

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Морские информационные системы

Рабочая программа по дисциплине

**«Математические методы системного анализа в
гидрометеорологической деятельности»**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):

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

Квалификация:

Магистр

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП



Завгородний В.Н.

Утверждаю

Председатель УМС  Палкин И.И.

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
«24» июня 2021 г., протокол №9

Рассмотрена и утверждена на заседании
кафедры «08» июня 2021 г., протокол №6
Зав. кафедрой  Сикарев И.А.

Автор-разработчик:

 Завгородний В.Н.

Рекомендована учёным советом института информационных систем и геотехнологий
РГГМУ

Составил:

Завгородний В.Н. – профессор кафедры морских информационных систем
Российского государственного гидрометеорологического университета.

Рецензент:

Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор
Неронов Н.Н. – главный научный сотрудник, Государственный научно-
исследовательский навигационно-гидрографический институт (Санкт-Петербург).

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является освоение студентами методологии и технологии системного анализа в гидрометеорологической и гидрографической деятельности.

Задачами дисциплины являются:

- дать основные понятия системного анализа и технологии решения оптимизационных задач гидрометеорологического обеспечения;
- дать теоретические знания по математическим методам системного анализа статических и динамических объектов в гидрометеорологической деятельности;
- обучить навыкам решения задач системного анализа на основе аналитических и численных методов;
- дать представление о практических приложениях методов системного анализа в решении задач гидрометеорологического обеспечения;
- познакомить с методикой практической реализации методов системного анализа с использованием персональных компьютеров.

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.

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

- владение базовым математическим аппаратом
- владение основами системного анализа

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	Компетенция
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-3	способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественно-количественный анализ
ПК-3	умение анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность
ПК-9	знание методов гидрометеорологического прогнозирования, основанных на эмпирических, статистических аналоговых и динамических подходах
ПК-11	готовность к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции и способность принимать нестандартные решения
ПК-12	способность к формированию проекта (программы) решения гидрометеорологических задач, критериев и показателей достижения целей, построению структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач
ПК-15	способность принимать участие в стратегическом планировании и принятии решений по вопросам окружающей среды, давать экспертные консультации по различным оперативным вопросам, связанным с использованием или ограничением влияния гидрометеорологических факторов

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины обучающийся должен:

знать:

- общие положения теории исследования операций,
- основные методологические и методические положения математического моделирования оптимизационных задач гидрометеорологического обеспечения.
- основные понятия математического программирования и методы решения задачи линейного и нелинейного программирования
- методы решения задач целочисленного программирования.
- методы решения сетевых задач.
- иметь представление о других типичных задачах исследования операций в системном анализе.

уметь:

- применять полученные знания на практике.

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 8 зачетных единиц, 290 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.	Основы теории оптимизации		2	4	8		4	ОК-1
2.	Безусловная многомерная оптимизация		2	4	8		4	ОПК-3
3.	Условная оптимизация. Нелинейное программирование.		2	4	8		4	ПК-3
4.	Модели и методы линейного программирования		2	4	12		4	ПК-9
5.	Специальные задачи линейного программирования		2	4	10		4	ПК-11
6.	Динамическое программирование		2	4	10		4	ПК-12
7.	Специальные модели исследования операций		2	4	10		4	ПК-15
	ИТОГО		14	28	66		28	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основы теории оптимизации

Понятие операции. Цель и задачи исследования операций. Примеры задач исследования операций. Место дисциплины исследования операций среди смежных дисциплин. Введение в классическую теорию оптимизации. Основные понятия и определения: задача оптимизации, виды критериев и их свойства, оптимальное решение. Постановка задачи оптимизации. Типы оптимальных решений. Графическое решение. Понятие градиента и его геометрическая интерпретация. Множество допустимых решений. Этапы исследования операций. Классификация методов исследования операций. Типовые постановки задач, их геометрическая интерпретация и методы решения.

Тема 2. Безусловная многомерная оптимизация

Аналитический и графический анализ функции. Общая идея численных методов. Методы оценки точности решения. Классификация численных методов. Поисковые методы переборного типа: сканирования с равномерным и переменным шагом. Методы на основе пошаговой одномерной оптимизации: поочередного изменения переменных, Гаусса-Зейделя, Хука-Дживса. Симплексные алгоритмы: обычный симплекс-метод, метод Нелдера-Мида. Методы случайного поиска: ненаправленный случайный поиск, метод случайных направлений. Многомерные методы оптимизации с использованием производных: градиентный, наискорейшего спуска (крутого восхождения). Сравнительный анализ многомерных методов оптимизации.

