

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Райхерт Татьяна Николаевна
Должность: Директор
Дата подписания: 16.10.2023 14:04:31
Уникальный программный ключ:
c914df807d771447164c08ee17f8e2f93dde816b

Министерство Просвещения Российской Федерации
Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

Факультет естествознания, математики и информатики
Кафедра естественных наук и физико-математического образования

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.08.08 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОЛОГИИ**

Уровень высшего образования
Направление подготовки

Профиль
Форма обучения

Бакалавриат
44.03.05 Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки)
Биология и экология
Очная

2022

Рабочая программа дисциплины «Математические модели в экологии». Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «РГППУ», Нижний Тагил, 2022. – 10 с.

Настоящая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (№125 от 22.02.2018).

Автор: доктор педагогических наук, профессор, С.Е. Попов
профессор кафедры естественных наук
и физико-математического образования

Программа одобрена на заседании кафедры ЕНФМ 17 июня 2022 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой ЕНФМ О.В. Полявина

Программа рекомендована к печати методической комиссией факультета естествознания, математики и информатики 21 июня 2022 г., протокол № 9.

Председатель методической комиссии В.А. Гордеева

© Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО
«Российский государственный
профессионально-педагогический университет», 2022.
© Попов Семен Евгеньевич, 2022.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Результаты освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1. Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы.....	5
4.2. Содержание и тематическое планирование дисциплины.....	5
4.3. Содержание разделов (тем) дисциплины.....	6
5. Образовательные технологии.....	7
6. Учебно-методические материалы.....	7
6.1. Методические указания по организации и проведению лабораторных занятий	7
6.2. Задания и методические указания по организации самостоятельной работы....	8
6.3. Организация текущего контроля и промежуточной аттестации.....	8
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	9
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	10

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины: сформировать у студентов целостный, соответствующий современному уровню развития науки взгляд на математические и компьютерные методы исследования проблем экологии, привить умения востребовать и использовать ее научное содержание в качестве методологического, теоретического и технологического средства обоснования и выполнения целевых видов познавательной и профессиональной деятельности.

Задачи:

- ознакомить студентов с основными классами моделей популяционной динамики, показать методы их построения и развития;
- ознакомить с основами теории и технологии компьютерного математического моделирования и вычислительного эксперимента;
- привить практические навыки разработки и реализации на ПК моделей объектов и явлений различной природы, научить анализировать результаты вычислительного эксперимента и оценивать адекватность построенных моделей;
- сформировать умения организовать свою познавательную (исследовательскую) и методическую деятельность с использованием компьютера.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В современных условиях в связи с повсеместным распространением персональных компьютеров, разработкой объектно-ориентированного программного обеспечения компьютерное математическое моделирование и вычислительный эксперимент превратились в универсальную системную методологию познания, в основной метод быстрого и эффективного научного исследования во всех областях человеческой деятельности. Данный подход широко внедряется не только при решении проблем в сильных с точки зрения формальной логики науках (физика, математика или информатика), но и в таких как педагогика, психология, история и других. Именно поэтому овладение соответствующей методологией следует рассматривать как неотъемлемую часть полноценного образования, жизненно важного умения, как базу для самоопределения и самореализации личности в современном обществе.

Курс «Математические модели в экологии» включен в обязательную часть Блока Б1 (предметно-методический модуль по профилю Экология) основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), профили «Биология и экология». Дисциплина реализуется в НТГСПИ (ф) РГППУ на кафедре естественных наук и физико-математического образования.

Изучение дисциплины базируется на знаниях из общих курсов информатики, математики, биологии и физики, полученных на предыдущей ступени образования, а также дисциплин специальной подготовки будущих экологов.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие следующих компетенций:

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной	ПК-1.1. Знает: структуру, состав и дидактические единицы предметной области (биология, экология)
		ПК-1.2. Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО

	области при решении профессиональных задач.	ПК-1.3. Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные
--	---	--

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- систему базовых моделей популяционной динамики;
- основы теории и технологии компьютерного математического моделирования;
- подходы и методы построения компьютерных моделей, изучаемых систем, процессов и явлений.
- направления компьютеризации научных и учебных исследований.

