

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра Инженерной гидрологии**

Рабочая программа дисциплины

МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
**Инженерная гидрология и рациональное использование
водных ресурсов**

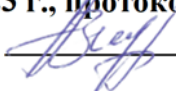
Уровень:
Магистратура

Форма обучения
Очная

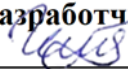
Согласовано
Руководитель ОПОП

 Гайдукова Е.В.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«04» июля 2023 г., протокол № 12

Зав. кафедрой  Хаустов В.А.

Автор-разработчик:

 Гайдукова Е.В.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – специализированная подготовка специалистов, владеющих знаниями в области методологии статистического анализа и прогноза гидрологического режима.

Задачи:

- освоение качественно-количественным анализом для решения задач гидрологических прогнозов и обобщения полученных результатов;
- формирование естественно-научной сущности проблем, возникающих при прогнозировании гидрологических процессов;
- изучение методов гидрологических прогнозов с применением прикладного статистического анализа гидрометеорологической информации.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Многомерный статистический анализ» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули).

Дисциплина изучается во втором семестре для очной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин бакалавриата: «Математика», «Физика».

Параллельно с дисциплиной «Многомерный статистический анализ» изучаются дисциплины обязательной части: «Иностранный язык (продвинутый уровень)», «Моделирование природных процессов в водоемах и водотоках», «Философские проблемы естествознания», а также дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений: «Компьютерные технологии в гидрометеорологии», «Водное хозяйство и регулирование речного стока», «Системы автоматизированного проектирования в гидрометеорологических изысканиях», «Специальные главы статистического анализа процессов и полей».

Дисциплина является основой для научно-исследовательской профессиональной деятельности.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ОПК-2, ОПК-4

Таблица 1.

Общепрофессиональные компетенции		
Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-2. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественно-количественный анализ	ОПК-2.1. Формулирует естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. <i>Уметь:</i> формулировать естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. <i>Владеть:</i> формулировками естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
	ОПК-2.2. Использует качественно-количественный анализ для решения поставленной задачи и обобщения полученных результатов.	<i>Знать:</i> методы качественно-количественного анализа для решения поставленной задачи. <i>Уметь:</i> использовать качественно-количественный анализ для решения поставленной задачи. <i>Владеть:</i> методами обобщения полученных результатов.
ОПК-4. Способен самостоятельно обобщать результаты, полученные в процессе решения профессиональных задач, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию	ОПК-4.1. Самостоятельно обобщает результаты решения профессиональных задач, применяя системный и междисциплинарный подходы.	<i>Знать:</i> решения профессиональных задач, применяя системный и междисциплинарный подходы. <i>Уметь:</i> обобщать результаты решения профессиональных задач, применяя системный и междисциплинарный подходы. <i>Владеть:</i> подходами обобщения результатов решения профессиональных задач, применяя системный и междисциплинарный подходы.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Объем дисциплины	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	40
в том числе:	-
лекции	20
занятия семинарского типа:	
практические занятия	-
лабораторные занятия	20
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	104
в том числе:	-
курсовая работа	—
контрольная работа	—
Вид промежуточной аттестации	экзамен

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
1	Введение	2	2	2	16	Контрольный опрос	ОПК-2, ОПК-4	ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.1
2	Теоретические основы методов многомерного статистического анализа	2	6	6	32	Контрольный опрос, расчетно-графическое задание	ОПК-2, ОПК-4	ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.1
3	Использование методов многомерного статистического анализа при диагностике и прогнозе гидрологических процессов	2	6	6	32	Контрольный опрос, расчетно-графическое задание	ОПК-2, ОПК-4	ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.1
4	Современные подходы многомерной статистики в науках о Земле	2	6	6	24	Контрольный опрос	ОПК-2, ОПК-4	ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.1
ИТОГО		-	20	20	104	-	-	-

4.3. Содержание разделов дисциплины

1. Введение

Методы статистического многомерного анализа, терминология. Классификация прикладных задач, решаемых методами многомерной статистики. Возможности использования многомерного анализа в вопросах диагностики и прогноза элементов гидрологического режима водных объектов.

2. Теоретические основы методов многомерного статистического анализа

Способы представления исходных данных. Измерительные шкалы. Восстановление пропусков, удлинение рядов наблюдений. Функциональные преобразования данных, нормировка.