Тема 3. Условная оптимизация. Нелинейное программирование

Постановка задачи и ее анализ. Выпуклое множество. Выпуклая и вогнутая функции. Выпуклая задача оптимизации. Классификация задач и методов нелинейного программирования. Постановка и геометрическая интерпретация задачи. Графический метод решения для функции двух переменных. Классические методы решения с ограничениями типа равенств: метод исключения, метод множителей Лагранжа. Неклассические методы решения с ограничениями типа неравенств. Необходимые и достаточные условия Куна-Таккера для условного экстремума. Выпуклая задача квадратичной оптимизации. Постановка и методы решения задачи квадратичного программирования. Поисковые методы решения задач нелинейного программирования: линейной аппроксимации, "скользящего" допуска, возможных направлений, штрафных и барьерных функций.

Тема 3. Модели и методы линейного программирования

Постановка и особенности задач условной оптимизации. Классификация и характеристика методов решения. Линейное программирование. Примеры построения линейных оптимизационных моделей: оптимальная смесь, оптимизация плана производства, распределение ресурсов, загрузка оборудования и др. Геометрическая интерпретация и графический метод решения. Графический анализ устойчивости решения задачи линейного программирования. Каноническая форма задачи. Методы решения задач линейного программирования. Теоретическая основа симплекс-метода и алгоритм его реализации. Постановка и решение двойственной задачи линейного программирования. Двойственный симплекс-метод.

Тема 5. Специальные задачи линейного программирования

Целочисленная задача линейного программирования. Методы отсечения. Метод Гомори. Понятие о методе ветвей и границ. Постановка и методы решения транспортной задачи. Закрытая и открытая модель транспортной задачи. Задача о назначениях и выбора кратчайшего пути. Задача коммивояжера. Элементы теории игр. Основные понятия,

классификация и описание игр. Матричные игры и понятие седловой точки. Смешанные стратегии. Решение матричных игр методами линейного программирования и графическим способом.

Тема 6. Динамическое программирование

Общая схема методов динамического программирования. Примеры задач динамического программирования. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана. Задача о распределении средств между предприятиями. Общая схема применения метода динамического программирования. Задача о замене оборудования.

Тема 7. Специальные модели исследования операций

Модели сетевого планирования и управления. Основные элементы сетевой модели. Порядок и правила построения сетевых графиков. Упорядочение и оптимизация сетевого графика. Модели управления запасами. Статические детерминированные модели. Управление запасами при случайном спросе и предложении.

4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Графический и аналитический анализ функций одной переменной	Опрос и оценка знаний темы	ОК-1
2	2	Реализация численных методов одномерной оптимизации	Опрос и оценка знаний темы	ОПК-3
3	3	Графический и аналитический анализ функций нескольких переменных	Опрос и оценка знаний темы	ПК-3
4	3	Реализация численных методов многомерной оптимизации	Опрос и оценка знаний темы	ПК-9
5	3	Поиск оптимальных решений с использованием встроенных функций Excel	Опрос и оценка знаний темы	ПК-11
6	4	Графическое решение задач нелинейного программирования	Опрос и оценка знаний темы	ПК-12
7	4	Решение задачи нелинейного программирования с ограничениями-равенствами	Опрос и оценка знаний темы	ПК-15

8	4	Решение задачи нелинейного программирования с ограничениями-неравенствами	Опрос и оценка знаний темы	ОК-1
9	4	Решение задач нелинейного программирования с использованием встроенных функций Excel	Опрос и оценка знаний темы	ОПК-3
10	5	Графическое решение задачи линейного программирования	Опрос и оценка знаний темы	ПК-3
11	5	Решение задач оптимального распределения ресурсов	Опрос и оценка знаний темы	ПК-9
12	6	Решение задачи линейного программирования с использованием встроенных функций Excel	Опрос и оценка знаний темы	ПК-11
13	6	Решение двойственной задачи линейного программирования	Опрос и оценка знаний темы	ПК-12
14	6	Анализ устойчивости решений задачи линейного программирования	Опрос и оценка знаний темы	ПК-15
15	8	Решение целочисленной задачи линейного программирования	Опрос и оценка знаний темы	ОК-1
16	8	Решение транспортной задачи линейного программирования	Опрос и оценка знаний темы	ОПК-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

а). Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

1. Цель, задачи и методы исследования операций.
2. Исследование операций и ее место среди других наук.
3. Основные понятия и определения теории оптимизации.
4. Общая классификация методов скалярной оптимизации.
5. Основные этапы решения задач оптимизации.
6. Множество допустимых решений. Понятие выпуклых множеств и выпуклых функций
7. Необходимые и достаточные условия экстремума функции одной переменной.
8. Классификация численных методов одномерной оптимизации. Методы сканирования и локализации оптимума.
9. Общая схема сужения промежутка унимодальности для одномерной функции. Методы половинного деления, золотого сечения и Фибоначчи.
10. Методы точечного оценивания экстремума одномерной функции. Метод обратного переменного шага, квадратичной аппроксимации, Пауэлла.
11. Необходимые и достаточные условия экстремума функции нескольких переменных.

12. Классификация численных методов многомерной оптимизации. Методы сканирования и локализации оптимума.
13. Методы покоординатного поиска экстремума функции нескольких переменных.
14. Метод Хука и Дживса.
15. Симплекс- метод поиска экстремума функции нескольких переменных.
16. Метод деформируемых многогранников Нельдера- Мида.
17. Обычные градиентные методы.
18. Методы наискорейшего спуска (крутого восхождения).
19. Методы случайного поиска экстремума.
20. Сравнительный анализ численных методов многомерной оптимизации.
21. Постановка задачи и классификация методов статической условной оптимизации.
22. Постановка и методы решения задачи нелинейного программирования. Ее геометрическая и экономическая интерпретации.

б). Примерная тематика рефератов, эссе, докладов

1. Задачи исследования операций в менеджменте.
2. Методы исследования операций в менеджменте.
3. Схемы деятельности менеджера в процессе моделирования управленческих решений.
4. Сущность и основные характеристики исследования операций.
5. Задачи линейного программирования с параметрами в функционале.
6. Задачи линейного программирования с параметрами в системе ограничений.
7. Экономическая интерпретация двойственной задачи линейного программирования.
8. Транспортная задача в матричной постановке. Венгерский метод.
9. Алгоритмы решения сетевых задач.
10. Задачи дискретного программирования в менеджменте.
11. Задачи квадратичного программирования в менеджменте.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Вопросы для подготовки

1. Цель, задачи и методы исследования операций.
2. Исследование операций и ее место среди других наук.
3. Основные понятия и определения теории оптимизации.
4. Общая классификация методов скалярной оптимизации.
5. Основные этапы решения задач оптимизации.
6. Множество допустимых решений. Понятие выпуклых множеств и выпуклых функций
7. Необходимые и достаточные условия экстремума функции одной переменной.
8. Классификация численных методов одномерной оптимизации. Методы сканирования и локализации оптимума.
9. Общая схема сужения промежутка унимодальности для одномерной функции. Методы половинного деления, золотого сечения и Фибоначчи.
10. Методы точечного оценивания экстремума одномерной функции. Метод обратного переменного шага, квадратичной аппроксимации, Пауэлла.
11. Необходимые и достаточные условия экстремума функции нескольких переменных.
12. Классификация численных методов многомерной оптимизации. Методы сканирования и локализации оптимума.
13. Методы покоординатного поиска экстремума функции нескольких переменных.
14. Метод Хука и Дживса.
15. Симплекс- метод поиска экстремума функции нескольких переменных.
16. Метод деформируемых многогранников Нельдера- Мида.
17. Обычные градиентные методы.
18. Методы наискорейшего спуска (крутого восхождения).

19. Методы случайного поиска экстремума.
20. Сравнительный анализ численных методов многомерной оптимизации.
21. Постановка задачи и классификация методов статической условной оптимизации.
22. Постановка и методы решения задачи нелинейного программирования. Ее геометрическая и экономическая интерпретации.

