Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.25 Математическая статистика и анализ данных»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
01.03.04 Прикладная математика
(код и наименование направления подготовки)

Математическое и компьютерное моделирование
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2023

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.25 Математическая статистика и анализ данных*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра математических методов и моделей в экономике
наименование кафедры

протокол № 8 от "06" 02 2023г.

И.о. заведующего кафедрой
Кафедра математических методов и моделей в экономике — подпись — Н.П. Фот
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент кафедры ММиМЭ — подпись — О.С. Чудинова
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
01.03.04 Прикладная математика
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
личная подпись Н.А. Тычинина
расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Чудинова О.С., 2023
© ОГУ, 2023

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины: овладение студентами методами научного анализа данных, в том числе многомерных, об экономических или естественнонаучных объектах, системах, процессах.

Задачи:

– изучение методов оценивания параметров и проверки статистических гипотез относительно параметров распределения рассматриваемых показателей;

– изучение методов исследования взаимосвязей между показателями, характеризующими объекты в социально-экономических или естественнонаучных исследованиях;

– изучение методов кластеризации и классификации объектов;

– изучение методов снижения размерности (построения) признакового пространства;

– освоение современных пакетов прикладных программ и языков программирования, реализующих алгоритмы анализа данных;

– приобретение навыков содержательной интерпретации результатов анализа данных.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.13 Информационные технологии и программирование, Б1.Д.Б.14 Математический анализ, Б1.Д.Б.15 Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Б1.Д.Б.24 Теория вероятностей и случайных процессов, Б2.П.Б.У.1 Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.26 Моделирование эколого-экономических систем, Б1.Д.В.1 Теория риска и моделирование рисковых ситуаций, Б1.Д.В.9 Теория нечетких множеств и нейросетевые модели, Б1.Д.В.10 Эконометрическое моделирование, Б1.Д.В.Э.1.2 Стохастический анализ в экономике финансов и страхования, Б1.Д.В.Э.2.1 Современные информационные технологии в анализе данных и научных исследованиях, Б1.Д.В.Э.4.2 Технологии обработки больших данных, Б2.П.Б.У.1 Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы), Б2.П.В.П.1 Проектно-технологическая практика, Б2.П.В.П.2 Научно-исследовательская работа, Б2.П.В.П.3 Преддипломная практика, ФДТ.1 Практикум "Технологии информационного обеспечения научно-исследовательской работы", ФДТ.3 Системы искусственного интеллекта*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ОПК-1-В-3 Применяет математический инструментарий теории вероятностей, математической статистики, анализа данных и случайных процессов	**Знать:** обладает знаниями математической статистики и анализа данных, позволяющими выявить стохастическую природу явлений при решении задач в области естественных наук и инженерной практике. **Уметь:** выбрать вероятностно-статистический инструментарий для решения задач в области

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		естественных наук и инженерной практике. **Владеть:** навыками вероятностно-статистического моделирования, позволяющими решать задачи в области естественных наук и инженерной практике.
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ОПК-2-В-2 Применяет математический инструментарий для анализа и управления системами в различных отраслях ОПК-2-В-5 Применяет методы оценки и исследования характеристик случайных величин, векторов и процессов	**Знать:** методы оценивания параметров распределения случайной величины (случайного вектора), методы проверки гипотез о параметрах распределения случайной величины (случайного вектора), методы исследования связи компонент случайного вектора, методы многомерной кластеризации и классификации, методы снижения размерности признакового пространства; возможности использования и сферы применения перечисленных методов и алгоритмов математической статистики и анализа данных. **Уметь:** решать прикладные задачи с помощью методов и алгоритмов математической статистики и анализа данных, осуществлять проверку адекватности вероятностно-статистической модели и давать интерпретацию полученных результатов. **Владеть:** навыками решения прикладных задач с помощью методов и алгоритмов математической статистики и анализа данных; навыками анализа и интерпретации полученных результатов; навыками разработки на основе полученных результатов решений или их элементов.
ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной	ОПК-3-В-1 Использует современные информационные технологии для решения задач анализа и моделирования процессов и систем	**Знать:** методы и алгоритмы математической статистики и анализа данных и особенности их реализации с помощью

