

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
цифровых технологий



/ Кургалин С.Д.

22.04.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 Прикладная статистика

- 1. Код и наименование направления подготовки:**
02.04.01 Математика и компьютерные науки
- 2. Профиль подготовки:**
компьютерные науки и информационные технологии для цифровой экономики
- 3. Квалификация выпускника:**
магистр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**
кафедра цифровых технологий
- 6. Составители программы:**
Сирота Екатерина Александровна, кандидат физико-математических наук, доцент;
- 7. Рекомендована:**
НМС ФКН (протокол № 5 от 05.03.2024)
- 8. Учебный год:** 2025-2026 **Семестр:** 4

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение основ математического моделирования;
- приобретение навыков и умений построения математических моделей;
- формирование представлений о многомерном статистическом анализе случайных процессов и случайных полей, математическом аппарате, принципах разработки и компьютерной реализации методов и алгоритмов моделирования случайных процессов и полей.

Задачи учебной дисциплины:

- овладение фундаментальными понятиями, получение представлений о методах и алгоритмах моделирования случайных процессов и полей;
- изучение основ статистической теории оптимального оценивания постоянных параметров в цифровых системах обработки информации;
- обучение классическим и современным методам математических исследований, рассмотрение результатов и идей, необходимых для изучения других математических дисциплин;
- выработка навыков обращения с изучаемым математическим аппаратом;
- воспитание критического восприятия математических высказываний, повышение стандартов математической строгости и понимания практической обоснованности изучаемого материала и выбранного уровня строгости изложения;
- развитие математической интуиции, точности выполнения математических операций и совершенствование общей культуры мышления.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен продемонстрировать фундаментальные знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий.	ПК-1.1	Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий	Знать: базовые понятия многомерного статистического анализа случайных процессов и полей.
		ПК-1.2	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Уметь: подбирать адекватные методы и алгоритмы моделирования случайных процессов и полей, а также алгоритмы совместного различения и оценивания постоянных параметров, алгоритмы восстановления случайных полей.

		ПК-1.3	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий	Владеть: методами статистического анализа.
ПК-3	Способен использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования.	ПК-3.1	Владеет современными методами разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.	Знать: математическую формулировку базовых алгоритмов анализа данных.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108.

Форма промежуточной аттестации: экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			4 семестр
Аудиторные занятия		28	28
в том числе:	лекции	14	14
	практические		
	лабораторные	14	14
Самостоятельная работа		80	80
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (зачёт)			
Итого:		108	108

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Основные понятия и принципы математического моделирования	Понятие математической модели, этапы построения математической модели, свойства математических моделей, классификация математических моделей.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4616
1.2	Случайные процессы и случайные поля	Многомерный статистический анализ. Случайные векторы и их статистические характеристики. Случайные процессы, случайные последовательности и их статистические характеристики.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4616
1.3	Основы статистической теории оптимального оценивания постоянных	Марковские векторные случайные процессы и последовательности. Методы и алгоритмы моделирования случайных процессов в	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4616

	параметров в цифровых системах обработки информации	дискретном времени. Общий подход. Скалярные и векторные случайные поля. Основные характеристики. Методы и алгоритмы моделирования случайных полей.	
1.4	Введение в анализ временных рядов	Сглаживание временных рядов с помощью скользящих средних, модели кривых роста, оценка адекватности и точности моделей, использование адаптивных методов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4616

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)			
		Лекции	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные понятия и принципы математического моделирования	2	2	10	14
2	Случайные процессы и случайные поля	4	4	20	28
3	Основы статистической теории оптимального оценивания постоянных параметров в цифровых системах обработки информации	4	4	20	28
4	Введение в анализ временных рядов	4	4	30	38
	Итого:	14	14	80	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины складывается из аудиторной работы (учебной деятельности, выполняемой под руководством преподавателя) и внеаудиторной работы (учебной деятельности, реализуемой обучающимся самостоятельно).

Аудиторная работа состоит из работы на лекциях и выполнения практических заданий в объёме, предусмотренном учебным планом. Лекция представляет собой последовательное и систематическое изложение учебного материала, направленное на знакомство обучающихся с основными понятиями и теоретическими положениями изучаемой дисциплины.

Лекционные занятия формируют базу для практических занятий, на которых полученные теоретические знания применяются для решения конкретных практических задач. Обучающимся для успешного освоения дисциплины рекомендуется вести конспект лекций и практических занятий.

