ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

Приказом ректора
АНО ВО «Центральный университет»
от «02» июня 2026 г. № 0602.30

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Машинное обучение (Machine Learning). Продвинутый уровень» дополнительной профессиональной программы – программы профессиональной переподготовки «Машинное обучение в индустрии»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0215B0C000D1B3FEB44A37EE631E0C27D4
Владелец: Ивашкевич Евгений Васильевич
Действителен: с 13.01.2026 до 13.04.2027

Электронный документ

Москва
2026

Содержание

1. **Краткая характеристика дисциплины (модуля)** 3
2. **Тематический план** 5
3. **Содержание дисциплины (модуля)** 5
4. **Учебно-методическое обеспечение** 6
5. **Материально-техническое обеспечение** 6
6. **Методические и оценочные материалы** 8

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины (модуля) «Машинное обучение (Machine Learning). Продвинутый уровень» позволяет сформировать системное понимание вероятностных основ машинного обучения, научиться строить и анализировать модели с учётом неопределённости, применять байесовские методы для вывода и предсказаний, обоснованно выбирать и сравнивать модели, а также интерпретировать их поведение с точки зрения обобщающей способности, устойчивости и баланса между смещением и дисперсией.

Цель изучения дисциплины (модуля): сформировать у слушателей продвинутые знания и навыки в области вероятностного машинного обучения, ориентированные на понимание неопределённости, байесовского вывода и обоснованного выбора моделей в условиях ограниченной и шумной информации.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- изучить теорему Байеса и её применение в моделях машинного обучения;
- освоить принципы сопряжённых априорных распределений и выполнять байесовский вывод в простых моделях;
- понять вероятностную природу линейной и логистической регрессии, включая байесовскую интерпретацию регуляризации;
- научиться использовать информационные критерии и маргинальное правдоподобие для выбора моделей;
- развить навыки анализа моделей через разложение ошибки на смещение, дисперсию и шум, а также оценку влияния размерности.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основные понятия машинного обучения и роль байесовского подхода в моделировании неопределённости;
- принципы теоремы Байеса, сопряжённых априорных распределений и их применение в простых моделях (монетка, гауссиан);
- вероятностные основы линейной и логистической регрессии, включая регуляризацию и её байесовскую интерпретацию;
- методы выбора моделей: маргинальное правдоподобие, информационные критерии (AIC, BIC), эмпирический байес;
- идеи неинформативных априорных распределений: принцип максимума энтропии и априорные распределения Джеффриса.

уметь:

- выполнять байесовский вывод в моделях с сопряжёнными априорными распределениями (например, для биномиального и нормального распределений);
- строить и интерпретировать линейные и логистические модели с регуляризацией, выводить их предсказательные распределения;
- применять информационные критерии для сравнения моделей и выбора их сложности;
- использовать ядерные методы (SVM, RVM) и интерпретировать их в байесовском и геометрическом контексте;

— анализировать ошибку модели с помощью разложения ошибки на смещение-дисперсию-шум (bias-variance-noise) и оценивать влияние размерности.

владеть:

— навыками построения полных байесовских моделей — от выбора априорного распределения до предсказания и интерпретации апостериорного;

— методами вероятностного моделирования для задач регрессии и классификации с учётом неопределённости;

— техниками обоснованного выбора априорных распределений в зависимости от задачи и доступной информации;

— практическими подходами к сравнению и валидации моделей в байесовской парадигме;

— инструментами анализа и интерпретации моделей с точки зрения обобщающей способности, устойчивости и баланса сложности.

2. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары (Практические занятия)			
1	Машинное обучение: базовые модели и байесовский подход	11	10		44	Домашние задания
2	Оценивание, неопрделенность и качество моделей	11	10		44	Домашние задания
3	Обобщенные и ядерные методы машинного обучения	10	8		38	Домашние задания
	Экзамен			***4***		
	Итого:	***32***	***28***	***4***	***126***	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		***190***				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		***5***				

3. Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Машинное обучение: базовые модели и байесовский подход	Введение в машинное обучение и байесовский вывод Байесовский вывод для монетки, сопряжённые априорные распределения Линейная регрессия. Байесовский вывод в линейной регрессии Основы классификации Байесовский вывод в логистической регрессии
2	Оценивание, неопределенность и качество моделей	Ближайшие соседи, проклятие размерности, разложение bias-variance-noise Байесовский вывод для гауссиана Байесовский выбор моделей Информационные критерии Такеучи и Акаике Обучение равномерного распределения: немецкие танки и американские утки Пример Джейнса Принцип максимума энтропии и априорные распределения Джеффриса
3	Обобщенные и ядерные методы машинного обучения	Экспоненциальное семейство и обобщенные линейные модели (GLM) Метод опорных векторов Ядерные методы и метод релевантных векторов

4. Учебно-методическое обеспечение

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

Каждый слушатель 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.

