

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 13.10.2023 11:19:10

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г.Балашов

« 18 » 05 2023 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«Методы обработки данных дистанционного зондирования Земли»**

Направление подготовки - 02.04.01 «Математика и компьютерные науки»

Направленность (профиль) «Компьютерные методы моделирования, обработки и анализа данных»

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании компетенции **ПК-2** «Способен к разработке и применению методов компьютерной математики для исследования математических моделей в инженерных и физических приложениях», сформулированной в результате анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, а также консультаций с ведущими работодателями.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<b>ПК-2.МОДДЗЗ</b> Способность использования основных методов обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при решении различных задач наук о Земле.	Разработка и применение математических моделей и методов обработки данных ДЗЗ и их при решении в решении исследовательских и проектных задач	<i><b>Знает</b></i> основы ДЗЗ и основные методы обработки этих данных, имеет представление об основных математических моделях, лежащих в основе методов обработки данных ДЗЗ <i><b>Умеет</b></i> ориентироваться в литературе по ДЗЗ, применять существующие методы обработки данных ДЗЗ при решении различных задач наук о Земле. <i><b>Имеет опыт</b></i> разработки и применения основных методов обработки данных ДЗЗ

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине: предполагается, что слушатели знакомы со стандартными курсами математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений и уравнений математической физики.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	5	180	32	16	-	96	Экз (36)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Основы и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).	4	2	-	12	Контроль выполнения лабораторных работ
2. Пассивные методы ДЗЗ в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазоне.	12	6	-	36	Контроль выполнения лабораторных работ
3. Активные методы ДЗЗ. Радиолокационное зондирование	12	6	-	36	Контроль выполнения лабораторных работ
4. Использование данных ДЗЗ в различных областях.	4	2	-	12	Контроль выполнения лабораторных работ

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекционного занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1-2	4	Физические основы ДЗЗ. Типы методов ДЗЗ. Первичная обработка данных. Международная классификация уровней обработки и представления данных ДЗЗ.
2	3-4	4	Методы ДЗЗ в видимом диапазоне. Теория излучения и источники излучения. Атмосферные влияния. Отражательная способность в дистанционном зондировании. Индексы состояния подстилающей поверхности и алгоритмы их расчёта. Методы идентификации и классификации участков подстилающей поверхности.
	5-6	4	Методы ДЗЗ в инфракрасном диапазоне. Тепловые флуктуации и их фундаментальные закономерности. Локальное термодинамическое

			равновесие. Методы и алгоритмы расчёта температуры подстилающей поверхности.
	7-8	4	Методы ДЗЗ в микроволновом диапазоне. Радиоизлучение серых тел. Эффективное излучение отражающей поверхности. Диэлектрические и излучательные свойства земных покровов. Методы и алгоритмы расчёта параметров состояния атмосферы и ледового покрова.
3	9-10	4	Радиолокационное зондирование. Распространение радиоволн через атмосферу и ионосферу. Принципы и общие соотношения радиолокации поверхности. Вертикальное зондирование поверхности. Радиолокационное зондирование дождей и облаков.
	11-12	4	Исследования поверхности радиолокатором бокового обзора. Принципы работы радиолокатора бокового обзора с синтезом апертуры (РСА) и основные соотношения. Радиолокационная интерферометрия. Радиолокационная поляриметрия. Зондирование поверхности скатерометром. Особенности радиолокатора-скатерометра.
	13-14	4	Спутниковая альтиметрия. Основы метода. Алгоритмы обработки отражённого сигнала. Поправки на влияние атмосферы и ионосферы. Геофизические поправки.
4	15-16	4	Использование данных ДЗЗ в океанологии, гидрологии, геологии, сельском и лесном хозяйстве.

#### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ Лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Геометрическая коррекция и ортотрансформирование снимков на примере изображений спутников Landsat.
2	2	2	Применение атмосферной коррекции для спутниковых изображений в видимом диапазоне и расчёте индексов состояния подстилающей поверхности на примере снимков спутников Landsat.
	3	2	Применение алгоритмов расчёта границы облаков на примере изображений спутников Landsat.
	4	2	Реализация алгоритмов расчёта параметров состояния атмосферы и ледового покрова на примере снимков микроволновых датчиков SSMI.
3	5	2	Реализация алгоритма радиолокационной интерферометрии на примере РСА изображений.