Уметь:

- разрабатывать и реализовывать на ПК модели объектов различной природы;
- анализировать результаты вычислительного эксперимента;
- оценивать адекватность построенных моделей;
- организовывать свою познавательную (исследовательскую) и методическую деятельность с использованием компьютера.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид работы	Форма обучения
	Очная
	9 и 10 семестры
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	180
Контактная работа, в том числе:	70
Лекции	20
Практические занятия	10
Лабораторные работы	40
Самостоятельная работа, в том числе:	101
Изучение теоретического курса	50
Самоподготовка к текущему контролю знаний	51
Подготовка к зачету, сдача дифференцированного зачета	9

4.2. Учебно-тематический план

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Всего, часов	Контактная работа			Самост. работа	Формы текущего контроля успеваемости
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы		
5 курс, 9 семестр						
Тема 1. Основы математического компьютерного моделирования.	18	4	—	4	10	Опрос, отчет по лаб. Работам
Тема 2. Математические и компьютерные средства вычислительного эксперимента.	16	2	—	4	10	Опрос, отчет по лаб. Работам

Тема 3. Моделирование динамики однородной популяции.	38	4	–	12	22	Опрос, отчет по лаб. Работам
Итого за семестр	72	10	–	20	42	
5 курс, 10 семестр						
Тема 4. Модели динамики численности двух взаимодействующих популяций.	48	5	4	10	29	Опрос, отчет по лаб. Работам
Тема 5. Моделирование взаимодействия нескольких популяций.	51	5	6	10	30	Опрос, отчет по лаб. Работам
Дифференцированный зачет	9				9	
Итого за семестр	108	10	10	20	68	
Всего по дисциплине	180	20	10	40	110	

4.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

(Вопросы для самостоятельного изучения выделены курсивом)

Тема 1. Основы математического компьютерного моделирования.

Методологическая триада современной науки. *Структура и основные характеристики теоретического и экспериментального методов проведения исследования. История становления вычислительного эксперимента.* Технология (основные этапы) проведения компьютерного моделирования.

Математическая модель и моделирование. Принципы построения математических моделей объектов и процессов. *Характеристики математических моделей: адекватность, простота, потенциальность, универсальность.*

Построение математических моделей на основе частных законов, законов сохранения, вариационных принципов. Иерархичность. *Масштабирование.*

Методы исследования математических моделей. *Классификация математических моделей в зависимости: от сложности объекта моделирования; от оператора модели; от природы и значений входных и выходных параметров.*

Корректность математической модели.

Тема 2. Математические и компьютерные средства вычислительного эксперимента.

Метод конечных разностей. Представление непрерывной функции – дискретной. Производные по пространству. Интегрирование по времени. *Разностные схемы для моделей, основанных на обыкновенных дифференциальных уравнениях и уравнениях в частных производных. Аппроксимация, сходимость и устойчивость разностных схем.*

Построение алгоритма решения задачи. Разработка программы по реализации алгоритма. *Проверка адекватности модели.* Планирование и проведение расчетов. Представление и анализ результатов.

Инструментальные программные средства для проведения численных расчетов.

Тема 3. Моделирование динамики однородной популяции.

Модель Мальтуса. Мальтузианский параметр популяции.

Логистические модели популяционной динамики. Модель Ферхюльста. Коэффициент лимитирования. Коэффициент емкости среды. Модели с внешним фактором.

Модели с запаздыванием. Модель Хатчинсона.

Тема 4. Модели динамики численности двух взаимодействующих популяций.

Моделирование взаимодействия популяций, борющихся за общую пищу.

Моделирование сообщества типа «хищник – жертва». Модель Лотки – Вольтера. Жесткая модель взаимодействия двух популяций. Мягкая модель с внутривидовой конкуренцией.

Исследование устойчивости в сообществах типа «хищник – жертва». Анализ графиков изменения численности особей. Фазовые портреты особенностей взаимодействия. Устойчивый фокус. Неустойчивое состояние. Предельный цикл.

Тема 5. Моделирование взаимодействия нескольких популяций.

Общие подходы к построению моделей. Взаимодействие нескольких популяций, борющихся за общую пищу. Другие типы биологического взаимодействия в сообществах.

