

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра математического анализа

«Утверждаю»  
Проректор по учебно-  
методической работе  
\_\_\_\_\_ Ю.А. Устименко  
«6» сентября 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Б1.О.11 Прикладной статистический анализ**

Направление подготовки: 02.04.01 Математика и компьютерные науки  
Направленность (профиль): Методы моделирования в анализе и стохастике  
Форма обучения – очная  
Курс – 1  
Семестр – 2  
Всего зачётных единиц – 3, часов – 108  
Форма отчетности: зачёт – 2 семестр

Программу разработала:  
старший преподаватель Т.Р. Нагорная

Одобрена на заседании кафедры  
«30» августа 2022 г., протокол № 11

Смоленск  
2022

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Курс «Прикладной статистический анализ» относится к обязательным для изучения дисциплинам учебного плана направления подготовки 02.04.01 Математика и компьютерные науки. Он изучается во 2 семестре и является одной из основных дисциплин.

Для успешного освоения этой дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные как на предыдущем уровне образования (бакалавриат, специалитет) в ходе физико-математического цикла, так и при изучении таких дисциплин, как «Дискретные и вероятностные модели», «Аналитические и вероятностные методы», «Дополнительные главы теории вероятностей» и др.

Освоение данной дисциплины направлено на изучение математических моделей и задач, возникающих при проведении эмпирических исследований, методами статистического анализа. Она позволяет сформировать у студентов навыки решения научно-исследовательских проблем и дать понимание о целостной научной картине мира, в которой органично сочетаются знания из различных областей науки. Освоение данной дисциплины необходимо для изучения таких дисциплин, как «Математические модели в естественных науках», «Статистический анализ экономических и социальных процессов» и др.

Изучение курса основано на традиционных методах высшей школы, тесной взаимосвязи со смежными курсами, на использовании современной учебной и методической литературы, а также на применении современных математических пакетов для моделирования социально-экономических процессов.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<b>ОПК-1.</b> Способен находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы прикладной и компьютерной математики	<b>Знать:</b> современный аппарат математики, основные понятия и базовые методы математического характера, используемые при выявлении, формализации, анализе и решении проблем прикладной и компьютерной математики. <b>Уметь:</b> находить, формулировать, выбирать необходимые методы решения и решать актуальные проблемы прикладной и компьютерной математики, использовать наиболее эффективные приемы моделирования, соответствующие данной научной дисциплине или моделируемому естественному процессу; использовать системы компьютерной математики. <b>Владеть:</b> навыками использования полученных теоретических сведений для более точного и максимально оптимального построения и реализации алгоритма решения задач прикладной и компьютерной математики.
<b>ОПК-2.</b> Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	<b>Знать:</b> основные понятия прикладной математики, сферы их приложений; возможности создания и исследования новых математических моделей в естественных науках; применение новых математических методов, появляющихся в исследованиях предметной области; основные способы математической обработки информации и их реализации с помощью программного обеспечения. <b>Уметь:</b> применять математические знания в

	<p>профессиональной деятельности при построении математических моделей в естественных науках, требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; оценивать программное обеспечение и перспективы его использования с учетом решаемых профессиональных задач; расширять свои математические познания.</p> <p><b>Владеть:</b> основными методами обработки математических моделей в естественных науках; навыками работы с программными средствами общего и профессионального назначения; способами ориентации в профессиональных источниках информации; навыками проведения экспериментов и анализом их результатов.</p>
<p><b>ОПК-3.</b> Способен самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства</p>	<p><b>Знать:</b> методологию и алгоритмы создания прикладных программных средств на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, основные способы компьютерной обработки представленной базы данных на основе заданной математической модели.</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научных исследований и требующие углубленных профессиональных знаний; самостоятельно создавать прикладное программное обеспечение для решения подобных задач; применять основные методы компьютерной обработки данных при построении математических моделей реальных объектов и делать на их основе правильные выводы.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками в области математической обработки данных и создания прикладных программных продуктов на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства.</p>

### 3. Содержание дисциплины

**Введение в прикладной статистический анализ.** Назначение и содержание прикладной статистики. Подходы к интерпретации и анализу исходных статистических данных. Центральные проблемы прикладной статистики. Основные этапы прикладного статистического анализа.

**Оценивание параметров в практике статистического анализа.** Постановка задачи статистического оценивания и подходы к ее решению. Байесовский подход к оцениванию. Оценка параметров с помощью Байесовского подхода с различными функциями стоимости. Метод максимального правдоподобия. Метод моментов. Свойства точечных оценок. Интервальные оценки параметров генеральной совокупности. Построение доверительных интервалов.

