



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра гидрологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ

С.Ж. Вологжина

«18» июня 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.26 «Математические методы и модели
в задачах окружающей среды»

Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) подготовки Экологическая безопасность и управление
природопользованием

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК географического
факультета

Рекомендовано кафедрой гидрологии и
природопользования:

Протокол № 12 От «05» июня 2021 г.

Протокол № 6 от «18» июня 2021 г.

Председатель С.Ж. Вологжина

Зав. кафедрой А.В. Аргучинцева

Иркутск 2021 г.

Содержание

	стр.
I. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП.	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	4
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала	9
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	10
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	11
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	14
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	14
а) перечень литературы	14
б) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	15
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	15
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	15
6.2. Программное обеспечение	15
6.3. Технические и электронные средства обучения	15
VII. Образовательные технологии	15
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	17

I. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Цели: формирование у студентов основ знаний по математическому моделированию различных природных процессов и явлений, обучение навыкам выявления закономерностей, обработки экспериментального материала, анализа используемых материалов и полученных результатов; формирование умений применять уравнения и анализировать функции связи характеристик для описания природных процессов; навыков упрощения и постановки дополнительных условий уравнений при решении практических задач, навыков наглядного представления результатов с помощью графических редакторов и интерпретации выявленных закономерностей.

Задачи: дисциплина направлена на решение научно-исследовательских задач и задач, связанных с будущей профессиональной деятельностью, в частности, «участие в проведении научных исследований в области экологии, природопользования и других наук об окружающей среде, в учреждениях науки и вузах под руководством специалистов и квалифицированных научных сотрудников» посредством:

- изучения возможностей моделирования и его задачи для целей диагностики и прогноза;
- получения навыка правильно обрабатывать статистически эмпирический материал с точки зрения выявления закономерностей в виде теоретических линий связи, оценивать погрешности этих связей;
- изучить методы и получить навык обоснования упрощений, постановки начальных и граничных условий в уравнениях;
- познакомиться с простейшими методами аппроксимации частных производных и оценками точности аппроксимации;
- получить навык моделирования простейших эколого-географических задач;
- изучить основные численные методы решения систем конечно-разностных уравнений;
- получить навык интерпретации полученных результатов и представления их для наглядности в графическом редакторе;
- изучить различные подходы к моделированию и уметь оценивать положительные и отрицательные возможности различных моделей.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Математические методы и модели в задачах окружающей среды» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Б1.О.01 «Информатика»;

Б1.О.16 «Аналитическая геометрия и высшая алгебра»;

Б1.В.03 «Математический анализ»;

Б1.В.05 «Статистические методы в экологии и природопользовании»;

Б1.В.19 «Механика жидкости и газа».

Таким образом, совокупность разделов, включенных в программу дисциплины «Математические методы и модели в задачах окружающей среды», представляет собой важный этап единой системы подготовки бакалавров по профилю экологической безопасности и управления природопользованием. Успешное освоение материала данной дисциплины возможно при условии овладения студентами фундаментальными знаниями в рамках курса указанных выше дисциплин.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Б2.О.01 (Пд) Преддипломная практика;

Б3.01 (Д) Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»:

ПК-1 – способен использовать знания математических наук при решении научно-исследовательских задач в сфере экологии, природопользования и охраны окружающей среды.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<i>ПК-1</i> Способен использовать знания математических наук при решении научно-исследовательских задач в сфере экологии, природопользования и охраны окружающей среды	<i>ИДК ПК1.1</i> Применяет знания, подходы и методический аппарат математических наук для решения профильных научно-исследовательских задач	<i>Знать:</i> - существующие различные подходы к выявлению закономерностей и моделированию процессов и явлений окружающего мира; <i>Уметь:</i> - анализировать полученные закономерности и представлять результаты наглядно в виде графических материалов; <i>Владеть:</i> - базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию; способностью понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часа,
в том числе 0,72 зачетных единиц

Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекции	Семинарские /практические /лабораторные занятия	Консультации		
1	Раздел I. Введение. Основные задачи моделирования в эколого-географических исследованиях	7			4	2	1	3	Письменный опрос. Отчет по практической работе. Отчет по самостоятельной работе.
2	Раздел II. Простейшие статистические и параметрические модели. Корреляционный анализ. Дисперсионный анализ.	7			8	4	1	3	Письменный опрос. Отчет по практической работе. Отчет по самостоятельной работе.
3	Раздел III. Теоретические закономерности поведения случайных величин	7			6	5	1	3	Письменный опрос. Отчет по практической работе. Отчет по самостоятельной работе.

