

**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям

  
\_\_\_\_\_  
О.Г. Прохоренко

«08» июля 2022 г.

Регистрационный № УД – 11712/уч.

**МНОГОМЕРНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

**1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям)  
Направление специальности:**

**1-31 03 03-01 Прикладная математика (научно-производственная  
деятельность)**

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 03-2013, учебного плана: №G31-173/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

**В.И. Малюгин**, доцент кафедры математического моделирования и анализа данных Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

**Ю.С. Харин**, профессор кафедры математического моделирования и анализа данных Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, академик НАНБ, профессор.

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

**Л.А. Сошникова**, профессор кафедры статистики УО «Белорусский государственный экономический университет», доктор экономических наук, профессор

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой математического моделирования и анализа данных факультета прикладной математики и информатики БГУ (протокол № 10 от 26 апреля 2022 г.)

Учебно-методической комиссией факультета прикладной математики и информатики БГУ (протокол № 7 от 31.05.2022).

Заведующий кафедрой



И.А. Бодягин

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

*Статистический анализ данных (САД)* – это научное направление, которое объединяет вероятностно-статистические модели и способы описания эмпирических данных, а также алгоритмы, методы и компьютерные технологии, предназначенные для сбора, систематизации, представления, хранения, предварительной обработки и анализа данных с целью получения научно обоснованных и практически важных выводов, а также принятия решений относительно исследуемых объектов и процессов.

Методы статистического анализа данных представляют собой универсальный инструментарий, который активно применяется в научных исследованиях и в практических приложениях для решения задач анализа причинно-следственных связей, прогнозирования и оптимизации решений при разработке технических систем, статистическом управлении технологическими процессами, защите информации, анализе процессов в экономике и социологии, разработке новых методик лечения и медицинских препаратов в медицине и биоинформатике.

Развитие математического инструментария и компьютерных технологий способствует расширению числа и сложности решаемых задач анализа данных сложной структуры с помощью методов статистического анализа данных в режимах «обучения» и «самообучения», реализованных в статистических пакетах с пользовательским интерфейсом и пакетах языков программирования R и Python с развитыми возможностями статистического анализа данных. В целом методология статистического анализа данных лежит в основе методов машинного обучения, интеллектуального анализа данных и анализа больших данных.

Учебная дисциплина «Многомерный статистический анализ данных» для специальности 1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям) предполагает изучение методов статистического *анализа данных* в предположении, что данные имеют *вероятностную (стохастическую)* природу, а для их описания и анализа используются многомерные *вероятностно-статистические* модели и методы, реализованные в современных статистических пакетах с пользовательским интерфейсом, таких как IBM SPSS Statistics, STATISTICA, Stata, а также в пакетах языков R и Python.

Данная дисциплина охватывает важные разделы «*Науки о данных*» (*Data Science*) и является необходимым этапом обучения специалистов в области анализа данных (*аналитиков данных*), предшествующим изучению *методов машинного обучения и технологий анализа больших данных*.

Теоретический курс поддерживается лабораторным компьютерным практикумом, предполагающим использование статистических пакетов и языков программирования R или Python.

Учебная дисциплина «Многомерный статистический анализ данных» знакомит студентов с классическими и современными методами анализа многомерных данных. К ним относятся:

- предварительный дескриптивный и графический анализ многомерных данных;
- статистические методы оценивания параметров моделей;
- статистические критерии проверки гипотез о свойствах моделей данных;
- анализ и моделирование статистических зависимостей;
- анализ аномальных наблюдений;
- анализ неоднородных данных с помощью методов статистической классификации в режиме обучения и самообучения;
- снижение размерности данных и формирование информативных классификационных признаков с помощью метода главных компонент.

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

**Цели** дисциплины «Многомерный статистический анализ данных»:

- освоение студентами теоретических основ статистического анализа;
- формирование навыков их практического применения для решения задач анализа данных с помощью статистического программного обеспечения.

**Задачи** дисциплины «Многомерный статистический анализ данных»:

- изучение теоретических основ статистического анализа многомерных данных;
- овладение инструментальными средствами, включая статистические пакеты с пользовательским интерфейсом, а также языки R и Python;
- формирование практических навыков решения типовых задач статистического анализа реальных данных с помощью стандартного статистического программного обеспечения.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Многомерный статистический анализ данных» относится к циклу дисциплин специализаций компонента учреждения образования.