Самостоятельная работа предполагает углублённое изучение отдельных разделов дисциплины с использованием литературы, рекомендованной преподавателем, а также конспектов лекций, конспектов практических занятий. В качестве плана для самостоятельной работы может быть использован раздел 13.1 настоящей рабочей программы, в котором зафиксированы разделы дисциплины и их содержание. В разделе 13.2 рабочей программы определяется количество часов, отводимое на самостоятельную работу по каждому разделу дисциплины. Больше количество часов на самостоятельную

работу отводится на наиболее трудные разделы дисциплины. Для самостоятельного изучения отдельных разделов дисциплины используется перечень литературы и других ресурсов, перечисленных в пунктах 15 и 16 настоящей рабочей программы. Обязательным элементом самостоятельной работы является выполнение домашнего задания.

Успешность освоения дисциплины определяется систематичностью и глубиной аудиторной и внеаудиторной работы обучающегося.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения требуется выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

В рамках дисциплины предусмотрено проведение трёх текущих аттестаций за семестр. Результаты текущей успеваемости учитываются при выставлении оценки по промежуточной аттестации в соответствии с положением П ВГУ 2.1.04.16–2019 «Положение о текущей и промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся на факультете компьютерных наук Воронежского государственного университета с использованием балльно-рейтинговой системы».

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом их индивидуальных психофизических особенностей и в соответствии с индивидуальной программой реабилитации. Для лиц с нарушением слуха при необходимости допускается присутствие на лекциях и практических занятиях ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки на зачете может быть увеличено. Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). На лекциях и практических занятиях при необходимости допускается присутствие ассистента. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам. При необходимости время подготовки на экзамене может быть увеличено. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата при необходимости допускается присутствие ассистента на лекциях и практических занятиях. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура экзамена может быть реализована дистанционно.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Каган, Е. С. Прикладной статистический анализ данных: учебное пособие / Е.С. Каган .— Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018 .— 235 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 184-186. — http://biblioclub.ru/ .— ISBN 978-5-8353-2413-2 .— <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573550 >.
2	Буре, В. М. Методы прикладной статистики в R и Excel [Электронный ресурс] : учебное пособие / Буре В. М., Парилина Е. М., Седаков А. А. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019 .— 152 с. — Рекомендовано УМК ПМ-ПУ СПбГУ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Прикладная математика и информатика», «Фундаментальная информатика и информационные технологии», а также другим математическим и естественнонаучным направлениям и специальностям в области техники и технологий .— Книга из коллекции Лань - Математика .— ISBN 978-5-8114-2229-6 .— <URL: https://e.lanbook.com/book/112057 >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Маталыцкий, М.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы / М.А. Маталыцкий, Г.А. Хацкевич. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 720 с. - ISBN 978-985-06-2105-4 ; То же [Электронный ресурс]. - <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=136001 >
2	Ганичева, А. В. Прикладная статистика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ганичева А. В. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2017 .— 172 с. — Книга из коллекции Лань - Математика .— ISBN 978-5-8114-2450-4 .—<URL: https://e.lanbook.com/book/91890 >

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
1	ЗНБ ВГУ: https://lib.vsu.ru/
2	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online": http://biblioclub.ru/
3	Электронно-библиотечная система "Лань": https://e.lanbook.com/
4	Электронно-библиотечная система "Консультант студента": http://www.studmedlib.ru
5	Электронный университет ВГУ: https://edu.vsu.ru/

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Маталыцкий, М.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы / М.А. Маталыцкий, Г.А. Хацкевич. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 720 с. - ISBN 978-985-06-2105-4 ; То же [Электронный ресурс]. - <URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=136001 >
2	Ганичева, А. В. Прикладная статистика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ганичева А. В. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2017 .— 172 с. — Книга из коллекции Лань - Математика .— ISBN 978-5-8114-2450-4 .—<URL: https://e.lanbook.com/book/91890 >

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение)

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория для лекционных занятий: мультимедиа-проектор, экран для проектора, компьютер с выходом в сеть «Интернет». Специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

Аудитория для лабораторных занятий: компьютеры с выходом в сеть «Интернет» и доступом к электронным библиотечным системам, специализированная мебель (столы ученические, стулья, доска). Программное обеспечение: LibreOffice v.5-7, программа для просмотра файлов формата pdf, браузер.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Основные понятия и принципы математического моделирования	ПК-1 ПК-3	ПК-1.1-1.3 ПК-3.1	Лабораторные работы 1-5
2	Случайные процессы и случайные поля	ПК-1 ПК-3	ПК-1.1-1.3 ПК-3.1	Лабораторные работы 1-5
3	Основы статистической теории оптимального оценивания постоянных параметров в цифровых системах обработки информации	ПК-1 ПК-3	ПК-1.1-1.3 ПК-3.1	Лабораторные работы 1-5
4	Введение в анализ временных рядов	ПК-1 ПК-3	ПК-1.1-1.3 ПК-3.1	Лабораторные работы 1-5
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов к зачету

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: лабораторная работа.

