ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

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

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Продвинутое глубокое обучение (Advanced Deep Learning)»
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) «Продвинутое глубокое обучение (Advanced Deep Learning)» позволяет сформировать системное понимание современных архитектур глубокого обучения и развить практические навыки проектирования, реализации и интеграции мультикомпонентных ИИ-систем, способных решать сложные мультимодальные задачи, включая обработку изображений, текста и речи, с последующей презентацией и защитой технических решений в профессиональной среде.

Цель изучения дисциплины (модуля): подготовить обучающихся к разработке, интеграции и внедрению продвинутых моделей глубокого обучения в составе комплексных ИИ-систем, обеспечив их компетенциями в области мультимодального анализа, воспроизводимого программирования, инженерной оптимизации и технической коммуникации, необходимыми для успешной профессиональной деятельности на позиции инженера машинного обучения (Machine Learning Engineer) и инженера глубокого обучения (Deep Learning Engineer).

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- освоить архитектуры глубокого обучения для компьютерного зрения (CNN), обработки текста (OCR) и синтеза речи (TTS), включая RNN и трансформеры;
- изучить принципы построения и интеграции мультикомпонентных ИИ-систем из моделей различных доменов;
- научиться разрабатывать и реализовывать модели для детекции объектов, распознавания текста на изображениях и синтеза речи по тексту;
- приобрести навыки объединения независимых моделей в единый конвейер для решения комплексных задач;
- развить способность читать и анализировать научные статьи по машинному обучению, интерпретировать новые архитектуры и применять их на практике.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- основные архитектуры глубокого обучения, применяемые в компьютерном зрении (Computer Vision) — свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN), обработке текста (Optical Character Recognition, OCR) и синтезе речи (Text To Speech, TTS) — рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Networks, RNN), сети типа трансформер (Transformer);
- принципы построения мультикомпонентных ИИ-систем (AI systems) и интеграции моделей из разных доменов;
- механизмы работы современных моделей детекции объектов, распознавания текста и синтеза речи;
- типичные инженерные компромиссы при разработке и развёртывании моделей в реальных условиях.

уметь:

- разрабатывать модели для детекции объектов на изображениях;
- реализовывать модели распознавания текста на изображениях;
- создавать модели для синтеза речи из текста;
- объединять независимые модели в единый конвейер для решения целевой задачи;
- читать и интерпретировать научные статьи по машинному обучению, анализировать новые архитектуры.

владеть:

- навыками написания чистого, эффективного и воспроизводимого кода на языке Python в рамках задач глубокого обучения;
- практическими инструментами разработки, отладки и настройки ИИ-моделей

(AI models) — такие как PyTorch и другие (and others);

— подходами к проектированию и тестированию комплексных систем, включающих обработку изображений, текста и аудио;

— навыками презентации технических решений и защиты проектных решений перед экспертной аудиторией;

— готовым портфолио-проектом, соответствующим требованиям реальных задач машинного обучения, что позволяет уверенно проходить технические собеседования на позиции инженера машинного обучения (Machine Learning Engineer) и инженера глубокого обучения (Deep Learning Engineer).

2. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары (практические занятия)			
1	Свёрточные нейронные сети	4	4		38	Домашние задания
2	Рекуррентные нейронные сети	4	4		38	Домашние задания
3	Нейронные сети типа «трансформер»	4	4		39	Домашние задания
4	Итоговый блок	4	4		39	Домашние задания
	Зачет с оценкой			4		
	Итого:	***16***	***16***	***4***	***154***	
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	Свёрточные нейронные сети	Задача детектирования объектов. Базовый подход к решению задачи Задача детектирования объектов. Современный подход к решению задачи
2	Рекуррентные нейронные сети	Задача распознавания текста на изображениях. Рекуррентные нейронные сети Задача распознавания текста на изображениях. Модель Энкодер-Декодер. Механизмы внимания
3	Нейронные сети типа «трансформер»	Задача генерации речи из текста. Базовый подход Tacotron 2 — рекуррентная нейронная сеть (RNN) Задача генерации речи из текста. Архитектура трансформер (Transformer). Усовершенствованный подход Tacotron 2 — трансформер (Transformer).
4	Итоговый блок	Современные архитектуры: Mamba Дополнительные архитектуры: графовая нейронная сеть (GNN) и сеть на основе ядра ада-нода (KAN).