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Всего часов	практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
					Контактная работа преподавателя с обучающимися		тояте льная работ		
4	Раздел IV. Аналитические решения в математических моделях. Расширение возможностей аналитических моделей	7			4			6	Письменный опрос. Отчет по самостоятельной работе.
5	Раздел V. Численные модели. Методы интерполяции	7			4	4	1	3	Письменный опрос. Отчет по практической работе. Отчет по самостоятельной работе.
6	Раздел VI. Методы оптимизации в математическом моделировании	7			2		1	7	Письменный опрос. Отчет по самостоятельной работе.
7	Раздел VII. Применение теории графов для построения математических моделей в экологических исследованиях				2		1	7	Письменный опрос. Отчет по самостоятельной работе.
8	Раздел VIII. Факторный анализ	7			2	2	1	7	Письменный опрос. Отчет по практической работе. Отчет по самостоятельной работе
9	Раздел IX. Кластерный анализ	7			2		1	6	Письменный опрос. Отчет по самостоятельной работе.
	Контроль самостоятельной работы	7	4						
	Промежуточная аттестация	7							Зачет
Итого часов			108		34	17	8	45	

4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Раздел I Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	3	Устный доклад	ОЛ*- 1,2 ДЛ** - 3
7	Раздел II Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	3	Устный доклад	ОЛ*- 1,2 ДЛ** - 3
7	Раздел III Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	1	Письменный опрос	ДЛ** - 1
7	Раздел III Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	1	Письменный опрос	ОЛ*- 1,2
7	Раздел III Тема 3	Работа с литературой	В течение семестра	1	Письменный опрос	ДЛ** - 1
7	Раздел IV Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект	ОЛ*- 1,2 ДЛ** - 4
7	Раздел IV Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект	ОЛ*- 1,2 ДЛ** - 4
7	Раздел IV Тема 3	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект	ДЛ** - 4
7	Раздел V Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	1	Конспект	ДЛ** - 1,6
7	Раздел V Тема 4	Работа с литературой	В течение семестра	1	Конспект	ДЛ** - 7
7	Раздел V Тема 5	Работа с литературой	В течение семестра	1	Конспект/ Письменный опрос	ОЛ*- 1,2 ДЛ** - 3,4
7	Раздел VI Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	3	Конспект/ Устный опрос	ОЛ*- 2 ДЛ** - 3, 4

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Раздел VI Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	4	Устный доклад	ОЛ*- 2
7	Раздел VII Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект/ Письменный опрос	ОЛ*- 1,2
7	Раздел VII Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	3	Устный доклад	ОЛ*- 1,2 ДЛ** - 3, 4
7	Раздел VII Тема 3	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект / Письменный опрос	ОЛ*- 1,3
7	Раздел VIII Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект	ОЛ*- 1,4 ДЛ** - 7
7	Раздел VIII Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	2	Конспект / Письменный опрос	ОЛ*- 1 ДЛ** - 3,4
7	Раздел VIII Тема 3	Работа с литературой	В течение семестра	3	Конспект / Устный доклад	ОЛ*- 1,3,4 ДЛ** - 7
7	Раздел IX Тема 1	Работа с литературой	В течение семестра	3	Конспект	ОЛ*- 1,3,4 ДЛ** - 7
7	Раздел IX Тема 2	Работа с литературой	В течение семестра	3	Конспект	ОЛ*- 1,3,4 ДЛ** - 7
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				45		
*ОЛ – Основная литература **ДЛ – Дополнительная литература						

4.3 Содержание учебного материала

Раздел I. Введение. Основные задачи моделирования в эколого-географических исследованиях

1. Функции математических моделей в задачах диагностики и прогноза.
2. Проблемы исходной информации. Данные. Операции с данными.
3. Точность математических моделей.
4. Основные подходы к математическому моделированию.

Раздел II. Простейшие статистические и параметрические модели. Корреляционный анализ. Дисперсионный анализ.

1. Модели отечественных и зарубежных авторов, предназначенные для описания закономерностей природных и социально-экономических процессов и явлений.
2. Возможности, достоинства и недостатки каждого из названных методов и границы их применимости.
3. Проблемы входной информации моделей.
4. Случайные величины. Законы распределения случайных величин.
5. Основные числовые характеристики, используемые в статистических моделях (начальные, центральные и смешанные моменты). Их интерпретация и применение для анализа.
6. Статистические оценки гипотез вида экологических моделей.

Раздел III. Теоретические закономерности поведения случайных величин

1. Сигмальный масштаб
2. Метод наименьших квадратов.
3. Регрессионные линейные и нелинейные модели.

Раздел IV. Аналитические решения в математических моделях. Расширение возможностей аналитических моделей.

1. Последовательные упрощения дифференциальных уравнений с целью получения простейших аналитических решений для описания природных процессов и явлений на примере переноса примесей.
2. Формулировка простейших одно- и двумерных задач переноса и диффузии примеси. Пример аналитических решений, описывающие изменения концентрации примеси при постоянных и переменных коэффициентах турбулентной диффузии.
3. Вероятностный подход к описанию природных процессов и явлений. Теоретические основы метода нахождения функций плотности вероятностей распределения входной информации.

Раздел V. Численные модели. Методы интерполяции.

