

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Хоружий Л.И. Ивановна

Должность: директор института экономики и управления АПК

Дата подписания: 2025.08.26 15:53:35

Уникальным программным ключом:

1e90b132d9b04d663585160b015dddf2cb1e6a9



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –

МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт экономики и управления АПК
Кафедра статистики и кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
экономики и управления АПК

Л.И. Хоружий



«28» августа 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.16 «Глубокое обучение»

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 09.03.02 Информационные системы и технологии

Направленность: «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта»

Курс 4

Семестр 7

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчики:

Быков Д.В., старший преподаватель

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.

Уколова А.В., канд. экон. наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.

Рецензент:

Гавриловская Н.В., канд. техн. наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии

Программа обсуждена на заседании кафедры статистики и кибернетики. Протокол № 11 от «26» августа 2025 г.

И. о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики

Уколова А.В., канд. экон. наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института экономики и управления АПК

Гупалова Т.Н., канд. экон. наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«28» августа 2025 г.

И. о. заведующего выпускающей кафедрой статистики и кибернетики

Уколова А.В., канд. экон. наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«28» августа 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ


(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	14
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	14
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	15
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	23
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	24
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	24
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	34
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	36
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	36
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	36
7.3 СТАТЬИ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ 1 УРОВНЯ БЕЛОГО СПИСКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ МИНОБРНАУКИ РОССИИ И СБОРНИКАХ НАУЧНЫХ РАБОТ КОНФЕРЕНЦИЙ УРОВНЯ А*	37
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	39
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	39
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	40
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .	42
Виды и формы отработки пропущенных занятий	42
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	42

АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.16 «Глубокое обучение» для подготовки бакалавров по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии направленности «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта»

Цель освоения дисциплины. Основная цель дисциплины «Глубокое обучение» – овладение студентами основными методами искусственного интеллекта, приобретение навыков по разработке глубоких искусственных нейронных сетей, включая глубокие сверточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN), байесовские нейронные сети (BNN); изучение основных подходов к адаптации и повышению эффективности моделей глубоких искусственных нейронных сетей.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии.

Требования к результатам освоения дисциплины: ПКкрмии-8 (ПКкрмии-8 (MF-3. Продвинутый уровень).1); ПКкрмии-17 (ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).3); ПКкрмии-18 (ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).3; ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5); ПКкрмии-19 (ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2); ПКкрмии-22 (ПКкрмии-22 (E-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-22 (E-1. Базовый уровень).2); ПКкрмии-24 (ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).3); ПКкрмии-4 (ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2).

Краткое содержание дисциплины:

Сверточная нейронная сеть (CNN) как модель глубокой нейронной сети: сущность, основные элементы, решаемые задачи, особенности функционирования, обучения и программной реализации. Принцип работы обратного распространения ошибки на слоях свертки и слоях пулинга в CNN. Гиперпараметры нейронов свертки и пулинга (размер ядра свертки, шаг и отступ) в (CNN). Методы адаптации глубоких нейронных сетей. Ключевые особенности основных архитектур сверточных нейронных сетей (VGG, ResNet). Современные архитектуры CNN.

Регулирование потока вычисления градиента в глубоких нейронных сетях. Методы регуляризации в глубоком обучении. Методы дообучения искусственных нейронных сетей. Принцип заморозки слоев (layer freezing) искусственной нейронной сети. Стратегии заморозки слоев.

Архитектуры глубоких нейронных сетей. Разработка рекуррентной нейронной сети (RNN). Блок единичной задержки в сетях RNN. Сети LSTM (долгая краткосрочная память). Рекурсивные нейронные сети. Разработка

байесовской нейронной сети (BNN). Пространственно-временные нейронные сети (Spatial-Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN.

Ключевые фреймворки и библиотеки для разработки и развертывания моделей глубокого обучения на языке программирования C++ (LibTorch, TensorFlow C++ API, OpenNN, MLPack, Caffe, Dlib).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

Промежуточный контроль: экзамен.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Глубокое обучение» является овладение студентами основными методами искусственного интеллекта, приобретение навыков по разработке моделей глубоких искусственных нейронных сетей, включая глубокие сверточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN), байесовские нейронные сети (BNN); изучение основных подходов к адаптации и повышению эффективности моделей глубоких искусственных нейронных сетей.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Глубокое обучение» относится к части Блока 1 «Дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений учебного плана. Дисциплина «Глубокое обучение» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Глубокое обучение» являются: «Математические основы искусственного интеллекта», «Методы искусственного интеллекта», «Программирование на языке Python», «Алгоритмизация и программирование».

