. Содержание разделов, тем дисциплин и формы текущего контроля

Раздел 1. Теоретические основы и постановка обратных задач дистанционного зондирования

Тема 1.1. Прямые и обратные задачи ДЗ

Основные типы обратных задач ДЗ: обратные задачи классификации, факторные обратные задачи, обратные задачи параметризации.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля

Тестирование

Тема 1.2. Математическая постановка обратной задачи ДЗ

Понятие модели. Линейные и нелинейные математические модели, к которым приводятся обратные задачи ДЗ: интегральные уравнения Фредгольма I и II рода, интегральные уравнения Вольтера I и II рода, системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с плохо обусловленными и вырожденными матрицами. Общая математическая формулировка обратной задачи ДЗ: операторное уравнение Ах у с оператором А, принадлежащим к одному из следующих типов: (линейный, интегральный, дифференциальный и т.д.). Свойства оператора А. Математическое определение корректно и некорректно поставленных задач. Примеры корректно и некорректно поставленных обратных задач ДЗ.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Раздел 2. Методы решения

Тема 2.1. Неустойчивые методы решения некорректно поставленных обратных задач

Классические методы решения недоопределенных и переопределенных СЛАУ: метод наименьших квадратов Гаусса, метод псевдообратной матрицы Мура-Пенроуза. Классические методы решения интегральных уравнений Фредгольма I и II рода: метод квадратур, метод преобразования Фурье.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 2.2. Устойчивые методы решения некорректно поставленных обратных задач

Дополнительная информация качественного и количественного характера, используемая для решения некорректно поставленных обратных задач. Методы решения некорректно поставленных обратных задач, использующие дополнительную информацию количественного характера, позволяющую сузить класс возможных решений до компактного множества: метод подбора решения, метод квазирешения, метод замены исходного операторного уравнения близким ему. Существенно некорректные обратные задачи. Метод регуляризации Тихонова. Способы построения регуляризирующего оператора. Способы выбора параметра регуляризации. Применение метода регуляризации Тихонова для приближенного решения СЛАУ и интегральных уравнений Фредгольма I рода. Итеративная регуляризация. Методы статистической регуляризации.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование

Тема 2.3. Примеры решения обратных задач ДЗ

Коррекция аэро- и космических изображений: реконструкция смазанных и дефокусированных изображений. Определение характеристик оптико-метеорологического состояния атмосферы. Восстановление вертикального профиля температуры, влажности, скорости ветра. Определение температуры поверхности океана и скорости ветра в приводном слое. Определение характеристик морского волнения. Оценка характеристик облачного покрова по спутниковым данным. Сокращение размерности обратной задачи посредством метода главных компонент.

Текущий контроль

Вид (форма) контроля
Тестирование
Расчетно-графическая работа

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, 7 семестр.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, полностью выполнившие все обязательные работы в рамках текущего контроля по дисциплине. Промежуточная аттестация проводится по билетам. На подготовку к ответу отводится 20-40 минут. Сначала студент пишет ответ на вопросы/решает тестирование билета, затем устно отвечает на наводящие вопросы, связанные с вопросами билета.

7. Оценочные материалы текущего контроля

Раздел 1. Теоретические основы и постановка обратных задач дистанционного зондирования

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-12.1 ПК-15.3

Тема 1.1. Прямые и обратные задачи ДЗ

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Основные типы обратных задач ДЗ

Тема 1.2. Математическая постановка обратной задачи ДЗ

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Общая математическая формулировка обратной задачи ДЗ

Раздел 2. Методы решения

Контролируемые ИДК: ПК-12.2 ПК-12.3 ПК-12.4 ПК-15.1 ПК-15.2 ПК-16.1

Тема 2.1. Неустойчивые методы решения некорректно поставленных обратных задач

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Классические методы решения недоопределенных и переопределенных СЛАУ: метод наименьших квадратов Гаусса.

Тема 2.2. Устойчивые методы решения некорректно поставленных обратных задач

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Какие методы необходимы для решения некорректно поставленных обратных задач?

