

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Автоматики и информационных технологий в управлении»

«СОГЛАСОВАНО»

Заведующий кафедрой АИТУ

 /П.В. Бабаян/

05 / 05 2023 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

 /А.В. Корячко/

26 / 05 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
АНАЛИЗ ДАННЫХ**

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки
Программирование и анализ данных

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2023

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	16			
Неделя				
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Практические	32	32	32	32
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	66,35	66,35	66,35	66,35
Контактная работа	66,35	66,35	66,35	66,35
Сам. работа	69	69	69	69
Часы на контроль	44,65	44,65	44,65	44,65
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к. физ-мат.н., доцент, Эрлих Иван Генрихович



Рабочая программа дисциплины

Анализ данных

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 9)

составлена на основании учебного плана:

01.03.02 Прикладная математика и информатика
утвержденного учёным советом вуза от 28.04.2023 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Дискретной математики МФТИ

Протокол от 05.05.2023 г. № 5
Срок действия программы: 2023-2027 уч. г.
Зав.кафедрой Райгородский Андрей Михайлович



Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Сетевое обучение

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Сетевое обучение

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Сетевое обучение

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Сетевое обучение

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Изучить различные инструменты для анализа данных, работу с данными, визуализацию,
1.2	применив для практических задач теории вероятностей с визуализацией вероятностных
1.3	объектов и законов на языке Питон.
1.4	лать постановку задач интеллектуального анализа данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Объектно-ориентированное программирование
2.1.2	Машинное обучение
2.1.3	Методы оптимизации
2.1.4	Программирование и основы алгоритмизации
2.1.5	Теория вероятностей и математическая статистика
2.1.6	Высшая математика
2.1.7	Системный анализ
2.1.8	Дискретная математика
2.1.9	Дифференциальные и разностные уравнения
2.1.10	Методы оптимизации
2.1.11	Теория нечетких множеств
2.1.12	Цифровая обработка изображений
2.1.13	Компьютерная графика
2.1.14	Исследование операций
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика
2.2.3	Производственная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	
ОПК-1.1. Использует фундаментальные знания, полученные в области математических наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности	
Знать основные положения, законы и методы в области математических наук	
Уметь использовать фундаментальные знания, полученные в области математических наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности	
Владеть фундаментальными знаниями, полученными в области математических наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности	
ОПК-1.2. Использует фундаментальные знания, полученные в области естественных наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности	
Знать основные положения, законы и методы в области естественных наук	
Уметь использовать фундаментальные знания, полученные в области естественных наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности	
Владеть фундаментальными знаниями, полученными в области естественных наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности	

ОПК-2: Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	
ОПК-2.1. Использует существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	

<p>Знать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p>Уметь использовать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p>Владеть существующими математическими методами и системами программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>
<p>ОПК-2.2. Адаптирует существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>
<p>Знать способы адаптации существующих математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p>Уметь адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p> <p>Владеть навыками адаптации существующих математических методов и систем программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач</p>

ОПК-3: Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности

<p>ОПК-3.1. Применяет математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>
<p>Знать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>Уметь использовать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть аппаратом математического моделирования для решения задач в области профессиональной деятельности</p>
<p>ОПК-3.2. Модифицирует известные математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>
<p>Знать способы модификации известных математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>Уметь модифицировать известные математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>Владеть навыками модификации известных математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности</p>

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1 Знать:	
3.1.1	Постановки задач интеллектуального анализа данных;
3.1.2	Популярные алгоритмы интеллектуального анализа данных;
3.1.3	Современный технический уровень в развитии алгоритмов интеллектуального анализа данных.
3.2 Уметь:	
3.2.1	Находить в описании задач из бизнеса задачи для интеллектуального анализа данных;
3.2.2	Осуществлять математическую постановку задач интеллектуального анализа данных.
3.3 Владеть:	
3.3.1	Современными алгоритмами интеллектуального анализа данных;
3.3.2	Современным инструментарием для промышленного решения задач интеллектуального анализа данных

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Содержание					
1.1	Обзор задач анализа данных, объекты анализа данных. /Тема/	7	0			Экзамен