Дисциплина «Глубокое обучение» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Компьютерное зрение в сельском хозяйстве», «Генеративный искусственный интеллект», «Большие языковые модели» а также подготовки выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является изучение современных инструментов создания моделей искусственных нейронных сетей, разработка и обучение моделей искусственных нейронных сетей на основе реализации математических алгоритмов.

Рабочая программа дисциплины «Глубокое обучение» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимися, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПККрмии-8 (MF-3. Продвинутый уровень)	Способен применять современные методы оптимизации для обучения моделей машинного обучения, настройки гиперпараметров и решения задач искусственного интеллекта	ПККрмии-8 (MF-3. Продвинутый уровень).1 Индикатор: Применяет методы оптимизации для разработки и исследования обучающих алгоритмов. Уровень освоения индикатора: Анализирует сходимость и эффективность алгоритмов, выбирает и обосновывает применение наиболее подходящих методов в зависимости от характеристик данных и модели		Анализирует сходимость и эффективность алгоритмов, выбирает и обосновывает применение наиболее подходящих методов в зависимости от характеристик данных и модели.	
2.	ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень)	Способен применять алгоритмы обучения на нестандартных объемах данных	ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1 Индикатор: Обосновывает способы и варианты применения алгоритмов обучения на нестандартных объемах данных в задачах ИИ, включая их преобразование и адаптацию к специфике задачи. Уровень освоения индикатора: Выбирает и адаптирует алгоритмы (например, transfer learning, few-shot learning, federated learning) с учетом специфики нестандартных объемов данных и требований к задаче. Обосновывает выбор методов повышения эффективности и обобщаемости (например, регуляризация, уменьшение размерности модели, domain adaptation, использование разностных методов типа сиамских сетей, few-shot learning, байесовские методы)		Выбирает и адаптирует алгоритмы (например, transfer learning, few-shot learning, federated learning) с учетом специфики нестандартных объемов данных и требований к задаче. Обосновывает выбор методов повышения эффективности и обобщаемости (например, регуляризация, уменьшение размерности модели, domain adaptation, использование разностных методов типа сиамских сетей, few-shot learning, байесовские методы).	

			ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).2 Индикатор: Применяет методы повышения устойчивости, надежности, безопасности алгоритмов обучения на нестандартных объемах данных для проверки разведочных гипотез и подготовки данных к применению современных методов ИИ. Уровень освоения индикатора: Применяет продвинутые методы повышения устойчивости: adversarial robustness, domain adaptation, bagging/boosting, методы устойчивости к выбросам. Проводит разведочный анализ гипотез и проверяет устойчивость моделей с помощью нестандартных симуляций, synthetic data, adversarial data		Применяет продвинутые методы повышения устойчивости: adversarial robustness, domain adaptation, bagging/boosting, методы устойчивости к выбросам. Проводит разведочный анализ гипотез и проверяет устойчивость моделей с помощью нестандартных симуляций, synthetic data, adversarial data.	
			ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).3 Индикатор: Оценивает результативность применения методов повышения устойчивости, надежности, безопасности алгоритмов обучения на нестандартных объемах данных в задачах ИИ на основе сопоставления с аналогами. Уровень освоения индикатора: Проводит сравнительный анализ моделей по эффективности, устойчивости и безопасности; учитывает переобучение, drift и computational cost. Использует продвинутые метрики: robustness score, explainability score		Проводит сравнительный анализ моделей по эффективности, устойчивости и безопасности; учитывает переобучение, drift и computational cost. Использует продвинутые метрики: robustness score, explainability score.	
3.	ПККрмии-18 (DL-1.	Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры	ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).3		Регулирует поток вычисления градиента в	

	Экспертный уровень)	глубоких нейронных сетей	Индикатор: Способен применять современные архитектуры глубоких сетей для решения различных задач, понимая их внутреннюю структуру и особенности обучения. Уровень освоения индикатора: Регулирует поток вычисления градиента в глубоких нейронных сетях		глубоких нейронных сетях	
			ПККрми-18 (DL-1. Экспертный уровень).4 Индикатор: Способен разрабатывать и оптимизировать специализированные архитектуры для работы с изображениями, учитывая их уникальные свойства. Уровень освоения индикатора: Создает принципиально новые, эффективные архитектурные решения для CNN (новые типы слоев, схемы соединений, механизмы взаимодействия между признаками), основанные на глубоком понимании теории CNN и свойств данных	Понимает принцип работы блока единичной задержки в рекуррентных нейронных сетях.	Выбирает значения гиперпараметров нейронов свертки и пулинга (размер ядра свертки, шаг и отступ); применяет готовые архитектуры сверточных нейронных сетей; Применяет принцип работы обратного распространения ошибки на слоях свертки и слоях пулинга; разрабатывает собственные архитектуры сверточных нейронных сетей; разрабатывает решения на основе сложных конфигураций сверточных нейронных сетей (EfficientNet, RetinaNet); Создает принципиально новые, эффективные архитектурные решения для CNN (новые типы слоев, схемы соединений, механизмы взаимодействия между признаками), основанные на глубоком понимании теории CNN и свойств данных.	
			ПККрми-18 (DL-1. Экспертный		Разрабатывает новые	

