

---

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«25» мая 2026 г.  
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Современные методы статистики»**

**Направление подготовки:** 02.03.01 Математика и компьютерные науки

**Направленность (профиль) подготовки:** Прикладной искусственный интеллект

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения программы:** 4 года

**Год набора:** 2026

**Москва  
2026**

## Содержание

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1. Краткая характеристика дисциплины (модуля) ..... | 3  |
| 2. Перечень планируемых результатов обучения .....  | 5  |
| 3. Тематический план .....                          | 7  |
| 4. Содержание дисциплины (модуля) .....             | 7  |
| 5. Учебно-методическое обеспечение .....            | 9  |
| 6. Материально-техническое обеспечение .....        | 9  |
| 7. Методические и оценочные материалы .....         | 11 |

## **1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)**

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Современные методы статистики» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Современные методы статистики» позволяет освоить строгие статистические методы, необходимые для корректного анализа данных в условиях реальной неопределённости, эндогенности и сложной структуры. Полученные знания и навыки формируют фундамент для проведения научных исследований, А/В тестирования, эконометрического моделирования и причинно-следственного анализа в науке и индустрии.

### **Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на курсе в 5 семестре. Доступна к изучению после успешного освоения одной из дисциплин (модулей): «Математическая статистика» или «Эконометрика».

**Цель изучения дисциплины (модуля):** сформировать у обучающихся глубокое понимание современных статистических методов, включая причинно-следственный вывод, асимптотические и байесовские подходы, а также методы оценки эффектов воздействия в условиях сложных данных и эндогенности.

#### **Задачи изучения дисциплины (модуля):**

- изучить базовые и продвинутые методы математической статистики, включая асимптотику, бутстрап, методы коррекции смещения и условия применимости оценок метода наименьших квадратов;
- освоить теоретические основы линейной регрессии, включая теоремы Гаусса-Маркова и Фриша-Ву-Ловелла, и научиться интерпретировать результаты оценивания;
- научиться выявлять и устранять смещение оценок, вызванное пропущенными переменными и эндогенностью, с применением причинно-следственных моделей и метода инструментальных переменных;
- освоить современные подходы к выбору моделей и оценке эффектов воздействия, включая двойное машинное обучение и анализ на причинных графах;
- развить навыки байесовского вывода с использованием МСМС-методов, фильтров Калмана и многочастичных фильтров для работы с моделями пространства состояний.

#### **В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:**

##### **знать:**

- базовые понятия и методы статистики: асимптотика, А/В тестирование, виды бутстрапа, метод Холла;
- теоремы линейного регрессионного анализа: Фриша-Ву-Ловелла, Гаусса-Маркова, свойства оценок МНК;
- причины смещения оценок: пропущенные переменные, эндогенность;
- причинно-следственные модели: модель рубина, причинные графы, критерий обходных путей;
- подходы к выбору моделей и проблемы неравномерной инференции по Либу-Потчеру;
- основы методов двойного машинного обучения;

— основы байесовской статистики и МСМС: ЕМ-алгоритм, сэмплер Гиббса, метод Метрополиса-Гастингса, модель стохастических блоков, фильтры Калмана и многочастичный.

***уметь:***

- применять асимптотические методы для построения доверительных интервалов и статистических тестов;
- использовать бутстрап для коррекции смещения и оценки неопределённости;
- оценивать простую и множественную регрессию методом наименьших квадратов и проверять условия теоремы гаусса-маркера;
- интерпретировать результаты регрессионного анализа и выявлять смещение из-за пропущенных переменных;
- применять метод инструментальных переменных (2SLS) для оценки эффектов воздействия в условиях эндогенности;
- строить байесовские А/В тесты с расчётом минимального детектируемого эффекта;
- применять ЕМ -алгоритм для решения задач классификации и кластеризации.