**Статистическая проверка гипотез и ее приложения.** Основные понятия статистической проверки гипотез и возможные результаты. Основные этапы проверки гипотезы. Проверка гипотезы при простой альтернативе. Проверка гипотезы о значении генерального среднего. Проверка гипотезы о значении разброса. Проверка гипотезы о

значении генеральной доли. Проверка гипотезы о значении параметра на основе доверительного интервала. Проверка гипотезы о соотношении параметров различных генеральных совокупностей. Проверка гипотезы о равенстве генеральных дисперсий. Проверка гипотезы о том, что генеральные доли в двух совокупностях одинаковы. Проверка гипотез об однородности параметров различных генеральных совокупностей. Проверка гипотезы об однородности ряда вероятностей.

**Характеристики многомерной совокупности. Меры взаимосвязи признаков.** Обобщение одномерных характеристик: от среднего к вектору средних, от дисперсии – к ковариационной матрице. Характеристики положения и разброса многомерной нормальной совокупности. Меры линейной связи признаков. Проверка наличия связи количественных признаков. Интервальная оценка коэффициента корреляции. Проверка наличия статистической связи при наличии факторов, которые могут оказать влияние на эту связь. Множественный коэффициент корреляции. Меры связи качественных признаков.

**Регрессионный анализ.** Общий вид регрессионной модели. Линейная модель регрессии. Идентификация линейной модели регрессии. Интерпретация результатов линейной регрессии. Линейная модель множественной регрессии. Интерпретация характеристик и результатов линейной модели множественной регрессии. Некоторые проблемы построения линейной модели множественной регрессии.

**Параметрическое и непараметрическое моделирование распределений.** Постановка задачи моделирования распределений. Гистограмма как непараметрическая модель функции плотности. Усредненная по сдвигу гистограмма. Ядерная оценка плотности распределения. Модели смесей распределений. Многомерные модели распределений.

**Выделение однородных групп объектов методами классификации.** Постановка задачи классификации. Виды статистического анализа, применяемого для классификации наблюдений. Решающее для классификации объектов в рамках вероятностного подхода. Классификация объектов методами дискриминантного анализа. Задача классификации на основе декомпозиции смеси распределений. Кластерный анализ. Иерархические процедуры кластерного анализа. Выбор числа групп при классификации в отсутствие обучения.

**Снижение размерности признакового пространства и построение индексов.** Постановка задачи снижения размерности признакового пространства. Принцип перехода к новому признаковому пространству методом главных компонент. Матрица факторных нагрузок как матрица перехода к новому признаковому пространству. Получение матрицы факторных нагрузок.

**Модели временных рядов и их применение.** Основные характеристики временных рядов и общий вид временного ряда. Обнаружение тренда временного ряда. Выбор вида трендовой модели. Трендовые модели экспоненциального вида. Проверка адекватности модели тренда как модели временного ряда. Моделирование сезонных изменений. Адаптивные модели временных рядов. Методология Бокса-Дженкинса.

#### 4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий			
			лекции	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1.	Введение в прикладной статистический анализ	8	2	0	0	6
2.	Оценивание параметров в практике статистического анализа	10	0	0	2	8

3.	Статистическая проверка гипотез и ее приложения	12	2	0	2	8
4.	Характеристики многомерной совокупности. Меры взаимосвязи признаков	12	2	0	2	8
5.	Регрессионный анализ	12	2	0	2	8
6.	Параметрическое и непараметрическое моделирование распределений	12	2	0	2	8
7.	Выделение однородных групп объектов методами классификации	14	2	0	2	10
8.	Снижение размерности признакового пространства и построение индексов	14	2	0	2	10
9.	Модели временных рядов и их применение	14	2	0	2	10
ИТОГО		108	16	0	16	76

## 5. Виды образовательной деятельности

### Занятия лекционного типа

**1. Введение в прикладной статистический анализ.** Назначение и содержание прикладной статистики. Подходы к интерпретации и анализу исходных статистических данных. Центральные проблемы прикладной статистики. Основные этапы прикладного статистического анализа.

**2. Статистическая проверка гипотез и ее приложения.** Основные понятия статистической проверки гипотез и возможные результаты. Основные этапы проверки гипотезы. Проверка гипотезы при простой альтернативе. Проверка гипотезы о значении генерального среднего. Проверка гипотезы о значении разброса. Проверка гипотезы о значении генеральной доли. Проверка гипотезы о значении параметра на основе доверительного интервала. Проверка гипотезы о соотношении параметров различных генеральных совокупностей. Проверка гипотезы о равенстве генеральных дисперсий. Проверка гипотезы о том, что генеральные доли в двух совокупностях одинаковы. Проверка гипотез об однородности параметров различных генеральных совокупностей. Проверка гипотезы об однородности ряда вероятностей.