1. Возможности реализации моделей с помощью численных методов. Различие этих моделей от условий замыкания. Постановка начальных и граничных условий. Возможности, достоинства и недостатки этих моделей.
2. Метод сеток. Необходимость аппроксимации производных конечно-разностными аналогами. Методы представления производных конечно-разностными аналогами: разложение в ряд Тейлора, полиномиальная аппроксимация, интегральный метод, метод контрольного объема. Ошибки аппроксимации производных конечно-разностными схемами "вперед", "назад", центральными разностями.
3. Явные и неявные конечно-разностные схемы, преимущества и недостатки каждой из них при реализации.
4. Алгоритмы численных схем для уравнений переноса примесей и аппроксимация граничных условий для простейших сеточных областей.

5. Полиномиальная и оптимальная интерполяция.

Раздел VI. Методы оптимизации в математическом моделировании.

1. Целевые функции. Формулировка математической задачи оптимизации.

Определение границ объекта оптимизации.

2. Примеры решения оптимизационных задач.

Раздел VII. Применение теории графов для построения математических моделей в экологических исследованиях.

1. Элементы теории графов. Способы задания графов. Матрица смежности и инцидентности.

2. Задачи, решаемые с помощью графов. Логическое моделирование гипотез развития экосистем с использованием графов.

3. Классификации (иерархическая, таксономическая фасетная дихотомическая) и их применение в экологических задачах.

Раздел VIII. Факторный анализ.

1. Основные положения, методы, задачи, схема выполнения факторного анализа.

2. Метод главных компонент. Геометрическая интерпретация. Формальная интерпретация. Общий алгоритм и содержательная интерпретация. Возможности для прогноза и моделирования.

3. Примеры решения задач и интерпретации результатов с помощью МГК.

Раздел IX. Кластерный анализ.

1. Основная задача. Отличие от классификаций. Меры для выделения кластеров. Основные этапы обработки данных.

2. Кластерный анализ с помощью приемов таксономического анализа на примере вrocławской таксономии, дендро-дерева Берри, метода дендритов, МГК.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции* (индикаторы)
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	Раздел I Темы 1,2,3. Раздел 2. Тема 1, 3.	В компьютерном классе – обучение выбору данных под задачи моделирования, создания базы данных, поиска данных для моделирования природных процессов и явлений	2		Расчетная работа	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}
2	Раздел II Тема 4, 5, 6	В компьютерном классе – статистическая обработка данных. Анализ числовых характеристик процессов и явлений окружающей среды.	4		Расчетная работа	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}
3	Раздел III Тема 1, 2, 3	В компьютерном классе – обработка информации для получения теоретических	5		Расчетная работа	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}

		закономерностей поведения характеристик процессов и явлений окружающей среды.				
4	Раздел V. Тема 4, 5	В компьютерном классе – обработка информации для получения различных моделей интерполяции характеристик природных процессов и явлений, построения изолинейных карт характеристик, применения информационных технологий для визуализации и интерпретации результатов.	4		Расчетная работа	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}
5.	Раздел VIII. Тема 2, 3. Раздел IX. Тема 2.	В компьютерном классе – решение задачи поиска связей большого набора характеристик процессов и явлений окружающей среды с использованием МГК. Выделение кластеров с использованием МГК.	2		Расчетная работа	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	Раздел I Тема 2	Устное (внеаудиторное) усвоение понятия о больших данных, их использовании. Краткий письменный обзор, презентация. Беседа в аудитории.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
2	Раздел II Тема 1	Устное (внеаудиторное) усвоение возможностей моделей, их разновидностей, достоинств и недостатков. Краткий письменный обзор, презентация. Беседа в аудитории.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
3	Раздел III Тема 1	Выполнение задания в виде контрольной работы с последующей проверкой преподавателем	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
4	Раздел III Тема 2	Выполнение задания в виде контрольной работы с последующей проверкой преподавателем	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
5	Раздел III Тема 3	Выполнение задания в виде контрольной работы с последующей проверкой преподавателем	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}

6	Раздел IV Тема 1	Самостоятельная подготовка, домашняя работа с литературой о применении дифференциальных уравнения для описания переноса примесей. Краткий письменный обзор. Собеседование ведет назначенный студент в присутствии преподавателя	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
7	Раздел IV Тема 2	Самостоятельная подготовка, домашняя работа с литературой об аналитических методах решений дифференциальных уравнений. Краткий письменный обзор. Собеседование ведет назначенный студент в присутствии преподавателя.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
8	Раздел IV Тема 3	Самостоятельная подготовка, домашняя работа с литературой о возможностях вероятных моделей для решения экологических задач. Краткий письменный обзор. Собеседование ведет назначенный студент в присутствии преподавателя.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
9	Раздел V Тема 1	Самостоятельная подготовка, домашняя работа с литературой о начальных и граничных условиях при решении уравнений. Краткий письменный обзор. Собеседование ведет назначенный студент в присутствии преподавателя.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
10	Раздел V Тема 4	Самостоятельная подготовка, домашняя работа с литературой об аппроксимационных схемах при решении уравнений. Краткий письменный обзор. Собеседование ведет назначенный студент в присутствии преподавателя.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
11	Раздел V Тема 5	Самостоятельная подготовка, домашняя работа с литературой по методу оптимальной интерполяции. Краткий письменный обзор. Выполнение задания в виде контрольной работы с последующей проверкой преподавателем.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
12	Раздел VI	Устное (внеаудиторное) усвоение возможностей	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}