5.3. Промежуточный контроль: зачет

Перечень вопросов к зачету

1. Операция: процесс, цели, ресурсы, управляемые и неуправляемые факторы. Операционный подход к задачам оптимизации.
2. Система как объект в системном анализе. Основные свойства. Системный подход к задачам оптимизации.
3. Формализация задачи оптимизации. Система обозначений.
4. Постановка задачи математического программирования. Существование решения и необходимые условия его нахождения в задачах оптимизации. Теорема Вейерштрасса. Теорема Ферма. Теорема Лагранжа.
5. Постановка задачи математического программирования. Выпуклые множества. Выпуклые функции. Неравенство Йенсена.
6. Классы оптимизационных задач: задачи линейного программирования, выпуклые задачи оптимизации, задачи квадратичного программирования, дискретного программирования.
7. Постановка общей задачи линейного программирования (ЗЛП).
8. Свойства задачи линейного программирования.
9. Геометрический метод решения задач линейного программирования.
10. Каноническая форма задачи ЛП. Правила перехода к канонической форме.
11. Метод последовательного улучшения плана. Признак оптимальности опорного плана. Признак бесконечности множества оптимальных планов. Признак неограниченности целевой функции в ЗЛП.
12. Метод последовательного улучшения плана. Симплексная таблица. Возможность улучшения опорного плана. Алгоритм метода.
13. Метод искусственного базиса. Вспомогательная задача.
14. Двойственная задача ЛП. Правила перехода.
15. Двойственная задача ЛП. Критерий оптимальности плана задачи линейного программирования.
16. Транспортная задача по критерию стоимости. Свойства ТЗ. Связь между переменными задачи.
17. Транспортная задача по критерию стоимости. Сбалансированная модель. Транспортная таблица.
18. ТЗ с избытком запасов и заявок.
19. Построение первого базисного плана. Способ северо-западного угла.
20. Построение первого базисного плана. Способ наименьшей стоимости.
21. Метод потенциалов для решения транспортной задачи.
22. Транспортная задача по критерию времени. Метод запрещенных клеток.
23. Особенности задач целочисленного программирования. Приближенный метод.
24. Особенности задач целочисленного программирования. Идея методов отсечений (метод Гомори).
25. Метод ветвей и границ.
26. Элементы теории графов. Основные понятия и определения.
27. Задача о кратчайшем пути.
28. Задача построения графа наименьшей длины.
29. Транспортная сеть. Поток в сети. Теорема Форда-Фалкерсона.
30. Задача нахождения максимального потока в сети.

31. Сетевая постановка транспортной задачи.
32. Выпуклые множества. Выпуклые и вогнутые функции. Свойства выпуклых множеств и функций.
33. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера.
34. Общая теорема математического программирования, необходимые и достаточные условия оптимальности.
35. Квадратичное программирование. Условия оптимальности для задач квадратичного программирования.
36. Оптимизация многомерных функций методом прямого поиска.
37. Градиентные методы. Метод наискорейшего спуска.
38. Градиентные методы. Метод Гаусса-Зейделя.
39. Методы случайного поиска.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Токарев, В. В. Методы оптимизации [электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. — М. : Юрайт, 2018. — 440 с. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/F00E19DF-994D-4E1C-A38E-CC7706F932F9#page/1>
2. Хемди А.Таха. Введение в исследование операций. — М.: Вильямс, 2007. – 912 с.
3. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. — М., Дрофа, 2006. – 206 с.

б) дополнительная литература:

4. Кочегурова Е. А. Теория и методы оптимизации [электронный ресурс] : учебное пособие для академического бакалавриата. — М.: Юрайт, 2018. — 133 с. — Режим доступа : <https://biblio-online.ru/viewer/0F701845-34C1-4EE9-98BF-475071A06072#page/1>
5. Палий И. А. Линейное программирование [электронный ресурс] : учебное пособие для академического бакалавриата. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 175 с. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/327FEF01-D1E7-41D5-BF05-4DB367826557#page/1>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Туккель И., Яшин С., Кошелев Е., Макаров С., Разработка и принятие решения в управлении инновациями. - СПб. : БХВ-Петербург, 2011. - 352 с. - Электронное издание. - Доступно из URL : <http://ibooks.ru/reading.php?productid=24805>
2. Балдин, К.В. Управленческие решения : учебник. / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, И.Б. Уткин. - 7-е изд. - М. : ИТК «Дашков и К°», 2012. - 496 с. - Электронное издание. - Доступно из URL : <http://ibooks.ru/reading.php?productid=24760>

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; пометать 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 лабораторных работ находятся на кафедре Прикладной информатики.
Подготовка к зачету	При подготовке необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену 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.