Понятие об устойчивости в вольтерровских моделях сообщества. Экологическая ниша. Динамические уравнения конкуренции.

Управление вольтерровской биологической системой. Понятие о бифуркациях в экологических моделях.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проблемное, практико-ориентированное обучение. Компьютерное математическое моделирование. Лабораторный практикум по вычислительному эксперименту.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Методические указания по организации и проведению лабораторных занятий

Лабораторные занятия по курсу «Математические модели в экологии» являются ведущей формой организации обучения. Именно они формируют и закрепляют тот практический уровень знаний, умений и навыков по постановке компьютерного математического моделирования, который потребуется для организации и проведения собственных исследований с использованием компьютерных инструментальных и аппаратных средств.

Примерный перечень лабораторных занятий

№ темы	Наименование лабораторно-практических занятий	Кол-во ауд. часов
1	Технология (основные этапы) проведения компьютерного моделирования.	4
2	Математический пакет MathCad. Общие характеристики.	1
2	Решение алгебраических уравнений.	1
2	Построение графиков произвольных функций.	1
2	Численные методы решения уравнений.	1
2	Численное решение дифференциальных уравнений.	2
3	Исследование модели Мальтуса.	2
3	Логистические модели роста популяции.	2
3	Исследование модели Ферхюльста.	4
3	Моделирование логистических уравнений с внешним фактором.	4
4	Взаимодействие популяций, борющихся за общую пищу.	2
4	Моделирование сообщества «хищник – жертва» Лотки – Вольтерра.	4
4	Исследование устойчивости в сообществах типа «хищник – жертва».	2
4	Фазовые портреты особенностей взаимодействия «хищник – жертва».	2
5	Взаимодействие нескольких популяций, борющихся за общую пищу.	2
5	Моделирование биологического взаимодействия в сообществах.	2
5	Моделирование конкуренции в биологических сообществах.	2
5	Моделирование управления биологической системой.	4

Работа студентов по каждой лабораторной работе планируется как выполнение индивидуального исследовательского проекта. В рамках заявленной темы выбирается свой объект изучения, собирается доступная информация, прорабатываются математическая и

вычислительная модель, реализуется вычислительный эксперимент, проводится анализ результатов, оформляется их представление.

6.2. Задания и методические указания по организации самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студентов планируется в следующих **формах**:

- изучение учебного материала по лекциям и рекомендованной учебной литературе;
- проработка вопросов программы (выделены курсивом в содержании курса), вынесенных на самостоятельное изучение;
- подготовка к выполнению работ лабораторного практикума;
- построение математических и вычислительных моделей объектов, соответствующих индивидуальным заданиям;
- разработка алгоритмов и компьютерных программ для проведения вычислительных экспериментов;
- проведение вычислительных экспериментов на лабораторных занятиях под руководством преподавателя;
- подготовка и оформление компьютерных вариантов отчетов по результатам выполнения работ лабораторного практикума;
- подготовка к сдаче итогового экзамена.

6.3. Содержание промежуточной и итоговой аттестации

Контроль	Содержание	Форма
Входной	1. Проверка знаний основ математического моделирования. 2. Проверка умений работы на ПК. 3. Проверка навыков программирования. 4. Проверка умений применять базовые компьютерные вычислительные средства.	1. Собеседование. 2. Индивидуальное тестирование (в том числе в компьютерном классе).
Текущий	1. Составление опорных конспектов (ОК) по разделам программы. 2. Знание основных понятий и законов. 3. Освоение методики разработки компьютерных математических моделей объектов. 4. Освоение методики разработки алгоритмов вычислений и составления компьютерных программ в специализированных программных средствах. 5. Освоение методики проведения вычислительного эксперимента и способов графического представления результатов.	1. Проведение допусков по лабораторным работам. 2. Индивидуальное консультирование. 3. Проверка ОК. 4. Выборочный опрос. 5. Отчет по результатам выполнения индивидуальных исследовательских проектов.
Семестровый	1. Знание структуры, целей и задач курса. 2. Умение использовать основные понятия, подходы, приемы и методики, изложенные в теоретической части курса, при постановке вычислительных задач. 3. Умение провести полный цикл вычислительного эксперимента для задач, относящихся к пройденному материалу.	1. Представление ОК по рассмотренным разделам. 2. Отчет по выполненным лабораторным работам. 3. По окончании курса – ЗАЧЕТ с оценкой.
Итоговый	Итоговый контроль проводится в рамках ЭКЗАМЕНА, который состоит из двух частей: 1. Проверка практических умений и навыков в постановке и реализации ин-	