	Тема 1	оптимизационных моделей, их разновидностей. Краткий письменный обзор. Беседа в аудитории.		
13	Раздел VI Тема 2	Устное (внеаудиторное) усвоение возможностей оптимизационных моделей, примеры решения экологических задач. Краткий письменный обзор. Беседа в аудитории.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
14	Раздел VII Тема 1	Устное (внеаудиторное) усвоение записи матриц смежности и инцидентности для различных графов. Краткий письменный обзор, презентация. Беседа в аудитории.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
15	Раздел VII Тема 2	Устное (внеаудиторное) усвоение задачи раскраски графа и применения для решения экологических задач. Краткий письменный обзор. Беседа в аудитории	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
16	Раздел VII Тема 3	Устное (внеаудиторное) усвоение видов классификаций, их разновидностей и отличий. Краткий письменный обзор, презентация. Беседа в аудитории	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
17	Раздел VIII Тема 1	Устное (внеаудиторное) усвоение основной схемы факторного анализа. Краткий письменный обзор. Сдается на проверку преподавателю.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
18	Раздел VIII Тема 2	Устное (внеаудиторное) усвоение содержательной интерпретации результатов анализа МГК. Краткий письменный обзор. Беседа в аудитории.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
19	Раздел VIII Тема 3	Устное (внеаудиторное) усвоение возможностей МГК и примеров решения задач данным методом. Краткий письменный обзор, презентация. Беседа в аудитории	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}
20	Раздел IX Тема 1	Устное (внеаудиторное) усвоение мер для выделения кластеров. Краткий письменный обзор. Сдается на проверку	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}

		преподавателю.		
21	Раздел IX Тема 2	Устное (внеаудиторное) усвоение приемов таксономического анализа на примере вроцлавской таксономии, дендро-дерева Берри, метода дендритов. Краткий письменный обзор. Сдается на проверку преподавателю.	ПК-1	ИДК _{ПК1.1}

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Методические указания по организации самостоятельной работы, с подробным описанием каждого задания, представленного в таблице 4.3.2, размещены в ЭИОС по соответствующей дисциплине «Математические методы и модели в задачах окружающей среды». Код доступа: 4vmeff.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) перечень литературы

Основная:

1. Аргучинцева, Алла Вячеславовна. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды [Текст] : учеб. пособие / А. В. Аргучинцева, В.К. Аргучинцев ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. - 133 с.; 20 см. - Библиогр.: с. 110. - ISBN 978-5-9624-1260-3 (44 экз.)+
2. Аргучинцева, Алла Вячеславовна. Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений [Текст] : учеб. пособие / А. В. Аргучинцева ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. - 106 с.; 20 см. - Библиогр.: с. 102-105. - ISBN 978-5-9624-0165-2 (44 экз.)+
3. Аргучинцев, Валерий Куприянович. Математическое моделирование пространственного распределения загрязняющих веществ в атмосфере и гидросфере Монголии [Электронный ресурс] : научное издание / В. К. Аргучинцев. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-1093-7+

Дополнительная:

1. Юдович, Виктор Иосифович. Математические модели естественных наук [Электронный ресурс] / В. И. Юдович. - Москва : Лань, 2011. - 335 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов : специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 327-329. - ISBN 978-5-8114-1118-4+
2. Наац, В. И. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы [Текст] : [монография] / В. И. Наац, И. Э. Наац. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 330 с. ; нет. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9221-1160-7+

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <https://integral.ru> – группа компаний «Интеграл»
2. <https://forum.integral.ru/index.php> - форум для экологов «Интеграл»
3. http://wiki.integral.ru/index.php/База_знаний_Фирмы_Интеграл - база знаний фирмы Интеграл
4. http://wiki.integral.ru/index.php/Категория:Программные_термины – Термины и определения, присутствующие в программах серии «Эколог»

5. <https://eco-s.ru/public/emission/УПРЗА%20«ЭКО%20центр».%20Руководство%20пользователя.pdf> – Руководство пользователя УПРЗА «ЭКО центр»
6. https://integral.ru/Integral/userguides/ecoMaster_manual.pdf - Руководство пользователя серии программ «ЭкоМастер»
7. <https://rp5.ru/>
8. <http://www.pogodaiklimat.ru/>

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Лекционные занятия проходят в аудитории на 30 посадочных мест с мультимедийным оборудованием и учебной мебелью.

