

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА

Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Направленность подготовки «Прикладная математика и информатика»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

**Кострома
2024**

Рабочая программа дисциплины «Элементы нелинейной динамики» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень подготовки бакалавриат), утвержденным приказом № 9 от 10.01.2018 г.

Разработал: Секованов Валерий Сергеевич, д.п.н, к.ф.-м.н., профессор КГУ

Рецензент: Козырев Сергей Борисович, доцент КГУ

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий:

Протокол заседания кафедры №6 от 14.05.2024 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий

Ивков Владимир Анатольевич, к.э.н., доцент КГУ

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: познакомить бакалавров с широким классом математических моделей – нелинейными динамическими системами.

Задачи дисциплины:

- изучить основы нелинейных дискретных динамических систем;
- изучить основы нелинейных непрерывных динамических систем;
- привести примеры нелинейных математических моделей;
- выработать практические навыки использования методов нелинейной динамики при создании математических моделей.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

освоить компетенцию:

ОПК-3: (способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности).

Код и содержание индикаторов компетенции

ОПК-3.1. Знать: технологии разработки и анализа математических моделей в профессиональной деятельности

ОПК-3.2. Уметь: разрабатывать математические модели и проводить их анализ

ОПК-3.3. Иметь навыки: построения математических моделей в области профессиональной деятельности.

ОПК-3.4. Использует математические модели для построения компьютерных изображений.

Знать:

- основные понятия нелинейной динамики – бифуркация, хаос, фрактал, катастрофа;
- нелинейные математические модели;
- что такое аттрактор, бассейн притяжения, циклическая точка;
- что такое аттрактор Лоренца, множества Жюлиа.

Уметь:

- строить нелинейные математические модели с помощью фрактального анализа компьютерных технологий;
- строить фазовые портреты, графики итераций функций и диаграмм Ламерея, множества Жюлиа и Мандельброта;
- решать нелинейные уравнения и вычислять знаменитые константы с помощью метода итераций;
- создавать нелинейные математические модели различных объектов и явлений.

Владеть:

- методами фрактального анализа;
- методами теории катастроф;
- методом итераций.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Нелинейная динамика» относится к базовой части учебного плана, изучается в 6 семестре обучения.

Для изучения дисциплины «Нелинейная динамика» необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Комплексный анализ», «Структурное программирование», «Дифференциальные уравнения», «Математические основы компьютерной графики».

Изучение дисциплины «Нелинейная динамика» является основой для освоения дисциплин: «Методы моделирования фрактальных множеств», «Нейросетевое моделирование», «Моделирование искусственного интеллекта».

Дисциплина «Нелинейная динамика» интегрирует с дисциплинами «Основы синергетики»

и «Методы моделирования фрактальных множеств».

Компетенция ОПК-3 дополнительно формируется дисциплинами: «Методы вычислительной математики», «Методы оптимизации», «Математические основы компьютерной графики», «Основы синергетики», «Методы моделирования фрактальных множеств» и учебной практикой.

4. Объем дисциплины «Элементы нелинейной динамики»

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	3
Общая трудоемкость в часах	108
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	46
Лекции	16
Практические занятия	–
Лабораторные занятия	30
Самостоятельная работа в часах	62
Форма промежуточной аттестации	зачет

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	–
Лабораторные занятия	30
Консультации	–
Зачет/зачеты	–
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	
Курсовые проекты	
Всего	46

5. Содержание дисциплины «Элементы нелинейной динамики», структурированное по темам, с указанием количества часов и видов занятий

5.1. Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование темы	Всего з.е./ч	Аудиторные занятия			Сам. работа
			Лекции	Лабор.	Практ.	
1	Линейные динамические системы	0.27/10	2	2	–	6
2	Нелинейные динамические системы	0.39/14	2	4	–	8
3	Дискретные и непрерывные нелинейные динамические системы	0.39/14	2	4	–	8
4	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики объектов и процессов, происходящих в природе	0.39/14	2	4	–	8

5	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в демографии	0.39/14	2	4	–	8
6	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в экономике	0.39/14	2	4	–	8
7	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в физике	0.39/14	2	4	–	8
8	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в биологии	0.39/14	2	4	–	8
	ИТОГО:	3/108	16	30		62

5.2. Содержание:

Тема 1. Линейные динамические системы. Знакомство с линейной динамической системой. Примеры.

Тема 2. Нелинейные динамические системы. Понятие нелинейной динамической системы. Примеры нелинейных динамических систем. Бифуркация, цикл, аттрактор.

Тема 3. Дискретные и непрерывные нелинейные динамические системы. Понятие дискретной нелинейной динамической системы. Примеры нелинейных дискретных динамических систем. Понятие непрерывной нелинейной динамической системы. Примеры нелинейных непрерывных динамических систем.