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
деятельности		современных информационных технологий. **Уметь:** реализовывать методы и алгоритмы математической статистики и анализа данных с помощью современных информационных технологий в процессе решения практических задач. **Владеть:** навыками реализации методов и алгоритмов математической статистики и анализа данных с помощью современных информационных технологий для решения практических задач.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов			
	4 семестр	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**72**	**144**	**108**	**324**
Контактная работа:	**34,25**	**66,25**	**50,25**	**150,75**
Лекции (Л)	18	34	34	86
Практические занятия (ПЗ)	16	16		32
Лабораторные работы (ЛР)		16	16	32
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,25	0,75
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального задания;* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям)*	**37,75**	**77,75**	**57,75**	**173,25**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**диф. зач.**	**диф. зач.**	**диф. зач.**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в математическую статистику	6	2	-		4
2	Построение вариационных рядов и эмпирических законов распределения	14	2	4		8
3	Точечное оценивание параметров распределения генеральной совокупности	20	6	4		10
4	Проверка непараметрических гипотез о согласованности эмпирического и гипотетического законов распределения	16	4	4		8
5	Интервальное оценивание параметров распределения генеральной совокупности	16	4	4		8
	Итого:	72	18	16		38

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
6	Введение в анализ данных	4	2	-	-	2
7	Проверка параметрических статистических гипотез	16	4	2	2	8
8	Оценивание и сравнение параметров многомерной генеральной совокупности	18	4	2	2	10
9	Методы робастного оценивания	18	4	2	2	10
10	Многомерный корреляционный анализ количественных признаков	30	6	4	4	16
11	Корреляционный анализ порядковых переменных: ранговая корреляция	18	4	2	2	10
12	Корреляционный анализ номинальных признаков: анализ таблиц сопряженности	18	4	2	2	10
13	Метод главных компонент	22	6	2	2	12
	Итого:	144	34	16	16	78

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
14	Методы кластерного анализа	20	6		4	10
15	Дискриминантный анализ	20	6		4	10
16	Расщепление смеси вероятностных распределений	14	4		2	8
17	Факторный анализ	17	6		1	10
18	Вращение факторного пространства	7	2		1	4
19	Многомерное шкалирование	18	6		2	10
20	Анализ соответствий	12	4		2	6
	Итого:	108	34		16	58
	Всего:	324	86	32	32	174

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ 1 Введение в математическую статистику

Основные понятия математической статистики: генеральная совокупность, случайная (априорная) выборка и её реализация (апостериорная выборка). Закон распределения априорной выборки, априорный вариационный ряд, порядковые статистики, закон распределения некоторых порядковых статистик.

№2 Построение вариационных рядов и эмпирических законов распределения

Построение вариационных рядов: дискретный вариационный ряд, интервальный вариационный ряд. Эмпирическая функция распределения, эмпирическая плотность распределения и их графическое представление.

№ 3 Точечное оценивание параметров распределения генеральной совокупности

Постановка задачи точечного оценивания. Определение точечной оценки параметра θ. Требования к точечным оценкам: состоятельность, несмещенность, эффективность. Теорема о единственности эффективной оценки. Неравенство Рао-Крамера и эффективная оценка по Рао-Крамеру. Исследование свойств оценок основных числовых характеристик. Методы нахождения точечных оценок: метод аналогий, метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия, метод моментов. Характер варьирования выборочных характеристик.

№ 4 Проверка непараметрических гипотез о согласованности эмпирического и гипотетического законов распределения

Основные теоретические сведения по проверке непараметрических статистических гипотез. Критерии согласия: критерий Колмогорова-Смирнова, критерий Мизеса (ω^2), критерий Пирсона (χ^2).

№ 5 Интервальное оценивание параметров распределения генеральной совокупности

Понятие интервальной оценки и доверительного интервала параметра θ. Алгоритм построения интервальных оценок. Примеры построения доверительных интервалов для основных числовых характеристик в случае нормального закона распределения генеральной совокупности и выборки большого объема.

