Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы

Рабочая программа дисциплины

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.05 Прикладная гидрометеорология
Направленность (профиль)
Прикладная метеорология
Уровень:
Магистратура
Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
_____ **Смышляев С.П.**

Председатель УМС
_____ **И.И. Палкин**

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
12 мая 2021 г., протокол № 8

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
11 мая 2021 г., протокол № 9
Зав. кафедрой _____ **Кузнецов А. Д.**

Авторы-разработчики:
_____ **Симакина Т. Е.**

Санкт-Петербург 2021

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Цифровые методы обработки спутниковых изображений» – подготовка магистров прикладной гидрометеорологии, владеющих знаниями в объеме, необходимом для понимания основных вопросов компьютерной обработки изображений, интерпретации спутниковых цифровых снимков для решения на их основе метеорологических и экологических задач.

Основные задачи дисциплины связаны с освоением студентами:

– базовых понятий и методологии компьютерной обработки изображений;

– навыков обработки спутниковых снимков с использованием геоинформационных систем.

2.Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровые методы обработки спутниковых изображений» для направления подготовки 05.04.05 − Прикладная гидрометеорология, профиль - Прикладная метеорология относится к дисциплинам по выбору.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии», «Спутниковая климатология», «Специальные методы гидрометизмерений», «Дистанционные методы зондирования атмосферы», «Специальные главы "Физики атмосферы, океана и вод суши"».

Знания, полученные в результате изучения дисциплины «Цифровые методы обработки спутниковых изображений», могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской работы, преддипломной практике, а также при подготовке и написании выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции ПК-1.1, 1.2.

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**	• **Результаты обучения**
ПК-1 Способен разрабатывать стратегии получения и применения современных методов, средств и передовых технологий получения гидрометеорологической информации	ПК-1.1. Применяет современные методы и средства получения гидрометеорологической информации с наземной метеорологической сети, включая аэрологическую, актинометрическую, агрометеорологическую и др., а также спутниковую и радиолокационную. ПК-1.2. Обрабатывает, дешифрирует и интерпретирует полученную метеорологическую информацию. ПК-1.3. Применяет полученные результаты для анализа и прогноза атмосферных процессов с использованием современных методов	Знать: - базовые понятия и методологию компьютерной обработки изображений; – основные направления обработки и анализа изображений; – современные компьютерные методы обработки, представления и сжатия спутниковых снимков; Уметь: - получать и интерпретировать спутниковые снимки; – производить компьютерные преобразования спутниковых снимков с целью улучшения визуального восприятия,

		дешифрирования природных объектов; – применять основные модули геоинформационной системы, способные обрабатывать растровую информацию Владеть: - методикой первичной обработки спутниковых снимков с целью повышения их качества; – методикой цифровой тематической обработки и интерпретации спутниковых изображений.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	**Всего часов**	
	Очная форма обучения 2021 г. набора	**Заочная форма обучения** 2021 г. набора
Общая трудоёмкость дисциплины	144 часа	144 часа
Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	56	16
в том числе:		
лекции	28	6
практические занятия	28	10
Самостоятельная работа (СРС) – всего:	88	128
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	экзамен	экзамен

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение (2021 г. набора)

№ п/п	**Раздел и тема дисциплины**	**Семестр**	**Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.**	**Формы текущего контроля успеваемости**	**Формируемые компетен**	**Индикаторы постижен**

			Лекции	Практич. занятия	Самост. работа			
1	Физические основы, технические средства и технологии получения космических снимков	3	2	2	8	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
2	Трансформирование и ортотрансформирование снимков	3	4	4	12	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
3	Анализ спектральной информации методом главных компонент	3	4	8	12	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
4	Обработка цветных изображений	3	8	4	16	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
5	Вейвлет-преобразования	3	4	4	16	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
6	Текстурный анализ	3	4	4	12	Коллоквиум	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
7	Нейронные сети	3	2	2	12	Коллоквиум	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
	ИТОГО		**28**	**28**	**88**		**18**	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена						**144 часа**		