	дидеувальных исследовательских проектов при обсуждении результатов одной из выполненных лабораторных работ. 2. Проверка знаний из области теории и методологии компьютерного математического эксперимента – два контрольных вопроса в экзаменационном билете и опрос основных понятий. Допуском к экзамену является полный отчет по лабораторному практикуму.
--	--

Вопросы самоконтроля

(Примерный перечень вопросов к дифференцированному зачету)

1. Методологическая триада современной науки.
2. Структура и основные характеристики экспериментального метода проведения исследования.
3. Структура и основные характеристики теоретического метода проведения исследования.
4. Предмет и метод компьютерного моделирования. Вычислительная модель объекта изучения.
5. Технология (основные этапы) проведения исследования в вычислительном эксперименте.
6. Математическая модель объекта. Характеристики математических моделей.
7. Методы исследования математических моделей.
8. Примерная классификация математических моделей.
9. Понятие об иерархии моделей. Масштабирование.
10. Особенности представления непрерывной функции – дискретной.
11. Аппроксимация, сходимость и устойчивость вычислительных разностных схем.
12. Алгоритм решения вычислительной задачи.
13. Планирование проведения вычислительного эксперимента.
14. Компьютерное графическое представление результатов исследования.
15. Параметры оценки адекватности модели.
16. Модель Мальтуса, ее особенности.
17. Логистическое уравнение, характеристика основных параметров.
18. Модель Ферхюльста. Коэффициенты лимитирования и емкости среды.
19. Модели динамики роста популяции с внешним фактором.
20. Модели с запаздыванием. Модель Хатчинсона.
21. Моделирование сообщества «хищник – жертва». Модель Лотки – Вольтерра.
22. Жесткая модель взаимодействия двух популяций.
23. Мягкая модель с внутривидовой конкуренцией.
24. Устойчивость в моделях «хищник – жертва». Фазовые траектории. Аттракторы.
25. Методы построения моделей взаимодействия нескольких популяций.
26. Модель взаимодействия нескольких популяций, борющихся за общую пищу.
27. Модели других типов биологического взаимодействия в сообществах.
28. Устойчивость в вольтерровских моделях сообщества.
29. Управление вольтерровской биологической системой.
30. Понятие о бифуркациях в экологических моделях.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБСПЕЧЕНИЕ

Основная литература:

1. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: Учебное пособие. - М.: Лань, 2017. – 192 с. [Электронный ресурс]:
Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/4862/>. ЭБС Лань.
2. Мешечкин В.В., Косенкова М.В. Имитационное моделирование: Учебное пособие. - Кемерово: КемГУ, 2016. – 116 с. [Электронный ресурс]:

Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/44371>. ЭБС Лань.

3. Набатов В.В. Методы научных исследований: введение в научный метод [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Набатов. М.: МИСИС, 2016. – 84 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93679>

4. Тупик Н.В. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.В. Тупик. Саратов: Вузовское образование, 2013. – 230 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13016.html>

Дополнительная литература:

5. Компьютерные методы математических исследований [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам «Численные методы» и «Компьютерное моделирование». Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. – 30 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55102.html>

6. Романов М.Ф., Федоров М.П. Математические модели в экологии. Учебное пособие для вузов. СПб.: «Иван Федоров», 2003. – 240 с.

7. Юдович В.И. Математические модели естественных наук: Учебное пособие. – М.: Лань, 2015. – 336 с. [Электронный ресурс]:

Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/689/>. ЭБС Лань.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://fizzzika.narod.ru>

<http://www.school.mipt.ru>

Сетевые интернет-ресурсы

1. Информационный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://window.edu.m/>

2. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rsl.ru>.

3. Российское образование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://edu.ru>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория – 209А.

2. Специализированный компьютерный класс – 407А.

3. Мультимедиапроектор.

4. Кодогаммы, учебные фильмы и таблицы, презентации к занятиям.