

Программа учебной дисциплины «Анализ и прогнозирование неоднородных временных рядов»

Утверждена
Академическим советом ОП
Протокол № от __. __. 2019

Разработчик	Дмитриев Андрей Викторович, профессор, кафедра управления информационными системами и цифровой инфраструктурой
Число кредитов	4
Контактная работа (час.)	64
Самостоятельная работа (час.)	88
Курс, Образовательная программа	3 курс, образовательная программа «Бизнес-информатика», бакалавриат
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты

Целями освоения дисциплины «Анализ и прогнозирование неоднородных временных рядов» являются:

- освоение основных понятий, принципов и подходов анализа и прогнозирования временных рядов, характеризующихся появлением экстраординарных и/или неожиданных событий;
- освоение основных понятий, принципов и подходов анализа и прогнозирования временных рядов, характеризующихся появлением экстраординарных и/или неожиданных событий.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать основные понятия, принципы и подходы анализа и прогнозирования временных рядов, характеризующихся появлением экстраординарных и/или неожиданных событий.
- Уметь применять основные методы фрактального анализа временных рядов в задачах прогнозирования временных рядов, анализа и оценки рыночных рисков, анализа катастрофических событий.
- Иметь навыки фрактального анализа данных в задачах прогнозирования временных рядов, анализа и оценки рыночных рисков, анализа катастрофических событий.

Изучение дисциплины «Прикладные аспекты нелинейной науки» базируется на следующих дисциплинах:

- Математический анализ;
- Линейная алгебра и геометрия;
- Теория вероятностей и математическая статистика;

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- знаниями основных определений и теорем перечисленных выше дисциплин;
- навыками решения типовых задач из перечисленных выше дисциплин.

2. Содержание учебной дисциплины

Тема (раздел дисциплины)	Объем в часах	Планируемые результаты обучения (ПРО), подлежащие контролю	Формы контроля
	лк		
	см		
	ср		
Тема 1. Фракталы и их свойства Геометрически регулярные фракталы. Понятие фрактала. Парадокс Лебега и производные Гельдера. Н-фракталы. Канторова пыль. Фрактал Минковского. Фракталы Серпинского. Круговые фракталы. Природные фракталы. Фрактальная размерность (Хауздорф). Бокс алгоритм. Масштабная инвариантность (скейлинг). Массовая размерность. Информационная размерность. Корреляционная размерность. Мультифракталы. Спектр размерностей Реньи. Расчет мультифрактальных размерностей Реньи. Фрактальные структуры на товарных и финансовых рынках. Финансовые временные ряды как случайные фракталы. Волны Эллиота. Гипотеза Эффективного рынка. Концепция фрактального рынка.	2	Умение строить геометрически регулярные фракталы и оценивать их размерность	Проверка выполнения лабораторной работы «Фракталы и их свойства»
	2		
	8		
Тема 2. Фрактальные и мультифрактальные временные ряды Понятие временного ряда. Фрактальность, самоподобие и масштабная инвариантность. Показатель Херста. Персистентность, короткие и длинные корреляции. Автоковариационная и автокорреляционная функции. Нестационарности во временных рядах. Мультифрактальные временные ряды. Скейлинговый параметр и его связь с фрактальной размерностью. Распределение с тяжелыми хвостами и фрактальные временные ряды. Связь фрактальной размерности и параметра Херста.	2	Умение оценивать фрактальные размерности временных рядов	Проверка выполнения лабораторной работы «Фрактальные и мультифрактальные временные ряды»
	2		
	8		
Тема 3. Низкоразмерный хаос на товарных и финансовых рынках Простейшая модель фондового рынка как открытой неравновесной системы. Теорема Уитни. Теорема Такенса. Реконструкция хаотического аттрактора по скалярному временному ряду методом задержки. Инвариантные меры хаоса: спектр показателей Ляпунова, размерность вложения,	2	Умение определять отсутствие/наличие низкоразмерного хаоса во временных рядах	Проверка выполнения лабораторной работы «Низкоразмерный хаос на товарных и финансовых рынках»
	2		
	8		

корреляционная и информационная размерность. Качественные признаки хаоса. Прогнозирование хаотических временных рядов методом сингулярного спектрального анализа .			
Тема 4. Анализ стационарных неоднородных временных рядов Анализ автокорреляционной функции. Ряды с длинной и короткой памятью. Спектральный анализ. Спектральная мощность сигнала. $1/f$ процесс. R/S анализ. Показатель Херста. Эмпирический закон Херста. Оценка показателя Херста. Алгоритм Хигучи. Алгоритм Грасбергера-Прокаччия. Перестановочная размерность. Анализ флуктуаций. Связь скейлинговых параметров, характеризующих временные ряды.	2	Умение анализировать стационарные неоднородные временные ряды	Проверка выполнения лабораторной работы «Анализ стационарных неоднородных временных рядов»
	2		
	8		
Тема 5. Анализ нестационарных неоднородных временных рядов Вейвлет-анализ. Дискретный вейвлет-анализ. Detrended fluctuation analysis (DFA). Преобразование Фурье. Обнаружение тренда с использованием DFA. Centered Moving Average (CMA) Analysis.	2	Умение анализировать нестационарные неоднородные временные ряды	Проверка выполнения лабораторной работы «Анализ нестационарных неоднородных временных рядов»
	2		
	8		
Тема 6. Анализ мультифрактальных временных рядов Структурная функция и спектр сингулярности. Wavelet Transform Modulus Maxima (WTMM) Method. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA).	2	Умение анализировать мультифрактальные временные ряды	Проверка выполнения лабораторной работы «Анализ мультифрактальных временных рядов»
	2		
	8		
Тема 7. Статистика катастрофических событий в неоднородных временных рядах Интервалы между катастрофическими событиями. Распределение катастрофических событий. Дважды экспонентное (Fisher-Tippet-Gumbel) распределение. Распределение Вейбула.	2	Умение проводить статистический анализ катастрофических событий в неоднородных временных рядах	Проверка выполнения лабораторной работы «Статистика катастрофических событий в неоднородных временных рядах»
	2		
	8		
Тема 8. Модели неоднородных временных рядов Фрактальное броуновское движение. Обобщенное фрактальное броуновское движение с функцией Гельдера. Фрактальный гауссов шум.	2	Умение строить модельные неоднородные временные ряды	Проверка выполнения лабораторной работы «Модели неоднородных временных рядов»
	2		
	8		

