

Белорусский государственный университет



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.Г.Прохоренко

2023 г.

Регистрационный № УД – 12589/уч.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

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

1-31 03 06 Экономическая кибернетика (по направлениям)

Направление специальности:

**1-31 03 06-01 Экономическая кибернетика (математические методы
и компьютерное моделирование в экономике)**

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 06 -2021 и учебных планов № G31-1-033/уч от 30.06.2021, №G31-1-215/уч от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.И. Малюгин, заведующий кафедрой математического моделирования и анализа данных Белорусского государственного университета, доктор экономических 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 № 11 от 25 мая 2023 г.)

Учебно-методической комиссией факультета прикладной математики и информатики БГУ (протокол № 9 от 27 июня 2023 г.)

Заведующий кафедрой _____  В.И. Малюгин

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 «Статистический анализ данных» для специальности 1-31 03 06 Экономическая кибернетика (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 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 «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 «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 «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 «Статистический анализ данных» относится к **дисциплинам специализации** компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами.

Учебная дисциплина «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 06 Экономическая кибернетика (по направлениям), направленных на углубленную подготовку

специалистов в области анализа экономических данных: «Эконометрика» и «Статистические методы управления качеством».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Статистический анализ данных» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

универсальные компетенции:

УК-1. Владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

УК-2. Решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий;

УК-3. Осуществлять коммуникации на иностранном языке для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия;

УК-4. Работать в команде, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные, культурные и иные различия;

УК-5. Быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

УК-6. Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

УК-11. Анализировать социально-значимые явления, события и процессы, использовать социологическую и экономическую информацию, проявлять предпринимательскую инициативу.

базовые профессиональные компетенции:

БПК-2. Строить, анализировать и тестировать алгоритмы и программы решения типовых задач обработки информации с использованием объектно-ориентированного и иных парадигм программирования.

БПК-3. Строить вероятностные модели в прикладных задачах, вычислять вероятности сложных случайных событий и исследовать важнейшие характеристики случайных величин, использовать методы математической статистики для решения задач оценивания параметров и проверки гипотез, применять методы анализа основных моделей случайных процессов.

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 «Статистический анализ данных» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 108 часов, в том числе 68 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 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 К-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

Очная форма получения высшего образования с применением
дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

№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		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию
3.	Применение методов статистического оценивания и проверки гипотез в задачах анализа данных	4		2			Собеседование
4.	Многомерное нормальное распределение как модель многомерных данных.	4		2		2	Устный опрос
5.	Корреляционный анализ данных	4		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию
6.	Регрессионный анализ данных	2		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию
7.	Статистическая проверка гипотез однородности на основе T^2 -статистики Хотеллинга	4		4			Коллоквиум
8.	Методы дискриминантного анализа неоднородных данных в режиме обучения.	4		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию

9.	Методы кластерного анализа данных с неоднородной структурой и расщепления смесей распределения в режиме самообучения	4		4			Отчет по компьютерному тестовому заданию
10.	Метод главных компонент (МГК) и его применения.	2		2		2	Устный опрос
ИТОГО		34		30		4	экзамен

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. Анализ данных: учебник для академического бакалавриата / Мхитарян, В.С. [и др.] ; под редакцией В. С. Мхитаряна. – Москва: Юрайт, 2018. – 490 с.
4. 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

5. Салин В.Н., Чурилова Э.Ю. Статистический анализ цифровой экономики в системе «STAISTICA»: уч.- практ. пособие. – Москва : Крокус, 2022. – 238 с.
6. Бринк Х., Ричардс Д., Феверолф М. Машинное обучение. – Санкт-Петербург: Питер, 2018. – 336 с.
7. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. – Москва: Финансы и статистика, 2003. – 354 с.
8. Сошникова Л.А., Томашевич В.Н., Учете Г., Шефер М. Многомерный статистический анализ в экономике. – Москва : ЮНИТИ, 1999. – 598 с.
9. Anderson T.W. An introduction to multivariate statistical analysis. 3rd Edition. Wiley, 2003, 703 p.
10. Hardle W.K., Simar L. Applied Multivariate Statistical Analysis. Fourth Edition. Springer. 2015. – 580 p.
11. James, G. [et al]. An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Second Edition. Springer. 2021, 607 p.
12. 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 «Статистический анализ данных» рекомендуется особое внимание обращать на установлении связей между теоретическими 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 «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 «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.)

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 – устный опрос.

Тема 10. Метод главных компонент (МГК) и его применения. (2 ч.)

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 в режиме самообучения.

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 недостатков в отчетах.

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 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 Р-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. Крите-

- рий 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 № 11 от 25 мая 2023 г.)

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 № от).

Заведующий кафедрой

доктор эконом. наук, доцент
(ученая степень, звание)

(подпись)

В.И. Малюгин
(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

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

(подпись)

Ю.Л. Орлович
(И.О. Фамилия)