Перечень лабораторных работ:

1. Сглаживание временных рядов.
2. Решение задачи параметрической идентификации.
3. Моделирование случайных процессов и случайных полей.
4. Алгоритм генерации реализации случайного процесса как реализации случайного вектора.
5. Алгоритм скользящей суммы (СС). Нахождение коэффициентов скользящей суммы численным методом.

Лабораторная работа № 1 «Сглаживание временных рядов»

Цель работы: анализ и исследование простейших методов фильтрации временного ряда, метода простых скользящих средних и взвешенных скользящих средних.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ методов простой скользящей средней и взвешенной скользящей средней на примере одномерного временного ряда.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую сглаживание временного ряда с помощью простой скользящей средней и взвешенной скользящей средней. Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 2 **«Решение задачи параметрической идентификации»**

Цель работы: решение задачи параметрической идентификации для заданной полиномиальной модели. Реализация метода наименьших квадратов с целью вычисления неизвестных параметров модели.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ задачи параметрической идентификации, реализацию метода наименьших квадратов в случае полиномиальной модели. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую решение задачи параметрической идентификации. Проверить работу программы на заданном примере. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 3 **«Моделирование случайных процессов и случайных полей»**

Цель работы: освоение методов и алгоритмов моделирования случайных процессов в дискретном времени. Общий подход. Моделирование скалярных и векторных случайных полей. Освоение методов и алгоритмов моделирования случайных полей.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает написание программы, реализующей алгоритмы моделирования случайных процессов и полей в дискретном времени, проверку её работы. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую моделирование случайных процессов и полей в дискретном времени. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 4 **«Алгоритм генерации реализации случайного процесса как реализации случайного вектора»**

Цель работы: освоение алгоритма генерации реализации случайного процесса как реализации случайного вектора, его реализация.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ и реализацию алгоритма генерации реализации случайного процесса как реализации случайного вектора. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую алгоритм генерации реализации случайного процесса как реализации случайного вектора. Проверить работу программы путем сравнения численного решения с аналитическим для заданных начальных условий. Определить границы применимости дискретной модели. Оформить отчет по лабораторной работе.

Лабораторная работа № 5

«Алгоритм скользящей суммы (СС). Нахождение коэффициентов скользящей суммы численным методом»

Цель работы: освоение и реализация алгоритма скользящей суммы (СС), нахождение коэффициентов скользящей суммы численным методом.

Требования к выполнению работы: выполнение лабораторной работы предусматривает анализ и исследование алгоритма скользящей суммы, а также численного метода алгоритма скользящей суммы. Отчёт о работе заключается в демонстрации работы программы, объяснении принципов работы алгоритма, интерпретации результатов работы.

Критерии оценки: для получения оценки «зачтено» необходимо показать высокий уровень владения теоретическим материалом, уметь объяснить принцип работы написанной программы, верно ответить на дополнительные вопросы.

Задание: написать программу, реализующую численное нахождение коэффициентов скользящей суммы с помощью алгоритма СС. Оформить отчет по лабораторной работе.

Приведённые ниже задания рекомендуется использовать при проведении диагностических работ для оценки остаточных знаний по дисциплине

Задания с выбором ответа

№	Задание	Варианты ответа	Верный ответ
1	Дайте определение математической модели	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приближённое описание какого-либо объекта, процесса или явления, выраженное с помощью математических правил и математической символики. 2. Способ исследования различных процессов. 3. Точное описание какого-либо объекта, процесса или явления, выраженное с помощью математических правил и математической символики. 	приближённое описание какого-либо объекта, процесса или явления, выраженное с помощью математических правил и математической символики.
2	Математическое моделирование – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Способ исследования различных процессов, основанный на применении математических моделей. 2. Наука о методах исследования различных математических моделей 3. Способ исследования различных процессов, основанный на применении дифференциальных уравнений. 	Способ исследования различных процессов, основанный на применении математических моделей.
3	Адекватность математической модели – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы его свойств 	соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы его свойств

