

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Кафедра математического моделирования

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

20 июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Теория размерности и хаотическая динамика

Направление подготовки (специальности)
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)
«Прикладное программирование и информационные технологии»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 11 апреля 2023 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК
математического факультета
протокол № 9 от 3 мая 2023 г.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Теория размерности и хаотическая динамика» обеспечивает приобретение знаний и умений в соответствии с государственным образовательным стандартом, содействует формированию мировоззрения математика-прикладника и обеспечивает приобретение специальных знаний.

Целью преподавания дисциплины является ознакомление слушателей с основными понятиями, результатами и методами теории размерности и хаотической динамики, а также их иллюстрация на актуальных примерах.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина является дисциплиной по выбору и относится к вариативной части Блока 1. Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины «Теория размерности и хаотическая динамика», используются студентами в процессе изучения специальных дисциплин, а также в ходе выполнения курсовых и выпускных квалификационных работ.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция (код и формулировка) | Индикатор достижения компетенции (код и формулировка) | Перечень планируемых результатов обучения |
|---|---|---|
| Профессиональные компетенции | | |
| ПК-2 Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат | ИД-ПК-2.1 Обладает устойчивыми знаниями в области основных математических дисциплин, их аппарата и результатов | Знать: основные понятия теории размерностей и хаоса Уметь: пользоваться методами теории размерностей |
| | ИД-ПК-2.2 Обладает способностью применять современный математический аппарат в решении различных задач | Уметь: применять методы хаотической динамики в прикладных задачах. Владеть: методами решения задач |
| | ИД-ПК-2.2 Способен совершенствовать свои навыки, связанные с применением современного математического аппарата | Знать: основные понятия и сферы приложений теории размерностей Владеть: методами решения задач с хаотической динамикой |

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **3** зачёт. ед., **108** акад. час.

| № п/п | Темы (разделы) дисциплины, их содержание | Семестр | Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах) | | | | | | Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии) |
|----------|--|---------|---|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| | | | Контактная работа | | | | | | |
| | | | лекции | практические | лабораторные | консультации | аттестационные испытания | самостоятельная работа | |
| 1 | Фракталы: определение и простые примеры. Емкость и фрактальная размерность. Размерность Хаусдорфа Информационная и корреляционная размерность. Спектр обобщенных размерностей Реньи. | 8 | 2 | 4 | | 1 | | 6 | |
| 2 | Хаотическое поведение решений простейших унимодальных отображений. Символическая динамика и сдвиг Бернулли. Логистическое отображение и его свойства. | 8 | 2 | 4 | | 1 | | 6 | |
| 3 | Отображение пекаря, отображение Арнольда. Подкова Смейла. | 8 | 2 | 4 | | 1 | | 7 | |
| 4 | Динамика системы Лоренца. Сечение и отображение Пуанкаре. Особенности численного построения сечений и отображения. | 8 | 2 | 4 | | 1 | | 7 | |
| 5 | Геометрические характеристики аттракторов динамических систем. Корреляционный интеграл, корреляционная размерность. | 8 | 2 | 4 | | 1 | | 7 | |
| 6 | Статистические методы числовой обработки данных (корреляционная и ковариационная функции). Спектральная функция. Алгоритм Кули-Тьюки БПФ. | 8 | 2 | 4 | | | | 7 | |
| 7 | Понятие ляпуновской размерности, алгоритм ее оценки. Оценка старшего ляпуновского показателя. Время вычислений и точность результатов. | 8 | 2 | 4 | | | | 7 | |
| 8 | Сценарии перехода к хаосу. | 8 | 2 | 4 | | 1 | | 7 | |
| | | | | | | 2 | 0.5 | 33.5 | Экзамен |
| | Всего | | 16 | 32 | | 8 | 0.5 | 87.5 | |

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вводная лекция – даёт первое целостное представление о дисциплине (или её разделе) и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвящённое освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний по предложенному алгоритму.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются:
- программное обеспечение для создания и демонстрации презентаций, иллюстраций и других учебных материалов:

- Microsoft Windows (в составе Microsoft Imagine Premium Electronic Software Delivery).
 - Microsoft OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232 Microsoft Open License №0005279522.
 - MikTeX (свободно распространяемое ПО).
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniylar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. М.: Постмаркет. 2000.

2. Кузнецов С.П. Динамический хаос (курс лекций). - М.: изд. Физматлит, 2001.
3. Глызин С.Д., Колесов А.Ю. Локальные методы анализа динамических систем: учебное пособие. Ярослав. гос. ун-т. -- Ярославль: ЯрГУ, 2006. 92 с.

б) дополнительная литература

1. Бурд В.Ш. Введение в динамику одномерных отображений. Ярославль: ЯрГУ, 2006.
2. Глызин С.Д. Численные методы анализа динамических систем. Ярославль: ЯрГУ, 2002.
3. Гукенхеймер Дж., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. М.: Ин-т комп. исследований; Ижевск: Б.и., 2002.
4. Каток А.Б., Хасселблат Б. Введение в теорию динамических систем: с обзором последних достижений. М.: Изд-во МЦНМО, 2005.
5. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы, нелинейной динамики. - М.: УРСС, 2002.
6. Шустер Г. Детерминированный хаос. Введение. М.: Мир, 1988.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор(ы) :

профессор кафедры математического моделирования, д.ф.-м.н. Глызин С.Д.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Теория размерности и хаотическая динамика»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

- 1) Хаотическое поведение решений простейших унимодальных отображений.
- 2) Фейгенбаумовский сценарий возникновения хаоса (на примере логистического отображения).
- 3) Функция плотности распределения аттрактора динамической системы. Уравнение Фробениуса-Перрона. Неподвижные точки оператора Фробениуса-Перрона.
- 4) Хаос в простейших отображениях, сохраняющих площадь. Отображение пекаря, отображение Арнольда.
- 5) Подкова Смейла.
- 6) Динамика системы Лоренца.
- 7) Сечение и отображение Пуанкаре. Особенности численного построения сечений и отображения.
- 8) Геометрические характеристики аттракторов динамических систем. Фракталы. Емкостная размерность.
- 9) Понятие ляпуновской размерности для динамических систем с непрерывным и дискретным временем.
- 10) Алгоритм оценки ляпуновской размерности. Оценка старшего ляпуновского показателя. Время вычислений и точность результатов.
- 11) Корреляционный интеграл, корреляционная размерность.
- 12) Статистические методы числовой обработки данных (корреляционная и ковариационная функции)
- 13) Спектральная функция. Алгоритм Кули-Тьюки быстрого преобразования Фурье.
- 14) Сценарии перехода к хаосу.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Теория размерности и хаотическая динамика»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Форма изложения материала – лекции и практические занятия. Для лучшего понимания теории необходимо решение задач, в том числе самостоятельное для закрепления полученных навыков.

Рекомендуется проведение в течение семестра контрольной работы для понимания степени усвоения дисциплины студентами. По ее итогам проводится разбор наиболее типичных ошибок и при необходимости повторение наиболее трудного материала. Также возможно поощрение отличившихся студентов некоторыми послаблениями на экзамене на усмотрение преподавателя.