№ 6 Введение в анализ данных

Понятие анализа данных, классификация методов анализа данных. Объект, предмет, задачи многомерного статистического анализа данных. Многомерная генеральная совокупность и ее закон распределения. Многомерный нормальный закон распределения. Представление исходной информации в многомерном анализе.

№ 7 Проверка параметрических статистических гипотез

Основные теоретические сведения по проверке параметрических статистических гипотез: виды статистических гипотез, выборочное пространство, статистический критерий, критическое множество, ошибки 1-го и 2-го рода, уровень значимости, мощность критерия. Принципы построения оптимального критерия. Критерий Неймана-Пирсона для проверки простых гипотез. Алгоритм проверки сложных статистических гипотез. Проверка гипотез о параметрах нормально распределенных генеральных совокупностей.

№ 8 Оценивание и сравнение параметров многомерной генеральной совокупности

Точечное оценивание параметров распределения многомерной генеральной совокупности. Построение доверительной области для вектора (части компонент вектора) математических ожиданий нормально распределенной генеральной совокупности. Построение доверительной области для вектора параметров в форме прямоугольного параллелепипеда. Проверка гипотезы о равенстве вектора математических ожиданий нормально распределенной генеральной совокупности стандарту. Проверка гипотезы об однородности распределения двух генеральных совокупностей.

№ 9 Методы робастного оценивания

Цель разведочного анализа данных. Графические процедуры анализа данных. Проблема неоднородности данных. Обнаружение аномальных наблюдений в скалярном случае: критерий Смирнова-Граббса, критерий Граббса, критерии Титьена-Мура. Обнаружение аномальных наблюдений в многомерном случае. Методы робастного оценивания: методы оценивания Пуанкаре, Винзора и Хубера.

№ 10 Многомерный корреляционный анализ количественных признаков

Теория корреляции: определение и свойства коэффициента корреляции и корреляционной матрицы, наилучшая линейная аппроксимация одной случайной величины остальными (k-1) компонентами случайного вектора, функция регрессии, общая, остаточная, факторная дисперсии, корреляционное отношение, коэффициент детерминации, определение и свойства частного коэффициента корреляции. Многомерный корреляционный анализ: постановка задачи; оценка матрицы парных коэффициентов корреляции, частных коэффициентов корреляции, множественного коэффициента корреляции, коэффициента детерминации, функции регрессии; проверка гипотез о значимости характеристик связи и построение доверительных интервалов.

№ 11 Корреляционный анализ порядковых переменных: ранговая корреляция

Типы случайных величин и шкалы их измерения. Постановка задачи рангового корреляционного анализа; понятие ранга, объединенных рангов, ранжировки. Ранговые коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла: построение, свойства, расчет в случае объединенных рангов, проверка значимости (в т.ч. при малом объеме выборки), построение доверительных интервалов. Коэффициент конкордации: построение, свойства, расчет в случае объединенных рангов, проверка значимости (в т.ч. при малом объеме выборки).

№ 12 Корреляционный анализ номинальных признаков: анализ таблиц сопряженности

Выборочная двухфакторная таблица сопряженности: структура, свойства, интерпретация. Проверка гипотезы о независимости двух номинальных признаков. Меры связи для таблицы сопряженности 2×2: меры связи, основанные на статистике χ^2, меры связи, основанные на отношении преобладаний (шансов). Меры связи для таблицы сопряженности $r \times s$: меры связи, основанные на статистике χ^2, коэффициенты Гудмена и Краскала, меры связи для таблиц сопряженности порядковых признаков.

№ 13 Метод главных компонент

Постановка задачи снижения размерности признакового пространства, понятие меры информативности новой системы признаков. Необходимость и возможность снижения размерности признакового пространства. Определение 1-ой, 2-ой, …, k-ой главных компонент. Оптимизационная задача для построения первой главной компоненты и процедура её решения. Основные числовые характеристики главных компонент. Матрица нагрузок и её свойства. Алгоритм оценки и проведения статистического анализа главных компонент. Матрица индивидуальных значений главных компонент. Поиск названий главных компонент.