**3. Характеристики многомерной совокупности. Меры взаимосвязи признаков.** Обобщение одномерных характеристик: от среднего к вектору средних, от дисперсии – к ковариационной матрице. Характеристики положения и разброса многомерной нормальной совокупности. Меры линейной связи признаков. Проверка наличия связи количественных признаков. Интервальная оценка коэффициента корреляции. Проверка наличия статистической связи при наличии факторов, которые могут оказать влияние на эту связь. Множественный коэффициент корреляции. Меры связи качественных признаков.

**4. Регрессионный анализ.** Общий вид регрессионной модели. Линейная модель регрессии. Идентификация линейной модели регрессии. Интерпретация результатов линейной регрессии. Линейная модель множественной регрессии. Интерпретация характеристик и результатов линейной модели множественной регрессии. Некоторые проблемы построения линейной модели множественной регрессии.

**5. Параметрическое и непараметрическое моделирование распределений.** Постановка задачи моделирования распределений. Гистограмма как непараметрическая

модель функции плотности. Усредненная по сдвигу гистограмма. Ядерная оценка плотности распределения. Модели смесей распределений. Многомерные модели распределений.

**6. Выделение однородных групп объектов методами классификации.** Постановка задачи классификации. Виды статистического анализа, применяемого для классификации наблюдений. Решающее для классификации объектов в рамках вероятностного подхода. Классификация объектов методами дискриминантного анализа. Задача классификации на основе декомпозиции смеси распределений. Кластерный анализ. Иерархические процедуры кластерного анализа. Выбор числа групп при классификации в отсутствие обучения.

**7. Снижение размерности признакового пространства и построение индексов.** Постановка задачи снижения размерности признакового пространства. Принцип перехода к новому признаковому пространству методом главных компонент. Матрица факторных нагрузок как матрица перехода к новому признаковому пространству. Получение матрицы факторных нагрузок.

**8. Модели временных рядов и их применение.** Основные характеристики временных рядов и общий вид временного ряда. Обнаружение тренда временного ряда. Выбор вида трендовой модели. Трендовые модели экспоненциального вида. Проверка адекватности модели тренда как модели временного ряда. Моделирование сезонных изменений. Адаптивные модели временных рядов. Методология Бокса-Дженкинса.

#### **Занятия семинарского типа - лабораторные занятия**

Списки задач, а также теоретические вопросы для подготовки к занятиям размещены в ЭИОС СмолГУ ([www.cdo.smolgu.ru](http://www.cdo.smolgu.ru)). На занятиях решаются задачи с использованием СКМ РТС Mathcad 15.0 или MS Excel.

**Лабораторное занятие №1. Оценивание параметров в практике статистического анализа.**

##### Теоретические вопросы

1. Метод максимального правдоподобия.
2. Метод моментов.
3. Перечислите свойства точечных оценок.
4. Интервальные оценки параметров генеральной совокупности.

##### Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Испытание – точка бросается на отрезок  $[0, 1]$ . Событие  $A$  – точка попала в отрезок  $[0; 0,3]$ . Производим последовательность в 30 серий испытаний. В каждой серии по 200 испытаний. Варианта № $i$  – количество наступлений события  $A$  в серии № $i = 1, 2, \dots, 30$ . Генеральная совокупность распределена по Пуассоновскому закону с неизвестным параметром  $a$ . Оцените значение этого параметра методом моментов.

**Лабораторное занятие №2. Статистическая проверка гипотез и ее приложения.**

##### Теоретические вопросы

1. Общая схема проверки гипотез.
2. Односторонние критерии проверки гипотез.
3. Двусторонние критерии проверки гипотез.

##### Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. По результатам  $n = 7$  независимых измерений найдено, что  $\bar{x} = 82,48$  мм., а  $S = 0,08$  мм. Допустив, что ошибки измерения имеют нормальное распределение проверить на уровне значимости  $\alpha = 0,05$  гипотезу  $H_0 : \sigma^2 = 0,01$  мм<sup>2</sup> против конкурирующей гипотезы  $H_1 : \sigma^2 = 0,005$  мм<sup>2</sup>. В ответе записать разность между фактическим и табличным значениями выборочной характеристики.