1.2	/Лек/	7	6	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.3	/Пр/	7	6	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.4	/Ср/	7	14	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.5	Настройка окружения /Тема/	7	0			Экзамен

1.6	/Лек/	7	7	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.7	/Пр/	7	7	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.8	/Ср/	7	14	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.9	Библиотека seaborn, визуализация данных: ядерные оценки, бокс плоты и др. /Тема/	7	0	ОПК-1.1-3		Экзамен

1.10	/Лек/	7	6	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.11	/Пр/	7	6	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.12	/Ср/	7	13	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.13	Вероятностные распределения, их практическое применение, способы генерации псевдослучайных чисел /Тема/	7	0			Экзамен

1.14	/Лек/	7	7	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.15	/Пр/	7	7	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.16	/Ср/	7	14	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.17	Визуализация теории вероятностей, условные вероятности, задачи на графах зависимостей. /Тема/	7	0			Экзамен

1.18	/Лек/	7	6	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.19	/Пр/	7	6	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
1.20	/Ср/	7	14	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
Раздел 2. Промежуточная аттестация						
2.1	Подготовка к экзамену, иная контактная работа /Тема/	7	0			Экзамен

2.2	Сдача экзамена /ИКР/	7	0,35	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
2.3	Консультация перед экзаменом /Кнс/	7	2	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен
2.4	Подготовка к экзамену /Экзамен/	7	44,65	ОПК-1.1-3 ОПК-1.1-У ОПК-1.1-В ОПК-1.2-3 ОПК-1.2-У ОПК-1.2-В ОПК-2.1-3 ОПК-2.1-У ОПК-2.1-В ОПК-2.2-3 ОПК-2.2-У ОПК-2.2-В ОПК-3.1-3 ОПК-3.1-У ОПК-3.1-В ОПК-3.2-3 ОПК-3.2-У ОПК-3.2-В	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5	Экзамен

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Анализ данных")

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Пальмов С. В.	Интеллектуальный анализ данных : учебное пособие	Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017, 127 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/5376.html
Л1.2	Мельниченко А. С.	Математическая статистика и анализ данных : учебное пособие	Москва: Издательский Дом МИСиС, 2018, 45 с.	978-5-906953-62-9, http://www.iprbookshop.ru/78563.html
Л1.3	Маккинли Уэс, Слинкина А.	Python и анализ данных	Саратов: Профобразование, 2019, 482 с.	978-5-4488-0046-7, http://www.iprbookshop.ru/88752.html
Л1.4	Шнарера Г. В., Пономарева Ж. Г.	Анализ данных : учебно-методическое пособие	Симферополь: Университет экономики и управления, 2019, 129 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/89482.html
Л1.5	Карабутов Н. Н.	Создание интегрированных документов в Microsoft office. Введение в анализ данных и подготовку документов	Москва: СОЛОН-Пресс, 2016, 293 с.	5-98003-200-2, http://www.iprbookshop.ru/90396.html

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Брусенцев А. Г.	Анализ данных и процессов. Ч.1. Методы статистического анализа данных : учебное пособие	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017, 63 с.	978-5-361-00540-6, http://www.iprbookshop.ru/92237.html
Л2.2	Истомина А. П.	Анализ данных качественных исследований : лабораторный практикум	Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2018, 108 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/92674.html
Л2.3	Федин Ф. О., Федин Ф. Ф.	Анализ данных. Часть 2. Инструменты Data Mining : учебное пособие	Москва: Московский городской педагогический университет, 2012, 308 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/26445.html
Л2.4	Дюк В. А.	Логический анализ данных : учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2020, 80 с.	978-5-8114-4180-8, https://e.lanbook.com/book/126935

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.5	Демидова Л.А., Соколова Ю.С.	Интеллектуальный анализ данных в пакете Statistica : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2018,	, https://elib.rsreu.ru/ebs/download/1838

