

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Элементы нелинейной динамики

Направление подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Направленность подготовки «Прикладная математика и информатика»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

**Кострома
2019**

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), утверждённым приказом № 9 от 10.01.2019 г.

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

Рецензент:  _____ Благовещенский Владимир Валерьевич, д. ф.-м. н, профессор КГУ

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры прикладной математики и информационных технологий, протокол №12
22 мая 2019 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий

 _____ Секованов Валерий Сергеевич, профессор, д.п.н., к.ф.-м.н.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Исторически сложилось, что в нашей стране изучение нелинейной динамики пока не достигли такого масштаба, какой используется в западноевропейских странах. Прежде всего, мы имеем в виду применение нелинейной динамики при создании математических моделей. Однако, как показывают специальные исследования, интерес к нелинейной динамике в РФ в последние годы быстро растет.

Изучение дисциплины «Элементы нелинейной динамика» (Обязательная часть. Блок 1) важно для бакалавров направления подготовки «Прикладная математика и информатика», поскольку имеет многочисленные приложения в различных областях знаний, что положительно влияет на развитие общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций бакалавров.

При изучении дисциплины «Элементы нелинейной динамики» формируется общепрофессиональная компетенция (ОПК-3): **Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.**

Индикаторы ОПК 3:

ОПК-3.1. Применяет вычислительные и оптимизационные математические модели при решении задач в области профессиональной деятельности.

ОПК-3.2. Применяет вероятностные и статистические математические модели при решении задач в области профессиональной деятельности.

ОПК-3.3. Исследует динамические математические модели, анализирует результаты исследований, формулирует выводы о поведении динамической системы.

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

Бакалавры углубленно изучают непрерывные и дискретные динамические системы, реализуют новые математические методы и знакомятся с идеями синергетики – нового бурно развивающегося научного направления.

При изучении выше указанной дисциплины бакалавры знакомятся с одним из универсальных методов решения различных задач (исследование аттракторов нелинейных отображений, исследование фракталов и хаоса в динамических системах, создание математических моделей и др.), что положительно влияет на развитие их общекультурных компетенций. Парадигма изучения дисциплины «Нелинейная динамика» возникла в связи с потребностью решения различных задач производственно-технологической деятельности. Она основана на идее создания математической модели объекта природы, процесса деятельности с использованием ИКТ. Это позволит будущему специалисту в области прикладной математики и информатики сконцентрироваться на изучении и использовании математических методов и ИКТ, которые при исследовании играют равноправную роль (аттрактор преобразования Эно, аттрактор Лоренца, компьютерный эксперимент, компьютерная модель и др.).

Цель изучения дисциплины: «Элементы нелинейной динамики» – познакомить бакалавров с нелинейными динамическими системами

Задачи изучения дисциплины: «Элементы нелинейной динамики»:

- 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.

Данный курс носит прикладной характер. В связи с этим для его успешного освоения магистру необходимо владеть одним из языков программирования высокого уровня и уметь работать с математическим пакетом. Выбор языка, системы программирования и матпакета определяется преподавателем.

Дисциплина «Элементы Нелинейной динамики» (Обязательная часть. Блок 1) знакомит с методами современной математики. В отношении технологического содержания она дополняет дисциплины «Методы вычислительной математики», «Основы синергетики», «Методы моделирования фрактальных множеств», «Методы оптимизации», «Математические основы компьютерной графики

В отношении класса решаемых задач она находится в одном ряду с дисциплинами «Основы синергетики», «Методы моделирования фрактальных множеств».

Бакалавры, завершившие изучение дисциплины «Элементы нелинейной динамики» должны 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.

Бакалавры, завершившие изучение дисциплины «Элементы нелинейной динамики» должны 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.

Бакалавры, завершившие изучение дисциплины «Элементы нелинейной динамики» должны владеть:

- фрактальным анализом;
- методом итераций;
- методами теории катастроф.

Бакалавры, завершившие изучение дисциплины «Элементы нелинейной динамики» должны освоить индикаторы компетенции ОПК-3: ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4 с помощью которых формируется компетенция ОПК-3: Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Нелинейная динамика»

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

сформировать индикаторы ОПК-3:

ОПК-3.1. Применяет вычислительные и оптимизационные математические модели при решении задач в области профессиональной деятельности.

ОПК-3.2. Применяет вероятностные и статистические математические модели при решении задач в области профессиональной деятельности.

ОПК-3.3. Исследует динамические математические модели, анализирует результаты исследований, формулирует выводы о поведении динамической системы.

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

На базе ОПК-3.1 – ОПК-3.4 обучающийся должен освоить компетенцию ОПК-3: **Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности**

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Элементы нелинейной динамики» изучается в блоке (Обязательная часть. Блок 1) в шестом семестре. Для изучения дисциплины «Элементы нелинейной динамики» необходимы знания, умения и навыки, изучаемыми дисциплинами «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Комплексный анализ», «Прикладное программирование», «Дифференциальные уравнения», «Математические основы компьютерной графики».

Изучение дисциплины «Элементы нелинейной динамики» является основой для освоения дисциплин: «Методы моделирования фрактальных множеств», «Основы синергетики», «Нейросетевое моделирование», «Методы моделирования физических полей».