**Лабораторное занятие №3. Характеристики многомерной совокупности. Меры взаимосвязи признаков.**

Теоретические вопросы

1. Дайте определение многомерной случайной величины.
2. С помощью чего задается закон распределения многомерной случайной величины?
3. Частные законы распределения.
4. Числовые характеристики для многомерной случайной величины.
5. Сформулируйте многомерный нормальный закон распределения.
6. Корреляция как мера связи признаков.
7. Меры связи неколичественных признаков.

Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Определите связи между оценкой, полученной на экзамене, и посещением занятий:

Группа учащихся	Число студентов		Итого
	получили на экзамене «4» и «5»	получили на экзамене не более «3»	
Систематически изучали предмет	450	150	600

Группа учащихся	Число студентов		Итого
	получили на экзамене «4» и «5»	получили на экзамене не более «3»	
Готовились перед экзаменом	80	120	200
Итого	530	270	800

**Лабораторное занятие №4. Регрессионный анализ.**

Теоретические вопросы

1. Показатели тесноты связи при линейной и нелинейной формах зависимости, оценка их значимости и существенности корреляции.
2. Функция регрессии и ее свойства.
3. Линейные модели.
4. Линейная модель с одной переменной (регрессором).
5. Использование метода наименьших квадратов для оценки параметров регрессионных моделей.
6. Показатели тесноты связи при линейной и нелинейной формах зависимости, оценка их значимости и существенности корреляции.
7. Функция регрессии и ее свойства.
8. Линейные модели.
9. Линейная модель с одной переменной (регрессором).
10. Использование метода наименьших квадратов для оценки параметров регрессионных моделей.

Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Провести корреляционный анализ на основании следующих данных

	Var1	Var2	Var3
1	2	17	45
2	5	16	47
3	7	16	49
4	8	14	53

5	9	11	52
6	12	12	56
7	16	9	57
8	19	7	60

2. На основании исходных данных VX и VY найти уравнение парной линейной регрессии, коэффициент корреляции и построить график эмпирических значений и теоретических, рассчитанных по уравнению регрессии. Используя найденную зависимость, получить прогноз значений функции при  $x = 50 \dots 60$ . Сделать выводы.

	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
VX											
VY	5.799	5.669	5.615	5.601	5.527	5.462	5.418	5.402	4.982	4.907	4.878

3. По данным за 2001-2015 гг. с сайта Федеральной службы государственной статистики <http://www.gks.ru> об общем количестве выброшенных загрязняющих атмосферу веществ построить уравнение парной линейной регрессии, найти коэффициент корреляции и построить график эмпирических значений и теоретических, рассчитанных по уравнению регрессии. Используя найденную зависимость, получить прогноз количества выбросов на 2020-2050 гг.. Сделать выводы.

**Лабораторное занятие №5. Параметрическое и непараметрическое моделирование распределений.**

Теоретические вопросы

1. Задача определения вида закона распределения.
2. Этапы построения параметрической модели.
3. Гистограмма как непараметрическая модель функции плотности распределения.
4. Усредненная по сдвигу гистограмма.
5. Ядерная оценка плотности распределения.

Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Проверить простую гипотезу о принадлежности выборки экспоненциальному закону. Упорядоченная выборка объемом 100 наблюдений имеет вид:

0,0041	0,0051	0,0058	0,0074	0,0082
0,0110	0,0160	0,0191	0,0263	0,0279
0,0294	0,0323	0,0411	0,0452	0,0688
0,0741	0,0805	0,0809	0,1026	0,1124
0,1220	0,1226	0,1233	0,1317	0,1323
0,1368	0,1379	0,1475	0,1515	0,1598
0,1710	0,1789	0,2010	0,2014	0,2072
0,2102	0,2194	0,2205	0,2297	0,2300
0,2302	0,2373	0,2375	0,2397	0,2415
0,2492	0,2869	0,2908	0,2976	0,3058
0,3060	0,3073	0,3096	0,3278	0,3553
0,3620	0,3679	0,3833	0,3921	0,3985
0,4078	0,4080	0,4119	0,4169	0,4208
0,4568	0,4707	0,4880	0,4942	0,5214
0,5277	0,5878	0,6146	0,6180	0,6263
0,6415	0,6757	0,7156	0,7157	0,7207
0,7351	0,7485	0,7535	0,7541	0,7728
0,8875	0,9021	0,9581	0,9868	1,0440
1,2226	1,2402	1,2641	1,3034	1,3328
1,3553	1,4006	1,5586	1,6296	2,5018



Проверяемая гипотеза имеет вид  $H_0: f(x) = \frac{1}{\theta_0} e^{-x/\theta_0}$  при значении параметра  $\theta_0 = 0,5$ .