Заочная форма обучения (2021 г. набора)

№ п/п	**Раздел и тема дисциплины**	**Курс**	**Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.**			**Формы текущего контроля успеваемости**	**Формируемые компетенции**	**Индикаторы достижен**
			Лекции	**Практич. занятия**	**Самост. работа**			
1	Физические	**2**	**2**	**0**	**16**	Прием и проверка	ПК-1	ПК-1.1

	основы, технические средства и технологии получения космических снимков					отчета по практической работе		ПК-1.2 ПК-1.3
2	Трансформирование и ортотрансформирование снимков	**2**	**0**	**2**	**12**	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
3	Анализ спектральной информации методом главных компонент	**2**	**0**	**2**	**20**	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
4	Обработка цветных изображений	**2**	**0**	**2**	**32**	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
5	Вейвлет-преобразования	**2**	**0**	**2**	**16**	Прием и проверка отчета по практической работе	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
6	Текстурный анализ	**2**	**2**	**2**	**20**	Коллоквиум	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
7	Нейронные сети	**2**	**2**	**0**	**12**	Коллоквиум	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3
	ИТОГО		**6**	**10**	**128**		**2**	
С учетом трудозатрат при подготовке и сдаче экзамена						**144часа**		

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1.Физические основы, технические средства и технологии получения космических снимков

Характеристики электромагнитного излучения и его взаимодействие с земными объектами. Методы регистрации излучения. Принципы устройства инструментов ДЗЗ. Виды разрешений съемочной аппаратуры.

Основные принципы визуального дешифрирования и обработки снимков. Применение результатов ДЗЗ при метеорологических, ботанических, гидрологических, геоморфологических, почвенных и др. исследованиях, изучении городских территорий, землепользовании и т.п.

4.2.2.Трансформирование и ортотрансформирование снимков

Геометрические искажения космических снимков. Методы построения цифровой модели рельефа. Алгоритмы трансформирования и ортотрансформирования снимков.

4.2.3.Анализ спектральной информации методом главных компонент

Алгоритм метода главных компонент. Выбор числа главных компонент.

Понижение размерности, выбор наиболее информативных спектральных каналов, синтез трех первых главных компонент.

4.2.4.Обработка цветных изображений

Методы формирования цветных изображений. Создание RGB (3 канала) синтезированного изображения из данных одного пространственного разрешения. Увеличение пространственного разрешения цветного изображения путем синтеза панхроматического и мультиспектральных спутниковых снимков.

Различные колориметрические модели формирования цвета. Преимущества обработки цветных изображений в разных моделях.

4.2.5.Вейвлет-преобразования

Понятие вейвлета. Свойства вейвлета: локальность, нулевое среднее, ограниченность, автомодельность базиса.

Дискретное вейвлет-преобразование Способы графического представления результатов вейвлет-преобразования. Вейвлет-преобразования в задаче сжатия спутниковых изображений.

4.2.6.Текстурный анализ

Общие определения и понятия. Этапы проведения текстурного анализа.

Текстурные признаки. Проблема выбора информативных спектрально-текстурных признаков. Выбор размера скользящего окна. Формирование признаков на основе матрицы смежности. Система текстурных признаков. Анализ информативности признаков.

Текстурный анализ космических снимков облачности.

4.2.7.Нейронные сети

Базовые понятия искусственного нейрона. Структура искусственного нейрона. Активационные функции. Преимущества нейронных сетей. Области использования нейронных сетей.

Сегментация спутниковых изображений с помощью однослойной нейронной сети Кохонена.