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

Основная литература:

1. Тулупьев Александр Львович, Николенко Сергей Игоревич, Сироткин Александр Владимирович Основы байесовских систем https://znanium.ru/catalog/document?id=373593.

2. Бринк, Х. Машинное обучение : практическое руководство / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. - Санкт-Петербург : Питер, 2018. - 336 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-496-02989-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1766396.

3. Лакшманан, В. Машинное обучение. Паттерны проектирования : практическое пособие / В. Лакшманан, С. Робинсон, М. Мунн. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-9775-6797-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2140204.

Дополнительная литература:

1. Коэльо, Л. Построение систем машинного обучения на языке Python : практическое руководство / Л. Коэльо, В. Ричарт ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 3-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 304 с. - ISBN 978-5-89818-331-8. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2102618.

2. Григорьев, А. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов : практическое руководство / А. Григорьев. - Санкт-Петербург : Питер, 2023. - 496 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-4461-1978-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/2123375.

5. 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	Катастрофы, стихийные бедствия, аварии, эпидемии. Солнечная и геомагнитная активность. /ежедневный обзор	http://www.disasters.chat.ru
2	Каталог по безопасности жизнедеятельности	http://www.eun.chat.ru
3	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
4	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
5	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
6	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
7	Федеральный портал «Российское образование"	https://www.edu.ru/
8	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
9	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
10	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
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

6. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Машинное обучение (Machine Learning). Продвинутый уровень» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, 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 удается, 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 слушатели 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.

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

В процессе самостоятельной работы слушатели взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи слушателя 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)

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

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме ***экзамена***.

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	Слушатель 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. Слушатель хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		практическими задачами.
7	Хорошо	Слушатель 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. Слушатель хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Слушатель 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. Слушатель способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Слушатель 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) «Машинное обучение (Machine Learning). Продвинутый уровень» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	70%	7	Набор задач по темам недели
Экзамен	30%	1	Письменная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Машинное обучение (Machine Learning). Продвинутый уровень»: «0,7 × среднее за домашние задания + 0,3 × экзамен».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание 1. Байесовский вывод для биномиальной модели («монетка»)
Задание:

1. Пусть вы подбросили монету 20 раз и получили 14 орлов.
2. Используйте бета-априорное распределение: Beta(α=1, β=1) — неинформативное.
3. Найдите апостериорное распределение параметра θ (вероятность орла).
4. Постройте графики априорного и апостериорного распределений.
5. Вычислите апостериорное среднее, моду и 95% доверительный интервал (HPD).
6. Повторите для априорного Beta(α=5, β=1) (убеждённость в «смещённой» монетке). Сравните результаты.

Требования:

- Решение с формулами и пояснениями
- Визуализация на Python (matplotlib/seaborn)
- Выводы о влиянии априорного распределения

Домашнее задание 2. Байесовская линейная регрессия и разложение ошибки
Задание:

1. Сгенерируйте синтетические данные: $y = 2x + \varepsilon$, $\varepsilon \sim N(0, 0.5)$, $x \in [0][5]$.
2. Реализуйте байесовскую линейную регрессию с нормальным априором на коэффициенты.
3. Найдите апостериорное распределение весов и постройте предсказательное распределение.
4. Визуализируйте: регрессию, доверительные интервалы, неопределённость предсказаний.
5. Постройте модели с разной сложностью (линейная, полиномиальная степени 3, степени 10).
6. Для каждой оцените ошибку на обучающей и тестовой выборках. Постройте график разложения ошибки на смещение, дисперсию и шум.

Требования:

- Код на Python (PyMC3, numpy, scikit-learn или вручную)
- Графики и интерпретация
- Анализ переобучения и влияния сложности модели

Домашнее задание 3. Сравнение моделей: информационные критерии и байесовский выбор
Задание:

1. Дан набор данных (например, зависимость цены дома от площади).
2. Постройте три модели:
    - Линейная регрессия
    - Полиномиальная (степень 3)
    - Полиномиальная (степень 10)
3. Для каждой модели:
    - Оцените AIC, BIC и WAIC (если возможно)
    - Сравните модели по информационным критериям

- Интерпретируйте результат: какая модель оптимальна с точки зрения баланса качества и сложности?

4. Дополнительно: постройте график маргинального правдоподобия (приближённо) и объясните, почему простые модели могут быть предпочтительнее.
5. Примените принцип максимума энтропии для выбора неинформативного априора в одной из моделей.

Требования:

- Расчёт критериев
- Обоснование выбора модели
- Связь с переобучением и обобщающей способностью