



**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»**

**Факультет Бизнеса и Менеджмента
Школа Бизнес-информатики
Кафедра управления информационными системами и цифровой
инфраструктурой**

**Программа дисциплины
«Фрактальный анализ рыночных данных на языке Python»**

для направления 38.03.05 «Бизнес-информатика»
уровень подготовки: бакалавр

Разработчик программы:

Дмитриев А.В., д.ф.-м.н., профессор a.dmitriev@hse.ru

Одобрена на заседании кафедры

управления информационными системами

и цифровой инфраструктурой « ____ » _____ 2017 г.

Зав. кафедрой Исаев Е.А. _____ « ____ » _____ 2017 г.

Утверждена Академическим советом образовательной программы

«Бизнес-информатика» « ____ » _____ 2017 г.

Академический руководитель Дмитриев А.В. _____

Зарегистрирована УМС школы бизнес-информатики

« ____ » _____ 2017 г.

Москва, 2017

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.



Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов, обучающихся по магистерской программе 38.03.05 «Бизнес-информатика», изучающих дисциплину «Прикладные задачи анализа данных».

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ «Высшая школа экономики» по направлению подготовки 38.03.05 «Бизнес-информатика» (квалификация: бакалавр), утвержденным Ученым советом НИУ ВШЭ 26.12.2014;
- Рабочим учебным планом НИУ ВШЭ по направлению подготовки 38.03.05 «Бизнес-информатика».

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Фрактальный анализ рыночных данных на языке Python» являются:

- освоение основных понятий, принципов и подходов фрактального анализа рыночных данных;
- освоение основных понятий, принципов и подходов фрактального анализа данных в задачах прогнозирования временных рядов, анализа и оценки рыночных рисков, анализа катастрофических событий.

2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- **Знать** основные понятия, принципы и подходы фрактального анализа данных.
- **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.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС / НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Общенаучная	ОНК-1	Способность к анализу и синтезу на основе системного подхода	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-2	Способность перейти от проблемной ситуации к проблемам, задачам и лежащим в их основе противоречиям	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-3	Способность использовать методы критического анализа, развития научных теорий, опровержения и фальсификации,	Стандартные (лекционно-семинарские)



Компетенция	Код по ФГОС / НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
		оценить качество исследований в некоторой предметной области	
Общенаучная	ОНК-4	Готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы системного анализа и проектирования на основе математического моделирования и исследования операций при работе в области информационной бизнес-аналитики	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-5	Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий аппарат дисциплины	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-6	Способность приобретать новые знания с использованием научной методологии и современных образовательных и информационных технологий	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-7	Способность порождать новые идеи (креативность)	Стандартные (лекционно-семинарские)
Инструментальные	ИК-2	Умение работать на компьютере, навыки использования основных классов прикладного программного обеспечения, работы в компьютерных сетях, составления баз данных	Стандартные (лекционно-семинарские)
Профессиональные	ПК-1	Способность демонстрации общенаучных базовых знаний естественных наук, математики и информатики, понимание основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	Стандартные (лекционно-семинарские)
Профессиональные	ПК-2	Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности аппарат системного анализа	Стандартные (лекционно-семинарские)
Профессиональные	ПК-4	способность критически оценивать собственную квалификацию и её	Стандартные (лекционно-семинарские)



Компетенция	Код по ФГОС / НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
		востребованность, переосмысливать накопленный практический опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности	
Профессиональные	ПК-8	Способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая разработку математических моделей, алгоритмических и программных решений	Стандартные (лекционно-семинарские)

3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к Профессиональному циклу дисциплин (Major) направления (вариативная часть профиля).

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Математический анализ;
- Линейная алгебра и геометрия;
- Микроэкономика;
- Макроэкономика;
- Экономическая теория и институциональная экономика;
- Теория вероятностей и математическая статистика;
- Моделирование процессов и систем.

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.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Бизнес и инновации в сфере ИКТ;
- Облачные ресурсы и сервисы.