Тема 2.3. Примеры решения обратных задач ДЗ

Форма контроля/оценочное средство: Тестирование

Вопросы/Задания:

1. Коррекция космических изображений: реконструкция смазанных и дефокусированных изображений

Форма контроля/оценочное средство: Расчетно-графическая работа

8. Оценочные материалы промежуточной аттестации

7 семестр, Зачет

Контролируемые ИДК: ПК-1.1 ПК-12.1 ПК-15.1 ПК-16.1 ПК-1.2 ПК-12.2 ПК-15.2 ПК-1.3 ПК-12.3 ПК-15.3 ПК-12.4

Вопросы/Задания:

1. Прямые и обратные задачи ДЗ

2. Основные типы обратных задач ДЗ: обратные задачи классификации, факторные обратные задачи, обратные задачи параметризации.

3. Понятие модели. Линейные и нелинейные математические модели, к которым приводятся обратные задачи ДЗ.

4. Общая математическая формулировка обратной задачи ДЗ

5. Математическое определение корректно и некорректно поставленных задач.

6. Примеры корректно и некорректно поставленных обратных задач ДЗ.

7. Дополнительная информация качественного и количественного характера, используемая для решения некорректно поставленных обратных задач

8. Метод подбора решения.

9. Метод замены исходного операторного уравнения близким ему.

10. Примеры корректно и некорректно поставленных обратных задач дистанционного зондиров.

9. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Вагин Д. В. Оценивание параметров в обратных задачах: учебное пособие / Д. В. Вагин. - Новосибирск: НГТУ, 2019. - 48 с. - 978-5-7782-3940-1. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/152269 - Режим доступа: по подписке

Дополнительная литература

1. Митрофанов Г. М. Обратные задачи геофизики (Основы курса): учебное пособие / Г. М. Митрофанов. - Обратные задачи геофизики (Основы курса) - Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2015. - 102 с. - 978-5-4437-0430-2. - Текст: электронный // IPR SMART: [сайт]. - URL: https://www.iprbookshop.ru/93469.html - Режим доступа: по подписке
2. Бадертдинова Е. Р. Методы решения прямых и обратных задач нефтегазовой гидромеханики и разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов: монография / Е. Р. Бадертдинова. - Казань: КНИТУ, 2020. - 168 с. - 978-5-7882-2920-1. - Текст: электронный // Издательство Лань: [сайт]. - URL: https://e.lanbook.com/book/244763 - 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. http://jr.rse.cosmos.ru/ - Журнал «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
2. https://www.scilab.org/ - Документация и справочная информация о математическом пакете Scilab

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

Перечень программного обеспечения
(обновление производится по мере появления новых версий программы)

Не используется.

Перечень информационно-справочных систем
(обновление выполняется еженедельно)

Не используется.

9.4. Оборудование и технические средства обучения

Специализированная лаборатория

Интерактивная панель - 1 шт.

Меловая доска - 1 шт.

10. Методические указания по освоению дисциплины (модуля)

Освоение учебной дисциплины «Методы решения обратных задач дистанционного зондирования» предполагает систематическую работу в ходе аудиторных занятий и регулярную самостоятельную работу по выполнению домашних заданий. Основной учебный процесс по данной дисциплине строится на сочетании лекционных и практических занятий. В рамках самостоятельной работы обучающимся предстоит изучать рекомендованную учебную и научную литературу по использованию дистанционных методов для решения научных и прикладных обратных задач дистанционного зондирования применительно к экологии и природопользованию, выполнять домашние задания по тематической обработки материалов аэрокосмической съемки, готовиться к аудиторным и практическим занятиям.

Для успешного изучения учебной дисциплины необходимо регулярно посещать все виды учебных занятий, включая лекции, где даются основные теоретические положения учебного курса, и практические занятия по решению теоретических практических задач. Все учебные материалы и дополнительные ресурсы будут доступны в электронной образовательной среде университета, с которыми следует своевременно знакомиться.

Контроль результатов обучения по данному учебному курсу осуществляется через текущий контроль и промежуточную аттестацию. Большое внимание уделяется соблюдению дисциплины в аудитории и активному участию в отработке практических навыков. Студенты, не выполнившие программу практических занятий и не прошедшие текущую аттестацию, к итоговой аттестации по дисциплине не допускаются.

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.