

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Дисперсионный анализ

Направление подготовки: 02.03.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Наука о данных

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Симушкин С.В. (кафедра математической статистики, Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского), Sergey.Simushkin@kpfu.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные вероятностные законы, описывающие поведение случайных векторов (нормальный закон, мультиномиальный закон);
- основные принципы построения моделей регрессионных связей между исследуемыми характеристиками (регрессия с линейной зависимостью от неизвестных параметров);
- основные формы представления многомерных данных и особенности работы с ними;
- методы, применяемые для анализа и обработки многомерных совокупностей (метод наименьших квадратов, критерий Фишера, ранговые критерии, несмещенные оценки параметров модели, таблицы регрессионных моделей);
- основные методы построения оптимальных планов проведения факторных экспериментов (полный факторный план, дробные реплики, блочные схемы, латинские планы, D-, G-, A-, L-, Q-оптимальные планы);
- методы построения оптимальных планов для полиномиальной и тригонометрической регрессий.

Должен уметь:

- применять методы дисперсионного анализа для обработки реальных числовых данных, учитывая границы применимости математической модели;
- применять специализированные программные продукты для проведения вычислительных процедур дисперсионного анализа;
- реализовывать процедуры дисперсионного анализа в рамках имеющихся средств обработки данных;
- выбирать методику статистического исследования экспериментальных данных.

Должен владеть:

- методами построения математической модели профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов.
- навыками выбора математических методов обработки экспериментальных данных, адекватных целям исследования;
- навыками реализации математических методов обработки экспериментальных данных в виде прикладных программных продуктов;
- навыками составления отчетов по методикам исследования и их реализации в виде ПО, анализа результатов обработки.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- способность и готовность применять на практике основные методы дисперсионного анализа.

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.03 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 02.03.01 "Математика и компьютерные науки (Наука о данных)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 68 часа(ов), в том числе лекции - 32 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 40 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие занятия в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные работы в эл. форме	
1.	Тема 1. Классическая линейная модель регрессии Критерий Фишера	7	8	0	8	0	0	0	10
2.	Тема 2. Модели дисперсионного анализа	7	8	0	10	0	0	0	10
3.	Тема 3. Дисперсионный анализ многомерных данных	7	8	0	10	0	0	0	10
4.	Тема 4. Оптимизация факторных планов	7	8	0	8	0	0	0	10
	Итого		32	0	36	0	0	0	40

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Классическая линейная модель регрессии Критерий Фишера**

Классическая линейная модель регрессии. Оценки метода наименьших квадратов.

Параметрические функции, допускающие оценку. Теорема Гаусса-Маркова. Единственность оценок метода наименьших квадратов. Распределение оценок в нормальном случае. Канонические переменные. Несмещённость оценок метода наименьших квадратов.

**Тема 2. Модели дисперсионного анализа**

Модели дисперсионного анализа. Однофакторный дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ с равным числом наблюдений в ячейке. Полный многофакторный анализ с взаимодействиями. Разбиение полной суммы квадратов. Формальный дисперсионный анализ - теорема о распределение слагаемых квадратической формы в нормальной модели.

**Тема 3. Дисперсионный анализ многомерных данных**

Дисперсионный анализ многомерных данных. Задача проверки гипотезы о центре нормально распределенных данных. Критерий Фишера для сравнения двух групп многомерных данных. Критерии сравнений большого числа групп по многомерным данным, основанные на расстоянии Махаланобиса и на собственных числах матриц ковариаций.

**Тема 4. Оптимизация факторных планов**

Оптимизация факторных планов. Полный факторный план. Дробные реплики. Анализ определяющих соотношений. Латинские планы. Блочные схемы. Оптимальные факторные планы. Информационная матрица. Примеры сравнения планов. Критерии оптимальности. Теоремы эквивалентности. Теорема Кифера-Волфовица. Оптимальные планы для полиномиальной и тригонометрической регрессии

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

MashineLearning - <http://www.machinelearning.ru/>

StatPlus - [http://www.statplus.net.ua/ru/help/source/a\\_anova\\_single.htm](http://www.statplus.net.ua/ru/help/source/a_anova_single.htm)