Практические занятия, требующие использование персональных компьютеров проходят в компьютерном классе на 14 посадочных мест.

6.2. Программное обеспечение:

Для выполнения практических работ используются следующие пакеты специализированных программ:

- программа для работы с данными и расчетов Microsoft Excel
- геоинформационное ПО QGIS
- программа для статистической обработки R

6.3. Технические и электронные средства:

Учебный материал подается с использованием современных средств визуализации с применением мультимедийного оборудования.

Персональные компьютеры для выполнения практических и самостоятельных работ.

По каждой теме дисциплины подготовлены презентации, размещенные в открытом доступе в ЭИОС.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к занятиям, занятия сопровождаются мультимедийными презентациями, просмотром роликов по проходимым темам.

Проектная технология: организация самостоятельной работы студентов, когда обучение происходит в процессе деятельности, направленной на разрешение проблемы, возникшей в ходе изучения темы

Проблемное обучение: стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы, его элементы используются в ходе занятий.

Контекстное обучение: мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением;

Обучение на основе опыта: активизация познавательной деятельности студента проводится за счет ассоциации и собственного опыта.

Обучение критическому мышлению: построение занятия по определенному алгоритму – последовательно, в соответствии с тремя фазами: вызов, осмысление и рефлексия. Цель данной образовательной технологии – развитие мыслительных навыков обучающихся, необходимых не только при изучении учебных предметов, но и в обычной жизни, и в профессиональной деятельности (умение принимать взвешенные решения, работать с информацией и др.).

Станционное обучение: организация целенаправленной и планомерной самостоятельной работы студентов на занятии в мини-группах в целях более эффективного

усвоения проходимого материала, когда каждая группа выбирает свою образовательную траекторию, и студенты сами оценивают свою работу.

Наименование тем занятий с использованием активных форм обучения:

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	Введение. Основные задачи моделирования в эколого-географических исследованиях	Лекция	Информационные технологии	4
2	Простейшие статистические и параметрические модели. Корреляционный анализ. Дисперсионный анализ.	Лекция	Информационные технологии	8
3	Теоретические закономерности поведения случайных величин	Лекция	Информационные технологии	6
4	Аналитические решения в математических моделях. Расширение возможностей аналитических моделей.	Лекция	Информационные технологии	4
5	Численные модели. Методы интерполяции.	Лекция	Информационные технологии	4
6	Методы оптимизации в математическом моделировании.	Лекция	Информационные технологии	2
7	Применение теории графов для построения математических моделей в экологических исследованиях.	Лекция	Информационные технологии	2
8	Факторный анализ.	Лекция	Информационные технологии	2
9	Кластерный анализ.	Лекция	Информационные технологии	2
Итого часов				34

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1 Оценочные материалы (ОМ):

Оценочные материалы для входного контроля – не предусмотрены.

Оценочные материалы текущего контроля

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
Основные задачи моделирования в эколого-географических исследованиях	Знает функции математических моделей в задачах диагностики и прогноза; проблемы исходной информации; точность математических моделей; основные подходы к математическому моделированию. Проблемы замыкания.	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы. Выполнил практическую и самостоятельную работу с оценкой не ниже «удовлетворительно».	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}
Простейшие статистические и параметрические модели. Корреляционный анализ. Дисперсионный анализ.	Знает модели отечественных и зарубежных авторов, предназначенные для описания распространение примесей в воздухе, водоемах и водотоках: стандартные методики, рекомендованные ГОСТ; метод распознавания образов (аналогий), метод разложения по естественным ортогональным составляющим, метод потенциалов, метод обобщенных показателей. Возможности, достоинства и недостатки каждого из названных методов и границы их применимости. Проблемы входной информации моделей. Основные числовые характеристики, используемые в статистических моделях (начальные, центральные и смешанные моменты). Статистические оценки гипотез вида экологических моделей.	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы. Выполнил практическую и самостоятельную работу с оценкой не ниже «удовлетворительно».	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}
Теоретические закономерности поведения случайных величин	Умеет работать с сигмальным масштабом. Знает метод наименьших квадратов. Регрессионные линейные и нелинейные многомерные связи.	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы. Выполнил практическую и самостоятельную	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
		работу с оценкой не ниже «удовлетворительно».	
Аналитические решения в математических моделях. Расширение возможностей аналитических моделей.	Умеет осуществлять последовательные упрощения дифференциального уравнения переноса с целью получения простейших аналитических решений. Способен формулировать простейшие одно- и двумерных задачи переноса. Знает примеры аналитических решений, описывающих изменения концентрации примеси. Умеет применять вероятностный подход к описанию природных процессов и явлений. Знает теоретические основы метода нахождения функций плотности вероятностей распределения входной информации.	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}
Численные модели. Методы интерполяции.	Знает возможности реализации моделей с помощью численных методов. Различие этих моделей от условий замыкания. Постановка начальных и граничных условий. Возможности, достоинства и недостатки этих моделей. Знает аппроксимации производных конечно-разностными аналогами. Методы представления производных конечно-разностными аналогами: разложение в ряд Тейлора, полиномиальная аппроксимация, интегральный метод, метод контрольного объема. Ошибки аппроксимации производных конечно-	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы. Выполнил практическую и самостоятельную работу с оценкой не ниже «удовлетворительно».	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	разностными схемами "вперед", "назад", центральными разностями. Знает и умеет применять явные и неявные конечно-разностные схемы, преимущества и недостатки каждой из них при реализации. Знает особенности конечно-разностных схем. Знает, что такое интерполяция, умеет применять на практике схемы интерполяции. Знает различия между различными методами интерполяции.		
Методы оптимизации в математическом моделировании.	Знает, что такое оптимизация, целевые функции, максимизация и минимизация при решении задач. Способен формулировать математические задачи оптимизации в виде функций и уравнений. Определяет граничные условия. Знает примеры и схемы решения оптимизационных задач, умеет решать задачи оптимизации.	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-1 ИДК_{ПК1.1}
Применение теории графов для построения математических моделей в экологических исследованиях.	Знает, что такое граф, умеет задавать и описывать структуру графа, записывать матрицы смежности и инцидентности. Знает основную задачу, решаемую через задание раскраски графа. Может построить логическую схему для решения экологической задачи с использованием графов. Знает различные виды классификаций, может выполнить классификацию различных объектов.	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы. Выполнил самостоятельную работу по решению основной задачи графа.	ПК-1 ИДК_{ПК1.1}
Факторный анализ.	Знает основные положения	Владеет материалом	ПК-1

