

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 18.09.2023 09:55:37  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Цветков В.П.

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Мультифрактальная динамика и кардиоритмы**

Направление подготовки

**02.04.01 Математика и компьютерные науки**

Направленность (профиль)

**Математическое и компьютерное моделирование**

Для студентов очной формы обучения

**МАГИСТРАТУРА**

Для студентов 2 курса ОФО

Составитель:

д.ф.-м.н., профессор

Цветков В.П.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины является:

1. Выработка способности применять в научно-исследовательской и профессиональной деятельности базовые знания в области фундаментальной и прикладной математики и естественных наук;
2. Формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской работы;
3. Выработка умения понять поставленную задачу, формулировать результат, строго доказать результат;
4. Выработка умения на основе анализа увидеть и корректно сформулировать результат;
5. Выработка способности передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженной в терминах предметной области изучавшегося явления.

Преподавание учебной дисциплины «Мультифрактальная динамика и кардиоритмы» строится на сочетании лекций, практических занятий и различных форм самостоятельной работы студентов. На практических занятиях формируются умения решать задачи математического моделирования сердечных ритмов в модели мультифрактальной динамики, вникать в процесс их решения. Предусмотрены аудиторные самостоятельные работы по основным темам курса, а также домашние задания.

Данные 24 часового холтеровского мониторинга позволяют получить большой массив данных о мгновенном сердечном ритме. Анализ этого массива данных требует разработки принципиально новых математических и компьютерных методов решения данной задачи.

Предполагается, что после освоения изложенных в курсе методов студент сможет перейти к изучению приложений по специализированным источникам. Использование методов мультифрактальной динамики открывает замечательные возможности, как в исследовании бесконечного числа приложений, так и в области чистой прикладной математики.

Задачи курса:

- ознакомление студентов с теорией мультифрактальной динамики;
- рассмотрение основных способов применения фрактального анализа в математическом моделировании

- ознакомление студентов с основными способами получения больших массивов данных о мгновенном сердечном ритме на основе холтеровского мониторинга.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Мультифрактальная динамика и кардиоритмы» входит в Обязательную часть Б1 профессионального учебного плана по программе магистратуры. Дисциплина изучается в течение 3 семестра и заканчивается экзаменом.

Изучение данной дисциплины предшествует освоению дисциплин:  
Фракталы и хаос в динамических системах.

**3. Объем дисциплины 5 зачетных единиц, 180 академических часов, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** 34 часа лекции, 17 часов практическая работа;  
**самостоятельная работа:** 102 часа, 27 часов контроль.

## 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине

<b>Формируемые компетенции</b>	<b>Требования к результатам обучения</b> В результате изучения дисциплины студент должен:
<b>ПК-1</b> Способен создавать и исследовать новые математические модели сложных социально-экономических и природных систем	<b>ПК-1.1</b> Строит новые математические модели сложных социально-экономических и природных динамических систем <b>ПК-1.2</b> Исследует характер поведения основных параметров построенных математических моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем

<p><b>ПК-2</b> Способен создавать комплексы программ для компьютерного моделирования сложных социально-экономических и природных систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства</p>	<p><b>ПК-2.2</b> Создает комплексы программ для вычисления параметров компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем и исследованию их характера поведения на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов</p> <p><b>ПК-2.3</b> Создает комплексы программ для визуализации компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов</p>
---	--

## 5. Форма промежуточного контроля

Итоговой формой отчета является экзамен в третьем семестре.

