

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Высшей математики и теоретической механики

Рабочая программа дисциплины

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В
ЗАДАЧАХ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ И КЛИМАТА**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):

**Геоинформационное обеспечение гидрометеорологической и
гидрографической деятельности в Арктике**

Уровень:

Магистратура

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

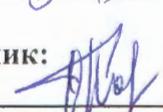


Завгородний В.Н.

Председатель УМС
 И.И. Палкин

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

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
"05" мая 2021 г., протокол №10
Зав. кафедрой  Зайцева И.В.

Автор-разработчик:  Покровский О.М.

Рекомендована учёным советом института информационных систем и геотехнологий
РГГМУ

Составил:

Покровский Олег Михайлович, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры
высшей математики и теоретической механики РГГМУ

Рецензент:

Биненко Виктор Иванович, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры
физики РГГМУ

1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины «применение методов искусственного интеллекта для долгосрочного прогноза погоды и климата» является изучение материала, дающего четкое представление о физической сущности указанных процессов, о геофизических механизмах их формирования, о методах их математического описания и расчета, а также о требованиях, которые должны предъявляться к методам их экспериментального исследования.

Задачами дисциплины являются:

- Развивать практические навыки анализа данных, которые могут быть применены к практическим задачам.
- Дать фундаментальные знания о концепциях, лежащих в основе проектов в области науки о данных в сфере наук о Земле.
- Развивать практические навыки, необходимые в современной аналитике.
- Объяснять, как математика и информационные науки могут способствовать созданию лучших алгоритмов и программного обеспечения.
- Дать практический опыт анализа реальных данных.
- Обеспечить развитие прикладного опыта в области программного обеспечения, программирования, приложений и процессов в области наук о Земле

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- математический анализ
- линейная алгебра
- теория вероятностей и математическая статистика
- вычислительная математика

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- владение базовым математическим аппаратом
- владение основами метеорологии и океанологии

Дисциплина логически и содержательно-методически взаимосвязана с дисциплинами: дополнительные главы математики, специальные главы статистического анализа процессов и полей.

Дисциплина является базовой для дисциплин: морской лед, современные технологии управления геоданными арктической зоны, морские технологии, теоретико-игровые методы и модели в гидрометеорологической деятельности.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Индикатор
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними УК-1.2. Критически оценивает надежность источников информации, определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению; УК-1.3. Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников. УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов УК-1.5. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области;

ПК- 2 Способен выполнить сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, осуществить выбор методик и средств решения задачи	ПК-2.1 Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации учетом критической оценки источников информации ПК-2.2 Обосновывает выбор методик и средств решения задачи в области морского пространственного планирования
ПК-3 Способен разработать методику проведения исследований, реализовать ее и выполнить анализ результатов	ПК-3.1 Обосновывает последовательность этапов проведения исследований ПК-3.2 Осуществляет практические действия, направленные на реализацию разработанной методики ПК 3.3 Анализирует и интерпретирует полученные результаты, опираясь на системный и междисциплинарный подходы.
ПК-9 Способен применять методы оценки состояния атмосферы, океана на основе геоинформационных технологий	ПК 9.1 – Выполняет обоснованные расчеты в рамках проектов ПК9.2 Анализирует результаты океанологических наблюдений и гидрографических работ, опираясь на отечественный и зарубежный опыт
ПК- 12 Способен осуществить выбор методик и средств при постановке и решении задач океанологических наблюдений и гидрографических работ	ПК 12.1 Готовит научно-техническую и иную документацию на основе геоинформационного обеспечения учета гидрометеорологических условий ПК 12.2 Разрабатывает рекомендации проведения океанологических наблюдений
ПК- 13 Способен к разработке плана решения гидрометеорологических задач, опираясь на временные, технические и трудовые затраты	ПК 13.1 Готовит научно-техническую, нормативную и иную документацию решения задач океанологических наблюдений и гидрографических работ ПК 13.2 Оценивает временные, технические и трудовые затраты реализации проектов

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины обучающийся должен:

- Знать: основные понятия и определения в анализе данных, машинном обучении, стандартные методы анализа данных и поиска информации,
- Уметь: формулировать проблему извлечения знаний как комбинацию методов фильтрации, анализа и исследования данных, переводить реальную проблему в математические термины.
- Владеть: основными определениями предметной области, основным программным обеспечением и инструментами разработки Data Scientist. методами математического моделирования атмосферных и океанологических процессов с применением методов искусственного интеллекта.
- Иметь представление о современном состоянии изученности основных понятий и математических средств для применения методов искусственного интеллекта

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1	2	3	4	5
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар Лаборат. Практич.	Самост. работа			
1.	Методы создания и классификации множеств «больших данных - Big Data»		2	4	8	зачет	4	УК-1
2.	Статистические эксперименты и проверка значимости		2	4	8	зачет	4	ПК-2
3.	Классификация и прогнозирование		2	4	8	зачет	4	ПК-5
4.	Нейронные сети, конструирование и моделирование		2	4	12	зачет	4	ПК-2
5.	Методы машинного обучения сетей для классифицированных множеств данных		2	4	10	зачет	4	ПК-9
6.	Применение для задачи долгосрочного прогноза погоды на северо-западе России		2	4	10	зачет	4	ПК-12
7.	Применение для задачи моделирования течений в субарктической зоне Атлантики		2	4	10	зачет	4	ПК-13
	ИТОГО		14	28	66		28	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема1. Методы создания и классификации «больших множеств данных - Big Data»

Прямоугольные данные. Кадры данных и индексы. Непрямоугольные структуры данных. Оценки центрального положения. Обследование распределения данных. Процентили и коробчатые диаграммы.

Частотная таблица и гистограммы. Исследование двух или более переменных Шестиугольная сетка и контуры. Две категориальных переменных. Категориальные и числовые данные.

Визуализация множеств многомерных переменных.

Тема2. Статистические эксперименты и проверка значимости

Проверка статистических гипотез Нулевая гипотеза Альтернативная гипотеза .
Односторонняя и двухсторонняя проверки гипотез Повторный отбор Перестановочный тест Статистическая значимость: Р-значение и альфа

Тема 3. Классификация и прогнозирование

Дискриминантный анализ Логистическая регрессия Стратегии в отношении несбалансированных данных Простая линейная регрессия Уравнение регрессии Множественная линейная регрессия Факторные переменные в регрессии Многоуровневые факторные переменные Диагностика регрессии Нелинейная регрессия

Тема 4. Нейронные сети, конструирование и моделирование

Классификация нейронных сетей Архитектура нейронных сетей Формальный нейрон. Сигмовидные функции Однослойная нейронная сеть Обучение нейронной сети с учителем и без учителя

Тема 5. Методы машинного обучения сетей для классифицированных множеств данных

Метод градиентного спуска в пространстве весовых коэффициентов Древовидные модели Алгоритм рекурсивного сегментирования Обучение без учителя Анализ главных компонент Интерпретация главных компонент Кластеризация на основе K средних Минимаксный алгоритм K средних Выбор количества кластеров Композиционная нейронная сеть

Тема 6. Применение для задачи долгосрочного прогноза погоды на северо-западе России

Подготовка больших множеств данных на основе многолетних гидрометеорологических архивов наблюдений и реанализа Классификация режимов атмосферной циркуляции Применение методов анализа «нечетких множеств» для определения критических временных зон перехода от одного режима циркуляции к другому Конструирование фаззи-нейронных сетей для моделирования внутригодовых и межгодовых изменений полей приземной температуры на территории северной Европы

Тема 7. Применение для задачи моделирования течений в субарктической зоне Атлантики

Классификация режимов Эль-Ниньо и Ля-Ниньо и переходных состояний Влияние изменений температурного режима течения Гольфстрим на индекс 3-х аномальных зон в субарктической зоне Атлантики (North Atlantic tripole index) и оценка вероятностей переходных состояний Конструирование фаззи-нейронных сетей для моделирования внутригодовых и межгодовых изменений полей приземной температуры на территории

северной Европы и площади льда в российском секторе Арктики под влиянием переходных режимов течений в северной Атлантике