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Официальный интернет портал РГРТУ [электронный ресурс] http://www.rsreu.ru
Э2	Образовательный портал РГРТУ [электронный ресурс]. - Режим доступа: по паролю.- https://edu.rsreu.ru
Э3	Электронная библиотека РГРТУ [электронный ресурс]. - Режим доступа : доступ из корпоративной сети РГРТУ - по паролю. - http://elib.rsreu.ru/
Э4	Электронно-библиотечная система IRPbooks [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - свободный, доступ из сети интернет- по паролю. - https://www.iprbookshop.ru/
Э5	Электронно-библиотечная система «Лань» [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - свободный, доступ из сети интернет- по паролю. - https://e.lanbook.com

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия
Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
Python	Свободное ПО
MATLAB R2010b	Бессрочно. Matlab License 666252
Интерпретатор Python	Свободное ПО

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

6.3.2.1	Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (договор об информационной поддержке №1342/455-100 от 28.10.2011 г.)
6.3.2.2	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru
6.3.2.3	Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ http://www.garant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	449 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий семинарского типа, лабораторных работ, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 15 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, проектор, экран, доска, магнитный усилитель, фазовращатель, асинхронные приводы, осциллограф, электронный микроскоп, учебный роботизированный стенд, учебный комплект роботизированного оборудования Mindstorms, видеокамера
2	445 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специальная мебель (54 посадочных места), компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска, колонки звуковые.
3	445 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специальная мебель (54 посадочных места), компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска, колонки звуковые.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания дисциплины "Анализ данных")

ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Автоматика и информационные технологии в управлении»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

«Анализ данных»

Направление подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

ОПОП академического бакалавриата

«Программирование и анализ данных»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2023 г.

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Использует фундаментальные знания, полученные в области математических наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Использует фундаментальные знания, полученные в области естественных наук при решении научных и технических задач в своей профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1 Понимает принципы работы современных информационных технологий
	ОПК-4.2 Использует современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Анализ данных» обучающийся должен:

знать:

- Постановки задач интеллектуального анализа данных;
- популярные алгоритмы интеллектуального анализа данных;
- современный технический уровень в развитии алгоритмов интеллектуального анализа данных.

уметь:

- Находить в описании задач из бизнеса задачи для интеллектуального анализа данных;
- осуществлять математическую постановку задач интеллектуального анализа данных.

владеть:

- Современными алгоритмами интеллектуального анализа данных;
- современным инструментарием для промышленного решения задач интеллектуального анализа данных.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Примеры заданий приведены в конце программы в виде отдельного файла

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Назовите основные задачи анализа данных.
2. Что необходимо для построения предсказательной модели?
3. Назовите основные библиотеки на Питон для работы с данными.
4. Какие есть способы первичной визуализации данных?
5. В чем заключается трудность обработки данных с пропусками?
6. Какие основные правила сбора и обработки данных?
7. Где на практике используются основные вероятностные распределения?
8. В чем практическое применение предельных теорем теории вероятностей?

Билет 1:

1. Назовите основные библиотеки на Питон для работы с данными.
2. Какие есть способы первичной визуализации данных?

Билет 2:

1. Какие основные правила сбора и обработки данных?
2. Где на практике используются основные вероятностные распределения?

Критерии оценивания

- оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений
- оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему всесторонние систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение применять их на практике при решении конкретных задач, и правильное обоснование принятых решений
- оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал, и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;
- оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет фрагментарно основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;
- оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач
- оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется студенту, который не знает формулировок основных понятий дисциплины.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении экзамена, обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой и другими материалами.

Введение в анализ данных

Домашнее задание 1. Numpy, matplotlib, scipy.stats

Правила:

- Дедлайн **25 марта 23:59**. После дедлайна работы не принимаются кроме случаев наличия уважительной причины.
- Выполненную работу нужно отправить на почту `mip.t.stats@yandex.ru`, указав тему письма "[номер группы] Фамилия Имя - Задание 1". Квадратные скобки обязательны.
- Прислать нужно ноутбук и его pdf-версию (без архивов). Названия файлов должны быть такими: `1.N.ipynb` и `1.N.pdf`, где `N` -- ваш номер из таблицы с оценками. *pdf-версию можно сделать с помощью Ctrl+P. Пожалуйста, посмотрите ее полностью перед отправкой. Если что-то существенное не напечатается в pdf, то баллы могут быть снижены.*
- Решения, размещенные на каких-либо интернет-ресурсах, не принимаются. Кроме того, публикация решения в открытом доступе может быть приравнена к предоставлению возможности списать.
- Для выполнения задания используйте этот ноутбук в качестве основы, ничего не удаляя из него.
- Пропущенные описания принимаемых аргументов дописать на русском.
- Если код будет не понятен проверяющему, оценка может быть снижена.

