
УТВЕРЖДЕНА

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

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Робастная статистика»**

Направление подготовки: 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Методы исследований в
машинном обучении

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 2 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	8
6. Материально-техническое обеспечение	8
7. Методические и оценочные материалы	10

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Робастная статистика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Методы исследований в машинном обучении, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Робастная статистика» является важным для формирования у обучающихся компетенций по построению устойчивых статистических моделей, способных давать надежные результаты даже при наличии выбросов, пропусков и нарушении стандартных предпосылок о распределении данных.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Методы исследований в машинном обучении и входит в обязательную часть Блока 1.

Дисциплина (модуль) изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Цель изучения дисциплины (модуля): освоение методов и алгоритмов глубокого обучения для разработки и оптимизации моделей, способных эффективно решать сложные задачи в области искусственного интеллекта и анализа данных.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- освоить основные принципы и разнообразные архитектуры нейронных сетей, включая их типы и современные тенденции;
- научиться подбирать алгоритмы обучения, оптимизировать модели и применять методы для предотвращения переобучения;
- развить способность обрабатывать данные, проводить эксперименты и сравнивать различные подходы к обучению сетей;
- приобрести умение оценивать качество моделей с использованием метрик и интерпретировать их выводы в реальных приложениях;
- овладеть навыками программирования на Python, работы с фреймворками глубокого обучения и отслеживания новейших исследований в области.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основные понятия и принципы робастной статистики;
- концентрационные неравенства, понятия устойчивости и устойчивости распределений;
- алгоритмические методы робастной статистики, включая фильтрационные методы, подходы на основе полуопределенного программирования (SDP-подходы), методы сумм квадратов, методы адаптации домена и кластеризации.

уметь:

- делать обоснованный выбор статистических процедур и алгоритмов для построения робастных оценок в условиях загрязнения данных, сдвига распределения или состязательных возмущений;

- анализировать теоретические гарантии робастных методов, включая условия применимости, ограничения и зависимость качества оценивания от доли выбросов и размерности данных;
- интерпретировать результаты робастного статистического анализа и сопоставлять их с результатами классических статистических процедур.

владеть:

- навыками планирования и реализации робастных алгоритмов оценивания, классификации и кластеризации с использованием современных программных средств;
- навыками постановки вычислительных экспериментов для проверки устойчивости статистических методов к выбросам, шуму, сдвигу распределения и состязательным возмущениям;
- навыками представления и обоснования результатов робастного анализа, включая выбор метрик, сравнение моделей и формулировку выводов о качестве и ограничениях метода.

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:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
ПК-1.	Способен определять общие формы и закономерности методов исследований в машинном обучении	ПК-1.1.	Знает основные теоретические концепции и принципы, относящиеся к методам исследований в машинном обучении, а также ключевые закономерности и модели, которые помогают в анализе и интерпретации данных
		ПК-1.2.	Умеет проводить систематический анализ области разработки, выявлять и формулировать общие закономерности и тенденции, а также применять методы исследования для получения новых знаний и понимания
		ПК-1.3.	Имеет практический опыт работы в области исследований в машинном обучении, включая участие в научных проектах, исследованиях или практических заданиях, где были выявлены и описаны общие формы и закономерности
ПК-2.	Способен математически корректно ставить естественнонаучные и прикладные задачи	ПК-2.1.	Знает основные методы и подходы к математическому моделированию, а также теоретические основы естественных и прикладных наук, необходимые для корректной формулировки задач
		ПК-2.2.	Умеет анализировать практические ситуации и формулировать на их основе математические модели, включая выбор адекватных методов решения и формулировку условий задачи
		ПК-2.3.	Имеет практический опыт в разработке и решении математических задач в рамках проектов или научных исследований, где были успешно поставлены и решены естественнонаучные и прикладные задачи

ПК-3.	Способен решать задачи профессиональной деятельности, формулировать результат, увидеть следствия полученного результата	ПК-3.1.	Знает основные принципы и методы решения задач профессиональной деятельности, а также способы формулирования и представления результатов, включая анализ последствий и их значимость в контексте проекта
		ПК-3.2.	Умеет применять математические и компьютерные методы для решения конкретных задач, формулировать четкие и обоснованные результаты, а также анализировать их последствия для дальнейших действий и решений
		ПК-3.3.	Имеет практический опыт в решении профессиональных задач, включая участие в проектах, где были получены результаты и проанализированы их следствия, что способствовало принятию обоснованных решений

3. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемо сти)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостояте льная работа	
		Лекции	Семинары (практичес кие занятия)			
1	Основы робастности и оценивания	6	6	2	24	Коллоквиум
2	Устойчивость распределений и концентрация	6	6	2	24	Коллоквиум
3	Робастные оценки и алгоритмы	6	6	2	24	Коллоквиум
4	Робастность моделей и тестирования	6	6	2	24	Коллоквиум
5	Ковариатный сдвиг и кластеризация	6	6	2	20	Коллоквиум
	Экзамен			4		
Итого:		30	30	14	116	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		190				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		5				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Основы робастности и оценивания	Введение в робастную статистику Робастная оценка среднего в одномерном случае
2	Устойчивость распределений и концентрация	Функционалы минимального расстояния. Устойчивость (resilience) распределений Неравенства концентрации и их приложения
3	Робастные оценки и алгоритмы	Анализ робастных оценок на конечных выборках Эффективные алгоритмы фильтрации. Подход на основе полуопределенного программирования (SDP-подход) и метод сумм квадратов
4	Робастность моделей и тестирования	Устойчивость за пределами оценки среднего: второй момент и линейная регрессия Робастность к метрикам Вассерштейна. Робастность во время тестирования
5	Ковариатный сдвиг и кластеризация	Адаптация домена при ковариатном сдвиге. Двойно-робастные оценщики Агностическая кластеризация