StatSoft - электронный учебник по Statistica - <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stanman.html>

Анализ экономических данных с использованием Statistica 6,0 - [http://cdo.bseu.by/stat1/lab2\\_1.htm](http://cdo.bseu.by/stat1/lab2_1.htm)

Федеральный образовательный портал - <http://ecsocman.hse.ru/>

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Лекционный материал содержит большой объём теоретического материала, для освоения которого необходимо производить чтение уже начитанного материала с выделением плохо освоенных частей и решением возникающих задач. Кроме того, необходимо по каждой лекции выделять основные части представленных теорем и утверждений, вокруг которых формировать весь остов теории. Студентам следует стремиться к активизации знаний на занятиях и по другим дисциплинам, которые используются при построении лекции.
практические занятия	Для решения практических задач используются стандартные компьютерные средства обработки статистических данных. Поэтому первый шаг в решении таких задач состоит в доскональном освоении возможностей этих средств обработки. Главное здесь - правильная организация данных, представление их в виде удобной таблицы - фрейма. Интерпретация полученных результатов подразумевает подробное ознакомление с соответствующим теоретическим материалом
самостоятельная работа	Изучение методов дисперсионного анализа предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над дополнительными материалами; развитие навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса. Изучение лекционного материала по конспекту лекций должно сопровождаться изучением рекомендуемой литературы, основной и дополнительной. Основной целью организации самостоятельной работы студентов является систематизация и активизация знаний, полученных ими на лекциях и в процессе подготовки к практическим занятиям. Самостоятельная работа по изучению дисциплины предполагает внеаудиторную работу, которая включает решение практических задач различной сложности, рассмотрение вопросов, оставленных на самостоятельное изучение, подготовку к экзамену и зачету.
зачет	При подготовке к зачёту необходимо уделить основное внимание связям между различными разделами дисциплины - линейным моделям, методам дисперсионного анализа, методам построения оптимальных планов эксперимента, ориентированным на уменьшение ошибки вывода, методам построения моделей и их статистической идентификации. Кроме того, успешная сдача зачёта подразумевает доскональное изучение компьютерных средств решения практических задач

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 02.03.01 "Математика и компьютерные науки" и профилю подготовки "Наука о данных".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 02.03.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Наука о данных

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Буре В. М. и др. Методы прикладной статистики в R и Excel: учебное пособие: 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022 - 152 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206042>
2. Геращенко Е. С. и др. Статистическая обработка экспериментальных данных. Дисперсионный и ковариационный анализы в языке R: учебное пособие - Рязань: РГРТУ, 2018 - 32 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168236>
3. Боровков, А. А. Математическая статистика : учебник для вузов / А. А. Боровков. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 704 с. - ISBN 978-5-8114-7677-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/164711> (дата обращения: 28.03.2022).- Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Свешников А. А. Прикладные методы теории вероятностей - Санкт-Петербург: Лань, 2022 - 480 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210821>

#### Дополнительная литература:

1. Буре В. М. и др. Методы прикладной статистики в R и Excel: учебное пособие: 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022 - 152 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206042>
2. Чураков Е. П. Введение в многомерные статистические методы - Санкт-Петербург: Лань, 2022 - 148 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212468>
3. Королев, В. Ю. Математические основы теории риска : учебное пособие / В. Ю. Королев, В. Е. Бенинг, С. Я. Шоргин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 620 с. - ISBN 978-5-9221-1267-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2742> (дата обращения: 28.03.2022).- Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Алон, Н. Вероятностный метод : учебное пособие / Н. Алон, Д. Спенсер ; перевод с английского А. А. Сапоженко. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 323 с. - ISBN 978-5-00101-672-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/135486> (дата обращения: 28.03.2022).- Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Лагутин, М. Б. Наглядная математическая статистика : учебн. пособие / М. Б. Лагутин. - 7-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2019. - 475 с. - ISBN 978-5-00101-642-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/116104> (дата обращения: 28.03.2022).- Режим доступа: для авториз. пользователей.



*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.03.03 Дисперсионный анализ*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 02.03.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Наука о данных

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.