	6	2	Реализация алгоритма расчёта скорости и направления ветра по данным скатерометра.
	7	2	Реализация алгоритма обработки формы отражённого импульса (ретрекинга) спутникового альтиметра.
4	8	2	Применение кластерного анализа для идентификации полей, засеянных различными сельскохозяйственными культурами на примере снимков спутников Landsat.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Скачивание в сети Интернет необходимой информации для выполнения лабораторных работ.
	6	Выполнение текущих лабораторных работ.
	4	Подготовка к сдаче текущих лабораторных работ.
2	6	Скачивание в сети Интернет необходимой информации для выполнения лабораторных работ.
	18	Выполнение текущих лабораторных работ.
	12	Подготовка к сдаче текущих лабораторных работ.
3	6	Скачивание в сети Интернет необходимой информации для выполнения лабораторных работ.
	18	Выполнение текущих лабораторных работ.
	12	Подготовка к сдаче текущих лабораторных работ.
4	2	Скачивание в сети Интернет необходимой информации для выполнения лабораторных работ.
	6	Выполнение текущих лабораторных работ.
	4	Подготовка к сдаче текущих лабораторных работ.

#### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (информационно-образовательная среда ОРИОКС // URL: <http://orioks.miet.ru/>):

##### Общее

✓ Методические указания студентам по изучению дисциплины

**Модуль 1** «Основы и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)»

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории – см. литературу [1–11].

**Модуль 2** «Пассивные методы ДЗЗ в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазоне»

✓ Материалы для самостоятельного изучения – см. литературу [2, 3, 5, 11]

### Модуль 3 «Активные методы ДЗЗ. Радиолокационное зондирование»

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории – см. литературу [1, 4, 8].

### Модуль 4 «Использование данных ДЗЗ в различных областях.»

✓ Материалы для самостоятельного изучения теории – см. литературу [6, 7, 10].

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн : Учеб. пособие / С. И. Баскаков. – 2-е изд. – М. : URSS. ЛИБРОКОМ, 2012. – 416 с. – (Классика инженерной мысли: радиотехника). – ISBN 978-5-397-02660-4.
2. Гук, А. П. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебное пособие / А. П. Гук. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 248 с. – ISBN 978-5-906948-89-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/157317> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Дистанционное зондирование Земли : учебное пособие / В. М. Владимиров, Д. Д. Дмитриев, В. Н. Тяпкин, Ю. Л. Фатеев. — Красноярск : СФУ, 2014. — 196 с. — ISBN 978-5-7638-3084-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64590> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Занин, К. А. Основы математического моделирования информационного тракта космических радиолокаторов с синтезированной апертурой : Учеб. пособие / К. А. Занин.. – М.: МАИ, 2015. – 148 с. – ISBN 978-5-4316-0261-0.
5. Измestьев, А. Г. Фотограмметрия и дистанционные методы зондирования земли : учебное пособие / А. Г. Измestьев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 119 с. — ISBN 978-5-906888-77-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105396> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Курганович, К. А. Применение данных дистанционного зондирования земли в научной деятельности : учебное пособие / К. А. Курганович, Д. В. Кочев. — Чита : ЗабГУ, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-9293-2835-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/271706> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Лапко, А. В. Информационные средства оценивания состояний природных объектов по данным дистанционного зондирования на основе непараметрических методов распознавания образов : учебное пособие / А. В. Лапко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 92 с. — ISBN 978-5-86433-810-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165888> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Лобкова, Л. М. Распространение радиоволн над морской поверхностью / Л. М.

- Лобкова. – М.: Радио и связь, 1991. – 255 с. – ISBN 5-256-00716-5.
9. Новые технологии дистанционного зондирования Земли из космоса. / В. В. Груздов, Ю. В. Колковский, А. В. Криштопов, А. И. Кудря. – М. : Техносфера, 2019. – 482 с. – ISBN 978-5-94836-502-2.  
URL: <https://e.lanbook.com/book/140555>. (дата обращения: 15.04.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
  10. Развитие и применение информационных технологий исследования природных ресурсов территорий Сибири на основе данных дистанционного зондирования : монография / И. В. Зеньков, С. Т. Им, А. В. Лапко [и др.]. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2017. — 280 с. — ISBN 978-5-86433-710-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/147452> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
  11. Шарков, Е. А. Радиотепловое дистанционное зондирование Земли: физические основы. Т. 1. / Е. А. Шарков – Москва: ИКИ РАН, 2014. – 543 с. – (Механика, управление и информатика) – ISBN 978-5-9903101-8-6.  
URL: <http://www.iki.rssi.ru/books/2014sharkov1>(дата обращения: 15.04.2023). – Режим доступа свободный.
  12. Шпак, А. В. Космические системы дистанционного зондирования земли: рекомендации для курсового проектирования : методические рекомендации / А. В. Шпак, Н. А. Трефилов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 87 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310850> (дата обращения: 15.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература**