4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Рассмотреть примеры категориальных переменных.	Опрос и оценка знаний темы	УК-1
2	2	Проверка статистических гипотез.	Опрос и оценка знаний темы	ПК-2
3	2	Статистическая значимость Р-значение и альфа	Опрос и оценка знаний темы	ПК-5
4	2	Расчет простой линейной регрессии	Опрос и оценка знаний темы	ПК-2
5	3	Выполнить диагностику регрессии	Опрос и оценка знаний темы	ПК-9
6	3	Дискриминантный анализ	Опрос и оценка знаний темы	ПК-12
7	4	Построение однослойной нейронной сети	Опрос и оценка знаний темы	ПК-13
8	5	Обучение нейронной сети	Опрос и оценка знаний темы	УК-1
9	5	Древовидные модели	Опрос и оценка знаний темы	ПК-2
10	5	Минимаксный алгоритм К средних	Опрос и оценка знаний темы	ПК-5
11	6	Применение метода анализа «нечетких множеств» для анализа метеорологических данных	Опрос и оценка знаний темы	ПК-2
12	6	Классификация режимов атмосферной циркуляции	Опрос и оценка знаний темы	ПК-9
13	7	Конструирование фаззи-нейронных сетей для моделирования внутригодовых и межгодовых изменений полей приземной температуры на территории северной	Опрос и оценка знаний темы	ПК-12

		Европы и площади льда в российском атлантическом секторе Арктики под влиянием переходных режимов течений в северной Атлантике		
14	7	Классификация температурных режимов поверхностных вод в Субарктической зоне северной Атлантики	Опрос и оценка знаний темы	ПК-13

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

5.1. Текущий контроль

а) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

1. Цель, структура, задачи и методы моделирования искусственного интеллекта (ИИ)
2. ИИ и его место среди других наук.
3. Основные понятия и определения теории Big Data (BD)
4. Древовидные схемы классификации множеств в BD.
5. Общая классификация методов классификации множеств в BD .
6. Основные этапы решения задач классификации множеств в BD.
7. Совокупность допустимых вариантов классификации множеств в BD.
8. Структура нейронной сети
9. Понятие сигмовидной функции и ее роль в однослойной нейронной сети
10. Сущность понятия «нечетких» множеств и минимаксный алгоритм К средних
11. Классификация численных методов настройки и обучения нейронных сетей.
12. Сущность метода наискорейшего спуска для обучения нейронных сетей.
13. Понятие и смысл классификации режимов атмосферной циркуляции
14. Понятие и смысл классификации температурных режимов поверхностных вод в Субарктической зоне северной Атлантики

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

1. Задачи применения методологии искусственного интеллекта (ИИ) в метеорологии, океанологии и климатологии.
2. Методы Big Data (BD) в науках о Земле.
3. Схемы деятельности менеджера в процессе моделирования управленческих решений.
4. Сущность и основные характеристики методологии искусственного интеллекта (ИИ).
5. Задачи моделирования одно- и многослойных нейронных сетей
6. Концепция «нечетких» множеств.
7. Научная интерпретация результатов применения методов сжатия информации, содержащейся в BD.
8. Обзор модификаций минимаксного метода К средних.

в) Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания не планируются

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Вопросы для подготовки

1. Цель, структура, задачи и методы моделирования искусственного интеллекта (ИИ)

2. Методология моделирования ИИ в метеорологии, океанологии и климатологии
3. Основные понятия и определения теории Big Data (BD)
4. Концепция и практика формирования теории BD
5. Проверка статистических гипотез при анализе BD в науках о Земле
6. Отличия логистической от линейной регрессии при анализе BD
7. Классификация BD с помощью «нечетких» множеств: эффективность в науках о Земле
8. Нелинейная регрессия и применение сигмовидных функций в нейронных сетях: сравнительный анализ эффективности
9. Основные понятия и определения теории нейронных сетей и их применение в метеорологии, океанологии и климатологии
10. Классификация режимов атмосферной циркуляции в евро-атлантическом регионе.
11. Классификация температурных режимов поверхностных вод в Субарктической зоне северной Атлантики с помощью минимаксного метода К средних

Самостоятельная работа заключается:

- в подготовке отчетов по результатам выполнения домашних заданий

В отчете по результатам выполнения домашнего задания учащиеся указывают

- современное состояние моделирования рассматриваемого процесса;
- основные уравнения используемой модели;
- используемый алгоритм решения;
- программу;
- результаты расчетов в виде рисунков, графиков, таблиц;
- результаты проведенного анализа результатов.