Тема или раздел дисциплины	Показатель	Критерий оценивания	Формируемые компетенции и индикаторы
	и задачи факторного анализ, схему выполнения факторного анализа. Знает суть МГГ для проведения факторного анализа множества характеристик для выявления их связей. Может привести примеры использования данного метода. Умеет использовать МГК для выявления связей множества характеристик. Умеет интерпретировать полученные результаты матриц, выявлять главные компоненты, объяснять их связь.	данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы. Выполнил практическую работу с оценкой не ниже «удовлетворительно».	ИДК _{ПК1.1}
Кластерный анализ.	Знает, что такое кластерный анализ, его отличия и особенности, основные этапы выполнения. Знает основные меры для проведения кластерного анализа и выделения кластеров. Умеет выделять кластеры с использованием МГК. Знает приемы таксономических классификация для выделения кластеров (ворцлавская таксономия, дендро-дереья Берри, метод дендритов).	Владеет материалом данного раздела. Знает ответы на контрольные вопросы.	ПК-1 ИДК _{ПК1.1}

Полный *перечень контрольных вопросов для устного контроля* представлен в ЭИОС по коду дисциплины: 4vmeff. Ниже приведен примерный перечень вопросов:

1. Законы распределения дискретных величин (ряд или таблица, многоугольник, полигон, гистограмма). Интегральная функция распределения и ее свойства.
2. Интегральный и дифференциальный законы распределения случайных величин и их свойства. Функция обеспеченности. Привести примеры.
3. Характеристики положения случайных величин: математическое ожидание и его свойства, среднее арифметическое, мода, медиана.
4. Характеристики разброса случайных величин: размах, среднее абсолютное отклонение, дисперсия и ее свойства, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс. Проиллюстрировать на примерах.
5. Нормальный закон распределения. Исследование поведения нормальной кривой распределения.

6. Коэффициент корреляции и его свойства. Уравнение регрессии в сигмальном масштабе для функции одной переменной.
7. Уравнение регрессии в сигмальном масштабе для функции двух переменных.
8. Уравнение регрессии в сигмальном масштабе для функции N переменных.
9. Множественный коэффициент линейной корреляции. Смысл коэффициентов, входящих в формулу его определения
10. Систематические и случайные ошибки. Требования к оценкам: состоятельность, несмещенность, эффективность. Каким требованиям отвечают оценки для дисперсии?
11. Метод наименьших квадратов. Вывод нормальной системы уравнений для линейной зависимости (вывод).
12. Метод наименьших квадратов. Вывод нормальной системы уравнений для степенной зависимости (вывод).
13. Множественное линейное уравнение регрессии (вывод).
14. Возможности получения аналитических решений. Их недостатки и положительные стороны.
15. Начальные и граничные условия. Типы краевых задач. Корректность постановки задач.
16. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация «вперед» первых производных методом Тейлора (вывод).
17. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация «назад» первых производных методом Тейлора (вывод).
18. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация «центральными разностями» первых производных методом Тейлора (вывод).
19. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация вторых производных методом Тейлора (вывод).
20. Конечно-разностная аппроксимация производных. Полиномиальная аппроксимация (вывод).
21. Явные и неявные конечно-разностные схемы.
22. Теория графов. Граф и его составляющие. Применение графов для решения экологических задач.
23. Виды классификаций. Представление процессов и явлений окружающей среды с помощью разных видов классификаций.
24. Факторный анализ. Методы главных компонент (проиллюстрировать суть метода).
25. Кластерный анализ. Применение в решение экологических задач.
26. Методы оптимизации. Их применение в решении экологических задач.