***владеть:***

- методами бутстрапа различных видов, включая метод Холла, для коррекции смещения и построения доверительных интервалов в сложных моделях;
- техникой двойного машинного обучения (двойное LASSO) для оценки причинных эффектов при большом числе контрольных переменных;
- причинно-следственным выводом на графах с использованием критерия обходных путей и моделью рубина для формализации эффектов воздействия;
- методами МСМС, включая сэмплер Гиббса и алгоритм Метрополиса-Гастингса, для байесовского вывода в моделях пространства состояний и стохастических блоковых моделях;
- фильтром Калмана и многочастичным фильтром для анализа и прогнозирования в моделях пространства состояний.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

| Код и содержание компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Индикатор компетенции и перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | УК-1.1. Знает методы поиска и анализа информации в области разработки, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности.                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.2. Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем.                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-1.3. Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации.                                                                                                                                                                                              |
| УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений                                                                                                                                                                                                                                                                     | УК-2.1. Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач.                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-2.2. Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения.                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | УК-2.3. Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями.                                                                                                                                                                                                |
| ОПК-1. Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности | ОПК-1.1. Знает основные понятия, методы и результаты математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической и дифференциальной геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов и теоретической механики. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-1.2. Умеет применять фундаментальные математические знания и методы для анализа и решения профессиональных задач.                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-1.3. Имеет практический опыт выбора, разработки и реализации математических моделей и методов при решении задач профессиональной деятельности.                                                                                                                                                                                                                                 |
| ОПК-6. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-6.1. Знает принципы алгоритмизации, основные структуры данных, парадигмы программирования, методы разработки, тестирования и отладки компьютерных программ.                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ОПК-6.2. Умеет разрабатывать, документировать, тестировать и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                          |                                                                                                                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| практического применения | отлаживать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения, с использованием современных языков и сред разработки. |
|                          | ОПК-6.3. Имеет практический опыт разработки и сопровождения компьютерных программ и программных комплексов для решения прикладных задач.      |

### 3. Тематический план

| №п/<br>п                                  | Наименование<br>раздела дисциплины<br>(модуля)                                         | Трудоемкость, академические часы |                         |          |                           | ТКУ<br>(текущий контроль<br>успеваемости) |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------|---------------------------|-------------------------------------------|
|                                           |                                                                                        | Очная форма                      |                         |          |                           |                                           |
|                                           |                                                                                        | Аудиторная<br>работа             |                         | Контроль | Самостоятельная<br>работа |                                           |
|                                           |                                                                                        | Лекции                           | Практические<br>занятия |          |                           |                                           |
| 1                                         | А/В -тестирование                                                                      | 4                                | 4                       |          | 16                        | Домашнее задание                          |
| 2                                         | Линейные модели и<br>оценка эффектов<br>воздействия в<br>неэкспериментальных<br>данных | 18                               | 18                      | 2        | 76                        | Домашнее задание<br>Контрольная работа    |
| 3                                         | Байесовские методы                                                                     | 8                                | 8                       |          | 34                        | Домашнее задание                          |
|                                           | Экзамен                                                                                |                                  |                         | 2        |                           |                                           |
| Итого:                                    |                                                                                        | 30                               | 30                      | 4        | 126                       |                                           |
| Объем дисциплины (модуля)<br>(в ак. ч.)   |                                                                                        | 190                              |                         |          |                           |                                           |
| Объем дисциплины (модуля)<br>(в зач. ед.) |                                                                                        | 5                                |                         |          |                           |                                           |