Обобщенный процесс Коши. α -устойчивый процесс.			
Тема 9. Рекуррентный количественный анализ (RQA) временных рядов Теорема рекуррентности Пуанкаре. Рекуррентная диаграмма временного ряда и ее фрактальная структура. Основные меры RQA: скорость рекуррентности, относительное количество точек рекуррентности, энтропия и время предсказуемости. RQA в определении экстремальных событий. Рекуррентный количественный анализ сигналов товарно-сырьевых и финансовых рынков. Рекуррентный количественный анализ сигналов микроблоггинговых социальных сетей.	2	Умение проводить рекуррентный количественный анализ временных рядов	Проверка выполнения лабораторной работы «Рекуррентный количественный анализ (RQA) временных рядов»
	2		
	1 0		
Часов по видам учебных занятий:	18		
	18		
	74		
Итого часов:	110		

Формы учебных занятий:

лк – лекции в аудитории;

см - семинары/ практические занятия/ лабораторные работы в аудитории;

ср – самостоятельная работа студента.

3. Оценивание

Для прохождения текущего контроля студент должен выполнить и защитить лабораторные работы; продемонстрировать умение решать задачи, предложенные и разобранные на практических аудиторных занятиях.

Для прохождения итогового контроля студент должен продемонстрировать знания основных понятий, принципов и подходов к анализу и прогнозированию неоднородных временных рядов; и умение их применять в решении задач экономико-математического, социально-математического и финансового моделирования.

Экзамен проводится в устной форме, на котором студент должен продемонстрировать понимание принципов и подходов к анализу и прогнозированию неоднородных временных рядов.

Оценки за работу на практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале: результат выполнения и защиты лабораторных работ $O_{\text{лаб}}$. Умение разрабатывать приложения

на языке Python для решения прикладных задач. По желанию студента, возможно использование другого языка программирования.

Способ округления накопленной оценки текущего контроля производится по правилам арифметики округления. Результирующая оценка за итоговый контроль выставляется по следующей формуле,

$$\text{Итоговый} = 0,4 \cdot O_{\text{экзамен}} + 0,6 \cdot O_{\text{лаб}}$$

где $O_{\text{экзамен}}$ – оценка за устный экзамен в аудитории, включающий темы, изученные на лекционных занятиях.

4. Примеры оценочных средств

Оценочные средства для текущего контроля студента

Текущий контроль осуществляется в виде проверки выполненных на практических занятиях лабораторных работ на языке Python.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Итоговый контроль проводится в виде устного экзамена по указанным выше темам.

Блокирующие элементы не предусмотрены.

5. Ресурсы

5.1. Рекомендуемая основная литература

1. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: Издательство УРСС, 2012.

2. Малинецкий Г.Г. Пространство синергетики: взгляд с высоты. М.: Издательство УРСС, 2017.

3. Гринченко В.Т. Введение в нелинейную динамику: хаос и фракталы. М.: Издательство УРСС, 2015.

5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

1. Ширяев В.И. Математика финансов: опционы и риски, вероятности, гарантии и хаос. М.: Издательство УРСС, 2016.

2. Ming Li. Fractal Time Series – A Tutorial Review. Mathematical Problems in Engineering. V. 2010, Article ID 157264, 26 pages. – режим доступа <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2010/157264/>

3. Энатская Н.Ю. Математическая статистика и случайные процессы. М.: ЮРАЙТ, 2017.

4. Shone R. Economic dynamics: phase diagrams and their economic application. Cambridge University Press. 2002.

5. Мантенья Р.Н. Введение в эконофизику: Корреляция и сложность в финансах. Книжный дом "Либроком". 2009.

5.3. Программное обеспечение

№п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
------	--------------	----------------------------

	Python 3.7 version	URL: https://www.anaconda.com/download/
--	--------------------	--

5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
	Открытое образование Моделирование процессов и систем. Нелинейные динамические системы	URL: https://openedu.ru/course/hse/MODSYS/

5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены ПЭВМ, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.

6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. *для лиц с нарушениями зрения:* в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. *для лиц с нарушениями слуха:* в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. *для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:* в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.