№ 14 Методы кластерного анализа

Постановка задачи классификации без обучения (непараметрический случай). Требования к мерам сходства и расстояния между объектами. Метрики расчета расстояния между объектами. Способы расчета расстояния между классами объектов. Классификация задач кластерного анализа и основные типы кластер-процедур. Агломеративные методы кластерного анализа: метод одиночной связи, метод полных связей, метод средней связи, метод Уорда. Дивизимные методы кластерного анализа. Итерационные методы кластерного анализа: метод k-средних, метод поиска сгущений, метод взаимного поглощения. Функционалы качества разбиения.

№ 15 Дискриминантный анализ

Постановка задачи классификации с обучением (параметрический случай). Понятие класса. Функции потерь и вероятности неверной классификации, удельные потери. Построение оптимальных

процедур классификации. Параметрический дискриминантный анализ в случае нормального закона распределения классов и его геометрическая интерпретация.

№ 16 Расщепление смеси вероятностных распределений

Постановка задачи классификации без обучения (параметрический случай). Понятие смеси вероятностных распределений. Решение задачи расщепления смеси вероятностных распределений сведением к схеме дискриминантного анализа. EM-алгоритм.

№ 17 Факторный анализ

Постановка задачи факторного анализа, требования к общим и характерным факторам. Линейная модель факторного анализа. Разложение дисперсии в факторном анализе, понятие общности, характерности, разложение характерности в факторном анализе. Фундаментальная теорема факторного анализа, редуцированная матрица парных коэффициентов корреляции. Факторное отображение, факторная структура. Оптимизационная задача для построения первого главного фактора и её решение. Оптимизационная задача для построения второго главного фактора. Алгоритм метода главных факторов. Алгоритм оценки и проведения статистического анализа главных факторов. Методы оценки общности. Нахождение матрицы индивидуальных значений главных факторов.

№ 18 Вращение факторного пространства

Пространство общих факторов и полное факторное пространство. Взаимосвязь между факторными решениями. Виды конфигураций. Ортогональное вращение на плоскости. Ортогональное вращение многомерного факторного пространства. Косоугольное вращение. Критерии для оценки структуры обобщенных факторов.

№ 19 Многомерное шкалирование

Постановка задачи многомерного шкалирования. Сферы применения многомерного шкалирования. Представление и первичная обработка статистических данных. Метрическое многомерное шкалирование. Неметрическое многомерное шкалирование. Оценка качества и интерпретация результатов многомерного шкалирования.

№ 20 Анализ соответствий

Постановка задачи и основные понятия анализа соответствий. Алгоритм простого анализа соответствий. Анализ многомерных данных и множественный анализ соответствий.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	7	Проверка параметрических статистических гипотез	2
2	8	Оценивание и сравнение параметров многомерной генеральной совокупности	2
3	9	Методы робастного оценивания	2
4-5	10	Многомерный корреляционный анализ количественных признаков	4
6	11	Корреляционный анализ порядковых переменных: ранговая корреляция	2
7	12	Корреляционный анализ номинальных признаков: анализ таблиц сопряженности	2
8	13	Метод главных компонент	2
9-10	14	Методы кластерного анализа	4
11-12	15	Дискриминантный анализ	4
13	16	Расщепление смеси вероятностных распределений	2
14	17-18	Факторный анализ. Вращение факторного пространства	2
15	19	Многомерное шкалирование	2

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
16	20	Анализ соответствий	2
		Итого:	32

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1-2	2	Построение вариационных рядов и эмпирических законов распределения	4
3-4	3	Точечное оценивание параметров распределения генеральной совокупности	4
5-6	4	Проверка непараметрических гипотез о согласованности эмпирического и гипотетического законов распределения	4
7-8	5	Интервальное оценивание параметров распределения генеральной совокупности	4
9	7	Проверка параметрических статистических гипотез	2
10	8	Оценивание и сравнение параметров многомерной генеральной совокупности	2
11	9	Методы робастного оценивания	2
12-13	10	Многомерный корреляционный анализ количественных признаков	4
14	11	Корреляционный анализ порядковых переменных: ранговая корреляция	2
15	12	Корреляционный анализ номинальных признаков: анализ таблиц сопряженности	2
16	13	Метод главных компонент	2
		Итого:	32

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Математическая статистика: учеб. для вузов / под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко.- 3-е изд., испр. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 424 с.