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

| №п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)                                   | Содержание дисциплины (модуля) по темам                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | А/В -тестирование                                                          | Базовые понятия и методы статистики. Асимптотические методы для тестов и доверительных интервалов. Эффекты воздействия, как параметры распределения: модель Рубина. Экспериментальная оценка эффектов воздействия, А/В тестирование<br>Бутстрап для коррекции смещения оценок и инференции. Метод Холла. Применение бутстрапа при А/В тестировании                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2    | Линейные модели и оценка эффектов воздействия в неэкспериментальных данных | Линейные модели с стохастическими регрессорами. Отличие прогнозной и причинно-следственной задачи при исследовании данных. Оценки МНК и проекции. Теорема Фриша-Ву-Ловелла<br>Регрессия по всей популяции. Идентификация параметров линейной модели. Наилучший линейный предиктор. L2 пространство и его свойства. Проекция в L2<br>Предположения линейной модели и статистические свойства МНК оценок. Теорема Гаусса-Маркова. Тесты: $t$ , $F$<br>Асимптотические свойства оценок. Тесты параметров линейной регрессии: $z$ -тест, тест Вальда. Мисспецификация модели: смещение из-за пропущенных переменных<br>Контрольные переменные, инструментальные переменные. Выбор модели: секвенциальное тестирование, информационные критерии<br>Неравномерная инференция по Либу-Потчеру<br>Использование графических моделей для выбора регрессионной модели. Критерий обходных путей<br>LASSO, post-LASSO, двойное LASSO<br>Двойное машинное обучение |

|   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Байесовские методы | <p>Постановка задачи байесовской статистики, примеры. Условные распределения, свойства нормальных векторов</p> <p>Модели пространства состояний: фильтр Калмана, многочастичный фильтр</p> <p>Сэмплер Гиббса, алгоритм Метрополиса-Гастингса, сходимость. Модель стохастических блоков</p> <p>Байесовское A/B тестирование, минимальный выявляемый эффект. Байесовские алгоритмы классификации и кластеризации: EM-алгоритм</p> |
|---|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### *Основная литература:*

1. Мэрфи, К. П. Вероятностное машинное обучение: введение : практическое руководство / К. П. Мэрфи ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 990 с. - ISBN 978-5-93700-119-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2109489>.

2. Курт, У. Байесовская статистика: Star Wars, LEGO, резиновые уточки и многое другое : практическое руководство / У. Курт. - Санкт-Петербург : Питер, 2021. - 304 с. - (Библиотека программиста). - ISBN 978-5-4461-1655-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1817495>.

### *Дополнительная литература:*

1. Брюс, П. Практическая статистика для специалистов Data Science / П. Брюс, Э. Брюс. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2021. - 352 с. - ISBN 978-5-9775-6705-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2142261>.

## 6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

| №  | Наименование портала<br>(издания, курса, документа)                            | Ссылка                                                                          |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека                          | <a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a> |
| 2. | База данных для IT-специалистов                                                | <a href="https://habr.com">https://habr.com</a>                                 |
| 3. | База данных ScienceDirect                                                      | <a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a>       |
| 4. | Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации | <a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>           |
| 5. | Федеральный портал «Российское образование»                                    | <a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>                           |
| 6. | Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"        | <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                       |
| 7. | Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов                             | <a href="http://school-collection.edu.ru/">http://school-collection.edu.ru/</a> |
| 8. | Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов                     | <a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>                         |

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

| Наименование ПО                                                     | Производство  | Лицензионное / свободно распространяемое |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| <b>Операционные системы:</b>                                        |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Windows Client, Server)                          | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Браузеры:</b>                                                    |               |                                          |
| Яндекс.Браузер                                                      | отечественное | свободно распространяемое                |
| Google Chrome                                                       | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Офисные приложения:</b>                                          |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Visio, OneNote)                                  | зарубежное    | лицензионное                             |
| TeXstudio                                                           | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| Adobe Acrobat Reader                                                | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Программное обеспечение для планирования и учета времени:</b>    |               |                                          |
| Toggle app                                                          | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Системы управления проектами:</b>                                |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Project)                                         | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Системы управления базами данных:</b>                            |               |                                          |
| Microsoft Imagine (SQL Server)                                      | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Системы резервного копирования (backup):</b>                     |               |                                          |
| Acronis Backup Advanced for HyperV                                  | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Справочно-правовые системы:</b>                                  |               |                                          |
| КонсультантПлюс: справочно-правовая система                         | отечественное | лицензионное                             |
| <b>Средства антивирусной защиты:</b>                                |               |                                          |
| Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition | отечественное | лицензионное                             |
| <b>Среды разработки:</b>                                            |               |                                          |
| Visual Studio Code                                                  | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| Bash (Unix shell)                                                   | зарубежное    | свободно распространяемое                |