**Лабораторное занятие №6. Выделение однородных групп объектов методами классификации**

Теоретические вопросы

1. Перечислите задачи кластерного анализа.
2. Назовите алгоритмы кластерного анализа.
3. В чем различие методов группировки и многомерной классификации?
4. Сформулируйте основные принципы кластерного анализа.
5. Что такое кластер?
6. В чем состоит принципиальная разница между иерархическими и неиерархическими алгоритмами классификации?
7. Как изменится схема алгомеративного иерархического алгоритма, если в качестве метрики использовать не функцию расстояния объектов, а меру их сходства?
8. Какова взаимосвязь всех трех типов кластеризации?
9. Как связаны между собой методы классификации и другие методы многомерного анализа (например, корреляционно-регрессионного или факторного анализа)?

Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Имеются следующие данные по 10 объектам (табл. 1).

Таблица 1

При- знак	Объект									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_1$	1	2,3	1,2	1.1	1,5	2,4	1,6	1,5	1,6	1,7
$x_2$	2	8	2	1	5	8	3	4	4	5

Требуется выделить множество кластеров и обосновать предпочтительный метод кластеризации.

**Лабораторное занятие №7. Снижение размерности признакового пространства и построение индексов.**

Теоретические вопросы

1. Сформулируйте задачи компонентного анализа.
  2. Что такое сжатое описание структурных связей?
- Перечислите этапы компонентного анализа.
3. Что является исходной базой построения компонентной модели? Как она формируется?
  4. Назовите основополагающее равенство компонентного анализа. Как обеспечить однозначность его решения?
  5. В чем сущность принципа максимизации дисперсии?
  6. Что представляет собой суммарная факторная дисперсия признаков? Чему она равна и чем отличается от общей дисперсии?
  7. По какому правилу проводится выделение главных компонент?
  8. Как распознаются и отбираются главные компоненты?
  9. Перечислите отличительные особенности факторной модели
  10. Как проверить адекватность факторной модели?
  11. Объясните логику факторного решения и выделения факторов.

Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Анализ деятельности предприятий легкой промышленности

Имеются данные обследования 20 предприятий легкой промышленности по следующим характерным признакам:

- $X_1$  – уровень фондоотдачи;  
 $X_2$  – трудоемкость единицы продукции;  
 $X_3$  – удельный вес закупочных материалов в общих расходах;  
 $X_4$  – коэффициент сменности оборудования;  
 $X_5$  – премии и вознаграждения на одного работника;  
 $X_6$  – удельный вес потерь от брака;  
 $X_7$  – среднегодовая стоимость основных производственных фондов;  
 $X_8$  – среднегодовой фонд заработной платы;  
 $X_9$  – уровень реализуемости продукции;  
 $X_{10}$  – индекс постоянного актива (отношение основных средств и прочих внеоборотных активов к собственным средствам);  
 $X_{11}$  – оборачиваемость оборотных средств;  
 $X_{12}$  – непроизводственные расходы.

В соответствии с номером варианта выбрать наблюдения нужных переменных, провести факторный анализ, выявить и интерпретировать факторные признаки, указать наиболее благополучные и перспективные предприятия.

Вариант	Номер для анализа	Вариант	Номер для анализа
1	1,3,5-7,9, 11.12	6	2-4, 7, 8, 10-12
2	1-3, 7, 8, 10-12	7	1-3, 5, 8, 9, 11, 12
3	2, 3, 5, 6, 9-12	8	1, 2, 6-11
4	1-5, 7, 9, 10	9	1-5, 10-12
5	1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12	10	1, 3-6, 8-10

## Лабораторное занятие №8. Модели временных рядов и их применение

### Теоретические вопросы

1. Классификация временных рядов.
2. Понятие об основной тенденции (тренде) и колеблемости временных рядов.
3. Показатели, характеризующие тенденцию динамики.
4. Средние показатели временных рядов.
5. Линейный тренд и его свойства.
6. Параболический тренд.
7. Экспоненциальный тренд.
8. Применение графического изображения для распознавания типа тенденции.
9. Выравнивание по скользящей средней.
10. Проверка статистических гипотез о типе тренда.
11. Автокорреляция уровней ряда.
12. Модели стационарных временных рядов (авторегрессионные, скользящего среднего, со скользящим средним в остатках, ARIMA-модели).
13. ARIMA-модели для описания нестационарных временных рядов.
14. ARIMA-модели для описания временных рядов с сезонной составляющей.
15. Прогнозирование на основе ARIMA-моделей.
16. Экстраполяция трендов и доверительные интервалы прогноза.
17. Экстраполяция на основе среднего темпа роста и среднего абсолютного прироста.
18. Критерии точности и надежности прогнозов.