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. Кремер, Н. Ш. Математическая статистика : учебник и практикум для вузов / Н. Ш. Кремер. — 5-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 259 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01654-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/536959>

2. Апалькова, Т. Г. Математическая статистика. Практикум : учебное пособие / Т. Г. Апалькова, В. И. Глебов, С. А. Зададаев [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 254 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1896790. — ISBN 978-5-16-017913-1. — Текст : электронный // Znanium. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2207576>

Дополнительная литература:

1. Миркин, Б. Г. Базовые методы анализа данных : учебник и практикум для вузов / Б. Г. Миркин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 297 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19709-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL: <https://urait.ru/bcode/560414>

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 (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

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
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное

Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
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
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
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) «Робастная статистика» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, коллоквиумы, 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.

Коллоквиум – устные ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее.

В процессе подготовки к коллоквиуму необходимо проанализировать учебные материалы, ознакомившись с лекциями, учебниками и дополнительными источниками, акцентируя внимание на ключевых темах. Рекомендуется создать структурированные конспекты, выделяя основные идеи, термины и формулы.

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) «Робастная статистика»

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 силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину (модуль). 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,
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
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 исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
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 задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Робастная статистика» оценивается следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Активность	Вес	Количество	Описание
Коллоквиум	70%	5	Устные ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее
Экзамен	30%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Робастная статистика»: $0,7 \times \text{среднее за коллоквиум} + 0,3 \times \text{экзамен}$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные вопросы для коллоквиума

1. В чем заключается основное отличие робастной статистики от классической

параметрической статистики?

2. Что понимается под «нарушением модели» (model violation)? Приведите примеры таких нарушений.

3. Какие типы аномальных наблюдений (выбросов) вы знаете? Чем вертикальные выбросы отличаются от выбросов в пространстве независимых переменных (leverage points)?

4. Почему выборочное среднее арифметическое не является робастной оценкой центра распределения?

5. Что такое «загрязнение данных» (data contamination) и как оно моделируется в теории (например, модель Тьюки)?

6. Дайте определение точки разрушения (breakdown point). Чему равна точка разрушения для выборочного среднего, медианы и усеченного среднего?

7. Что такое функция влияния (influence function)? Какие свойства должна иметь функция влияния, чтобы оценка считалась робастной?

8. Объясните понятие чувствительности к выбросам (gross-error sensitivity).

9. Что такое эффективность оценки? Как соотносятся понятия «робастность» и «эффективность» в условиях нормального распределения и распределения с тяжелыми хвостами?

10. Дайте определение точки разрушения (breakdown point). Чему равна точка разрушения для выборочного среднего, медианы и усеченного среднего?

11. Что такое функция влияния (influence function)? Какие свойства должна иметь функция влияния, чтобы оценка считалась робастной?

12. Объясните понятие чувствительности к выбросам (gross-error sensitivity).

13. Что такое эффективность оценки? Как соотносятся понятия «робастность» и «эффективность» в условиях нормального распределения и распределения с тяжелыми хвостами?

14. Дайте определение точки разрушения (breakdown point). Чему равна точка разрушения для выборочного среднего, медианы и усеченного среднего?

15. Опишите принцип работы метода наименьших усеченных квадратов (Least Trimmed Squares — LTS). Какова его точка разрушения?

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Какая оценка центра имеет точку разрушения 50%?	Медиана	ПК-1
2.	Функция потерь Хьюбера сочетает квадратичную и ... зону?	Линейную	ПК-2
3.	Что менее устойчиво к выбросам: медиана или ...?	Среднее	ПК-2
4.	Как называется отбрасывание хвостов выборки?	Усечение	ПК-2

5.	Неравенство концентрации для ограниченных величин?	Хёфдинга	ПК-1
6.	Как называется устойчивость к нарушению предположений?	Робастность	ПК-1
7.	Какая метрика измеряет расстояние между распределениями?	Вассерштейна	ПК-1
8.	Какой тип программирования используется в SDP?	Полуопределенное	ПК-1
9.	Как называется алгоритмическое удаление выбросов?	Фильтрация	ПК-1
10.	Подход на основе сумм ... полиномов?	Квадратов	ПК-2
11.	Аббревиатура метода наименьших усеченных квадратов?	LTS	ПК-2
12.	Метод наименьших ... в робастной регрессии?	Модулей	ПК-2
13.	Какой классический метод регрессии не является робастным?	МНК	ПК-2
14.	Робастность во время ... модели?	Тестирования	ПК-3
15.	Какой момент оценивается после среднего?	Второй	ПК-3
16.	Другое название метрики Вассерштейна?	Канторовича	ПК-3
17.	Какой сдвиг возникает во входных переменных?	Ковариатный	ПК-3
18.	Какие оценщики устойчивы к ошибкам в двух моделях?	Двойные	ПК-3
19.	Какая кластеризация не требует числа кластеров?	Агностическая	ПК-3
20.	Что производится с доменом при сдвиге?	Адаптация	ПК-3