2. Соколов, Г.А. Математическая статистика: учебник для вузов / Г.А. Соколов, И.М. Гладких. – М.: Экзамен, 2004. – 432 с.

1. Методы и модели эконометрики [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.04.01 Экономика, 38.03.05 Бизнес-информатика / под ред. А. Г. Реннера; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Ч. 1. Анализ данных. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 14.90 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2015. - 574 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 5.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/8283_20150703.pdf - ISBN 978-5-7410-1331-1

4. Методы и модели эконометрики [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.04.01 Экономика, 38.03.05 Бизнес-информатика / под ред. А. Г. Реннера ; [О. И. Бантикова и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2017. Т. 1: Анализ данных. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 235 с.

5. Методы и модели эконометрики [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.04.01 Экономика, 38.03.05 Бизнес-информатика / под ред. А. Г. Реннера ; [О. И. Бантикова и др.] ;

М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ, 2017. Т. 2: Анализ данных. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 348 с.

6. Кибзун, А. И. Теория вероятностей и математическая статистика: Базовый курс с примерами и задачами : учебное пособие / А. И. Кибзун, Е. Р. Горяинова, А. В. Наумов ; ред. А. И. Кибзун. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физматлит, 2007. – 232 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69320

7. Крутиков, В. Н. Анализ данных : учебное пособие / В. Н. Крутиков, В. В. Мешечкин ; Кемеровский государственный университет. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. – 138 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278426

5.2 Дополнительная литература

1. Шведов, А. С. Теория вероятностей и математическая статистика: промежуточный уровень: учебное пособие : [16+] / А. С. Шведов. – Москва : Издательский дом Высшей школы экономики, 2017. – 281 с. – (Учебники Высшей школы экономики). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=486562

2. Кельберт, М. Я. Вероятность и статистика в примерах и задачах : учебное пособие : [16+] / М. Я. Кельберт, Ю. М. Сухов ; пер. Л. Сахно, В. Кнопова, Ю. Мишура. – Москва : МЦНМО, 2010. – Том 1. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики. – 486 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69109

3. Яркова, О. Н. Методы интеллектуального анализа данных. Деревья решений [Электрон-ный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образо-вания по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика и 38.03.05 Бизнес-информатика / О. Н. Яркова, А. В. Раменская, О. С. Чудинова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2022. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с этикетки диска. - Систем. требования: Intel Core или аналогич.; Microsoft Windows 7, 8, 10 ; 512 Мб ; монитор, поддерживаю-щий режим 1024x768 ; мышь или аналогич. устройство. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/165816_20220511.pdf

4. Реннер, А. Г. Математическая статистика: учеб. пособие для вузов / А. Г. Реннер, Г. Г. Аралбаева. - Оренбург : ОГУ, 2003. - 175 с.

5. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – Т.1: Теория вероятностей и прикладная статистика. – 656 с.

6. Большаков, А. А. Методы обработки многомерных данных и временных рядов: учеб. пособие для вузов / А. А. Большаков, Р. Н. Каримов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 522 с.

7. Математическое моделирование: исследование социальных, экономических и экологических процессов (региональный аспект) [Комплект] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по экономическим направлениям подготовки / [О. И. Бантикова, В. И. Васянина, Ю. А. Жемчужникова, А.Г. Реннер, Е.Н. Седова, О.И. Стебунова, Л.М. Туктамышева, О.С. Чудинова]; под ред. А. Г. Реннера; Рекомендовано Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по экономическим направлениям подготовки.- 2-е изд. - Оренбург : Университет, 2014. - 367 с.

8. Агалаков, С. А. Анализ данных в среде R : практикум : [16+] / С. А. Агалаков. – Омск : Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского (ОмГУ), 2020. – 52 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=614033

9. Программные системы статистического анализа : обнаружение закономерностей в данных с использованием системы R и языка Python : учебное пособие : [16+] / В. М. Волкова, М. А. Семенова, Е. С. Четвертакова, С. С. Вожов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 74 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576496

Методические указания

1. Чудинова, О.С. Анализ таблиц сопряженности в пакетах Statistica, САНИ, Excel [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам, практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / О.С. Чудинова; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2014. – 57 с.