Дисциплина «Элементы нелинейной динамики» интегрирует с дисциплинами «Основы синергетики», «Методы моделирования фрактальных множеств», «Математический анализ», «Комплексный анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Физика», «Методы вычислительной математики». Данная интеграция включает в себя логическую и содержательную взаимосвязь, поскольку при ее изучении используются как математические методы, так и ИКТ.

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

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:	34
Лекции	16
Практические занятия	–
Лабораторные занятия	18
Самостоятельная работа в часах	74
Форма промежуточной аттестации	зачет

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	–
Лабораторные занятий	18
Консультации	–
Зачет/зачеты	0,25
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	
Курсовые проекты	
Всего	34,25

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

5.1. Тематический план дисциплины «Элементы нелинейной динамики»

№ п/п	Наименование темы	Всего з.е./ч	Аудиторные занятия			Сам. работа	
			Всего	Лекции	Лабор.		Практ.
1	Линейные динамические системы	0.3/12	4	2	2	–	8
2	Нелинейные динамические системы	0.39/14	4	2	2	–	10

3	Дискретные и непрерывные нелинейные динамические системы	0.39/14	4	2	2	–	10
4	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики объектов и процессов, происходящих в природе	0.39/14	4	2	2	–	10
5	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в демографии	0.39/14	6	2	4	–	8
6	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в экономике	0.3/12	4	2	2	–	8
7	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в физике	0.39/14	4	2	2	–	10
8	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в биологии	0.39/14	4	2	2	–	10
	ИТОГО:	108	24	16	18		74

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

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине «Элементы нелинейной динамики»

№	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Формы контроля
1	Понятие дискретной и математической модели	Изучение теоретического материала. Принципы дидактики	8	Используйте литературу [1], [4]	Устный опрос
2	Периодические точки, циклы, орбиты, аттракторы	Изучение литературы, составление компьютерных программ. Методы дидактики	10	Используйте литературу [2], [5]	Реферат
3	Примеры дискретных и математических моделей в биологии	Изучение литературы, составление компьютерных программ, решение задач. Формы обучения.	10	Используйте литературу [2], [5]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних

					заданий, контроль ная работа
4	Примеры дискретных и математических моделей в экономике	Изучение литературы, составление компьютерных программ. Типы лекций.	10	Используйте литературу [2], [5]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий
5	Вычисление константы Фейгенбаума	Изучение литературы, разработка индивидуального проекта. Что такое тетрадная форма обучения.	8	Используйте литературу [3], [4]	Индивидуальное собеседование, тестирование экспертной системы
6	Понятие хаоса и примеры хаотических отображений	Изучение литературы, составление компьютерных программ. Характеристика проблемной лекции.	8	Используйте литературу [3], [6]	Коллоквиум
7	Комплексные дискретные и математические модели	Анализ сайтов. Характеристика дистанционного обучения	10	Используйте литературу [4], [7]	реферат
8	Множества Жюлиа и множество Мандельброта	Разработка алгоритмов построения множеств Жюлиа и множества Мандельброта.	8	Используйте литературу [1], [4]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий, контрольная работа

6.2. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ

Тематика курсовых работ

1. Построение множеств Жюлиа полиномов Чебышева.
2. Вычисление константы Фейгенбаума некоторых рациональных функций.
3. Приложения теории катастроф в физике.
4. Преобразование пекаря.
5. Преобразование ЭНО.

6.3. Вопросы к зачету:

1. Приведите примеры нелинейных отображений.
2. Построение итераций нелинейных отображений в Маткаде (сам раб.).
3. Построение итераций нелинейных отображений с помощью программирования (сам раб.).
4. Построение аттрактора тентообразной функции (сам. Раб.).
5. Понятие хаоса. Примеры хаотических отображений.
6. Существенная зависимость от начальных условий, как компонента хаоса.
7. Транзитивность, как компонента хаоса.
8. Всюду плотность периодических точек как компонента хаоса.
9. Двоичное преобразование пекаря.
10. Множества Жюлиа и их построение .
11. Структура неподвижных точек комплексного полинома $f(z) = z^2 + c$.
12. Структура неподвижных точек комплексного полинома $f(z) = z^3 + c$

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

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

Аудитория 228Е для лекционных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудование: посадочные места 16, рабочее место преподавателя. Имеется мультимедиа – компьютер (переносной) с проектором. Установлено 16 компьютеров.

Аудитория 227Е для лекционных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оборудование: посадочные места 15, рабочее место преподавателя. Имеется мультимедиа – компьютер (переносной) с проектором. Установлено 15 компьютеров.

Лицензионное программное обеспечение:

Windows 8 Pro лицензия 01802000875623 постоянная 1-шт.; LibreOffice 5.0, лицензия GNU LGPL; Microsoft Visual Studio 2013, лицензия; PTC MathCad Prime 1.0, лицензия; Java SE 1.8, лицензия GNU LGPL; Pascal ABC.NET, лицензия GNU LGPL;

Свободно распространяемое программное обеспечение:

Языки программирования С#, Turbo Pascal -8, математический пакет Mathad - 14, офисный пакет.