

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Обработка данных и каузация в машинном обучении
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика
	Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики
	кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.Н. Качалов, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры проблем передачи информации и анализа данных 13.01.2025

Аннотация

В рамках курса студенты познакомятся с концепцией каузации (причинно-следственных связей) в машинном обучении, научатся отличать корреляцию от причинности и разберут современные подходы к построению каузационных моделей. Особое внимание будет уделено критическому анализу научных статей, где студенты будут исследовать реальные научные примеры, строить и интерпретировать каузационные графы.

Часть семинаров будет посвящена практическим аспектам работы с данными: выявлению и устранению смещений, использованию релевантных знаний из исследуемой области, знакомству с алгоритмами кластеризации, и методологическим проблемам, связанным с использованием «зашумлённых» и предвзятых данных. Студенты научатся применять инструменты предварительной обработки данных и использовать системы оценки входных данных.

Как дополнительный раздел будут разобраны физически информированные нейронные сети (Physics-Informed Neural Networks, PINNs). На них студенты узнают, как встраивать физические ограничения и уравнения в структуру нейронных сетей, чтобы повысить точность и интерпретируемость моделей.

По итогам курса студенты получают целостное представление о ключевых принципах каузации в машинном обучении, осваивают методы критического разбора научных публикаций и приобретут навыки корректной работы с данными в реальных научных и прикладных задачах.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Дать представление и общий научный обзор текущих проблем машинного обучения, связанных с качеством данных, и проблем, которые не могут быть исправлены доработкой алгоритмов, а также с границами применимости моделей.

Задачи дисциплины

- дать обзор наиболее проблемных подходов и наиболее частых ошибок,
- сформулировать концепцию интерпретируемости и каузации с точки зрения отраслевого специалиста.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения

естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- понятия причинности, корреляции, интерпретируемости;
- подходы к интерпретируемости, каузационные графы, типа взаимодействия признаков;
- способы учёта физических законов внутри статистических моделей;

уметь:

- использовать каузационные графы для построения моделей;
- интерпретировать результаты предсказания статистической модели различными способами (SHAP, SAGE, LIME);
- оценивать качество входящих данных, определять возможные предвзятости в данных;
- вводить физические законы в архитектуру нейронной сети;

владеть:

- методами построения причинной модели на основе статистического анализа;
- способами интерпретации статистических моделей;
- методами интеграции аналитических моделей в статистические.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Каузация и интерпретируемость	5			5
2	Граф причинности	2			5
3	Понятие доверительных интервалов и погрешности в статистической модели	5			5
4	Интерпретируемость результатов работы моделей	3			5

5	Работа с качеством данных, высокореллированные данные, матрицы корреляций, удаление и объединение признаков	2			10
6	Работа с научными статьями, на примере статей, посвящённых нелинейным методам снижения размерности (t-SNE, UMAP)	3			10
7	Физически информированные нейронные сети	3			10
8	Метод оценки качества данных, определение границ применимости моделей	2			5
9	Защита проектов	5			5
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Каузация и интерпретируемость

Понятие каузации, проблема каузации и корреляции, статистические и аналитические модели, интерпретируемость, способы интерпретации статистических моделей.

2. Граф причинности

Граф причинности, типы связей признаков: confounder, covariate, mediator, moderator, взаимное влияние, мультипликативный эффект признаков.

3. Понятие доверительных интервалов и погрешности в статистической модели

Погрешность результатов, способы расчёта погрешности и интерпретация погрешности. Вывод типичных соотношений числа исходов, возможных анализируемых признаков.

4. Интерпретируемость результатов работы моделей

Необходимость интерпретации данных, способы интерпретации.

5. Работа с качеством данных, высокореллированные данные, матрицы корреляций, удаление и объединение признаков

Возможные проблемы входящих данных, способы их выявления, оценка допустимого числа анализируемых данных и риска переобучения.

6. Работа с научными статьями, на примере статей, посвящённых нелинейным методам снижения размерности (t-SNE, UMAP)

Задача снижения размерности, возможные подходы к решению, проблемы нелинейного подхода, наличие контрпримеров.

7. Физически информированные нейронные сети

Объединение статистической и аналитической модели, минусы и плюсы обоих подходов. Способы объединения.

8. Метод оценки качества данных, определение границ применимости моделей

Проблема входящих данных, переобучение из-за числа входящих данных или числа входящих признаков. Интерпретация и использование p-value.

9. Защита проектов

Основные сложности и тонкости процедуры защиты проектов и советы по успешному прохождению защиты.

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

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Методы обработки экспериментальных данных, Электронная копия доступна на сайте электронно-библиотечной системы / Е. Л. Косарев. — Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2008
2. Высокопроизводительные системы обработки данных [Текст] : учеб. пособ. для студ. вузов / А. И. Водяхо, Н. Н. Горнец, Д. В. Пузанков. — М. : Высшая школа, 1997. — 304 с.

Дополнительная литература

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

- 1) <https://www.kaggle.com/datasets/mirichoi0218/insurance>
- 2) <https://archive.ics.uci.edu/dataset/144/statlog+german+credit+data>

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

Рекомендуется использовать Python, JupyterLab, R, Rstudio для реализации практических задач.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общими понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, методы доказательств.

Успешное освоение курса требует напряженной самостоятельной работы студента. В программе курса отведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам занятий, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств, решение задач;

– подготовка к дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов следует обращаться за консультациями к лектору.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра проблем передачи информации и анализа данных
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.Н. Качалов, ассистент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Обработка данных и каузация в машинном обучении» обучающийся должен:

знать:

- понятия причинности, корреляции, интерпретируемости;
- подходы к интерпретируемости, каузационные графы, типа взаимодействия признаков;
- способы учёта физических законов внутри статистических моделей;

уметь:

- использовать каузационные графы для построения моделей;
- интерпретировать результаты предсказания статистической модели различными способами (SHAP, SAGE, LIME);
- оценивать качество входящих данных, определять возможные предвзятости в данных;
- вводить физические законы в архитектуру нейронной сети;

владеть:

- методами построения причинной модели на основе статистического анализа;
- способами интерпретации статистических моделей;
- методами интеграции аналитических моделей в статистические.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Какие типы взаимосвязи признаков выделяются в анализе каузации. Приведите примеры.
2. Сформулируйте, как можно перейти от корреляции к каузации. Какие есть препятствия.
3. Сформулируйте определение p -value. Сформулируйте как обычно звучит нулевая гипотеза.
4. Приведите пример границ применимости модели, критериев применимости алгоритмов.
5. Приведите пример алгоритма без критериев применимости и пример данных с которыми он работает некорректно.
6. Сформулируйте определение статистической модели и аналитической. Сравните их плюсы и минусы.
7. Сформулируйте, как можно совместить два подхода.
8. Сформулируйте определение Loss функции, расскажите, какие она может иметь виды в зависимости от задачи.
9. Расскажите о возможной предобработке данных. Почему высокоррелированные признаки могут быть проблемой.
10. Какие есть методы сокращения числа признаков. Приведите пример feature engineering основанного на предметной области.

Пример билета

Билет 1:

1. Приведите пример границ применимости модели, критериев применимости алгоритмов.
2. Сформулируйте определение статистической модели и аналитической. Сравните их плюсы и минусы.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении устного дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой и проч.