			уровень).5 Индикатор: Способен применять, адаптировать и разрабатывать методы дообучения нейронных сетей для эффективной адаптации моделей к новым задачам и доменам. Уровень освоения индикатора: Разрабатывает новые методы параметрически-эффективного обучения. Создает универсальные фреймворки для адаптации моделей. Решает фундаментальные проблемы (catastrophic forgetting, domain gap)		методы параметрически-эффективного обучения. Создает универсальные фреймворки для адаптации моделей. Решает фундаментальные проблемы (catastrophic forgetting, domain gap)	
4.	ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень)	Способен применять и (или) разрабатывать алгоритмы, методы и технологии компьютерного зрения	ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1 Индикатор: Применяет (проводя выбор и эксперименты) известные алгоритмы и библиотеки компьютерного зрения, предобученные глубокие нейросетевые модели для прикладных задач анализа изображений и видеопотока, при необходимости дообучая и валидируя на собственных наборах данных. Уровень освоения индикатора: Сравнивает разные предобученные модели под конкретную задачу. Проводит transfer learning на своих данных. Оптимизирует гиперпараметры для улучшения качества. Создает сложные пайплайны аугментации (albugmentations). Умеет работать с видео: извлечение кадров, обработка временных последовательностей путём применения CNN+RNN, 3D CNN		Сравнивает разные предобученные модели под конкретную задачу. Проводит transfer learning на своих данных. Оптимизирует гиперпараметры для улучшения качества. Создает сложные пайплайны аугментации (albugmentations). Умеет работать с видео: извлечение кадров, обработка временных последовательностей путём применения CNN+RNN, 3D CNN.	
			ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2	Понимает принципы представления	Применяет известные архитектуры нейронных	Владеет аппаратом математической

			Индикатор: Определяет стек технологий, методов и алгоритмов для построения продуктов с компьютерным зрением (системы видеоаналитики, поисковые системы по изображениям и т.д.). Уровень освоения индикатора: Разрабатывает алгоритмы сегментации изображений (раделение-слияние регионов, нормализованный разрез графа, mean shift), включая семантическую сегментацию; применяет преобразование Хафа и RANSAC; применяет алгоритмы детекции характеристических точек (детектор Харриса, детектор Фестнера, SUSAN, бобы, DoG); применяет дескрипторы изображений, например, SIFT; Нейросетевые архитектуры для анализа изображений VGG, Inception, ResNet, EfficientNet и т.д. особенности обучения и дообучения. Архитектуры FCN и Unet в задачах сегментации, функции потерь для задачи сегментации. Одностадийные (SSD, YOLO) и двухстадийные (FASTER R-CNN, Mask R-CNN) детекторы в задачах детекции, функций потерь в задаче детекции	изображений и кодирования цвета; применяет фильтрацию изображений, включая частотную; Понимает базовые задачи анализа изображений - классификация, детекция, сегментация.	сетей (CNN) в решении простых задач распознавания изображений.	морфологии.
5.	ПКрмии-22 (Е-1. Базовый уровень)	Способен осуществлять трудовые функции, обусловленные профессиональной ролью, в ОПД «Экономика, финансы и управление»	ПКрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).1 Индикатор: Применяет методы и технологии организации и управления данными и знаниями в финансовой сфере. Уровень освоения индикатора: Основы организации систем сбора и обработки финансовых данных, в том числе в формате текстовых документов	Основы организации систем сбора и обработки финансовых данных, в том числе в формате текстовых документов		

			ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).2 Индикатор: Применяет современные методы и технологии ИИ для решения задач прогнозирования финансовой сфере. Уровень освоения индикатора: Базовые модели систем предиктивной аналитики финансовых процессов с учётом контекстной информации	Базовые модели систем предиктивной аналитики финансовых процессов с учётом контекстной информации		
6.	ПККрмии-24 (PL-3. Продвину- тый уровень)	Способен применять языки программирования C/C++ для решения задач в области ИИ	ПККрмии-24 (PL-3. Продвину- тый уровень).1 Индикатор: Разрабатывает и отлаживает эффективные многопоточные решения на C++, тестирует, испытывает и оценивает качество таких решений. Уровень освоения индикатора: Решает проблемы одновременного доступа к данным из нескольких потоков, грамотно применяет атомарные операции и механизм блокировок. Оценивает производительность, умеет профилировать код и устраняет найденные узкие места		Решает проблемы одновременного доступа к данным из нескольких потоков, грамотно применяет атомарные операции и механизм блокировок. Оценивает производительность, умеет профилировать код и устраняет найденные узкие места.	
			ПККрмии-24 (PL-3. Продвину- тый уровень).2 Индикатор: Разрабатывает и отлаживает системы ИИ на C++ под конкретные аппаратные платформы с ограничениями по вычислительной мощности, в том числе для встроенных систем. Уровень освоения индикатора: Понимает методы оптимизации моделей (квантование, сжатие весов модели и пр.) и вычислений ИИ. Находит и использует библиотеки, соответствующие решаемой задаче	Понимает методы оптимизации моделей (квантование, сжатие весов модели и пр.) и вычислений ИИ.	Находит и использует библиотеки, соответствующие решаемой задаче	
			ПККрмии-24 (PL-3. Продвину- тый уровень).3	Знает методы оптимизации моделей	Умеет использовать средства отладки и	Владеет готовыми инструментами для

			Индикатор: Разрабатывает и отлаживает решения на C++, использующие GPU и FPGA для массовой параллелизации вычислений в рамках общей системы ИИ, с применением как готовых решений, так и разработкой своих. Уровень освоения индикатора: Знает методы оптимизации моделей (квантование, сжатие весов модели и пр.) и вычислений ИИ. Владеет готовыми инструментами для оптимизации моделей (TensorRT и пр.). Умеет использовать средства отладки и профилирования кода, находить участки кода, ограничивающие производительность системы	(квантование, сжатие весов модели и пр.) и вычислений ИИ.	профилирования кода, находить участки кода, ограничивающие производительность системы.	оптимизации моделей (TensorRT и пр.).
7.	ПККрми-4 (FC-1. Базовый уровень)	Способен проводить фронтальные исследования в области архитектур, алгоритмов МО, оптимизации и математики	ПККрми-4 (FC-1. Базовый уровень).1 Индикатор: Разрабатывает фундаментальные основы и новые алгоритмы машинного обучения. Уровень освоения индикатора: Знает основной математический аппарат для теоретического обоснования свойств моделей глубокого обучения. Использует способы эффективного обучения при заданных условиях для часто встречающихся задач	Знает основной математический аппарат для теоретического обоснования свойств моделей глубокого обучения.	Использует способы эффективного обучения при заданных условиях для часто встречающихся задач.	
			ПККрми-4 (FC-1. Базовый уровень).2 Знает основные соответствия в триаде: архитектура-данные-задача, способен по описанию данных и задачи подобрать архитектуру-бейзлайн. Активно пользуется алгоритмами автоматизации подбора архитектур	Знает основные соответствия в триаде: архитектура-данные-задача, способен по описанию данных и задачи подобрать архитектуру-бейзлайн.	Активно пользуется алгоритмами автоматизации подбора архитектур.	

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость (7 семестр)
	час. всего/*
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	144/4
1. Контактная работа	66,4/4
Аудиторная работа	64/4
лекции (Л)	32
практические занятия (ПЗ)	32/4
консультации перед экзаменом	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	77,6
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)	50,6
подготовка к экзамену	27
Вид промежуточного контроля:	экзамен

* в том числе практическая подготовка

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего всего/*	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ всего/*	ПКР	
Раздел 1. Разработка глубоких сверточных нейронных сетей	70,6/4	16	16/4	-	38,6
Раздел 2. Разработка других моделей глубоких искусственных нейронных сетей	71	16	16	-	39
консультации перед экзаменом	2	-	-	2	-
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	-	-	0,4	-
Итого по дисциплине	144/4	32	32/4	2,4	77,6

* в том числе практическая подготовка

Раздел 1. Разработка глубоких сверточных нейронных сетей

Тема 1. Программирование глубоких сверточных нейронных сетей

Сверточная нейронная сеть (CNN) как модель глубокой нейронной сети: сущность, основные элементы, решаемые задачи, особенности функционирования, обучения и программной реализации. Принцип работы обратного распространения ошибки на слоях свертки и слоях пулинга в CNN. Гиперпараметры нейронов свертки и пулинга (размер ядра свертки, шаг и отступ) в (CNN). Методы адаптации глубоких нейронных сетей. Ключевые особенности основных архитектур сверточных нейронных сетей (VGG, ResNet). Современные архитектуры CNN.

Регулирование потока вычисления градиента в глубоких нейронных сетях. Методы регуляризации в глубоком обучении. Методы дообучения искусственных нейронных сетей. Принцип заморозки слоев (layer freezing) искусственной нейронной сети. Стратегии заморозки слоев.