|                                                          |            |                           |
|----------------------------------------------------------|------------|---------------------------|
| Anaconda                                                 | зарубежное | свободно распространяемое |
| Robotic Operating System                                 | зарубежное | свободно распространяемое |
| CopelliaSim                                              | зарубежное | свободно распространяемое |
| Google Colaboratory                                      | зарубежное | свободно распространяемое |
| <b>Пакеты программных средств и библиотек:</b>           |            |                           |
| AutoPsy                                                  | зарубежное | свободно распространяемое |
| Interactive Disassembler (IDA)                           | зарубежное | свободно распространяемое |
| <b>Системы управления библиографической информацией:</b> |            |                           |
| Zotero                                                   | зарубежное | свободно распространяемое |
| <b>Сервисы и службы:</b>                                 |            |                           |
| Bind                                                     | зарубежное | свободно распространяемое |
| Docker                                                   | зарубежное | свободно распространяемое |

## 7. Методические и оценочные материалы

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Современные методы статистики» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, контрольная работа, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

*Лекция* – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

*Семинар* – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

*Домашнее задание* – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

*Контрольная работа* – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы – получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины и продемонстрировать навыки их практического применения.

*Бонусные баллы* — это оценки, которые студенты могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Электронный документ

Формат бонусных баллов позволяет студентам улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

*Самостоятельная работа* – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

### **Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

#### **Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Современные методы статистики»**

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *экзамена*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в syllabus дисциплины:

| <b>Десятибалльная<br/>оценка</b> | <b>Пятибалльная<br/>оценка</b> | <b>Общая характеристика результата обучения по<br/>дисциплине (модулю)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                               | Отлично                        | Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами. |
| 9                                | Отлично                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 8                                | Отлично                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 7                                | Хорошо                         | Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами                                                                                                                                 |
| 6                                | Хорошо                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                     | исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.                                                                                                                                                                                          |
| 5                     | Удовлетворительно   | Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования. |
| 4                     | Удовлетворительно   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3                     | Не сдан             | Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задаст дополнительные наводящие вопросы.                                                                                                                                                                 |
| 2                     | Не сдан             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1                     | Не сдан             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Дисциплина (модуль) «Современные методы статистики» оценивается следующим образом:

| Активность         | Вес | Количество | Описание                                                                                                               |
|--------------------|-----|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Домашние задания   | 30% | 7          | Набор задач по темам недели                                                                                            |
| Контрольная работа | 20% | 1          | Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время                                          |
| Экзамен            | 50% | 1          | Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю) |

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Современные методы статистики»:**  $0,3 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,2 \times \text{контрольная работа} + 0,5 \times \text{экзамен}$ .

### Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

#### Примерные домашние задания

##### Домашнее задание 1.

1. Объясните, в чём заключается разница между асимптотическими и бутстрап-подходами к построению доверительных интервалов в А/В тестировании;
2. Опишите, как модель Рубина формализует понятие эффекта воздействия и какие предположения необходимы для его идентификации;
3. Реализуйте бутстрап-оценку разности средних в А/В тесте и сравните полученный доверительный интервал с асимптотическим подходом;
4. Объясните, как метод Холла улучшает точность бутстрап-интервалов по сравнению с обычным процентильным методом;
5. Проанализируйте, в каких случаях стандартное А/В тестирование может давать смещённые оценки и как бутстрап помогает скорректировать неопределённость.