4 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские занятия	
1	Фракталы и их свойства	19	4	4	11
2	Фрактальные и мультифрактальные временные ряды	19	4	4	11
3	Низкоразмерный хаос на товарных и финансовых рынках	19	4	4	11



4	Анализ стационарных фрактальных временных рядов	19	4	4	11
5	Анализ нестационарных фрактальных временных рядов	19	4	4	11
6	Анализ мультифрактальных временных рядов	19	4	4	11
7	Статистика катастрофических событий во фрактальных временных рядах	19	4	4	11
8	Модели фрактальных временных рядов	19	4	4	11
ИТОГО		152	32	32	88

5 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	3 год				4 год				Кафедра	Параметры **
		1	2	3	4	1	2	3	4		
Текущий (последняя неделя 2 модуля)	Выполнение исследовательского проекта «Фрактальный анализ финансовых рядов»						*				Проект в качестве домашнего задания выполненный на языке Python
Итоговый	Экзамен						*				письменный экзамен 90 минут

5.1 Критерии оценки знаний, навыков

Для прохождения текущего контроля студент должен выполнить и защитить исследовательский проект «Фрактальный анализ финансовых временных рядов»; продемонстрировать умение решать задачи, предложенные и разобранные на семинарских аудиторных занятиях.

Для прохождения итогового контроля студент должен продемонстрировать знания основных понятий, принципов и подходов фрактального анализа данных в задачах прогнозирования временных рядов, анализа и оценки рыночных рисков, анализа катастрофических событий; умение решать данные типовые задачи, разобранные на семинарских занятиях.

5.2 Порядок формирования оценок по дисциплине

Оценки за работу на семинарских занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале: результат выполнения и защиты исследовательского проекта «Фрактальный анализ финансовых рядов» $O_{\text{проект}}$, результат работы на семинарских занятиях $O_{\text{семинары}}$.

Способ округления накопленной оценки текущего контроля производится по правилам арифметики округления.



Результирующая оценка за итоговый контроль выставляется по следующей формуле, где $O_{\text{экзамен}}$ – оценка за письменный экзамен в аудитории, включающий темы, изученные на лекционных и семинарских аудиторных занятиях:

$$O_{\text{итоговый}} = 0,4 \cdot O_{\text{экзамен}} + 0,2 \cdot O_{\text{проект}} + 0,2 \cdot O_{\text{семинары}}$$

Способ округления накопленной оценки итогового контроля производится по правилам арифметики округления.

На передаче студенту не предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль.

6 Содержание дисциплины (аудиторные занятия)

Фракталы и их свойства

Геометрически регулярные фракталы. Понятие фрактала. Парадокс Лебега и производные Гельдера. H -фракталы. Канторова пыль. Фрактал Минковского. Фракталы Серпинского. Круговые фракталы.

Природные фракталы. Фрактальная размерность (Хаусдорф). 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.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.

2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.

3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.

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.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.



2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.
3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.
4. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

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, корреляционная и информационная размерность. Качественные признаки хаоса. Прогнозирование хаотических временных рядов методом сингулярного спектрального анализа.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.
2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.
3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.
4. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

Анализ стационарных фрактальных временных рядов

Анализ автокорреляционной функции. Ряды с длинной и короткой памятью. Спектральный анализ. Спектральная мощность сигнала. $1/f^\beta$ 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.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.
2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.
3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.
4. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

Анализ нестационарных фрактальных временных рядов



Вейвлет-анализ. Дискретный вейвлет-анализ. Detrended fluctuation analysis (DFA). Преобразование Фурье. Обнаружение тренда с использованием DFA. Centered Moving Average (CMA) Analysis.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.

2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.

3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.

4. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

Анализ мультифрактальных временных рядов

Структурная функция и спектр сингулярности. Wavelet Transform Modulus Maxima (WTMM) Method. Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA).

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.

2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.

3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.

4. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

Статистика катастрофических событий во фрактальных временных рядах

Интервалы между катастрофическими событиями. Распределение катастрофических событий. Дважды экспонентное (Fisher-Tippet-Gumbel) распределение. Распределение Вейбула.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.

2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.

3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.



4. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

Модели фрактальных временных рядов

Фрактальное броуновское движение. Обобщенное фрактальное броуновское движение с функцией Гельдера. Фрактальный гауссов шум. Обобщенный процесс Коши. α -устойчивый процесс.

Основная литература:

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

Дополнительная литература:

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.

2. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.

3. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000.

4. Ming Li. Fractal Time Series—A Tutorial Review. Mathematical Problems in Engineering. Volume 2010, Article ID 157264, 26 page. <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2010/157264/>

7 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

7.1 Тематика заданий текущего контроля

Текущий контроль осуществляется в виде защиты исследовательских проектов по анализу и прогнозированию фрактальных временных рядов на языке Python, а также в виде проверки выполненных на практических занятиях лабораторных работ на языке Python.

7.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Геометрически регулярные фракталы. Понятие фрактала. Парадокс Лебега и производные Гельдера.

Природные фракталы. Фрактальная размерность (Хаусдорф). 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.

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.

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, корреляционная и информационная размерность.

Качественные признаки хаоса.

Прогнозирование хаотических временных рядов методом сингулярного спектрального анализа.

Анализ автокорреляционной функции. Ряды с длинной и короткой памятью.

Спектральный анализ. Спектральная мощность сигнала. $1/f^\beta$ 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.

Вейвлет-анализ. Дискретный вейвлет-анализ.

Detrended fluctuation analysis (DFA). Преобразование Фурье.

Обнаружение тренда с использованием DFA.

Centered Moving Average (CMA) Analysis.

Структурная функция и спектр сингулярности.

Wavelet Transform Modulus Maxima (WTMM) Method.

Multifractal Detrended Fluctuation Analysis (MFDFA).

Интервалы между катастрофическими событиями. Распределение катастрофических событий.

Дважды экспонентное (Fisher-Tippet-Gumbel) распределение. Распределение Вейбула.

Фрактальное броуновское движение.

Обобщенное фрактальное броуновское движение с функцией Гельдера.

Фрактальный гауссов шум.

Обобщенный процесс Коши.

α -устойчивый процесс.

7.3 Примеры заданий итогового контроля

Итоговый контроль проводится в виде письменного экзамена по экзаменационным билетам. Время выполнения экзаменационного билета составляет 120 мин. Экзаменационный билет содержит пять практических заданий из разделов содержания курса.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (аудиторное изучение дисциплины)

8.1 Базовый учебник

1. Чумак О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных. М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011.

8.2 Основная литература

1. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б., Подлазов А.В. Нелинейная динамика; подходы, результаты, надежды. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2016.

2. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд. 5-е. М.: Издательство ЛКИ, 2007.

8.3 Дополнительная литература

1. Лоскутов А.Ю., Козлов А.А., Хаханов Ю.М. Энтропия и прогноз временных рядов в теории динамических систем // Известия вузов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 2009. Т. 17, №4, С. 98-113.



2. Лоскутов А.Ю. Очарование хаоса // УФН. Т. 180, №12, С. 1305-1329.
3. Ширяев В.И. Финансовые рынки: нейронные сети, хаос и нелинейная динамика. М.: Красанд, 2011.
4. Ming Li. Fractal Time Series—A Tutorial Review. Mathematical Problems in Engineering. Volume 2010, Article ID 157264, 26 page. <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2010/157264/>
5. Kantelhardt J.W. Fractal and Multifractal Time Series <https://arxiv.org/pdf/0804.0747.pdf>

8.4 Программные средства

Для самостоятельной работы и компьютерного практикума рекомендуется использовать Python.

8.5 Дистанционная поддержка дисциплины

Используется электронная почта, Skype.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс, мультимедийный проектор.