

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Костромской государственной университет»

(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейная динамика

Направление подготовки – **01.04.02 «Прикладная математика и информатика»**

Направленность «**Математическое моделирование и программирование**»

Квалификация (степень) выпускника: магистр

**Кострома
2024**

Рабочая программа дисциплины Нелинейная динамика по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, направленность Математическое моделирование и программирование разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, приказ №13 от 10 января 2018 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 заседания кафедры №12 от 22 мая 2019 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий

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

ПРОГРАММА ПЕРЕУТВЕРЖДЕНА:

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 В.А._____ _к.э.н., доцент_(ФИО), ученая степень, ученое звание

подпись

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 «Нелинейная динамика» (Блок 1, 0.13, Обязательная часть) важно для магистров направления подготовки «Прикладная математика и информатика», поскольку имеет многочисленные приложения в различных областях знаний, что положительно влияет на развитие общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций магистров.

При изучении дисциплины «Элементы нелинейной динамики» формируется общепрофессиональная компетенция (ОПК-2): **Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач** и индикаторы компетенции ОПК-2:

ОПК-2.1.

Знать: новые математические методы решения прикладных задач,

ОПК-2.2.

Уметь: решать профессиональные задачи, используя новые математические методы решения прикладных задач,

ОПК-2.3.

Иметь навыки: применения новых математических методов в области профессиональной деятельности.

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

При изучении выше указанной дисциплины магистры 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: «Нелинейная динамика» – развить у магистров способность совершенствовать и реализовывать математические методы в области прикладной математики и информатики.

- изучить основы нелинейной динамики;
- установить связь между нелинейными дискретными и непрерывными динамическими системами;
- привести примеры нелинейных математических моделей;
- выработать практические навыки использования методов нелинейной динамики при создании математических моделей с помощью ИКТ.

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 «Нелинейная динамика» (Блок 1, 0.13, Обязательная часть) знакомит с методами современной математики. В отношении технологического содержания она дополняет дисциплины «Теория устойчивости», «Современные проблемы прикладной математики и информатики». В отношении класса решаемых задач она находится в одном ряду с дисциплинами «Теория игр и исследование операций», «Квазилинейное и фрактальное моделирование».

Магистры, завершившие изучение дисциплины «Нелинейная динамика» должны знать:

- применения нелинейной динамики в различных областях и дисциплинах;
- типы задач, которые решаются нелинейной динамикой;
- что такое аттрактор, бассейн притяжения, циклическая точка;
- что такое дискретная и непрерывная математическая модель, хаос, фрактал;
- элементы компьютерной графики.

Магистры, завершившие изучение дисциплины «Нелинейная динамика» должны уметь:

- решать вычислительные задачи с помощью математических методов и компьютерных экспериментов;
- итерировать функции вещественной и комплексной переменных, решать дифференциальные уравнения для построения математических моделей;
- строить фазовые портреты, графики итераций функций и диаграммы Ламерея с помощью ИКТ;
- решать уравнения с помощью метода итераций;
- используя новые математические методы создавать математические модели различных объектов и явлений.

Магистры, завершившие изучение дисциплины «Нелинейная динамика» должны владеть:

- математическими методами нелинейной динамики, включая методы динамических систем, синергетики и др.;
- компьютерными технологиями, включая программирование и компьютерную математику;
- методами фрактального анализа.

Магистры, завершившие изучение дисциплины «Нелинейная динамика» должны освоить индикаторы компетенции ОПК-2: ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, с помощью которых формируется компетенция ОПК-2: Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач.

Индикаторы компетенции ОПК-2:

ОПК-2.1.

Знать: новые математические методы решения прикладных задач,

ОПК-2.2.

Уметь: решать профессиональные задачи, используя новые математические методы решения прикладных задач,

ОПК-2.3.

Иметь навыки: применения новых математических методов в области профессиональной деятельности.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

«Нелинейная динамика»

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

сформировать индикаторы ОПК-2:

ОПК-2.1.

Знать: новые математические методы решения прикладных задач,

ОПК-2.2.