## 6. Язык преподавания русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Практическая работа	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	
Тема 1. Кардиоритмы и современные методы их диагностики. Холтеровское мониторирование.		3	2	1	10
Тема 2. Построение функций мгновенного сердечного ритма (MCP). Данные по сердечному ритму как Big Data.		3	3	2	10
Тема 3. Анализ взаимосвязей элементов сердечного ритма.		3	2	2	10
Тема 3. Многомерный статистический анализ мгновенного сердечного ритма		4	2	2	10
Тема 4. Математическое моделирование мгновенного сердечного ритма на основе мультифрактальной динамики.		4	2	2	10
Тема 5. Методологические и методические основы применения математических методов в кардиологических исследованиях.		3	2	1	10

Тема 6. Элементарные сведения о фракталах и катастрофах.		3	2	2	10
Тема 7. Катастрофы сердечного ритма в модели мультифрактальной динамики.		3	2	3	10
Тема 8. Классификация динамик сердечного ритма на основе фрактальных показателей в рамках модели мультифрактальной динамики.		4	2	1	12
Тема 9. Фракталы и дискретные динамические системы в прогнозировании катастроф сердечного ритма		3	2	2	8
Тема 10. Статистические методы анализа мгновенного сердечного ритма.		4	2	3	12
<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>102</b>

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
Тема 1. Кардиоритмы и современные методы их диагностики. Холтеровское мониторирование.	Практическая работа	1. <i>Активное слушание</i> 2. <i>Метод case-study</i>
Тема 2. Построение функций мгновенного сердечного ритма (МСР). Данные по сердечному ритму как Big Data.	Практическая работа	1. <i>Информационные (цифровые)</i>
Тема 3. Анализ взаимосвязей элементов сердечного ритма.	Практическая работа	1. <i>Информационные (цифровые)</i>
Тема 3. Многомерный статистический анализ мгновенного сердечного ритма	Практическая работа	1. <i>Активное слушание</i> 2. <i>Метод case-study</i>
Тема 4. Математическое моделирование мгновенного сердечного ритма на основе мультифрактальной динамики.	Практическая работа	1. <i>Информационные (цифровые)</i> 2. <i>Методы группового решения творческих задач (метод Дельфи, метод б–б, метод развивающей кооперации, мозговой штурм (метод генерации идей), нетворкинг и т.д.)</i>
Тема 5. Методологические и методические основы применения математических методов в кардиологических исследованиях.	Практическая работа	1. <i>Активное слушание</i> 2. <i>Метод case-study</i>
Тема 6. Элементарные сведения о фракталах и катастрофах.	Практическая работа	1. <i>Активное слушание</i> 2. <i>Метод case-study</i>
Тема 7. Катастрофы сердечного ритма в модели мультифрактальной динамики.	Практическая работа	1. <i>Активное слушание</i> 2. <i>Метод case-study</i>
Тема 8. Классификация динамик сердечного ритма на основе фрактальных показателей в рамках модели мультифрактальной динамики.	Практическая работа	1. <i>Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)</i>

Тема 9. Фракталы и дискретные динамические системы в прогнозировании катастроф сердечного ритма	Практическая работа	1. <i>Информационные (цифровые)</i>
Тема 10. Статистические методы анализа мгновенного сердечного ритма.	Практическая работа	1. <i>Активное слушание</i> 2. <i>Метод case-study</i>
Тема 1. Кардиоритмы и современные методы их диагностики. Холтеровское мониторирование.	Практическая работа	1. <i>Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)</i>

**Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В качестве традиционных форм обучения дисциплине выступают лабораторные занятия. Также на занятиях практикуется самостоятельная работа студентов, выполнение заданий в малых группах, письменные работы, моделирование дискуссионных ситуаций, работа с раздаточным материалом, привлекаются ресурсы сети INTERNET, ролевые и деловые игры, кейс-анализ, презентация, видеофильмы, видеокурсы, мультимедийные курсы, тестирование как метод контроля. Курс предусматривает выполнение контрольных и самостоятельных работ, письменных домашних заданий. В качестве форм контроля используются различные варианты взаимопроверки и взаимоконтроля.

В процессе освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии, способы и методы формирования компетенций:

- 1) информационно-рецептивные:
  - чтение и конспектирование литературы;
- 2) репродуктивные технологии:
  - анализ и написание текстов,
  - выполнение проблемных и творческих заданий;
- 3) рейтинговая система контроля успеваемости;
- 4) интерактивные технологии:



- тренинг в малых группах,
- дискуссии (пресс-конференция и круглый стол).