		<ol style="list-style-type: none"> 2. возможность с помощью математических методов получить интересующие исследователя утверждения. 3. соответствие изучаемому объекту относительно выбранной системы координат 	
4	Временным рядом называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. последовательность значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке, т.е. в порядке возрастания временного параметра. 2. последовательность значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке, т.е. в порядке убывания временного параметра 3. множество значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке 	последовательность значений показателя (признака), упорядоченная в хронологическом порядке, т.е. в порядке возрастания временного параметра.
5	Уровнем временного ряда называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отдельные наблюдения временного ряда. 2. Среднее арифметическое всех значений временного ряда. 3. Первое наблюдение временного ряда. 	Отдельные наблюдения временного ряда.
6	Значения уровней временного ряда могут содержать следующие компоненты	<ol style="list-style-type: none"> 1. тренд; сезонную компоненту; циклическую компоненту; случайную составляющую. 2. тренд; сезонную компоненту; тренд, случайную составляющую 	тренд; сезонную компоненту; циклическую компоненту; случайную составляющую.
7	Под трендом понимают	<ol style="list-style-type: none"> 1. изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временного ряда. Это систематическая составляющая долговременного действия. 2. Случайную составляющую временного ряда 3. Систематическая составляющая кратковременного действия. 	изменение, определяющее общее направление развития, основную тенденцию временного ряда. Это систематическая составляющая долговременного действия.
8	Аналитический подход	<ol style="list-style-type: none"> 1. основан на допущении, что исследователь может задать общий вид функции, описывающей регулярную, неслучайную составляющую. 2. Предоставляют исследователю алгоритм расчета неслучайной составляющей в любой заданный момент времени 3. основан на допущении, что исследователь может задать показательный вид функции, описывающей регулярную, неслучайную составляющую 	основан на допущении, что исследователь может задать общий вид функции, описывающей регулярную, неслучайную составляющую.
9	Назовите метод, с помощью которого можно определить наличие-отсутствие тренда во временном ряду	<ol style="list-style-type: none"> 1. Метод Фостера-Стюарта. 2. Метод Дарбина-Уотсона 3. Такого метода не существует 	Метод Фостера-Стюарта.
10	Под прогнозом понимают	<ol style="list-style-type: none"> 1. научно обоснованное описание возможных состояний объекта в будущем, а также альтернативным способом достижения этого состояния. 2. научно обоснованное описание возможных состояний объекта в настоящем и 	научно обоснованное описание возможных состояний объекта в будущем, а также альтернативным способом достижения этого состояния.

		будущем, а также альтернативным способом достижения этого состояния 3. способы достижения возможным состояний объекта в будущем	
--	--	--	--

Задания с кратким ответом

№	Задание	Верный ответ
1	Алгоритм, который позволяет сгладить как случайные, так и периодические колебания, выявить имеющуюся тенденцию в развитии процесса, и поэтому служат важным инструментом при фильтрации компонент временного ряда	Алгоритм простых скользящих средних
2	Модель кривой, которая соответствует характеру изменения тенденции исследуемого явления.	Модель кривой роста
3	Какую задачу позволяет решить метод наименьших квадратов?	задачу параметрической идентификации данных
4	Методы, которые позволяют строить самокорректирующиеся (самонастраивающиеся) модели, способные оперативно реагировать на быстро изменяющиеся условия путем учета прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и учета различной информационной ценности уровня ряда	Адаптивные методы
5	С какой целью используется критерий Дарбина – Уотсона для анализа данных?	С целью анализа адекватности и качества модели

Задания с развёрнутым ответом

Задание 1. Процедура разработки прогноза с использованием кривых роста включает в себя следующие этапы:

Решение.

1) выбор одной или нескольких кривых, форма которых соответствует характеру изменения временного ряда; 2) оценка параметров выбранных кривых; 3) проверка адекватности выбранных кривых прогнозируемому процессу, оценка точности моделей и окончательный выбор кривой роста; 4) расчет точечного и интервального прогнозов.

Задание 2. Несовпадение фактических данных с точечным прогнозом, полученным путем экстраполяции тенденции по кривым роста, может быть вызвано:

Решение.

1) субъективной ошибочностью выбора вида кривой; 2) погрешностью оценивания параметров кривых; 3) погрешностью, связанной с отклонением отдельных наблюдений от тренда, характеризующего некоторый средний уровень ряда.

Задание 3. при оценке «качества» модели проверяют, удовлетворяет ли остаточная последовательность следующим свойствам:

Решение.

случайности колебаний уровней ряда; соответствию распределения остаточной компоненты нормальному закону с нулевым математическим ожиданием; независимости значений уровней ряда остатков между собой.

Задание 4. Перечислите основные шаги критерия Дарбина-Уотсона

Решение.