### **Связи с другими учебными дисциплинами.**

Учебная дисциплина «Многомерный статистический анализ данных», основываясь на теоретических положениях, моделях и методах учебной дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика», обобщает и развивает их применительно к задачам статистического анализа многомерных данных.

Знания, полученные в рамках данной дисциплины, будут использованы при изучении других дисциплин специальности 1-31 03 03 Прикладная математика (по направлениям), направленных на углубленную подготовку спе-

циалистов в области анализа данных, включая дисциплины: «Распознавание образов», «Статистический анализ временных рядов», «Прикладной интеллектуальный анализ данных».

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Многомерный статистический анализ данных» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

#### **Академические компетенции:**

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (креативность).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

#### **Социально-личностные компетенции:**

СЛК-6. Уметь работать в команде.

#### **Профессиональные компетенции:**

ПК-1. Работать с научно-технической, нормативно-справочной и специальной литературой;

ПК-2. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области прикладной математики;

ПК-3. Быстро адаптироваться к новым теоретическим и научным достижениям в области прикладной математики;

ПК-4. Профессионально ставить задачи, формализовать их, вырабатывать идеи и принимать решения;

ПК-5. Владеть современными методами математического моделирования систем и процессов, участвовать в исследованиях и разработке новых методов и технологий.

В результате изучения дисциплины студент должен

#### **знать:**

- статистические модели многомерных данных;
- методы предварительного статистического анализа многомерных данных в условиях неоднородности данных и аномальных наблюдений;
- методы статистической оценивания параметров и проверки гипотез, используемые для построения модели данных;

- методы корреляционного анализа многомерных данных;
- методы оценивания параметров и проверки гипотез для модели многомерной линейной регрессии;
- методы статистической проверки гипотез однородности многомерных данных;
- методы дискриминантного анализа неоднородных данных в режиме обучения;
- алгоритмы кластерного анализа данных и расщепления смесей распределений многомерных неоднородных данных в режиме самообучения;
- метод главных компонент для формирования информативных признаков в задачах регрессионного анализа и классификации;

***уметь:***

- осуществлять предварительный статистический анализ данных с целью установления модели данных, выявления кластерной структуры данных и аномальных наблюдений;
- проводить статистический анализ многомерных однородных и неоднородных данных с целью установления моделей данных с использованием методов корреляционного, регрессионного анализа и статистической классификации в режиме обучения и самообучения;
- решать типовые задачи анализа данных сложной структуры с целью получения содержательных и статистически достоверных выводов;

***владеть***

- методами решения основных задач статистического анализа многомерных данных;
- навыками по подготовке данных и решения типовых задач статистического анализа данных;
- навыками применения современных пакетов для решения задач статистического анализа многомерных данных в прикладных задачах;
- навыками по подготовке отчетов с результатами статистического анализа данных, включающих содержательную интерпретацию результатов анализа, комментарии, выводы и рекомендации.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Многомерный статистический анализ данных» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 154 часа, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов (в том числе 12 ч/ДО), управляемая самостоятельная работа – 4 ч (ДО).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Общая характеристика статистического анализа данных (САД).**

Принципы и общая схема статистического анализа. Типы данных. Шкалы измерения. Классификация задач и методов САД.

### **Тема 2. Предварительный статистический анализ данных.**

Математические модели данных. Наблюдения как случайные величины, векторы, функции. Модель данных «случайная выборка». Альтернативные модели данных: неоднородная выборка, выборка с засорениями, зависимые наблюдения. Методы предварительного анализа данных. Примеры.

### **Тема 3. Применение методов статистического оценивания и проверки гипотез в задачах анализа данных.**

Функциональные и числовые характеристики вероятностных моделей данных и их статистические оценки. Параметрические методы оценивания и подстановочный принцип. Принципы теории статистической проверки гипотез. Общий вид статистического критерия. Понятие Р-значения. Адекватность адекватности моделей данных на основе статистических критериев согласия.