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

*ПК-2.2 Создает комплексы программ для вычисления параметров компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем и исследованию их характера поведения на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов*

1. Эллипс задан уравнением  $y^2/a^2 + x^2/b^2 = 1$ . Получите аппроксимацию эллипса квадратичной параболой и параболой четвертой степени в окрестности его верхней точки  $x=0$ . С помощью этой аппроксимации определите координату точки пересечения эллипса с осью абсцисс и сравните полученный результат с точным значением.

2. Свойства некоторой системы определяются функцией  $f(x) = Ax + Bx^2 + C \sin x + Dx \cos x + E \sin x$ , зависящей от пяти параметров. Найдите число существенных параметров, которые необходимы при использовании аппроксимации с помощью членов ряда Тейлора, вплоть до кубических. Что означает свойство “полноты” аппроксимирующей “модельной” функции в применении к обсуждаемой задаче?

3. Консервативный осциллятор характеризуется некоторой потенциальной функцией  $U(x)$ . Сколько членов ряда Тейлора надо учесть в разложении функции  $U(x)$ , чтобы получить существенно двухпараметрическую модель консервативного нелинейного осциллятора? Постройте такую модель.

Используя примеры, обсудите понятие универсальности применительно к модели осциллятора с кубической нелинейностью.

#### **Задание 2.**

*ПК – 2.3 Создает комплексы программ для визуализации компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов.*

*ПК-1.2 Исследует характер поведения основных параметров построенных математических моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем*

1. Космическая станция движется вокруг планеты по круговой орбите. Затем включается двигатель, увеличивающий скачком скорость станции по касательной к первоначальной траектории. Какие из возможных новых траекторий относятся к случаям общего положения, а какие – к вырожденным?

2. Иголку бросают на плоскость, на которой нарисована окружность. Какие возможны случаи общего положения, и какие вырожденные ситуации взаимного расположения иголки и окружности? Обсуждение проведите по возрастающей коразмерности. Обсудите случай другой фигуры, например, квадрата.

3. Укажите случаи общего положения, а также вырожденные ситуации ко- размерности один и два на фазовых диаграммах состояния вещества.

4. Как могут располагаться друг относительно друга плоская кривая и соприкасающаяся окружность (окружность кривизны)? Какие из этих вариантов соответствуют случаям общего положения, а какие представляют собой вырожденные ситуации?

5. Какие возможны ситуации взаимного расположения тора и плоскости? Какие из них соответствуют случаям общего положения, а какие являются вырожденными? В своих рассуждениях используйте метод малых шевелений.

### **Задание 3.**

*ПК-1.1 Строит новые математические модели сложных социально-экономических и природных динамических систем*

*ПК-1.2 Исследует характер поведения основных параметров построенных математических моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем*

*ПК – 2.3 Создает комплексы программ для визуализации компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов.*

1. Возьмите металлическую линейку и сожмите ее так, чтобы она прогнулась в одну сторону. Попробуйте "ликвидировать" этот прогиб, надавливая на выгнувшуюся линейку другой рукой. Пронаблюдайте происшедшую катастрофу.

Изготовьте машину Зимана, рис.25. Она представляет собой диск, который может вращаться вокруг оси  $O$ . Одна резинка закреплена в точка  $A$  и в некоторой точке на диске. На конце второй резинки закреплена указка, которая может перемещаться по плоскости. При фиксированном положении указки система будет находиться в равновесии. При медленном перемещении указки могут происходить «катастрофы»: диск будет резко проворачиваться на некоторый угол. Проведите эксперименты с этой машиной и определите примерное расположение области бистабильности на плоскости  $(x, y)$ , где  $x, y$  - координаты конца указки на плоскости параметров.