Демонстрационные варианты контрольных работ, выполняемых в компьютерном классе по дисциплине «Математическое моделирование в задачах окружающей среды»

а) контрольная работа № 1. Составление базы данных для последующей обработки методами математического моделирования.

Задание. Составить базу данных средних значений гидрометеорологических параметров (температуры, давления, влажности, осадков) с пространственной привязкой на основе ПО MS Excel. Для поиска данных можно использовать сайт gr5.ru. Для построения выбрать любой регион РФ и включить в базу данных основные населенные пункты для которых имеется информация о необходимых параметрах (не менее 30 шт.).

Пример таблицы для базы данных.

н.п.	Lon	Lat	t	P	M	Pr
Иркутск	104.317	52.267	-19	725	78	0
Ангарские Хутора	104.783	51.917	-27	727	80	0

Примечание. 1. Координаты на карте даны в виде $g^{\circ}m's''$. Их нужно пересчитать в виде десятичных градусов.

б) контрольная работа № 2. Анализ числовых характеристик дискретных случайных величин.

На основе созданной баз данных рассчитать для параметра t (температура) по самостоятельно составленным формулам:

1. Характеристики положения – среднее значение,
2. Характеристики разброса – разброс, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, асимметрию, эксцесс.

По полученным результатам сделать выводы о поведении рассматриваемой характеристики.

3. Найти парные коэффициенты корреляции между параметрами базы данных (температура и осадки, температура и влажность и т.п.). Проанализировать их и сделать выводы.

в) контрольная работа № 3. Анализ теоретической связи числовых характеристик дискретных случайных величин.

3. С использованием МНК найти уравнения регрессии $z = ax+b$ и $z = ax^b$. Построить графики. Выявить лучшую аппроксимацию.
4. Найти множественный коэффициент корреляции и построить множественное линейное уравнение регрессии $z = a_0 + a_1x + a_2y$.

Рекомендации.

Контрольную работу необходимо выполнять на ПК с использованием любого из пакетов прикладных программ со встроенными математическими функциями, например, Microsoft Excel.

Для лучшего понимания и проверки выполняемой работы рекомендуется вычисления выполнить путем прямого набора формул и с использованием встроенных формул.

Для отчета по работе необходимо все используемые формулы и полученные результаты набрать в текстовом редакторе.

Рассчитанные характеристики необходимо проанализировать и сделать выводы о поведении рядов случайных наблюдений.

г) контрольная работа № 4. Применение геоинформационных методов интерполяции дискретных случайных величин.

Задание. С использованием ПО QGIS на основе составленной базы данных в контрольной работе № 1 и встроенных модулей для интерполяции создать разные варианты полей данных для каждого гидрометеорологического параметра (температуры, давления, влажности, осадков) и изолиний на основе этого поля. Сравнить разные варианты интерполяций и изолинейных карт, выбрать оптимальные. Представить карту для каждого параметра в виде итоговой компоновки карты. Проанализировать результаты и сделать выводы. Составить отчет.

Текущий контроль в виде проверки отчета по практической или самостоятельной работе, предполагает следующие варианты оценивания:

Оценка выполнения практических (самостоятельных) работ. Отметка "отлично" ставится, если студент:

- 1) правильно определил цель задания;
- 2) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений или расчетов;
- 3) самостоятельно и рационально выбрал для работы необходимые методы, все измерения выполнил в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;

4) научно грамотно, логично описал результаты и сформулировал выводы. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, графики, вычисления и сделал выводы;

5) проявляет организационно-трудовые умения;

7) измерения осуществляет по плану с учетом правил работы с оборудованием. Отметка "хорошо" ставится, если студент выполнил требования к оценке "отлично",

но:

1) правильно определил цель задания;

2) измерения проводил в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений ;

2) или было допущено два-три недочета;

3) или измерения/расчет проведен не полностью;

5) или в описании результатов допустил неточности, выводы сделал неполные.

Отметка "удовлетворительно" ставится, если студент:

1) правильно определил цель задания; работу выполняет правильно не менее чем наполовину, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы;

2) или подбор материалов, методов работы по началу опыта провел с помощью преподавателя; или в ходе проведения измерений были допущены ошибки в описании наблюдений , формулировании выводов;

3) измерения/расчет проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью; или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, и т.д.) не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения;

4) допускает грубую ошибку в ходе измерения/расчета (в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил при работе с приборами), которая исправляется по требованию преподавателя.