Множественная линейная регрессия. Проблема мультиколлинеарности и ее решение. Способы оптимизации состава предикторов. Алгоритмы выбора наиболее информативной совокупности предсказателей. Цензурированная регрессия.

Метод главных компонент. Обратные и ортогональные преобразования. Собственные векторы и собственные значения ковариационной (корреляционной) матрицы. Квадратичные формы и главные компоненты. Свойства главных компонент, их геометрическая интерпретация. Математическая модель метода главных компонент. Область приложения в гидрометеорологии.

Теория распознавания образов. Методы автоматической классификации. Классификация как эффективное средство изучения закономерностей природных процессов. Содержательная постановка задачи. Алгоритмы классификации (таксономии). Иерархический кластерный анализ, геометрическая интерпретация, построение дерева решений. Оценка степени гомогенности исходного множества. Матрица близости объектов. Метод дискриминантного анализа. Постановка задачи. Отличие дискриминантного анализа от кластерного. Способы измерений дискриминантных переменных. Дискриминантные функции и их геометрическая интерпретация. Расчет коэффициентов дискриминантной функции, константа дискриминации. Классификация при наличии двух и более обучающих выборок. Отбор признаков в процессе обучения распознавания.

3. Использование методов многомерного статистического анализа при диагностике и прогнозе гидрологических процессов

Прогнозы весеннего стока в системе заданных створов. Решение задачи районирования по условиям формирования весеннего стока на базе комплексации результатов ряда процедур многомерного статистического анализа. Описание причинно-следственных связей весеннего стока и стокоформирующих факторов на уровне первых главных компонент. Критерии качества прогноза поля весеннего стока.

Гидросиноптический метод прогноза объема стока за половодье. Косвенный учет основных аргументов воднобалансовых зависимостей через значение интегральных характеристик атмосферных процессов. Техника построения и оценки прогностических зависимостей.

Построение дискретно-непрерывной прогностической модели (комбинации моделей двух типов – дискретной и непрерывной). Двухуровневое моделирование совокупности объектов – на уровне классов и уровне объектов. Модель верхнего уровня – дискретная, модель нижнего – непрерывная, в виде внутриклассового уравнения регрессии.

Использование элементов теории распознавания образов при прогнозе стока. Распознающие системы перцептропного типа. Работа системы в режимах обучения и распознавания. Формирование пространства признаков для описания объекта исследования и выбор приемлемой меры близости. Механизмы обратной связи. Прогнозы кривой спада и гидрографа половодья в целом.

Территориальный прогноз летне-осеннего стока. Районирование территории по однородности генезиса стока. Параметризация полей аномалий приземного давления и температуры воздуха для формирования группы тест-предикторов. Физико-статистический прогноз дождевой составляющей. Учет макро- и мезо-масштабной неоднородности формирования стока. Локальные прогнозы для опорных станций.

Метод прогноза стока на основе прецедентов. Основные принципы построения прогностической схемы. Показатели степени сходства признаков описания гидрометеороло-

гических ситуаций. Выработка прогностических рекомендаций. Виды верификаций прогноза (прямая, инверсная и консеквентная).

4. Современные подходы многомерной статистики в науках о Земле

Обзор современных изданий по направлению наук о Земле с содержанием информации о применении многомерной статистики. Анализ источников. Выявление перспективных подходов разработки.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 4.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Методы оптимизации предикторов в регрессионной прогностической модели	2	0
2	Классификация и прогноз полей стока	6	0
3	Прогноз элементов весеннего половодья при комплексном учете гидрометеорологических факторов	4	0
	Учет динамики стокообразования в среднесрочных прогнозах расходов воды	2	0
4	Применение эмпирических ортогональных функций к прогнозам уровней воды	2	0
	Распознающая система перцептронного типа для прогноза гидрографа весеннего половодья	4	0

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем.

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 - 70;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 20.

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен**.