### **Задание 5. Выполните тест:**

*ПК-1.1 Строит новые математические модели сложных социально-экономических и природных динамических систем*

*ПК-1.2 Исследует характер поведения основных параметров построенных математических моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем*

*ПК – 2.3 Создает комплексы программ для визуализации компьютерных моделей сложных социально-экономических и природных динамических систем на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов.*

1. Анализировать данные, хранящиеся в Apache Hadoop, с помощью стандартного инструментария SQL-запросов

- Можно
- Нельзя

2. Apache NiFi используется для

- маршрутизации потоков Big Data и построения ETL-конвейеров
- визуализации результатов аналитики
- оптимизации SQL-запросов к DWH
- эффективного хранения больших данных

3. Для реализации микросервисной архитектуры и интеграции разрозненных систем подходит

- Apache Kafka
- Apache AirFlow
- Apache Hadoop
- Apache Spark

4. Выберите технологию потоковой обработки событий в режиме реального времени

- Apache Kafka
- Spark Streaming
- Apache Hadoop
- MapReduce

5. Формат Parquet считается

- строковым
- колоночным (столбцовым)
- неструктурированным
- полуструктурированным

6. Для полнотекстового интеллектуального поиска и аналитики по полуструктурированным данным в формате JSON отлично подходит СУБД

- HBase
- Elasticsearch
- Hive
- Cassandra

7. Автоматизировать запуск пакетных задач в рамках конвейера обработки больших данных по расписанию можно с помощью

- Apache Hive
- Apache AirFlow
- Apache Kafka
- Apache Hadoop

8. Для распределенного глубокого машинного обучения (Deep Learning) больше подходит фреймворк

- Flask
- Scikit-learn
- PyTorch
- TensorFlow

9. Для машинного обучения подходят данные

- Бинарные
- Предварительно подготовленные, очищенные от ошибок, пропусков и выбросов, а также нормализованные и представленные в виде числовых векторов
- Числовые типа int
- Любых форматов в цифровом виде

10. Повысить производительность Apache Kafka можно с помощью:

- Увеличения размера сообщений
- Замены HDD-дисков на SSD
- Увеличения плотности разделов на каждом брокере
- Повышения коэффициента репликации

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература

1. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. Мир. 2008.

[http://www.nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=-30093](http://www.nbpublish.com/library_read_article.php?id=-30093)

2. Кудинов А.Н., Цветков В.П., Цветков И.В. Мультифрактальная динамика и математическое моделирование социально-экономических и природных процессов – Тверь: ТвГУ, 2015. -188.
3. Петровский А.Б. Теория принятия решений. -М.: Академия, 2014, -400с.

#### б) Дополнительная литература

1. Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Нидеккер Н.Г. Математические методы анализа сердечного ритма - М.: Наука, 1968 URL: [http://nlp.stanford.edu/pubs/SocherHuvalManningNg\\_EMNLP2012.pdf](http://nlp.stanford.edu/pubs/SocherHuvalManningNg_EMNLP2012.pdf)
  2. Ардашев А.В., Лоскутов А.Ю. Практические аспекты современных методов анализа variability сердечного ритма.– М.: ИД «МЕДПРАК-ТИКА-М», 2010. - 368 с. URL: <http://citese-erx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.1863&rep=rep1&type=pdf>
  3. Дубров А.М., Лагоша Б. А., Хрусталева Е.Ю. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе. - М.: Финансы и статистика, 2018. - 176с. URL: [http://www.deepsky.com/~merovech/voynich/voynich\\_manchu\\_reference\\_materials/PDF\\_s/j\\_urafsky\\_martin.pdf](http://www.deepsky.com/~merovech/voynich/voynich_manchu_reference_materials/PDF_s/j_urafsky_martin.pdf)
1. The Stanford Natural Language Processing Group <http://nlp.stanford.edu/>
  2. Апресян Ю. Д. Идеи и методы современной теории катастроф. М.: Просвещение, 1966. 305 с.
  3. Ануреев И.С., Батура Т.В., Боровикова О.И., Загорюлько Ю.А., Кононенко И.С., Марчук А.Г., Марчук П.А., Мурзин Ф.А., Сидорова Е.А., Шилов Н.В. Модели и методы построения информационных систем. // Моногр. / Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН. - Новосибирск: Изд. СО РАН, 2009.
  4. Заде Л. Теория катастроф и применение ее к принятию приближенных решений. - М., 1976. - 166 с.

#### 2) Программное обеспечение

##### а) Лицензионное программное обеспечение

1. Russian бесплатно Cadence SPB/OrCAD 16.6 Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009

2. Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.