Раздел 2. Разработка других моделей глубоких искусственных нейронных сетей

Тема 1. Программирование моделей глубоких искусственных нейронных сетей

Архитектуры глубоких нейронных сетей. Разработка рекуррентной нейронной сети (RNN). Блок единичной задержки в сетях RNN. Сети LSTM (долгая краткосрочная память). Рекурсивные нейронные сети. Разработка байесовской нейронной сети (BNN). Пространственно-временные нейронные сети (Spatial-Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN.

Ключевые фреймворки и библиотеки для разработки и развертывания моделей глубокого обучения на языке программирования C++ (LibTorch, TensorFlow C++ API, OpenNN, MLPack, Caffe, Dlib).

4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Разработка глубоких сверточных нейронных сетей	ПКкрмии-8 (MF-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-17 (ML-8.			32/4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			Продвинутый уровень).3; ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).3; ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1; ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2; ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).1; ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).2; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1; ПККрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).1; ПККрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).2; ПККрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).3		
	Тема 1. Программиро- вание глубоких сверточных нейронных сетей	Лекция № 1. Разработка глубокой сверточной нейронной сети.	ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1		2
		Практическая работа № 1. Разработка глубокой	ПККрмии-18 (DL-1.	устный опрос, защита	4/4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		сверточной нейронной сети.	Экспертный уровень).4; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1	практической работы	
		Лекция № 2. Обучение глубокой сверточной нейронной сети.	ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1		2
		Практическая работа № 2. Обучение глубокой сверточной нейронной сети.	ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1	устный опрос, защита практической работы	4
		Лекция № 3. Современные архитектуры глубоких сверточных нейронных сетей	ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1		4
		Практическая работа № 3. Применение современных архитектур глубоких сверточных нейронных сетей	ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-19 (DL-3.	устный опрос, защита практической работы	4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1		
		Лекция № 4. Методы адаптации и повышения эффективности глубоких сверточных нейронных сетей.	ПКкрмии-8 (MF-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).3; ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).3; ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1;		4
		Практическая работа № 4. Методы адаптации и повышения эффективности глубоких сверточных нейронных сетей.	ПКкрмии-8 (MF-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).3;	устный опрос, защита практической работы	4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).3; ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1		
		Кейс-задача № 1 «Анализ финансовых данных с использованием глубоких сверточных нейронных сетей»	ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).1; ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).2	решение кейс- задачи от «якорного» индустриальн ого партнера АО «Россельхозб анк»	2
		Кейс-задача № 2 «Автоматизация анализа графиков с использованием глубоких сверточных нейронных сетей»	ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).1; ПККрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).2	решение кейс- задачи от «якорного» индустриальн ого партнера АО «Россельхозб анк»	2
2.	Раздел 2. Разработка других моделей глубоких искусственных нейронных сетей		ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1; ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5; ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1; ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2; ПККрмии-4 (FC-1.		32

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			Базовый уровень).1; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2		
	Тема 1. Программиро вание моделей глубоких искусственн ых нейронных сетей	Лекция № 5. Рекуррентные нейронные сети (RNN). Сети LSTM (долгая краткосрочная память).	ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1;		4
		Практическая работа № 5. Разработка рекуррентной нейронной сети (RNN)	ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1	устный опрос, защита практической работы	4
		Лекция № 6. Рекурсивные нейронные сети. Байесовские нейронные сети.	ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1 ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2		2
		Практическая работа № 6. Разработка байесовской нейронной сети (BNN).	ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1; ПККрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2	устный опрос, защита практической работы	4
		Лекция № 7. Пространственно-временные нейронные сети (Spatial- Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN.	ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5; ПККрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1;		4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2		
		Практическая работа № 7. Пространственно-временные нейронные сети (Spatial- Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN.	ПКкрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5; ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-19 (DL-3. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2	устный опрос, защита практической работы	4
		Лекция № 8. Разработка и обучение глубоких нейронных сетей на C++	ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).3; ПКкрмии-4 (FC-1.		2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических/ семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
			Базовый уровень).1; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2		
		Практическая работа № 8. Разработка и обучение глубоких нейронных сетей на C++	ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).1; ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).2; ПКкрмии-24 (PL-3. Продвинутый уровень).3; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-4 (FC-1. Базовый уровень).2	устный опрос, защита практической работы	4
		Кейс-задача № 3 «Анализ финансовых данных с использованием рекуррентных нейронных сетей (RNN)»	ПКкрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).2	решение кейс- задачи от «якорного» индустриальн ого партнера АО «Россельхозб анк»	2
		Кейс-задача № 4 «Анализ финансовых данных с использованием пространственно-временных нейронных сетей (STNNs)»	ПКкрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).1; ПКкрмии-22 (Е-1. Базовый уровень).2	решение кейс- задачи от «якорного» индустриальн ого партнера АО «Россельхозб анк»	2