Баллы за задание:

Легкая часть (достаточно на "хор"):

- Задача 1.1 -- 3 балла
- Задача 1.2 -- 3 балла
- Задача 2 -- 3 балла

Сложная часть (необходимо на "отл"):

- Задача 1.3 -- 3 балла
- Задача 3.1 -- 3 балла
- Задача 3.2 -- 3 балла
- Задача 3.3 -- 3 балла
- Задача 4 -- 4 балла

Баллы за разные части суммируются отдельно, нормируются впоследствии также отдельно. Иначе говоря, 1 балл за легкую часть может быть не равен 1 баллу за сложную часть.

In []:

```
1 import numpy as np
2 import scipy.stats as sps
3
4 import matplotlib.pyplot as plt
5 import matplotlib.cm as cm
6 from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
7 import ipywidgets as widgets
8
9 import typing
10
11 %matplotlib inline
```

Легкая часть: генерация

В этой части другие библиотеки использовать запрещено. Шаблоны кода ниже менять нельзя.

Задача 1

Имеется симметричная монета. Напишите функцию генерации независимых случайных величин из нормального и экспоненциального распределений с заданными параметрами.

In []:

```
1 ▾ # Эта ячейка -- единственная в задаче 1, в которой нужно использовать
2   # библиотечную функцию для генерации случайных чисел.
3   # В других ячейках данной задачи используйте функцию coin.
4
5   # симметричная монета
6   coin = sps.<ваш код>
```

Проверьте работоспособность функции, сгенерировав 10 бросков симметричной монеты.

In []:

```
1 coin(size=10)
```

Часть 1. Напишите сначала функцию генерации случайных величин из равномерного распределения на отрезке $[0, 1]$ с заданной точностью. Это можно сделать, записав случайную величину $\xi \sim U[0, 1]$ в двоичной системе счисления $\xi = 0, \xi_1 \xi_2 \xi_3 \dots$. Тогда $\xi_i \sim \text{Bern}(1/2)$ и независимы в совокупности. Приближение заключается в том, что вместо генерации бесконечного количества ξ_i мы полагаем $\xi = 0, \xi_1 \xi_2 \xi_3 \dots \xi_n$.

Нужно реализовать функцию так, чтобы она могла принимать на вход в качестве параметра `size` как число, так и объект `tuple` любой размерности, и возвращать объект `numpy.array` соответствующей размерности. Например, если `size=(10, 1, 5)`, то функция должна вернуть объект размера $10 \times 1 \times 5$. Кроме того, функцию `coin` можно вызвать только один раз, и, конечно же, не использовать какие-либо циклы. Аргумент `precision` отвечает за число n .

In []:

```
1 ▾ def uniform(size=1, precision=30):
2   return # В одну строчку не выходя за границы? ;)
```

Для $U[0, 1]$ сгенерируйте 200 независимых случайных величин, постройте график плотности на отрезке $[-0.25, 1.25]$, а также гистограмму по сгенерированным случайным величинам.