3. Mathcad 15 M010 Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011;

4. MATLAB R2012b Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012;

5. Microsoft Visual Studio Ultimate 2013 с обновлением 4 Акт предоставления прав № Tr035055 от 19.06.2017

6. Microsoft Windows 10 Enterprise Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017

7. MS Office 365 pro plus Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

1. Adobe Acrobat Reader DC

2. Git version 2.5.2.2

3. Google Chrome бесплатно

4. Lazarus 1.4.0

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. <http://elementy.ru> - «Элементы большой науки»

2. <http://www.astronet.ru/>- Российская астрономическая сеть

3. <https://www.wikipedia.org/> - Википедия - свободная энциклопедия

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС "Издательство Лань"

2. ЭБС ZNANIUM.COM
3. ФГБУ "РГБ"
4. ЭБ eLibrary
5. American Institute of Physics
6. American Physical Society - APS Online Journals
7. EBSCO Publishing - INSPEC
8. Web of Science
9. SCOPUS
10. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

ТвГУ имеет подписку на коллекцию из 331 российских журналов в полнотекстовом электронном виде, в том числе:

1. Alma mater (Вестник высшей школы)
2. Вопросы статистики
3. Журнал вычислительной математики и математической физики
4. Известия высших учебных заведений. Математика
5. Известия Российской академии наук. Серия физическая
6. Известия Российской академии наук. Теория и системы управления
7. Инновации в образовании
8. Стандарты и качество
9. Школьные технологии
10. Интернет-ресурсы, используемые при освоении дисциплины:
11. <http://elementy.ru> - «Элементы большой науки»
12. <http://www.astronet.ru/> - Российская астрономическая сеть
13. <https://www.wikipedia.org/> - Википедия - свободная энциклопедия

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины.**

### *VI.1.1 Список вопросов к экзамену.*



1. Кардиоритмы и современные методы их диагностики. Холтеровское мониторирование.
2. Построение функций мгновенного сердечного ритма (МСР).
3. Особенности обработки данных по сердечному ритму как Big Data.
4. Анализ взаимосвязей элементов сердечного ритма.
5. Многомерный статистический анализ мгновенного сердечного ритма
6. Математическое моделирование мгновенного сердечного ритма на основе мультифрактальной динамики.
7. Методологические и методические основы применения математических методов в кардиологических исследованиях.
8. Классические фракталы. Самоподобие.
9. Классические фракталы. L-системы.
10. Классические фракталы. Пыль Кантора.
11. Классические фракталы. Кривые Пеано.
12. Множества и отображения.
13. Предварительные сведения из теории множеств.
14. Метрические пространства.
15. Сжимающие отображения.
16. Аффинные преобразования.
17. Метрика Хаусдорфа.
18. Системы итерированных функций. Системы итерированных функций.
19. Системы итерированных функций. Реализация СИФ.
20. Системы итерированных функций. СИФ со сгущением.
21. Системы итерированных функций. Коллажи.
22. Системы итерированных функций. Размерность Минковского.
23. Системы итерированных функций. Вычисление размерности.
24. Аттрактор Лоренца.
25. Итерированные отображения.
26. Универсальность Фейгенбаума.
27. Периодичность Шарковского.
28. Хаос. Хаотическая динамика.
29. Существенная зависимость.
30. Символическая динамика.
31. Элементарные сведения о фракталах и катастрофах.
32. Катастрофы сердечного ритма в модели мультифрактальной динамики.
33. Классификация динамик сердечного ритма на основе фрактальных показателей в рамках модели мультифрактальной динамики.
34. Фракталы и дискретные динамические системы в прогнозировании катастроф сердечного ритма

35. Статистические методы анализа мгновенного сердечного ритма.

### **VII. Материально-техническое обеспечение**

Набор учебной мебели, Меловая доска, Переносной ноутбук, Компьютер:(процессор Core i5-2400+монитор LC E2342T (10шт.)

Графопроектор, мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 1)  
Проектор Casio XJ-M140, кронштейн, кабель, удлинитель, настенный проекц. экран Lumien 180\*180.

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			