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. 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. Мэрфи, К. П. Вероятностное машинное обучение. Дополнительные темы: основания, вывод : монография / К. П. Мэрфи ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2024. - 772 с. – ISBN 978-5-93700-120-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2204219.

3. Лэнхэм, М. Эволюционное глубокое обучение. Генетические алгоритмы и нейронные сети : практическое руководство / М. Лэнхэм ; пер. с англ. А. В. Логунова. – Москва : ДМК Пресс, 2023. - 442 с. – ISBN 978-5-93700-253-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2205048.

4. Фостер, Д. Генеративное глубокое обучение. Творческий потенциал нейронных сетей : практическое руководство / Д. Фостер. - Санкт-Петербург : Питер, 2020. - 336 с. - (Серия «Бестселлеры O'Reilly»). - ISBN 978-5-4461-1566-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1733714.

Дополнительная литература:

1. Николенко, С. И. Глубокое обучение : практическое руководство / С. И. Николенко, А. Кадурин, Е. Архангельская. - Санкт-Петербург : Питер, 2019. - 480 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-496-02536-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1760785.

2. Вейдман, С. Глубокое обучение: легкая разработка проектов на Python : практическое руководство / С. Вейдман. - Санкт-Петербург : Питер, 2021. - 272 с. - (Серия «Бестселлеры O'Reilly»). - ISBN 978-5-4461-1675-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1733722.

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.	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

6. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Продвинутое глубокое обучение (Advanced Deep Learning)» 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.

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

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

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 и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме ***зачета с оценкой***.

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 практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
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,
6	Хорошо	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		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.
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) «Продвинутое глубокое обучение (Advanced Deep Learning)» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	80%	7	Набор задач по темам недели
Зачет с оценкой	20%	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) «Продвинутое глубокое обучение (Advanced Deep Learning)»: «0,8 × среднее за домашние задания + 0,2 × зачет с оценкой».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание 1. Детекция объектов: от базового к современному подходу
Задание:

1. Используйте датасет COCO или Pascal VOC.
2. Реализуйте:
    - Базовый подход: метод скользящего окна с CNN-эмбеддингами и классификатором
    - Современный подход: Faster R-CNN или YOLO (через torchvision или детальную реализацию)
3. Обучите модели (или дообучите предобученные) на подмножестве данных.
4. Оцените:
    - mAP (mean Average Precision)
    - Скорость обработки (FPS)

- Визуализируйте bounding box’ы на тестовых изображениях

5. Сравните подходы:
    - По точности, скорости, сложности реализации
    - Объясните преимущества end-to-end архитектур

Требования:

- Код на PyTorch
- Графики и визуализации
- Отчёт с анализом компромиссов

Домашнее задание 2. Распознавание текста на изображениях (OCR) с вниманием
Задание:

1. Используйте датасет Synth90k или IIIT5K.
2. Реализуйте модель "Encoder-Decoder with Attention":
    - Encoder: CNN (например, ResNet) + BiLSTM
    - Decoder: LSTM с механизмом внимания (additive или multiplicative)
3. Обучите модель на задаче CTC-free распознавания текста.
4. Оцените:
    - CER (Character Error Rate), WER (Word Error Rate)
    - Визуализируйте веса внимания для разных слов
5. Сравните с подходом без внимания — объясните разницу в интерпретируемости и качестве.

Требования:

- Код с механизмом внимания
- Визуализация внимания (heatmap)
- Анализ ошибок (например, на искажённых шрифтах)

Домашнее задание 3. Синтез речи: от Tacotron 2 к Transformer TTS
Задание:

1. Используйте датасет LJSpeech.
2. Реализуйте или адаптируйте:
    - Tacotron 2 (на основе RNN)
    - Transformer TTS (самообучаемая архитектура с вниманием)
3. Обучите модели (или используйте предобученные чекпоинты) для генерации спектрограмм.
4. Примените вокодер (например, Griffin-Lim или HiFi-GAN) для синтеза аудио.
5. Проведите сравнение:
    - Качество аудио (на слух и через метрики, напр., MSE спектрограмм)
    - Скорость синтеза, длина контекста
    - Устойчивость к длинным предложениям
6. Обсудите: почему Transformer ускоряет и улучшает генерацию.

Требования:

- Аудиофайлы для прослушивания
- Визуализация спектрограмм
- Отчёт с анализом архитектурных различий