In []:

```
1 size = 200
2 ▾ grid = <функция из numpy для создания равномерной сетки
3       от -0.25 до 1.25 на 500 точек>
4 sample = <Сгенерируйте size случайных величин точности 50>
5
6 # Отрисовка графика
7 plt.<определите график размера 10 на 4>
8
9 # отображаем значения случайных величин полупрозрачными точками
10 ▾ plt.<функция отрисовки точек>(
11     sample,
12     np.zeros(size),
13     <прозрачность точки равна 0.4>,
14     <подпись точек в легенде к графику>
15 )
16
17 # по точкам строим нормированную полупрозрачную гистограмму
18 ▾ plt.<функция отрисовки гистограммы>(
19     sample,
20     <10 столбиков>,
21     <нормировка столбиков>,
22     <прозрачность столбиков равна 0.4>,
23     <оранжевый цвет столбиков>
24 )
25
26 # рисуем график плотности
27 ▾ plt.<функция отрисовки линии>(
28     grid,
29     <Посчитайте плотность в точках grid, используя sps.uniform.pdf>,
30     <красный цвет линии>,
31     <толщина линии равна 3>,
32     <подпись линии в легенде к графику>
33 )
34 plt.<легенда>
35 plt.<сетка>(ls=':')
36 plt.show()
```

Исследуйте, как меняются значения случайных величин в зависимости от precision .

In []:

```
1 size = 100
2
3 plt.<определите график размера 15 на 3>
4
5 ▾ for i, precision in enumerate([1, 2, 3, 5, 10, 30]):
6     plt.<определите подграфик>(3, 2, i + 1)
7     ▾ plt.<функция отрисовки точек>(
8         <Сгенерируйте выборку размера size точности precision>,
9         np.zeros(size),
10        <прозрачность точки равна 0.4>
11    )
12    plt.yticks([])
13    if i < 4: plt.xticks([])
14
15 plt.show()
```

Вывод:

<...>

Часть 2. Напишите функцию генерации случайных величин в количестве `size` штук (как и раньше, тут может быть `tuple`) из распределения $\mathcal{N}(loc, scale^2)$ с помощью преобразования Бокса-Мюллера, которое заключается в следующем. Пусть ξ и η -- независимые случайные величины, равномерно распределенные на $(0, 1]$. Тогда случайные величины $X = \cos(2\pi\xi)\sqrt{-2\ln\eta}$, $Y = \sin(2\pi\xi)\sqrt{-2\ln\eta}$ являются независимыми нормальными $\mathcal{N}(0, 1)$.

Реализация должна быть без циклов. Желательно использовать как можно меньше бросков монеты.

In []:

```
1 ▾ def normal(size=1, loc=0, scale=1, precision=30):  
2     <...>
```

Для $\mathcal{N}(0, 1)$ сгенерируйте 200 независимых случайных величин, постройте график плотности на отрезке $[-3, 3]$, а также гистограмму по сгенерированным случайным величинам.

In []:

```
1 <...>
```

Сложная часть: генерация

Часть 3. Вы уже научились генерировать выборку из равномерного распределения. Напишите функцию генерации выборки из экспоненциального распределения, используя из теории вероятностей:

Если ξ --- случайная величина, имеющая абсолютно непрерывное распределение, и F --- ее функция распределения, то случайная величина $F(\xi)$ имеет равномерное распределение на $[0, 1]$.

Какое преобразование над равномерной случайной величиной необходимо совершить?

<...>

Для получения полного балла реализация должна быть без циклов, а параметр `size` может быть типа `tuple`.

In []:

```
1 ▾ def expon(size=1, lambd=1, precision=30):  
2     return <...>
```

Для $Exp(1)$ сгенерируйте выборку размера 100 и постройте график плотности этого распределения на отрезке $[-0.5, 5]$.

In []:

```
1 <...>
```

Вывод по задаче:

<...>

Легкая часть: матричное умножение

Задача 2

Напишите функцию, реализующую матричное умножение. При вычислении разрешается создавать объекты размерности три. Запрещается пользоваться функциями, реализующими матричное умножение (`numpy.dot`, операция `@`, операция умножения в классе `numpy.matrix`). Разрешено пользоваться только простыми векторно-арифметическими операциями над `numpy.array`, а также преобразованиями осей. Авторское решение занимает одну строчку.

In []:

```
1 ▾ def matrix_multiplication(A, B):
2     return <...>
```

Проверьте правильность реализации на случайных матрицах. Должен получиться ноль.