5.3. Промежуточный контроль: зачет

Перечень вопросов к зачету

1. Проверка статистических гипотез
2. Метод анализа «нечетких множеств» для анализа метеорологических данных
3. Категориальные и числовые данные
4. Диагностика регрессии
5. Проверка статистических гипотез
6. Односторонняя и двусторонняя проверки гипотез
7. Анализ главных компонент
8. Уравнение линейной и нелинейной регрессии
9. Факторные переменные в регрессии
10. Дискриминантный анализ
11. Архитектура нейронных сетей
12. Частотная таблица и гистограммы
13. Формальный нейрон и сигмовидная функция
14. Кластеризация на основе К средних
15. Однослойная нейронная сеть
16. Классификация режимов атмосферной циркуляции
17. Применение методов анализа «нечетких множеств» для определения критических временных зон перехода от одного режима циркуляции к другому
18. Логистическая регрессия
19. Классификация нейронных сетей
20. Влияние изменений температурного режима течения Гольфстрим на индекс 3-х аномальных зон в Субарктической зоне северной Атлантики

6. Учебно методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Брюс П., Э. Брюс *Практическая статистика для специалистов Data Science: Пер. с англ.* / . — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 304 с
2. Покровский О.М. *Композиция наблюдений атмосферы и океана* Гидрометеиздат, СПб, 2004, 322с
3. Гафаров Ф.М *Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие* / Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 121 с.

б) дополнительная литература:

1. Покровский О.М. 2005. Изменения температура поверхности океана в Северной Атлантике и колебания климата Европы - *Исследования Земли из космоса*, 2005, N 4, стр.24 – 34
2. Покровский О.М., 2007. Применение данных дистанционного зондирования температуры поверхности океана, ледового покрова и атмосферы в Арктике для изучения тенденций изменения климата России. - *Исследования Земли из космоса*, 2007, N 3, с.20-33.
3. Покровский О.М., 2010. Анализ факторов изменения климата по данным дистанционных и контактных измерений - *Исследования Земли из космоса*, 2010, N 5, стр.11 - 24.
4. Pokrovsky O.M., 2009. Self-learning statistical short-term climate predictive model for Europe. *In a book "Global Climatology and Ecodynamics" (Ed. A.P. Cracknell), Springer and Praxis Publ. Chichester, UK, p. 185-210.*
Доступно из URL (<http://www.springerlink.com/index/t261415767644267.pdf>)
4. Pokrovsky O.M., Roger H.F. Kwok and C.N. Ng , 2002. Fuzzy logic approach for description of meteorological impacts on urban air pollution species: a Hong Kong case study.- *Computers and Geosciences*, v. 28, N 1, 2002, p. 119-127. doi:10.1016/S0098-3004(01)00020-6 Доступно из URL https://www.academia.edu/4270167/CAGEO1953_final
5. Pokrovsky O.M., 2009 A coherency between the North Atlantic temperature nonlinear trend, the eastern Arctic ice extent drift and change in the atmospheric circulation regimes over the northern Eurasia.. *In a book "Influence of Climate Change and Sub-Arctic Conditions on the Changing Arctic" (Ed.J.C.J. Nihoul and A.G.Kostianoy), Springer Science Publ., 2009, p. 25-36.* Доступно из URL (<http://www.springerlink.com/index/n7111278w0866276.pdf>)
6. Pokrovsky O.M., 2009. South European Rain Rate Modulation by NAO and Changes in Atmospheric Circulation Regimes Caused by Climate Warming.- *Computers and Geosciences*, v. 35, p.897-906. Доступно из URL https://www.researchgate.net/publication/229001190_South_European_Rain_Rate_Modulation_by_NAO_and_Atmospheric_Circulation_Regimes
7. Pokrovsky O.M., 2009. Relationship between the Atlantic Multidecadal Oscillation and the ice extent in Kara Sea. *CLIVAR Exchanges*, N 46, p.8-9 Доступно из URL http://eprints.soton.ac.uk/67029/01/Exch_46.pdf

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Delphi, Surfer, Grafer, Python

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практикум / лабораторная работа	Методические указания по выполнению контрольных работ находятся на кафедре высшей математики.
Подготовка к зачету	При подготовке необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Используются мультимедийные проекторы, ресурсы Интернета.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийные аудитории для лекционных и практических занятий, компьютерные классы.