Тема 4. Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики объектов и процессов, происходящих в природе. Примеры математических моделей объектов и процессов в природе, созданных с помощью нелинейных динамических систем.

Тема 5. Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в демографии. Модель Мальтуса и ее усовершенствование.

Тема 6. Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в экономике. Модель роста капитала.

Тема 7. Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в физике. Модель Эдварда Лоренца, Фазовые переходы.

Тема 8. Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в биологии. Модели роста популяций с помощью нелинейных дискретной и непрерывной динамических систем. Сравнение данных моделей.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины «Нелинейная динамика»

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

№	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Формы контроля

1	Понятие дискретной и математической модели	Изучение теоретического материала. Принципы дидактики	4	Используйте литературу [1], [4]	Устный опрос
2	Периодические точки, циклы, орбиты, аттракторы	Изучение литературы, составление компьютерных программ. Методы дидактики	5	Используйте литературу [2], [5]	Реферат
3	Примеры дискретных и математических моделей в биологии	Изучение литературы, составление компьютерных программ, решение задач. Формы обучения.	5	Используйте литературу [2], [5]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий, контрольная работа
4	Примеры дискретных и математических моделей в экономике	Изучение литературы, составление компьютерных программ. Типы лекций.	5	Используйте литературу [2], [5]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий
5	Вычисление константы Фейгенбаума	Изучение литературы, разработка индивидуального проекта. Что такое тетрадная форма обучения.	5	Используйте литературу [3], [4]	Индивидуальное собеседование, тестирование экспертной системы
6	Понятие хаоса и примеры хаотических отображений	Изучение литературы, составление компьютерных программ. Характеристика проблемной лекции.	4	Используйте литературу [3], [6]	Коллоквиум
7	Комплексные дискретные и математические модели	Анализ сайтов. Характеристика дистанционного обучения	5	Используйте литературу [4], [7]	реферат
8	Множества Жюлиа и множество Мандельброта	Разработка алгоритмов построения множеств Жюлиа и множества Мандельброта.	5	Используйте литературу [1], [4]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий, контрольная работа

6.2. Тематика и задания для практических занятий

Не предусмотрено.

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

1. Построение итераций нелинейных отображений в Маткаде.
2. Построение итераций нелинейных отображений в среде программирования.
3. Построение аттрактора тентообразной функции.
4. Понятие хаоса. Примеры хаотических отображений.
5. Существенная зависимость от начальных условий, как компонента хаоса.
6. Транзитивность, как компонента хаоса.
7. Всюду плотность периодических точек как компонента хаоса.
8. Построение двоичного преобразования пекаря.
9. Построение множеств Жюлиа.
10. Определение структуры неподвижных точек комплексного полинома $f(z) = z^2 + c$.
11. Определение структуры неподвижных точек комплексного полинома $f(z) = z^3 + c$.

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Элементы нелинейной динамики»

а) основная:

1. Секованов В. С. Элементы теории фрактальных множеств: учебное пособие. 5-е издание. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 248 с.
2. Секованов В. С. Что такое фрактальная геометрия? – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 272 с. (Синергетика: от прошлого к будущему. №75; науку ВСЕМ! Шедевры научно-популярной литературы (физика). №114.).
3. Секованов В. С. Элементы теории дискретных динамических систем: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 180 с.
4. Бабенко А. С. Секованов В. С. Введение в нелинейную динамику: учебно-методич. пособие. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2010. – 60 с.
5. Бабенко А. С. Непрерывные математические модели: учебно-методич. пособие. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2013. – 52 с.

б) дополнительная:

6. Секованов В.С. Фрактальная геометрия. Преподавание, задачи, алгоритмы, синергетика, эстетика, приложения: Учебное пособие. – СПб:Издательство «Лань», 2019 г. –180 с.
7. Секованов В.С. Формирование креативной личности студента вуза при обучении математике на основе новых информационных технологий. Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова 2004. – 231с.
8. Секованов В.С. Методическая система формирования креативности студента университета в процессе обучения фрактальной геометрии. – Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2006. – 279 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Информационно-образовательные ресурсы:

1. Библиотека ГОСТов. Все ГОСТы, [Электронный ресурс], URL:<http://vsegost.com/>

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС Университетская библиотека онлайн - <http://biblioclub.ru>
2. ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com>
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа.

Лабораторные работы проводятся в компьютерных классах.

Лицензионное программное обеспечение:

Windows 8 Pro лицензия 01802000875623 постоянная 1-шт.; LibreOffice 5.0, лицензия GNU LGPL; Microsoft Visual Studio 2013, лицензия; PascalABC.NET, лицензия GNU LGPL;

Свободно распространяемое программное обеспечение:

- среды программирования C#, Turbo Pascal-8,
- математический пакет Mathcad -14,
- офисный пакет.