4.3. Практические занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименования работ	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Решение задач на вычисление разрешений спутниковой аппаратуры	Практическая работа	ПК-1-1,1-2,1-3
2	2	Координатная привязка и геометрическое трансформирование снимков	Практическая работа	ПК-1-1,1-2,1-3
3	3	Выбор наиболее информативного канала	Практическая	ПК-1-1,1-2,1-3

		методом главных компонент	работа	
4	4	Цветовые преобразования. Сглаживания цветных изображений. Повышение резкости цветных изображений	Практическая работа	ПК-1-1,1-2,1-3
5	5	Двумерные вейвлет-пребразования	Практическая работа	ПК-1-1,1-2,1-3

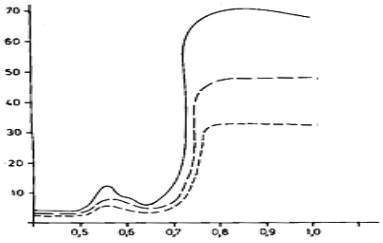
5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Текущий контроль

Письменный контроль (тестирование).
Беседа со студентами (коллоквиум) по пройденной теме
Прием и проверка отчета по практической работе

а) Образцы тестовых вопросов

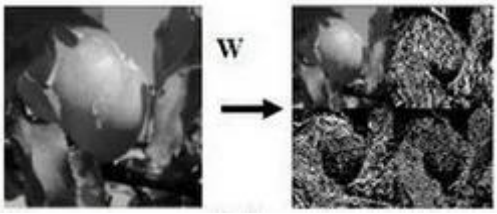
1. Какой класс объектов представляют спектральные кривые на графике



а) почвы и горные породы б) растительность в) облачность г) водоемы

2. В каких диапазонах изменяются NDVI, рассчитанные для участков изображения, занимаемых облаками, снежным покровом и растительностью?
   а) для облаков NDVI >0; для снега NDVI ≈ 0; для растительности NDVI < 0
   б) для облаков NDVI ≈ 0; для снега NDVI < 0; для растительности NDVI > 0
   в) для облаков NDVI ≈ 0; для снега NDVI > 0; для растительности NDVI < 0
   г) для облаков NDVI >0; для снега NDVI > 0; для растительности NDVI < 0

3. Какое преобразование показано ниже



а) фурье б) вейвлет в) гамма-коррекция г) ортотрансформирование

Примеры вопросов к коллоквиуму

Раздел 6.Текстурный анализ

1. Макро- мезо и текстура спутниковых изображений.
2. Статистики первого порядка.
3. Построение матрицы смежности.
4. Признаки текстуры, зависящие от поворота и масштаба.

Примеры вопросов по темам практических работ

Раздел 1. Физические основы, технические средства и технологии получения космических снимков

1. Нахождение характеристик оптико-механических съемочных систем: мгновенного поля зрения, ширины полосы обзора, максимального угла сканирования, частоты сканирования.
2. Нахождение характеристик съемочных систем на ПЗС: мгновенного поля зрения, ширины полосы обзора.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать, сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. Освоение материала и выполнение практических работ проходит при регулярных консультациях с преподавателем, для чего студенту предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

5.3. Промежуточный контроль: экзамен

Экзамен проходит в устной форме. Обучающемуся предлагается ответить на два вопроса, случайным образом выбранного билета. Полный перечень вопросов охватывает все разделы дисциплины.

Перечень вопросов к экзамену

1. Особенности снимков видимого, БИК и ИК- диапазона
2. Особенности снимков в микроволновом диапазоне, полученные пассивным сканером
3. Характеристика радиолокационных изображений
4. Многозональные и гиперспектральные снимки
5. Методы построения цифровой модели рельефа.
6. Ортотрансформирование снимков.
7. Алгоритм метода главных компонент.
8. Метод повышения пространственного разрешения цветного изображения путем синтеза панхроматического и мультиспектральных снимков.
9. Обработка изображений в разных цветовых моделях.
10. Вейвлет-преобразование спутниковых изображений.
11. Система текстурных признаков. Формирование признаков на основе матрицы смежности.
12. Применение нейронных сетей для распознавания изображений

Образец экзаменационного билета

Экзаменационный билет № 1
Российский Государственный Гидрометеорологический Университет
Кафедра Экспериментальной физики атмосферы
Курс Цифровая обработка спутниковых изображений

1. Особенности снимков видимого, БИК и ИК- диапазона
2. Система текстурных признаков. Формирование признаков на основе матрицы смежности

Заведующий кафедрой _____ Кузнецов А.Д.