##### Домашнее задание 2.

1. Оцените модель линейной регрессии методом МНК и проверьте выполнение предпосылок теоремы Гаусса-Маркова на примере реальных или синтетических данных;
2. Примените теорему Фриша-Ву-Ловелла для интерпретации коэффициентов множественной регрессии как частичных эффектов;
3. Объясните, как пропущенная переменная, коррелирующая с регрессором, приводит к смещению оценки МНК, и продемонстрируйте это на примере;
4. Реализуйте оценку эффекта воздействия с помощью метода инструментальных переменных (2SLS) в случае эндогенности регрессора;
5. Примените двойное LASSO для отбора контрольных переменных и оценки причинного эффекта в условиях большого числа ковариат.

### **Домашнее задание 3.**

1. Постройте байесовский A/B тест для биномиальных данных, используя сопряжённые априорные распределения, и рассчитайте вероятность превосходства одной группы над другой;
2. Реализуйте ЕМ-алгоритм для задачи кластеризации методом смеси нормальных распределений и проанализируйте сходимость;
3. Опишите, как работает сэмплер Гиббса в байесовской линейной регрессии, и реализуйте его на простом примере;
4. Примените фильтр Калмана для оценки скрытого состояния в модели случайного блуждания с наблюдениями с шумом;
5. Объясните, в каких случаях предпочтительнее использовать многочастичный фильтр вместо фильтра Калмана, и опишите его основные шаги: предсказание, взвешивание, ресэмплирование.

### **Примерные задания для контрольной работы**

1. Объясните, в чём заключается различие между прогнозной и причинно-следственной интерпретацией модели линейной регрессии, и приведите пример, когда высокая предсказательная способность не означает корректной оценки эффекта воздействия;
2. Опишите, как модель Рубина формализует понятие потенциальных исходов и какие предположения (SUTVA, случайная выборка, отсутствие скрытой эндогенности) необходимы для идентификации среднего эффекта обработки (ATE);
3. Реализуйте A/B тест на синтетических данных: симулируйте две группы, оцените разность средних, постройте доверительный интервал с использованием асимптотического подхода и сравните с результатом бутстрапа;
4. Объясните, как метод Холла улучшает точность бутстрап-доверительных интервалов за счёт учёта смещения и асимметрии распределения оценки;
5. Оцените модель линейной регрессии методом МНК на примере набора данных и проверьте выполнение ключевых предпосылок теоремы Гаусса-Маркова: линейность, случайность выборки, отсутствие мультиколлинеарности, гомоскедастичность, ненормальность остатков;
6. Примените теорему Фриша-Ву-Ловелла для интерпретации коэффициента в множественной регрессии как результата двухэтапной проекции: сначала зависимой переменной, затем регрессора на пространство остальных предикторов;
7. Объясните, как пропущенная переменная, коррелирующая с включённым регрессором, приводит к смещению оценки МНК, и продемонстрируйте этот эффект на численном примере;
8. Реализуйте оценку эффекта воздействия с помощью метода инструментальных переменных (2SLS) в случае, когда регрессор эндогенен из-за обратной связи или скрытой переменной;

9. Опишите, как критерий обходных путей (backdoor criterion) используется в причинных графах для выбора корректного набора контрольных переменных, и приведите пример графа, где контроль по одной переменной устраняет смещение;

10. Примените технику двойного машинного обучения (double machine learning) с двойным LASSO для оценки причинного эффекта в условиях большого числа потенциальных ковариат, используя модель предсказания результата и модель предсказания воздействия.

#### Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| № п/п | Задание                                                                                                  | Ответ                                                                                 | Компетенция | Индикатор |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| 1.    | Назовите основную цель A/B тестирования в контексте причинно-следственного вывода.                       | Оценка эффекта воздействия путём сравнения контрольной и тестовой групп               | УК-1        | УК-1.1    |
| 2.    | Укажите, как в модели Рубина определяется потенциальный исход для индивида при отсутствии воздействия.   | $Y_i(0)$ — результат, который был бы наблюдаем, если бы индивид не получил treatment  | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 3.    | Объясните, что означает предпосылка SUTVA в модели потенциальных исходов.                                | Отсутствие взаимодействия между индивидами и однозначность воздействия                | ОПК-1       | ОПК-1.1   |
| 4.    | Назовите условие, при котором оценка АТЕ является несмещённой в рандомизированном эксперименте.          | Случайное назначение воздействия и отсутствие систематических различий между группами | ОПК-1       | ОПК-1.2   |
| 5.    | Назовите асимптотический тест для проверки гипотезы о разности пропорций в A/B тесте.                    | Z-тест для долей                                                                      | ОПК-1       | ОПК-1.2   |
| 6.    | Объясните, зачем используется бутстрап при построении доверительных интервалов в условиях малой выборки. | Для аппроксимации распределения статистики без предположений о нормальности           | УК-2        | УК-2.2    |
| 7.    | Укажите, в чём заключается преимущество метода Холла при построении бутстрап-интервалов.                 | Корректирует смещение и асимметрию, обеспечивая более точные покрытия                 | ОПК-1       | ОПК-1.2   |
| 8.    | Назовите проблему, возникающую при анализе данных без учёта множественной проверки гипотез.              | Увеличение вероятности ложноположительного результата (family-wise error rate)        | УК-1        | УК-1.2    |

|     |                                                                                                                                           |                                                                                     |       |         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------|
| 9.  | Назовите теорему, утверждающую, что МНК-оценки являются наилучшими линейными несмещёнными в условиях выполнения классических предпосылок. | Теорема Гаусса-Маркова                                                              | ОПК-1 | ОПК-1.1 |
| 10. | Объясните, как теорема Фриша-Ву-Ловелла помогает интерпретировать коэффициенты множественной регрессии.                                   | Показывает, что коэффициент — это эффект после очистки от влияния других переменных | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 11. | Укажите, какое свойство оценок МНК нарушается при наличии эндогенности регрессора.                                                        | Несмещённость и состоятельность                                                     | ОПК-1 | ОПК-1.1 |
| 12. | Назовите тест, используемый для проверки значимости группы коэффициентов в линейной модели.                                               | F-тест                                                                              | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 13. | Назовите метод, позволяющий оценить причинный эффект в условиях эндогенности с помощью дополнительной переменной.                         | Метод инструментальных переменных (IV)                                              | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 14. | Объясните, как критерий обходных путей помогает выбрать набор контрольных переменных в причинном графе.                                   | Определяет, какие переменные нужно контролировать, чтобы закрыть все backdoor-пути  | УК-2  | УК-2.2  |
| 15. | Назовите подход, позволяющий отбирать переменные и оценивать причинный эффект при большом числе ковариат.                                 | Двойное машинное обучение с двойным LASSO                                           | ОПК-6 | ОПК-6.1 |
| 16. | Назовите метод, используемый для оценки параметров в моделях с пропущенными данными или латентными переменными.                           | ЕМ-алгоритм                                                                         | ОПК-6 | ОПК-6.2 |
| 17. | Назовите байесовский подход к А/В тестированию, основанный на апостериорном распределении вероятности превосходства.                      | Байесовское А/В тестирование с расчётом posterior probability                       | ОПК-1 | ОПК-1.1 |
| 18. | Укажите, как сэмплер Гиббса используется для байесовского вывода в моделях со скрытыми переменными.                                       | Путём последовательной выборки из условных распределений                            | ОПК-1 | ОПК-1.2 |
| 19. | Назовите рекурсивный алгоритм для оценки скрытого состояния в линейной модели с гауссовским шумом.                                        | Фильтр Калмана                                                                      | ОПК-6 | ОПК-6.1 |
| 20. | Назовите метод, используемый для байесовского вывода в нелинейных и не гауссовских моделях пространства состояний.                        | Многочастичный фильтр / Particle filter                                             | ОПК-6 | ОПК-6.2 |