### **Тема 4. Многомерное нормальное распределение как модель многомерных данных.**

Многомерное нормальное распределение как модель многомерных данных. Функциональные и числовые характеристики, маргинальные распределения, линейные преобразования гауссовских случайных векторов. Условное распределение гауссовского вектора. Функция регрессии и ее оптимальные свойства. Частный и множественный коэффициенты корреляции: определение и свойства. Оценивание параметров многомерной гауссовской модели по методу максимального правдоподобия. Свойства и распределение оценок.

### **Тема 5. Корреляционный анализ данных.**

Выборочный коэффициент корреляции: свойства и применения. Выборочный частный коэффициент корреляции: свойства и применения. Выборочный множественный коэффициент корреляции: свойства и применения. Статистические выводы о значениях коэффициентов корреляции.

### **Тема 6. Регрессионный анализ данных.**

Регрессионная модель многомерных данных. Статистическое оценивание параметров многомерной линейной регрессии. Свойства оценок параметров. Проверка гипотез относительно параметров модели многомерной линейной регрессии.

### **Тема 7. Статистическая проверка гипотез однородности на основе $T^2$ -статистики Хоттелинга**

Многомерный  $T^2$ -критерий Стьюдента. Свойства статистики Хоттелинга. Применение статистики Хоттелинга в анализе данных. Проверка гипотезы о значениях вектора математического ожидания. Построение доверитель-

ной области. Проверка гипотезы о равенстве средних в двух выборка. Проблема Беренса – Фишера.

**Тема 8. Методы дискриминантного анализа неоднородных данных в режиме обучения.**

Задачи статистической классификации многомерных данных. Дискриминантный анализ данных при наличии обучающей выборки. Подстановочное байесовское решающее правило. Оптимальная классификация гауссовских случайных векторов. Непараметрический дискриминантный анализ.

**Тема 9. Методы кластерного анализа данных с неоднородной структурой и расщепления смесей распределения в режиме самообучения.**

Кластерный анализ данных: общая характеристика алгоритмов классификации. Алгоритмы K-средних и иерархического кластерного анализа. Оценка качества кластеризации. EM-алгоритм расщепления смесей распределений многомерных данных в режиме самообучения. Проблема аномальных наблюдений в задачах кластерного анализа.

**Тема 10. Метод главных компонент (МГК) и его применения.**

Избыточность пространства наблюдения и проблема снижения размерности. Общая схема применения МГК. Условия применения МГК. Матрица преобразования исходного вектора признаков к главным компонентам Способы отбора информативных признаков в виде главных компонент. Интерпретация главных компонент. Применения МГК в прикладных задачах.



## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением электронных средств обучения (ДО)

№п/п	Название раздела, темы	Количество часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Аудиторные					
		Лекции	Практические занятия	Лаб. занятия	Иное		
1.	Общая характеристика статистического анализа данных (САД).	2					Собеседование
2.	Предварительный статистический анализ данных.	4		6			Отчет по компьютерному тестовому заданию
3.	Применение методов статистического оценивания и проверки гипотез в задачах анализа данных	4					Собеседование
4.	Многомерное нормальное распределение как модель многомерных данных.	4				2 (ДО)	Коллоквиум
5.	Корреляционный анализ данных	4		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию
6.	Регрессионный анализ данных	2		4(ДО)			Отчет по компьютерному тестовому заданию
7.	Статистическая проверка гипотез однородности на основе $T^2$ -статистики Хотеллинга	4		4(ДО)			Устный опрос
8.	Методы дискриминантного анализа неоднородных данных в режиме обучения.	4		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию
9.	Методы кластерного	4		4			Отчет по

	анализа данных с неоднородной структурой и расщепления смесей распределения в режиме самообучения						компьютерному тестовому заданию
10.	Метод главных компонент (МГК) и его применения.	2		4		2 (ДО)	Устный опрос
<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>		<b>30</b>		<b>4</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Абрамович М.С. Математические и компьютерные основы статистического моделирования анализа данных. Минск: БГУ, 2008. – 455 с.
2. Харин Ю.С., Жук Е.Е. Математическая и прикладная статистика. Минск, БГУ, 2005. – 279 с.
3. Многомерный статистический анализ в экономических задачах: компьютерное моделирование в SPSS: учебное пособие / под ред. И.В. Орловой. – Москва: Инфра-М, 2022. – 310 с.