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1. Разработка глубоких сверточных нейронных сетей		
1.	Тема 1. Программирование глубоких сверточных нейронных сетей	1.Адаптация архитектур сверточных нейронных сетей для решения задачи регрессии (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4). 2.Архитектуры сверточных нейронных сетей для работы на устройствах с ограниченными ресурсами (смартфоны, встроенные системы, Edge AI) (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4). 3.Эволюционные алгоритмы, использующиеся для работы со сверточными нейронными сетями (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4). 4.Глубокие ансамбли сверточных нейронных сетей (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).4).
Раздел 2. Разработка других моделей глубоких искусственных нейронных сетей		
2.	Тема 1. Программирование моделей глубоких искусственных нейронных сетей	1.Современные подходы к решению проблемы катастрофического забывания (catastrophic forgetting) (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5). 2.Современные подходы к решению проблемы обучения с малым количеством примеров (few-shot learning) (ПККрмии-17 (ML-8. Продвинутый уровень).1). 3.Современные подходы к решению проблемы «разрыва доменов» (domain gap) (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5). 4.Современные подходы к параметрически-эффективному обучению (Parameter-Efficient Fine-Tuning, PEFT) (ПККрмии-18 (DL-1. Экспертный уровень).5).

5. Образовательные технологии

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
1.	Практическая работа № 1. Разработка глубокой сверточной нейронной сети.	ПЗ	Компьютерная симуляция
2.	Практическая работа № 2. Обучение глубокой сверточной нейронной сети.	ПЗ	Компьютерная симуляция
3.	Практическая работа № 3. Применение современных архитектур глубоких сверточных нейронных сетей.	ПЗ	Компьютерная симуляция
4.	Практическая работа № 4. Методы адаптации и повышения эффективности глубоких сверточных	ПЗ	Компьютерная симуляция

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)
	нейронных сетей.	
5.	Практическая работа № 5. Разработка рекуррентной нейронной сети (RNN).	ПЗ Компьютерная симуляция
6.	Практическая работа № 6. Разработка байесовской нейронной сети (BNN).	ПЗ Компьютерная симуляция
7.	Практическая работа № 7. Пространственно-временные нейронные сети (Spatial-Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN.	ПЗ Компьютерная симуляция
8.	Практическая работа № 8. Разработка и обучение глубоких нейронных сетей на C++.	ПЗ Компьютерная симуляция
9.	Кейс-задачи № 1-4	Кейс-задача Кейс-задачи от индустриального партнера «Россельхозбанка»

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы для защиты практических работ

1. Сверточная нейронная сеть (CNN): сущность, основные элементы.
2. Сверточная нейронная сеть (CNN): решаемые задачи.
3. Сверточная нейронная сеть (CNN): особенности разработки модели.
4. Сверточная нейронная сеть (CNN): особенности обучения модели.
5. Сверточная нейронная сеть (CNN): принцип работы обратного распространения ошибки на слоях свертки.
6. Сверточная нейронная сеть (CNN): принцип работы обратного распространения ошибки на слоях пулинга.
7. Архитектура сверточной нейронной сети VGG: основные характеристики.
8. Архитектура сверточной нейронной сети VGG: особенности применения.
9. Архитектура сверточной нейронной сети ResNet: основные характеристики.
10. Архитектура сверточной нейронной сети ResNet: особенности применения.
11. Перечислите и охарактеризуйте основные методы адаптации и повышения эффективности моделей CNN
12. Особенности регулирования потока вычисления градиента в CNN.
13. Рекуррентная нейронная сеть (RNN): сущность, основные элементы.

- 14.Рекуррентная нейронная сеть (RNN): решаемые задачи.
- 15.Рекуррентная нейронная сеть (RNN): особенности разработки модели.
- 16.Рекуррентная нейронная сеть (RNN): особенности обучения модели.
- 17.Байесовская нейронная сеть (BNN): сущность, основные элементы.
- 18.Байесовская нейронная сеть (BNN): решаемые задачи.
- 19.Байесовская нейронная сеть (BNN): особенности разработки модели.
- 20.Байесовская нейронная сеть (BNN): особенности обучения модели.
- 21.Перечислите и охарактеризуйте основные пространственно-временные нейронные сети (Spatial-Temporal Neural Networks, STNNs)
- 22.Гибридная архитектура искусственной нейронной сети CNN+RNN: сущность, основные элементы.
- 23.Гибридная архитектура искусственной нейронной сети CNN+RNN: решаемые задачи.
- 24.Гибридная архитектура искусственной нейронной сети CNN+RNN: особенности разработки модели.
- 25.Гибридная архитектура искусственной нейронной сети CNN+RNN: особенности обучения модели.
- 26.Архитектура искусственной нейронной сети 3D CNN: сущность, основные элементы.
- 27.Архитектура искусственной нейронной сети 3D CNN: решаемые задачи.
- 28.Архитектура искусственной нейронной сети 3D CNN: особенности разработки модели.
- 29.Архитектура искусственной нейронной сети 3D CNN: особенности обучения модели.
- 30.Преимущества языка программирования C++ для разработки и обучения глубоких нейронных сетей.
- 31.Инструменты языка программирования C++ для разработки и обучения глубоких нейронных сетей.
- 32.Основные характеристики библиотеки OpenNN для языка программирования C++.
- 33.Основные характеристики библиотеки MLPack для языка программирования C++.
- 34.Основные характеристики TensorFlow C++ API.
- 35.Основные характеристики библиотеки LibTorch для языка программирования C++.
- 36.Основные характеристики библиотеки Caffe для языка программирования C++.
- 37.Основные характеристики библиотеки Dlib для языка программирования C++.