Форма проведения экзамена: тестирование.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-4.1

1. Многомерный статистический анализ и его задачи.
2. Способы представления данных. Измерительные шкалы.
3. Функциональные преобразования данных, их нормировка.
4. Согласование измерений в разнотипных шкалах.
5. Меры близости (расстояний) между объектами и признаками.
6. Множественный регрессивный анализ.
7. Методы оптимизации структуры прогностических уравнений.
8. Математическая модель метода главных компонент (МГК).
9. Спектр задач, решаемых с помощью МГК.
10. Методы классификации. Алгоритмы кластерного анализа.
11. Использование МГК для оценки пространственно-временной структуры данных.
12. Иерархический кластерный анализ, геометрическая интерпретация, построение дерева решений.
13. Дискриминантный анализ. Базовые понятия и алгоритмы.
14. Коэффициенты дискриминантной функции, константа дискриминации.
15. Использование элементов теории распознавания образов в гидрологических прогнозах.
16. Прогнозы весеннего стока в системе заданных створов. (Прогноз полей стока)
17. Метод гидросиноптического прогноза элементов водного и ледового режима рек.
18. Распознающая система перцептронного типа для прогноза гидрографа весеннего половодья.
19. Построение дискретно-непрерывной прогностической модели.
20. Территориальный прогноз летне-осеннего стока.
21. Метод прогноза стока на основе прецедентов.
22. Учёт динамики самообразования в среднесрочных прогнозах расходов воды.
23. Методы комплексирования прогностических методик.
24. Перспективы использования методов многомерного статистического анализа в гидропрогнозах.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 5.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0–10
Выполнение практической работы 1	0–10
Выполнение практической работы 2	0–10
Выполнение практической работы 3	0–10
Выполнение практической работы 4	0–10
Выполнение практической работы 5	0–10
Выполнение практической работы 6	0–10
Участие в семинаре	0–10
Промежуточная аттестация	0–20
ИТОГО	0–100

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 70 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 6.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Многомерный статистический анализ».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 436 с. – Электронный библиотечный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090579.pdf

Дополнительная литература

1. Дубров А.М. Обработка статистических данных методом главных компонент. – М., Статистика, 1978.
2. Смирнов Н.П., Складенко В.Л. Методы многомерного статистического анализа в гидрологических исследованиях – Л.: изд. ЛГУ, 1986. – 190 с.
3. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений – М.: Статистика, 1974. – 240 с.
4. Педь Д.А. О критериях аналогичности гидрометеорологических полей. – Труды ЦИП, 1965. Вып. 139.
5. Шаночкин С.В. Синоптико-статистический прогноз весеннего стока на р. Тура. – Ученые записки РГГМУ № 5, 2007. – С. 152 – 160.
6. Шаночкин С.В. Прогноз весеннего стока в бассейне р. Ветлуги. – В кн.: Моделирование и прогнозы гидрологических процессов. – СПб, 1992. – С. 96 – 104. – Электронный ресурс: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-210123102.pdf

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Компонентный анализ. Режим доступа: <http://www.statmethods.ru/konsalting/statistics-metody/118-komponentnyj-analiz.html>
2. Методы анализа качественных признаков. Режим доступа: <http://stat.yartel.ru>

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Microsoft Windows (48130165 21.02.2011)
2. Microsoft Office (49671955 01.02.2012)

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. ЭБС «ГидроМетеоОнлайн». Режим доступа: <http://elib.rshu.ru/>
2. Национальная электронная библиотека (НЭБ). Режим доступа: <https://нэб.рф>
3. ЭБС «Znanium». Режим доступа: <http://znanium.com/>
4. ЭБС «Перспектива Науки». Режим доступа: <http://www.prospektnauki.ru/>
5. Электронно-библиотечная система elibrary. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
6. Электронная библиотека РГО. Режим доступа: <http://lib.rgo.ru/dsweb/HomePage>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН. Режим доступа: <http://www.spsl.nsc.ru>
8. Российская государственная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru/>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Режим доступа: <http://meteo.ru/>
2. National Climate Data Center. Режим доступа: <http://www.ncdc.noaa.gov>
3. National Geophysic Data Center. Режим доступа: <http://www.ngdc.noaa.gov>
4. Publishing Network for Geoscientific & Environmental Data. Режим доступа: <http://www.pangaea.de>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

Учебная аудитория для проведения занятий практического, семинарского типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

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. Самостоятельная работа проводится в читальном зале библиотеки, а также в Бюро гидрологических прогнозов, укомплектованного: компьютерами, копировально-множительной техникой, мультимедиа оборудованием (переносные проектор, экран).

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Бюро гидрологических прогнозов – укомплектовано специализированной мебелью

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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.