2. Бантикова, О. И. Методы кластерного анализа. Классификация без обучения (непараметрический случай): метод. указания к лаб. практикуму, курсовой работе, диплом. проектированию и самостоят. работе студентов специальности 080116.65, направлений подготовки 231300.62, 080500.62 / О. И. Бантикова, Е. Н. Седова, О. С. Чудинова. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2011. - 91с.

3. Реннер, А. Г. Параметрический дискриминантный анализ в пакетах Statistica, Stata, Excel: метод. указания к лаб. практикуму, курсовой работе, дипломному проектированию и самостоят. работе студентов / А. Г. Реннер, О. С. Чудинова. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2011. - 50с.

4. Реннер, А.Г. Снижение размерности признакового пространства методом главных компонент в пакетах Statistica, Stata, Excel: методические указания к лабораторным работам, практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / А.Г. Реннер, О.С. Чудинова; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2013. – 46 с.

5. Чудинова, О. С. Анализ данных [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика, 01.03.04 Прикладная математика / О. С. Чудинова, О. И. Бантикова, В. И. Васянина; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Оренбург: ОГУ. - 2018. - 15 с.

6. Чудинова, О.С. Расщепление смеси вероятностных распределений в пакете Statistica и среде RStudio [Электронный ресурс]: методические указания / О.С. Чудинова; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2018. – 38 с.

7. Чудинова, О. С. Методы робастного оценивания [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.04.01 Экономика / О. С. Чудинова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.96 Мб). - Оренбург: ОГУ, 2019. - 33 с.

8. Раменская, А. В. Методы анализа соответствий в исследовании рынка [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика / А. В. Раменская, О. С. Чудинова; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. мат. методов и моделей в экономике. - Оренбург: ОГУ. - 2019. - 39 с.

5.3 Периодические издания

1. Информационные технологии : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2023.

2. Вестник компьютерных и информационных технологий : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2023.

3. Вопросы статистики : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2023.

4. Маркетинг и маркетинговые исследования : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2023.

5.4 Интернет-ресурсы

1. http://teorver-online.narod.ru/ – интернет-учебник «Теория вероятностей и математическая статистика», автор А.Д. Манита, МГУ
2. https://www.intuit.ru/studies/courses/514/370/info - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», онлайн-курс «Основы математической статистики» (Автор: Е. Горяинова)
3. https://www.intuit.ru/studies/courses/637/493/info - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», онлайн-курс «Основы математической статистики» (Автор: Б. Бояршинов)
4. https://www.intuit.ru/studies/courses/1153/318/info - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», онлайн-курс «Статистические методы анализа данных» (Автор: Е. Горяинова)
5. https://www.intuit.ru/studies/courses/11246/1131/info - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», онлайн-курс «Обработка экспериментальных данных» (Автор Т. Коваленко)
6. https://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/info - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», онлайн-курс «Data Mining» (Автор: И. Чубукова)

7. https://www.intuit.ru/studies/courses/546/402/info - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», онлайн-курс «Прикладная статистика» (Автор: А. Орлов)
8. www.gks.ru – Федеральная служба государственной статистики;
9. http://www.machinelearning.ru – профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных;
10. https://r-analytics.blogspot.com – R: Анализ и визуализация данных;
11. https://yandexdataschool.ru/edu-process/courses/machine-learning – видеолекции курса «Машинное обучение»;

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи Webinar.ru
4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2023]. – Режим доступа в сети ОГУ для установки системы: \\fileserver1\GarantClient\garant.exe
5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.
6. Python 3.* - язык программирования с открытым исходным кодом. Доступен бесплатно. Режим доступа: https://www.python.org/downloads/
7. Дистрибутив Anaconda. Доступен бесплатно. Режим доступа: https://www.anaconda.com/products/distribution
8. Свободное статистическое программное обеспечение для анализа данных (с открытым исходным кодом в рамках проекта GNU) R
9. Свободная среда разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R Rstudio

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оснащенный комплектами ученической мебели, компьютерами с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.