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)

1. Сверточная нейронная сеть (CNN): сущность, основные элементы, решаемые задачи.
2. Сверточная нейронная сеть (CNN): особенности функционирования, обучения и программной реализации.
3. Принцип работы обратного распространения ошибки на слоях свертки и слоях пулинга в сверточной нейронной сети (CNN).
4. Гиперпараметры нейронов свертки и пулинга (размер ядра свертки, шаг и отступ) в сверточной нейронной сети (CNN).
5. Типы слоев в сверточных нейронных сетях.
6. Схемы соединений в сверточных нейронных сетях.
7. Механизмы взаимодействия между признаками в сверточных нейронных сетях.
8. Ключевые особенности основных архитектур сверточных нейронных сетей (VGG, ResNet).
9. Современные архитектуры сверточных нейронных сетей (CNN).
10. Регулирование потока вычисления градиента в глубоких нейронных сетях.
11. Перечислите и охарактеризуйте основные методы адаптации глубоких нейронных сетей.
12. Перечислите и охарактеризуйте основные методы регуляризации в глубоком обучении.
13. Перечислите и охарактеризуйте основные методы дообучения искусственных нейронных сетей.
14. Принцип заморозки слоев (layer freezing) искусственной нейронной сети. Стратегии заморозки слоев.
15. Перечислите и охарактеризуйте основные архитектуры глубоких искусственных нейронных сетей.
16. Рекуррентная нейронная сеть (RNN): сущность, основные элементы, решаемые задачи.
17. Рекуррентная нейронная сеть (RNN): особенности функционирования, обучения и программной реализации.
18. Байесовская нейронная сеть (BNN): сущность, основные элементы, решаемые задачи.
19. Байесовская нейронная сеть (BNN): особенности функционирования, обучения и программной реализации.
20. Перечислите и охарактеризуйте ключевые фреймворки и библиотеки для разработки и развертывания моделей глубокого обучения на языке программирования C++.

Пример работ

Практическая работа № 1 «Разработка глубокой сверточной нейронной сети»

Цель: изучить особенности разработки глубокой сверточной нейронной сети средствами Python.

Требуется:

1. Создайте матрицы с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 1. Подготовьте обучающий набор данных и тестовый набор данных.

2. Создайте класс для построения и обучения глубокой сверточной нейронной сети. Класс должен иметь в качестве атрибутов основные матрицы, используемые в расчетах.

3. Создайте метод инициализации глубокой сверточной нейронной сети, принимающий в качестве аргументов основные гиперпараметры модели, которые будут являться атрибутами экземпляра класса.

4. Создайте метод обучения сети для расчета части основных матриц, использующихся в обучении глубокой сверточной нейронной сети. Данные матрицы будут являться атрибутами экземпляра класса. Реализовать обучение глубокой сверточной нейронной сети полностью и доработать программный код данного метода необходимо в следующей работе.

Проверьте работу необученной модели сверточной нейронной сети на тестовом наборе данных.

Практическая работа № 2 «Обучение глубокой сверточной нейронной сети»

Цель: изучить особенности обучения и применения глубокой сверточной нейронной сети средствами Python.

Требуется:

Продолжите разрабатывать программу, начатую в предыдущей работе.

1. Создайте метод инициализации глубокой сверточной нейронной сети, принимающий в качестве аргументов основные гиперпараметры модели, которые будут являться атрибутами экземпляра класса.

2. Доработайте метод обучения глубокой сверточной нейронной сети, реализовав в нем обновление матриц весовых коэффициентов.

3. Создайте модель как экземпляр разработанного класса построения и обучения глубокой сверточной нейронной сети.

4. Обучите модель глубокой сверточной нейронной сети на обучающем наборе данных.

5. Протестируйте модель глубокой сверточной нейронной сети на тестовом наборе данных. Сделайте вывод о соответствии полученных ответов ожидаемым ответам.