### Задания для аудиторной и самостоятельной работы

1. Выполните решение следующей задачи в программе Excel.

Дан временной ряд

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	26	30	27	19	25	27	30	24	29	30

- Сделайте обоснованные выводы о структуре исследуемого временного ряда.

- Выполните исследование временного ряда на наличие аномальных наблюдений.
  - Выполните исследование временного ряда на наличие неслучайной составляющей (используя соответствующие режимы пакета Анализ данных табличного процессора Excel).
2. На основе квартальных данных с 2000 г. по 2004 г. получено уравнение  $y = -0,67 + 0,0098x_{t1} - 5,62x_{t2} + 0,044x_{t3} + \varepsilon$ . При этом  $ESS=110,3$ ,  $RSS=21,4$  ( $ESS$  – объясненная СКО,  $RSS$  – остаточная СКО). В уравнение были добавлены три фиктивные переменные, соответствующие трем первым кварталам года, и величина  $ESS$  увеличилась до 120,2. Присутствует ли сезонность в этом уравнении?
  3. Выполните подгонку авторегрессионной модели к временному ряду, описывающему курс акций любой компании из индекса РТС (<http://www.finanz.ru/indeksi/rts/>) Акции из индекса (взять не менее 100 значений).
  4. В пакете Statistica создайте новый файл, состоящий из 20 строк и 2 столбцов. Для переменной Var 1 смоделировать 20 значений случайной нормально распределенной величины с математическим ожиданием, равным 1, и среднеквадратичным отклонением, равным 3. Перейти к переменной Var 2 следующим образом: первое значение Var 2 равно первому значению переменной Var 1; второе значение Var 2 равно сумме первых двух значений переменной Var 1; третье значение переменной Var 2 равно сумме первых трех значений переменной Var 1 и т. д. Провести сглаживание ряда Var 2.

### Самостоятельная работа

Задания для самостоятельной работы приводятся в планах лабораторных занятий.

## 6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

### 6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация осуществляется на каждом лабораторном занятии в процессе фронтального опроса, выполнения заданий для аудиторной работы, в процессе проверки домашней самостоятельной работы.

С целью дифференциации уровня подготовки бакалавров и для ликвидации имеющихся при изучении дисциплины задолженностей студентам предлагаются индивидуальные дидактические задания и домашние лабораторные работы, которые выполняются в процессе внеаудиторной работы и сдаются на проверку преподавателю.

### Оценочные средства

#### I. Контрольные вопросы для проверки теоретической подготовки к лабораторному занятию.

Перечень вопросов приводится в планах лабораторных занятий.

#### Критерии оценивания ответа не теоретический вопрос

Оценка	Критерии
<b>отлично</b>	полностью раскрывает содержание вопроса, приводит примеры ситуаций, демонстрирующих теоретические положения, рассмотренные в вопросе
<b>хорошо</b>	допускает неточности при изложении теоретического материала, приводит примеры ситуаций, демонстрирующих теоретические положения, рассмотренные в вопросе
<b>удовлетворительно</b>	допускает ошибки при изложении теоретического материала, с трудом приводит примеры ситуаций, демонстрирующих теоретические положения, рассмотренные в вопросе

<b>неудовлетворительно</b>	допускает грубые ошибки при изложении теоретического материала, с трудом приводит примеры ситуаций, демонстрирующих теоретические положения, рассмотренные в вопросе
----------------------------	--

## **II. Задания для аудиторных лабораторных работ.**

Перечень заданий приводится в планах лабораторных занятий

### **Критерии оценивания лабораторной работы**

#### 1. Нормы оценивания работы

№п/п	Структурная часть работы	Количество баллов (*)
1	Задание 1	1 балл
2	Задание 2	1 балл
3	Задание 3	1 балл
4	Задание 4	1 балл
5	Задание 5	1 балл

(\*) Возможна градация в 0,25 балла.

#### 2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	4,75-5
2	Хорошо	3,75-4,5
3	Удовлетворительно	3-3,5
4	Неудовлетворительно	менее 3

## **III. Задания для самостоятельной работы.**

Перечень заданий для самостоятельной работы приводится в планах лабораторных занятий.

### Критерии оценивания задания для самостоятельной работы

#### 1. Нормы оценивания работы

№п/п	Структурная часть работы	Количество баллов (*)
1	Задание 1	1 балл
2	Задание 2	1 балл
3	Задание 3	1 балл

(\*) Возможна градация в 0,25 балла.