Алгоритм для выявления автокорреляции остатков на основе критерия Дарвина-Уотсона следующий. Выдвигается гипотеза H_0 об отсутствии автокорреляции остатков. Альтернативная гипотеза состоит в наличии положительной автокорреляции 1-го порядка.

Тогда при сравнении расчетного значения d с табличными/пороговыми значениями d_1, d_2 возможны следующие варианты:

1. Если $d < d_1$, то гипотеза H_0 отвергается с вероятностью ошибки α в пользу гипотезы о положительной автокорреляции.
2. Если $d > d_2$, то гипотеза H_0 не отвергается.
3. Если $d_1 \leq d \leq d_2$, то нельзя сделать определенный вывод. Говорят, что d попала в область неопределенности.

Если альтернативной гипотезой является гипотеза о наличии остатков отрицательной автокорреляции, то с пороговыми значениями сравнивается величина $4-d$. При этом рассматривают следующие варианты:

1. Если $4 - d < d_1$, то гипотеза H_0 отвергается
2. Если $4 - d > d_2$, то гипотеза H_0 не отвергается.
3. Если $d_1 \leq 4 - d \leq d_2$, то нельзя сделать определенный вывод. Говорят, что $4 - d$ попала в область неопределенности.

Задание 5.

Перечислите основные шаги метода последовательных разностей

Решение.

Последовательные разности представляют собой дискретный приближенный аналог производных. Метод может быть реализован следующей последовательностью шагов (если есть временной ряд $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$):

1. $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}, \forall t = 1, 2, 3, \dots$
2. $\Delta^2 y_t = \Delta(\Delta y_t) = \Delta^2 y_t = \Delta y_t - \Delta y_{t-1}, \forall t = 2, 3, 4, \dots$
3. $\Delta^k y_t = \Delta(\Delta^{k-1} y_t) = \Delta^k y_t = \Delta^{k-1} y_t - \Delta^{k-1} y_{t-1}, \forall t = k, \dots$

Вычисляем до тех пор, пока разности не станут примерно одинаковыми, тогда степень выравнивающего полинома принимают равной порядку разности.

Критерии оценивания	Баллы
Получен полный ответ, соответствующий указанному решению. Имеется верная последовательность всех этапов решения, обоснованно получен верный ответ в случае алгоритма.	3
Получен неполный ответ, в целом передающий суть задания. Получен неверный ответ из-за вычислительной ошибки, при этом имеется верная последовательность всех этапов решения в случае алгоритма.	2
Получен верный ответ, однако имеются пропуски одного или двух этапов решения ИЛИ	1

Решение не завершено, однако верно выполнен хотя бы один из этапов решения.	
Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	0

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: перечень вопросов к зачёту.

Перечень вопросов к зачёту

1. Многомерный статистический анализ.
2. Случайные векторы и их статистические характеристики.
3. Случайные процессы, случайные последовательности и их статистические характеристики.
4. Марковские векторные случайные процессы и последовательности.
5. Методы и алгоритмы моделирования случайных процессов в дискретном времени. Скалярные и векторные случайные поля. Основные характеристики.
6. Методы и алгоритмы моделирования случайных полей.
7. Байесовские оценки. Примеры их алгоритмической реализации.
8. Алгоритмы совместного различения и оценивания постоянных параметров.
9. Алгоритмы оценивания (восстановления) случайных полей.
10. Введение в анализ временных рядов. Основные этапы построения математической модели.
11. Определение временного ряда, его компоненты, основные типы временных рядов.
12. Основные этапы метода Фостера-Стюарта.
13. Основные этапы процедуры сглаживания с помощью простых скользящих средних.
14. Основные этапы процедуры сглаживания с помощью взвешенных скользящих средних.
15. Определение модели кривой роста. Приведите пример модели кривой роста. Основные классы моделей кривых роста.
16. Основные этапы решения задачи идентификации с помощью МНК.
17. Определение доверительного интервала прогноза. Основные этапы решения задачи с помощью адаптивных методов с помощью схемы.
18. Основные этапы процедуры конечных разностей.
19. Основные этапы критерия Дарбина-Уотсона.
20. Понятие кластеризации и классификации. основные меры расстояний, применяемые в кластерном анализе.

Для оценивания результатов обучения на зачёте используются оценки: «зачтено» и «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Сформированные знания основных определений и понятий, рассмотренных в курсе. Изложение материала не содержит грубых ошибок. Сданы все задания, предусмотренные в текущей аттестации.	Пороговый уровень	Зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные знания (либо их отсутствие) основных определений и понятий, рассмотренных в курсе. При изложении материала допускаются грубые ошибки. Задания, предусмотренные в текущей аттестации, выполнены не в полном объёме.	–	Не зачтено