1. Захаров А.И., Яковлев О.И., Смирнов В.М. Спутниковый мониторинг Земли. Радиолокационное зондирование поверхности. – Москва: ЛЕНАНД, 2015. – 248 с. – ISBN 978-5-9710-1965-7.
2. Кутуза Б.Г., Данилычев М. В., Яковлев О.И. Спутниковый мониторинг Земли. Микроволновая радиометрия атмосферы и поверхности. – Москва: URSS, 2018. – 336 с. – ISBN 978-5-9710-5229-6.
3. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования /Пер. с англ. М. Кауфман, А. Кузьмичева. – Москва: Техносфера, 2016. – 336 с. – (Мир наук о земле) – ISBN 5-94836-094-6.
4. Шанда Э. Физические основы дистанционного зондирования /Пер. с англ. И.А. Столярова. – Москва: Недра, 1990. – 207 с. – ISBN 5-247-01509-6.
5. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений /Пер. с англ. А.В. Кирюшина, А.И. Демьяникова. – М.: Техносфера, 2013. – 592 с. – (Мир наук о Земле). – ISBN 978-5-94836-244-1.
6. Яковлев О.И., Павельев А.Г., Матюгов С.С. Спутниковый мониторинг Земли. Радиозатменный мониторинг атмосферы и ионосферы. – М.: URSS, 2022. – 206 с. – ISBN 978-5-9519-3053-8.
7. Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн – Москва: URSS, ЛЕНАНД, 2009. – 491 с. – ISBN 978-5-9710-0183-6.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 17.03.2023). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
2. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 17.03.2023). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей
3. Math-Net.Ru: общероссийский математический портал: сайт. – Москва, Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, 2020. – URL: <http://www.mathnet.ru/> (дата обращения: 17.03.2023). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Google Scholar : сайт. – URL: <https://scholar.google.com> (дата обращения: 15.04.2023) - Режим доступа: открытый.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина реализуется путём проведения лекционных и лабораторных работ по расписанию в аудиториях вуза и внеаудиторной самостоятельной работы.

Процесс обучения строится по следующей схеме:

(1) – лекция (читается еженедельно в аудиториях института по расписанию занятий);

– СРС (проработка лекционного материала с использованием записей лекций и учебных пособий);

(2) – лабораторные работы (проводится раз в две недели в аудиториях института, оборудованных компьютерной техникой, по расписанию в форме программной реализации различных алгоритмов обработки данных ДЗЗ и анализа полученных результатов)

– СРС (выполнение текущей лабораторной с последующим анализом полученных результатов и их защитой).

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

Для взаимодействия преподавателя со студентом с целью оперативного консультирования по вопросам текущих лабораторных работ используется электронная почта. Выполненные лабораторные работы оформляются студентами в электронном виде и защищаются студентами на следующем занятии, а также направляются преподавателю посредством информационно-образовательной среды ОРИОКС раздел «Домашние задания». После защиты лабораторной работы преподаватель указывает замечания и выставляет итоговый зачтённый бал в информационно-образовательной среде ОРИОКС.



## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Проектор	ПО не требуется
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC Python/ MatLab.

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ОПК-2 «Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины в электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Лекции и лабораторные работы проводятся в аудиториях института в соответствии с расписанием. Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Они проводятся лектором раз в две недели, их посещать необязательно.

В период изучения дисциплины студентам предоставляется в электронном виде учебно-методические материалы (перечень приведён в разделе 5 и 6), в том числе «Методические рекомендации студентам по изучению дисциплины» (включающие подробное описание организации процесса обучения, системы контроля и оценивания). Материалы размещаются в информационно-образовательной среде ОРИОКС по адресу <http://orioks.miet.ru>.

Большое значение придаётся соблюдению сроков сдачи лабораторных работ. Задержка в сдаче приводит к уменьшению числа баллов, начисляемых за выполнение.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждой лабораторной работы в семестре и ответ на экзамене. По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также детальная схема начисления баллов представлена в информационно-образовательной среде ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>. При начислении баллов действуют следующие правила:

1) По каждой лабораторной работе установлено максимальное засчитываемое число баллов (прописано в методических указаниях студентам).

2) Электронный отчёт по каждой лабораторной работе для проверки и оценивания защищается на последующем занятии и размещается в информационно-образовательной среде ОРИОКС раздел «Домашние задания». Далее, при наличии замечаний по отчёту студент имеет возможность повысить балл, повторно отправив преподавателю доработанную версию отчёта по лабораторной работе через информационно-образовательную среду ОРИОКС.

### РАЗРАБОТЧИК:

Профессор каф. ВМ-1, д.ф.-м.н., проф.



/Лебедев С.А./

Рабочая программа дисциплины «Методы обработки данных дистанционного зондирования Земли» по направлению подготовки 02.04.01 «Математика и компьютерные науки», направленность (профиль) «Компьютерные методы моделирования, обработки и анализа данных», разработана на кафедре ВМ-1 и утверждена на заседании кафедры 25.04 2023 года, протокол № 11

Заведующий кафедрой ВМ-1  /А.А.Прокофьев/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/ Директор библиотеки  / Т.П.Филишова /