### Перечень дополнительной литературы

4. Анализ данных: учебник для академического бакалавриата / Мхитарян, В.С. [и др.] ; под редакцией В. С. Мхитаряна. – Москва: Юрайт, 2018. – 490 с.
5. Салин В.Н., Чурилова Э.Ю. Статистический анализ цифровой экономики в системе «STATISTICA»: уч.- практ. пособие. – Москва : Крокус, 2022. – 238 с.
6. Бринк Х., Ричардс Д., Феверолф М. Машинное обучение. – Санкт-Петербург: Питер, 2018. – 336 с.
7. Anderson T.W. An introduction to multivariate statistical analysis. 3rd Edition. Wiley, 2003, 703 p.
8. Hardle W.K., Simar L. Applied Multivariate Statistical Analysis. Fourth Edition. Springer. 2015. – 580 p.
9. James, G. [et al]. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Second Edition. Springer. 2021, 607 p.
10. Zhao Y., Cen Y. Data Mining Applications with R. Elsevier, 2014. – 469 p.

Информационно-методическое обеспечение дисциплины доступно студентам в виде онлайн-курса на образовательном портале <https://edufpmi.bsu.by/course/view.php?id=308>

### Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

На лекционных занятиях по дисциплине «Многомерный статистический анализ данных» рекомендуется особое внимание обращать на установлении связей между теоретическим темами курса и использованием, изучаемых методов и алгоритмов для решения практических задач анализа данных.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Для диагностики компетенций в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

- устная форма: собеседования, устные опросы по текущим темам;
- письменная форма: коллоквиум по нескольким теоретическим темам дисциплины.
- устно-письменная форма: отчеты по компьютерным тестовым заданиям лабораторного практикума.

Отчеты загружаются для проверки в специально организованный онлайн-курс на портале <https://edufpmi.bsu.by/course/view.php?id=308>

Формой текущей аттестации по дисциплине «Многомерный статистический анализ данных» учебным планом предусмотрен **экзамен**.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Отметка текущей успеваемости рассчитывается на основе отметок по 6 контрольным точкам (коллоквиум и 5 компьютерных тестовых заданий) с пропорциональными весами.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости (рейтинговой системы оценки знаний) и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационной отметки – 60 %.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

Управляемая самостоятельная работа (УСР) студентов – это самостоятельная работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, а также контролируемая преподавателем на определенном этапе обучения. Целью УСР является целенаправленное обучение студентов основным навыкам и умению индивидуальной самостоятельной работы.

На освоение учебного материала в рамках УСР для дисциплины «Многомерный статистический анализ данных» отводится 4 аудиторных часа по двум следующим темам в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

**Тема № 4. Многомерное нормальное распределение как модель многомерных данных. (2 ч/ДО)**

*Перечень вопросов для углубленного самостоятельного изучения:*

- статистические свойства и условия применения базовой модели многомерных данных в виде многомерного нормального распределения;
- типовые нарушения базовой модели многомерных данных: модель смеси распределений, модель с засорениями.

- оценки параметров базовой модели по методу максимального правдоподобия и их свойства при выполнении и нарушении модельных предположений.

**Форма контроля** – коллоквиум.

### **Тема 10. Метод главных компонент (МГК) и его применения. (2 ч/ДО)**

*Перечень вопросов для углубленного самостоятельного изучения:*

- общая схема и условия применения МГК.
- способы формирования и отбора информативных признаков в виде главных компонент.
- интерпретация главных компонент.
- примеры использования МГК в задачах регрессионного анализа и статистической классификации.

**Форма контроля** – устный опрос.

### **Примерная тематика лабораторных занятий**

1. Предварительный статистический анализ данных.
2. Корреляционный анализ данных.
3. Регрессионный анализ данных.
4. Дискриминантный анализ неоднородных данных в режиме обучения.
5. Кластерный анализ данных с неоднородной структурой.

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используется эвристический и практико-ориентированный подходы.

*Эвристический подход* предполагает:

- демонстрацию многообразия решений задач анализа данных в условиях выполнения и невыполнения модельных предположений;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе решения задач;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели и задачи анализа и проводить исследования.

*Практико-ориентированный подход* предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;

– использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Студенты самостоятельно выполняют следующую работу:

- осуществляют углубленное изучение моделей и методов анализа данных по избранным темам с использованием рекомендуемой литературы;
- выполняют задания лабораторного практикума в полном объеме с использованием различных статистических пакетов;
- готовят отчет с результатами проведенных исследований в соответствии с установленными требованиями;
- работают над устранением указанных при проверке отчетов недостатков.