#### 2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Отлично	2,75-3
2	Хорошо	1,75-2,75
3	Удовлетворительно	1-1,5
4	Неудовлетворительно	менее 1

### **6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация осуществляется посредством проведения зачета во 2 семестре.

#### **Вопросы для подготовки к зачету и образцы зачетных заданий.**

1. Назначение и содержание прикладной статистики.
2. Центральные проблемы прикладной статистики.
3. Основные этапы статистического анализа.
4. Байесовский подход к оцениванию параметров.
5. Метод максимального правдоподобия.

- 6.Метод моментов.
- 7.Свойства точечных оценок.
- 8.Интервальные оценки параметров генеральной совокупности.
- 9.Построение доверительных интервалов.
- 10.Этапы проверки гипотез.
- 11.Проверка гипотезы при простой альтернативе.
- 12.Проверка гипотезы о значении генерального среднего.
- 13.Проверка гипотезы о значении разброса.
- 14.Проверка гипотезы о значении генеральной доли.
- 15.Проверка гипотезы о значении параметра на основе доверительного интервала.
- 16.Проверка гипотезы о соотношении параметров различных генеральных совокупностей.
- 17.Проверка гипотезы о равенстве генеральных дисперсий.
- 18.Проверка гипотезы о том, что генеральные доли в двух совокупностях одинаковы.
- 19.Проверка гипотез об однородности параметров различных генеральных совокупностей.
- 20.Проверка гипотезы об однородности ряда вероятностей.
- 21.Характеристики положения и разброса многомерной нормальной совокупности.
- 22.Меры линейной связи признаков.
- 23.Проверка наличия связи количественных признаков.
- 24.Интервальная оценка коэффициента корреляции.
25. Множественный коэффициент корреляции.
- 26.Меры связи качественных признаков.
27. Общий вид регрессионной модели.
- 28.Идентификация линейной модели регрессии.
- 29.Линейная модель множественной регрессии
- 30.Проблемы построения линейной модели множественной регрессии.
- 31.Постановка задачи моделирования распределений.
- 32.Гистограмма как непараметрическая модель функции плотности.
- 33.Многомерные модели распределений.
- 34.Задачи классификации.
- 35.Дискриминантный анализ.
- 36.Кластерный анализ
- 37.Иерархические процедуры кластерного анализа.
38. Выбор числа групп при классификации в отсутствие обучения.
- 39.Задача снижения размерности признакового пространства.
- 40.Метод главных компонент.
- 41.Матрица факторных нагрузок.
- 42.Факторный анализ.
- 43.Основные характеристики временных рядов.
- 44.Тренд временного ряда.
- 45.Выбор вида трендовой модели.
- 46.Трендовые модели экспоненциального вида.
- 47.Проверка адекватности модели тренда как модели временного ряда.
- 48.Моделирование сезонных изменений.
- 49.Адаптивные модели временных рядов.
- 50.Методология Бокса-Дженкинса.

#### Образец зачётного задания

1. Множественная регрессия. Распределение выборочных функций.
2. Метод наименьших квадратов для оценки параметров линейного, параболического и гиперболического трендов.
3. По данным бюджетного обследования семи случайно выбранных семей изучалась зависимость накоплений  $y$  от дохода  $x_1$  и стоимости имущества  $x_2$ .

Исходные данные:

$x_1$	40	55	45	30	30	60	50
$x_2$	60	40	40	15	90	30	30
$y$	2	7	5	4	2	7	6

Определить:

- Коэффициенты уравнения линейной многофакторной регрессии.
- Прогнозируемые накопления семьи с доходом 40 усл. ед. и имуществом стоимостью 25 усл. ед., используя уравнение регрессии и встроенную функцию Excel.
- Определить коэффициент детерминации.

4. Используя графические средства прогнозирования, составить прогноз продаж мяса на будущий период (III и IV кварталы текущего года) на основе информации о продаже мяса, приведенной в таблице. Объем продаж мяса, тыс. т

Период продаж	Объем продаж	Период продаж	Объем продаж
I квартал 2005 г.	1834	II квартал 2006 г.	1486
II квартал 2005 г.	1641	III квартал 2006 г.	1617
III квартал 2005 г.	1791	IV квартал 2006 г.	3045
IV квартал 2005 г.	3332	I квартал 2007 г.	1546
I квартал 2006 г.	1658	1658 II квартал 2007 г.	1404

5. На основе квартальных данных с 2000 г. по 2004 г. получено уравнение  $y = -0,67 + 0,0098x_{t1} - 5,62x_{t2} + 0,044x_{t3} + \varepsilon$ . При этом  $ESS=110,3$ ,  $RSS=21,4$  ( $ESS$  – объясненная СКО,  $RSS$  – остаточная СКО). В уравнение были добавлены три фиктивные переменные, соответствующие трем первым кварталам года, и величина  $ESS$  увеличилась до 120,2. Присутствует ли сезонность в этом уравнении?