Уметь: решать профессиональные задачи, используя новые математические методы решения прикладных задач,

ОПК-2.3.

Иметь навыки: применения новых математических методов в области профессиональной деятельности.

На базе ОПК-2.1 – ОПК-2.3 обучающийся должен освоить компетенцию ОПК-2: **Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач**

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина по «Дискретные математические модели» изучается в блоке 1 1, 0.13, обязательная часть во втором семестре. Для изучения дисциплины «Нелинейная динамика» необходимы знания, умения и навыки, формируемые изучаемыми магистрами, в первом семестре дисциплинами, «Теория устойчивости», «Современные проблемы прикладной математики информатики», «Дискретные математические модели».

Изучение дисциплины «Нелинейная динамика» является основой для освоения последующих дисциплин: «Непрерывные математические модели», «Квазилинейное и фрактальное моделирование», практики «Научно-исследовательская работа».

Дисциплина «Нелинейная динамика» интегрирует с дисциплинами «Распределенные вычисления на кластере», «Разработка баз данных», «Теория устойчивости», «Непрерывные математические модели». Данная интеграция включает в себя логическую и содержательную взаимосвязь, поскольку при ее изучении используются как математические методы, так и ИКТ.

Компетенция ОПК-2 дополнительно формируется дисциплиной «Квазилинейное и фрактальное моделирование», практикой «Научно-исследовательская работа», защитой выпускной квалификационной работой, сдачей государственного экзамена.

4. Объем дисциплины

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

Виды учебной работы,	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4		
Общая трудоемкость в часах	144		
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	54		
Лекции	24		
Практические занятия	24		
Лабораторные занятия	6		
Самостоятельная работа в часах	54		
Форма промежуточной аттестации	экзамен (36)		

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма	Очно-заочная	Заочная
Лекции	24		
Практические занятия	24		
Лабораторные занятия	6		
Консультации	2		
Зачет/зачеты			
Экзамен/экзамены			
Курсовые работы			
Курсовые проекты			

Всего	56		
-------	----	--	--

5. Содержание дисциплины «Нелинейная динамика», структурированное по темам, с указанием количества часов и видов занятий

5.1. Тематический план дисциплины «Нелинейная динамика»

№ п/п	Наименование темы	Всего з.е./ч	Аудиторные занятия				Самостоят. работа
			Всего	Лекции	Практ.	Лабор.	
1	Линейные динамические системы	0.39/14	6	4	2	–	8
2	Нелинейные динамические системы	0.5/18	8	2	4	2	10
3	Дискретные и непрерывные нелинейные динамические системы	0.44/16	6	2	4	–	10
4	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики объектов и процессов, происходящих в	0.66/24	6	4	2	–	18

	природе						
5	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в демографии	0.61/2 2	6	3	3	–	16
6	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в экономике	0.38/1 4	6	3	3	–	8
7	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в физике	0.5/18	8	2	4	2	10
8	Создание математических моделей с помощью нелинейной динамики в биологии	0.5/18	8	4	2	2	10
	ИТОГО:	144	54	24	24	6	90

5.2. Содержание:

Тема 1. Линейные динамические системы. Понятие линейной динамической системы. 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, Нули Янга-Ли.

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

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине «Дискретные математические модели»

№	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, контрольная работа
4	Примеры дискретных и	Изучение литературы, составление		Используйте литературу	Индивидуальное

	математических моделей в экономике	компьютерных программ. Типы лекций.	18	[2], [5]	собеседование, проверка домашних заданий
5	Вычисление константы Фейгенбаума	Изучение литературы, разработка индивидуального проекта. Что такое тетрадная форма обучения.	16	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 алгоритма построения множества Мандельброта. Характеристика средств обучения.	8	Используйте литературу [1], [4]	Индивидуальное собеседование, проверка домашних заданий, контрольная работа

6.4. 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.

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. – 231 с.

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; PascalABC.NET, лицензия GNU LGPL;

Свободно распространяемое программное обеспечение:

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