Наиболее интересные результаты представляются на заседаниях студенческого научного кружка и СНИЛ по компьютерному анализу и моделированию данных, а также на студенческих научных конференциях.

Условия для самостоятельной работы студентов, в частности, для развития навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса, обеспечиваются наличием и полной доступностью электронных (и бумажных) курсов лекций, учебно-методических материалов по основным темам дисциплины, компьютерных тестовых заданий и данных для их выполнения на портале <https://edufpmi.bsu.by/course/view.php?id=308>

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Понятие САД. Общая схема, принципы и условия корректного применения САД.
2. Модель «случайная выборка» и альтернативные модели данных: неоднородная выборка, выборка с засорениями.
3. Задачи и методы предварительного статистического анализа данных.
4. Общая характеристика и формы представления статистических критериев проверки гипотез в задачах анализа данных. Понятие уровня значимости и  $P$ -значения.
5. Анализ адекватности моделей данных на основе критериев согласия.
6. Многомерное нормальное распределение как модель данных.
7. Теорема о линейном преобразовании гауссовского случайного вектора.
8. Маргинальные распределения гауссовского случайного вектора. Критерий независимости гауссовских векторов.
9. Условное распределение гауссовского случайного вектора.
10. Функция регрессии и частный коэффициент корреляции (ЧКК).
11. Оптимальные свойства функции регрессии.

12. Множественный коэффициент корреляции (МКК) и его свойства.
13. Построение оценок максимального правдоподобия (ММП-оценки) параметров многомерного нормального распределения.
14. Свойства и распределение вероятностей ММП-оценок параметров многомерного нормального распределения.
15. Выборочный коэффициент корреляции (ВКК) и его свойства.
16. Точный критерий проверки гипотезы о значимости ВКК.
17. Асимптотический критерий проверки гипотезы о значимости ВКК.
18. Выборочный частный коэффициент корреляции (ВЧКК) и его свойства.
19. Выборочный множественный коэффициент корреляции (ВМКК) и его свойства.
20. Проверка гипотезы о значимости ВМКК.
21. Статистика Хотеллинга и ее свойства.
22. Доверительная область для математического ожидания многомерного нормального распределения.
23. Проверка гипотезы о значениях вектора математического ожидания многомерного нормального распределения. Многомерный критерий Стьюдента.
24. Проверка гипотезы о равенстве средних значений в двух выборках из многомерного нормального распределения.
25. Задачи регрессионного анализа. Виды регрессионных моделей. Модель многомерной линейной регрессии.
26. ММП-оценки параметров модели многомерной линейной регрессии и их свойства.
27. Критерий отношения правдоподобия для проверки гипотез о матрице коэффициентов регрессии модели многомерной линейной регрессии.
28. Постановка задачи и алгоритмы статистической классификации с обучением.
29. Байесовское и подстановочное байесовское решающие правила статистической классификации в режиме обучения. Параметрические и непараметрические решающие правила дискриминантного анализа.
30. Линейное и квадратичное байесовское решающие правила дискриминантного анализа гауссовских случайных векторов.
31. Постановка задачи и алгоритмы статистической классификации в режиме самообучения обучения.
32. Гипотеза компактности кластеров и алгоритм кластерного анализа данных K-средних.
33. Алгоритм иерархического кластерного анализа данных. Способы идентификации и оценки качества кластеров.
34. Задача расщепления смеси распределений вероятностей. Общая схема EM-алгоритма.
35. Метод главных компонент (МГК): условия применения и общая схема применения.

36. Статистические тесты, используемые для обоснования возможности применения МГК и выбора главных компонент.



## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Теория вероятностей и математическая статистика	Кафедра математического моделирования и анализа данных	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (протокол № 10 от 26 апреля 2022 г.) скобки

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры математического моделирования и анализа данных (протокол № 10 от 26 апреля 2022 г.).

Заведующий кафедрой  
канд. физ.-мат. наук, доцент  
(ученая степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

И.А. Бодягин  
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
доктор техн. наук, доцент  
(ученая степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

А.М. Недзведь  
(И.О. Фамилия)