Отметка "неудовлетворительно" ставится, если студент:

1) не определил самостоятельно цель задания; выполнил работу не полностью, объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов;

2) или измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно;

3) или в ходе работы и в отчете обнаружились в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке "удовлетворительно";

4) допускает две (и более) грубые ошибки в ходе измерений/расчетов, в объяснении, в оформлении работы, в соблюдении правил работы с приборами, которые не может исправить даже по требованию преподавателя.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета.

Примерный перечень вопросов и заданий к зачету:

1. Понятие математического моделирования и математических моделей.
2. Понятие системы и её составляющих.
3. Понятие данных, больших данных, баз данных. Способы получения данных.
4. Операции с данными. Метаданные. Информация. Знание. Проблемы исходной информации, их решение.
5. Понятие случайных величин, вероятностные характеристики. Законы распределения случайных величин. Ряд распределения.
6. Функция распределения. Свойства функции распределения. Графики. Эмпирическая функция распределения.
7. Функция плотности вероятности. Свойства функции плотности вероятности. Графики. Эмпирическая функция плотности вероятности.

8. Понятие о моментах случайных величин. Начальные, центральные моменты.
9. Математическое ожидание. Свойства математического ожидания.
10. Дисперсия. Свойства дисперсии. Среднеквадратическое отклонение.
11. Характеристики положения среднего случайной величины.
12. Характеристики разброса случайной величины.
13. Асимметрия. Эксцесс. Коэффициент вариации
14. Понятие о смешанных моментах случайных величин. Корреляционный момент. Коэффициент корреляции.
15. Метод наименьших квадратов для анализа линейной связи между случайными величинами.
16. Метод наименьших квадратов для анализа нелинейной связи между случайными величинами.
17. Уравнение регрессии в сигмальном масштабе для функции двух переменных.
18. Уравнение регрессии в сигмальном масштабе для функции N переменных.
19. Множественный коэффициент корреляции. Построение множественного линейного уравнения регрессии: случай для двух случайных величин.
20. Множественный коэффициент корреляции. Построение множественного линейного уравнения регрессии: случай для трех случайных величин.
21. Множественный коэффициент корреляции. Построение множественного линейного уравнения регрессии: общий случай.
22. Ранговые корреляции.
23. Теория ошибок. Случайные, систематические ошибки. Требования к оценкам.
24. Оценки для неизвестных параметров генеральной совокупности: математического ожидания и дисперсии.
25. Частные коэффициенты корреляции.
26. Элементы теории графов. Граф, его составляющие.
27. Способы задания графов. Изоморфные графы. Плоские графы. Пути и циклы. Связность графов.
28. Матрица смежности. Матрица инцидентности.
29. Деревья. Ярусы. Основное дерево. Цикломатическое число.
30. Задача раскраски графа.
31. Логическое моделирование гипотез развития экосистем с использованием графов.
32. Классификации. Иерархическая классификация.
33. Классификации. Таксономическая классификация.
34. Классификации. Фасетная классификация.
35. Классификации. Дихотомическая классификация.
36. Факторный анализ. Основные положения, методы, задачи, схема выполнения.
37. Метод главных компонент. Суть. Геометрическая интерпретация.
38. Метод главных компонент. Формальная интерпретация алгоритма.
39. Метод главных компонент. Общий алгоритм и содержательная интерпретация.
40. Метод главных компонент. Возможности для прогноза и моделирования.
41. Кластерный анализ. Определение. Основная задача. Отличие от классификаций.
42. Кластерный анализ. Основные меры для выделения кластеров.
43. Кластерный анализ. Основные этапы обработки данных. Классификация с помощью приемов таксономического анализа на примере вроцлавской таксономии.
44. Кластерный анализ. Основные этапы обработки данных. Классификация с помощью приемов таксономического анализа на примере дендро-дерева Берри
45. Кластерный анализ. Основные этапы обработки данных. Классификация с помощью приемов таксономического анализа на примере метода дендритов.
46. Кластерный анализ. Основные этапы обработки данных. Классификация с помощью приемов факторного анализ на примере МГК.

47. Численные методы. Интерполяция. Способы интерполяции.
48. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация «вперед» первых производных методом Тейлора (вывод).
49. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация «назад» первых производных методом Тейлора (вывод).
50. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация «центральными разностями» первых производных методом Тейлора (вывод).
51. Конечно-разностная аппроксимация производных. Аппроксимация вторых производных методом Тейлора (вывод).
52. Метод полиномиальной интерполяции.
53. Метод оптимальной интерполяции.

Разработчики:


(подпись)

доцент

(занимаемая должность)

А.В. Ахтиманкина

(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры гидрологии и природопользования
(наименование)

«05» июня 2021 г. Протокол №12

Зав. Кафедрой



Аргучинцева А.В.

Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2022/2023 учебный год**

Изменений в рабочей программе дисциплины на 2022/2023 учебный год нет.

Декан географического факультета



Вологжина С.Ж.