In []:

```
1 A = sps.uniform.rvs(size=(10, 20))
2 B = sps.uniform.rvs(size=(20, 30))
3 np.abs(matrix_multiplication(A, B) - A @ B).sum()
```

На основе опыта: вот в таком стиле многие из вас присылали бы нам свои работы, если не стали бы делать это задание :)

In []:

```
1 ▾ def stupid_matrix_multiplication(A, B):
2     C = [[0 for j in range(len(B[0]))] for i in range(len(A))]
3     for i in range(len(A)):
4         for j in range(len(B[0])):
5             for k in range(len(B)):
6                 C[i][j] += A[i][k] * B[k][j]
7     return C
```

Проверьте, насколько быстрее работает ваш код по сравнению с неэффективной реализацией `stupid_matrix_multiplication`. Эффективный код должен работать почти в 200 раз быстрее. Для примера посмотрите также, насколько быстрее работают встроенные `numpy`-функции.

In []:

```
1 A = sps.uniform.rvs(size=(400, 200))
2 B = sps.uniform.rvs(size=(200, 300))
3
4 %time C1 = matrix_multiplication(A, B)
5 %time C2 = A @ B # python 3.5
6 %time C3 = np.matrix(A) * np.matrix(B)
7 %time C4 = stupid_matrix_multiplication(A, B)
8 %time C5 = np.einsum('ij,jk->ik', A, B)
```

Ниже для примера приведена полная реализация функции. Вас мы, конечно, не будем требовать проверять входные данные на корректность, но документации к функциям нужно писать.

In []:

```
1  def matrix_multiplication(A, B):
2      '''Возвращает матрицу, которая является результатом
3      матричного умножения матриц A и B.
4
5      ...
6
7      # Если A или B имеют другой тип, нужно выполнить преобразование типов
8      A = np.array(A)
9      B = np.array(B)
10
11     # Проверка данных входных данных на корректность
12     assert A.ndim == 2 and B.ndim == 2, 'Размер матриц не равен 2'
13     assert A.shape[1] == B.shape[0], \
14         ('Матрицы размерностей {} и {} неперемножаемы'.format(A.shape, B.shape))
15
16     C = <...>
17
18     return C
```

Сложная часть: броуновское движение

Задача 3

Познавательная часть задачи (не пригодится для решения задачи)

Абсолютное значение скорости движения частиц идеального газа, находящегося в состоянии ТД-равновесия, есть случайная величина, имеющая распределение Максвелла и зависящая только от одного термодинамического параметра — температуры T .

В общем случае плотность вероятности распределения Максвелла для n -мерного пространства имеет вид:

$$p(v) = C e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^{n-1},$$

где $v \in [0, +\infty)$, а константа C находится из условия нормировки $\int_0^{+\infty} p(v)dv = 1$.

Физический смысл этой функции таков: вероятность того, что скорость частицы входит в промежуток $[v_0, v_0 + dv]$, приближённо равна $p(v_0)dv$ при достаточно малом dv . Тут надо оговориться, что математически корректное утверждение таково:

$$\lim_{dv \rightarrow 0} \frac{P\{v \mid v \in [v_0, v_0 + dv]\}}{dv} = p(v_0).$$

Поскольку это распределение не ограничено справа, определённая доля частиц среды приобретает настолько высокие скорости, что при столкновении с макрообъектом может происходить заметное отклонение как траектории, так и скорости его движения.

Например, `typing.Union[int, float]` означает "или `int`, или `float`".

Что может оказаться полезным

- Генерация нормальной выборки: `scipy.stats.norm`. [Ссылка](https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.norm.html) (<https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.norm.html>).
- Кумулятивная сумма: метод `cumsum` у `np.ndarray`. [Ссылка](https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/generated/numpy.ndarray.cumsum.html) (<https://docs.scipy.org/doc/numpy/reference/generated/numpy.ndarray.cumsum.html>).