#### Критерии оценивания ответа на зачёте

1. Нормы оценивания ответа

№п/п	Структурная часть билета	Количество баллов
1	Правильный ответ на вопрос	1 балл

(\*) Возможна градация в 0,25, 0,5 и 0,75 балла.

2. Шкала оценивания работы:

п/п	Оценка	Количество баллов
1	Зачтено	2-4
2	Не зачтено	менее 2

## 7. Перечень основной и дополнительной литературы

### 7.1. Основная литература

1. Анализ данных: учебник для вузов / В. С. Мхитарян [и др.] ; под редакцией В. С. Мхитаряна. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 490 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00616-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489100>.

2. Берикашвили В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы : учебное пособие для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 164 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09216-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493106>.

3. Горленко О. А. Дисперсионный анализ экспериментальных данных : учебное пособие для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можяева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-

5-534-14677-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495700>.

4. Кожевникова И. А. Стохастическое моделирование процессов: учебное пособие для вузов / И. А. Кожевникова, И. Г. Журбенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 148 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09989-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/493015>.

5. Леньков С. Л. Статистические методы в психологии : учебник и практикум для вузов / С. Л. Леньков, Н. Е. Рубцова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11061-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495037>.

6. Подкорытова, О. А. Анализ временных рядов : учебное пособие для вузов / О. А. Подкорытова, М. В. Соколов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 267 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02556-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489536>.

7. Черткова, Е. А. Статистика. Автоматизация обработки информации : учебное пособие для вузов / Е. А. Черткова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 195 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01429-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491334>.

## 7.2. Дополнительная литература

1. Вентцель Е. С, Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.- М.: Наука, 1988. - 480с.

2. Володин Б.Г. и др. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и теории случайных функций.- М.: Наука, 1970.- 656 с.

3. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. - М.: Айрис-пресс, 2008.

4. Федоткин М. А. Модели в теории вероятностей. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.

5. Боровков А. А. Теория вероятностей. — М.: Эдиториал УРСС, 1999.

6. Ватугин В. А. и др. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах. — М.: Дрофа, 2003.

7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. — М.: Академия, 2003.

8. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. — М.: Эдиториал УРСС, 2005.

9. Гнеденко Б. В., Коваленко И. П. Введение в теорию массового обслуживания. - М.: ЛКИ, 2007.

10. Гнеденко Б. В., Хинчин А. Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. — М.: Эдиториал УРСС, 2003.

11. Козлов М. В. Элементы теории вероятностей в примерах и задачах. — М.: МГУ, 1990.

12. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. — М.: ФАЗИС, 1998.

13. Колмогоров А.Н., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

14. Кочетков Е.С., Смерчинская С. О. Теория вероятностей в задачах и упражнениях. — М.: Форум - Инфра-М, 2005.

15. Кремер Н.ЛЛ1. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: ЮНИТИ, 2000.

16. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.

17. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики. —

М.-Ижевск: Ин-т компьютерных исслед., 2004.

### **7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Система дистанционного обучения Смоленского государственного университета <http://moodle.smolgu.ru>
2. Электронно-библиотечная система университета <http://biblioteka.smolgu.ru>
3. Национальный открытый университет <http://www.intuit.ru>
4. Образовательный математический сайт <http://exponenta.ru>
5. Общероссийский математический портал <http://www.mathnet.ru>

### **8. Материально-техническое обеспечение**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, интерактивной доской, мультимедиапроектором, ноутбуком и колонками.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная стандартной учебной мебелью, компьютерами с выходом в Интернет.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

### **9. Программное обеспечение**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине используется Информационно-вычислительный центр физико-математического факультета.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются:

1. Система дистанционного обучения СмолГУ. URL: <http://www.cdo.smolgu.ru>. (СДО Русский Moodle 3KL Norm с техническим обслуживанием, Акт на передачу прав №УТДЮ0001785 от 06.12.2016)

2. Microsoft Open License (Windows XP, 7, Office 2003-2016) - Лицензия 66975477 от 03.06.2016 – в составе:

- ОС Windows
- MS Excel 2003/2007

3. PTC Mathcad 15.0 (Лицензия 449732)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022