---

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:
- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 60;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 6.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	**Баллы**
Тестирование в moodle после лекции	*0-5* за каждый тест
Коллоквиум Подробный ответ на все вопросы – 5 Ответ частичный или с ошибками – 1-4	0-5 за каждый опрос
Выполнение практической работы Задание не выполнено -0 Выполнено менее половины заданий -1-4 Выполнено все, но с ошибками – 5-8 Выполнено в полном объеме без значимых ошибок – 9-10	0-10 за каждое задание
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	**0-100**

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 7.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене (2 курс)

Оценка	**Баллы**
отлично	85-100
хорошо	70-84
Удовлетворительно	55-69
неудовлетворительно	0-54

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Симакина Т.Е. Получение и обработка спутниковых снимков. Учебное пособие. Санкт-Петербург, РГГМУ, 2010.- 127 с.
2. Т.Е. Симакина. Лабораторный практикум «Цифровая обработка спутниковых снимков с помощью ГИС IDRISI» по дисциплине «Геоинформационные системы».- Санкт-Петербург, РГГМУ, 2004,- 58 с. http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-217143142.pdf

б) дополнительная литература:

1. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. - М.: Логос, 2001. - 264 с.
2. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. М.: Техносфера, 2006.- 336 с.
3. Яне Б. Цифровая обработка изображений. Пер. с англ. - М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
4. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерное распознавание и обработка изображений. Уч. пособие. С-Пб., ИТМО, 2008 год. 182 с.
5. Книжников Ю.Ф. Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований.:Учеб. для студ. высш. учеб. заведений.- М.:Издательский центр “Академия”, 2004.- 336 с.
6. Смирнов Л.Е. Аэрокосмические методы географических исследований: Учебник. - СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005.- 348 с.
7. Злобин В.К., Еремеев В.В. Обработка аэрокосмических изображений. М.: ФИЗМАЛИТ, 2006.- 288 с.
8. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии: Пер. с англ./Под ред. А. Крэкнелла.- М.: Мир, 1984. - 535 с.
9. Дистанционное зондирование: количественный подход. / Под ред. Свейна Ф., Дейвиса Ш. - М.: Недра, 1983. - 415 с.

в) Интернет-ресурсы:

1. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-distancionnoe-zondirovanie-zemli-iz-kosmosa-cifrovaya-obrabotka-izobrazheniy-.pdf
2. Воробьева А.А. Дистанционное зондирование Земли. Учебное пособие. - СПб.: НИУ ИТМО, 2012 Файл:141011 distancionnoezondirovanie.pdf
3. Цифровая обработка изображений в информационных системах http://fit.tstu.ru:8080/jspui/bitstream/123456789/10165/1/Цифровая обработка изображений в информационных системах.pdf

г) программное обеспечение

windows 7 47049971 18.06.2010
office 2013 62398416 11.09.2013
windows 7 48130165 21.02.2011
office 2010 49671955 01.02.2012
windows 7 48130165 21.02.2011
office 2010 49671955 01.02.2012

д) профессиональные базы данных

база данных Web of Science
база данных Scopus

электронно-библиотечная система elibrary

е) информационные справочные системы:

1. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: http://elib.rshu.ru
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: http://znanium.com

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная современными вычислительными средствами, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

10.Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2023/2024 учебный год без изменений.
Протокол заседания кафедры экспериментальной физики атмосферы от 05.06.2023 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры экспериментальной физики атмосферы от 29.05.2024 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры экспериментальной физики атмосферы от 28.05.2025 № 10