In []:

```
1  def generate_brownian(sigma: typing.Union[int, float] = 1,
2                          *,
3                          n_proc: int = 10,
4                          n_dims: int = 2,
5                          n_steps: int = 100) -> np.ndarray:
6      """
7      :param sigma: стандартное отклонение нормального распределения,
8                    генерирующего пошаговые смещения координат
9      :param n_proc: <ДОПИСАТЬ>
10     :param n_dims: <ДОПИСАТЬ>
11     :param n_steps: <ДОПИСАТЬ>
12
13     :return: np.ndarray размера (n_proc, n_dims, n_steps), содержащий
14              на позиции [i,j,k] значение j-й координаты i-й частицы
15              на k-м шаге.
16     """
17     if not np.issubdtype(type(sigma), np.number):
18         raise TypeError("Параметр 'sigma' должен быть числом")
19     # <ДОПИСАТЬ ПРОВЕРКИ ТИПОВ>
20
21     return <...>
```

Символ `*` в заголовке означает, что все аргументы, объявленные после него, необходимо определять только по имени.

Например,

```
generate_brownian(323, 3)           # Ошибка
generate_brownian(323, n_steps=3)   # ОК
```

При проверке типов остальных аргументов, по аналогии с `np.number`, можно использовать `np.integer`. Конструкция `np.issubdtype(type(param), np.number)` используется по причине того, что стандартная питоновская проверка `isinstance(sigma, (int, float))` не будет работать для `numpy`-чисел `int64`, `int32`, `float64` и т.д.

In []:

```
1  brownian_2d = generate_brownian(2, n_steps=12000, n_proc=500, n_dims=2)
2  assert brownian_2d.shape == (500, 2, 12000)
```

2. Визуализируйте траектории для 9-ти первых броуновских частиц

Что нужно сделать

- Нарисовать 2D-графики для `brownian_2d`.

- Нарисовать 3D-графики для `brownian_3d = generate_brownian(2, n_steps=12000, n_proc=500, n_dims=3)`.

Общие требования

- Установить соотношение масштабов осей, равное 1, для каждого из подграфиков.

Что может оказаться полезным

- [Тьюриал \(https://matplotlib.org/devdocs/gallery/subplots_axes_and_figures/subplots_demo.html\)](https://matplotlib.org/devdocs/gallery/subplots_axes_and_figures/subplots_demo.html) по построению нескольких графиков на одной странице.
- Метод `plot` у `AxesSubplot` (переменная `ax` в цикле ниже).
- Метод `set_aspect` у `AxesSubplot`.

In []:

```
1 fig, axes = plt.subplots(3, 3, figsize=(18, 10))
2 fig.suptitle('Траектории броуновского движения', fontsize=20)
3
4 ▼ for ax, (xs, ys) in zip(axes.flat, brownian_2d):
5     <...>
6     pass
```

3. Постройте график среднего расстояния частицы от начала координат в зависимости от времени (шага)

- Постройте для `n_dims` от 1 до 5 включительно.
- Кривые должны быть отрисованы на одном графике. Каждая кривая должна иметь легенду.
- Для графиков подписи к осям обязательны.

Вопросы

- Как вы думаете, какой функцией может описываться данная зависимость?
- Сильно ли её вид зависит от размерности пространства?
- Можно ли её линеаризовать? Если да, нарисуйте график с такими же требованиями.

In []:

```
1 plt.figure(figsize=(12, 6))
2
3 ▼ for n_dims in range(1, 6):
4 ▼     plt.plot(
5         <...>
6         label=f'Размерность: {n_dims}'
7     )
8
9 plt.ylabel('Ср. раст. частицы от нач. координат')
10 plt.xlabel('Шаг')
11 plt.legend(loc='best')
12 plt.tight_layout()
13 plt.show()
```

Сложная часть: визуализация распределений

Задача 4

В этой задаче вам нужно исследовать свойства дискретных распределений и абсолютно непрерывных распределений.

Для перечисленных ниже распределений нужно

- 1) На основе графиков дискретной плотности (функции массы) для различных параметров пояснить, за что отвечает каждый параметр.
- 2) Сгенерировать набор независимых случайных величин из этого распределения и построить по ним гистограмму.
- 3) Сделать выводы о свойствах каждого из распределений.

Распределения:

- Бернулли
- Биномиальное
- Равномерное
- Геометрическое

Для выполнения данного задания можно использовать код с лекции.

In []:

1	<...>
---	-------