6. Повторите пункты 3, 4, 5 и постройте несколько моделей с разными значениями гиперпараметров. Дополнительно: подберите оптимальные гиперпараметры для модели глубокой сверточной нейронной сети, используя один из методов подбора оптимальных гиперпараметров.

7. Используя библиотеки и фреймворки глубокого обучения постройте, обучите и протестируйте несколько моделей глубокой сверточной нейронной сети. Сделайте выводы о качестве моделей.

Практическая работа № 3

«Применение современных архитектур глубоких сверточных нейронных сетей»

Цель: изучить особенности применения современных архитектур глубоких сверточных нейронных сетей.

Требуется:

1. Создайте матрицы с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 3. Подготовьте обучающий набор данных и тестовый набор данных.

2. Примените предобученную модель глубокой сверточной нейронных сетей VGG:

- a. Выберите версию модели (VGG-16, VGG-19) и загрузите ее в среду разработки.
- b. Адаптируйте модель под новую задачу, в соответствии с набором исходных данных: измените выходной слой нейронной сети.
- c. Реализуйте сериализацию модели: сохраните модель в файл.
- d. Реализуйте развертывание модели в рабочую среду: загрузите модель на сервер № 1, проведите дополнительную настройку и протестируйте работу модели в режиме реального времени.

3. Примените предобученную модель глубокой сверточной нейронной сети ResNet:

- a. Выберите версию модели (ResNet-18, ResNet-34, ResNet-50, ResNet-101, ResNet-152) и загрузите ее в среду разработки.
- b. Адаптируйте модель под новую задачу, в соответствии с набором исходных данных: измените выходной слой нейронной сети.
- c. Реализуйте сериализацию модели: сохраните модель в файл.
- d. Реализуйте развертывание модели в рабочую среду: загрузите модель на сервер № 1, проведите дополнительную настройку и протестируйте работу модели в режиме реального времени.

Практическая работа № 4

«Методы адаптации и повышения эффективности глубоких сверточных нейронных сетей»

Цель: изучить методы адаптации и повышения эффективности глубоких сверточных нейронных сетей.

Требуется:

1. Создайте матрицы с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 4. Подготовьте обучающий набор данных и тестовый набор данных.

2. Примените предобученную модель глубокой сверточной нейронных сетей VGG:

- a. Выберите версию модели (VGG-16, VGG-19) и загрузите ее в среду разработки.
- b. Адаптируйте модель под новую задачу, в соответствии с набором исходных данных: измените выходной слой нейронной сети, осуществите «заморозку» части слоев и проведите обучение модели, обновляя весовые коэффициенты для оставшейся части слоев.
- c. Проведите «тонкую настройку модели» (fine-tuning): разморозьте некоторые слои и дообучите сеть, используя низкий темп обучения (learning rate), чтобы увеличить эффективность работы с текущим набором исходных данных, но при этом сохранить результаты основного обучения.
- d. Реализуйте сериализацию модели: сохраните обученную модель в файл.
- e. Реализуйте развертывание модели в рабочую среду: загрузите модель на сервер № 1, проведите дополнительную настройку и протестируйте работу модели в режиме реального времени.

3. Примените предобученную модель глубокой сверточной нейронной сети ResNet:

- a. Выберите версию модели (ResNet-18, ResNet-34, ResNet-50, ResNet-101, ResNet-152) и загрузите ее в среду разработки.
- b. Адаптируйте модель под новую задачу, в соответствии с набором исходных данных: измените выходной слой нейронной сети, осуществите «заморозку» части слоев и проведите обучение модели, обновляя весовые коэффициенты для оставшейся части слоев.
- c. Проведите «тонкую настройку модели» (fine-tuning): разморозьте некоторые слои и дообучите сеть, используя низкий темп обучения (learning rate), чтобы увеличить эффективность работы с текущим набором исходных данных, но при этом сохранить результаты основного обучения.
- d. Реализуйте сериализацию модели: сохраните обученную модель в файл.

- е. Реализуйте развертывание модели в рабочую среду: загрузите модель на сервер № 1, проведите дополнительную настройку и протестируйте работу модели в режиме реального времени.

Практическая работа № 5 **«Разработка рекуррентной нейронной сети (RNN)»**

Цель: изучить особенности разработки, обучения и применения рекуррентной нейронной сети (RNN) средствами Python.

Требуется:

1. Создайте матрицы с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 5. Подготовьте обучающий набор данных и тестовый набор данных.
2. Создайте класс для построения и обучения рекуррентной нейронной сети (RNN). Класс должен иметь в качестве атрибутов основные матрицы, используемые в расчетах.
3. Создайте метод инициализации рекуррентной нейронной сети (RNN), принимающий в качестве аргументов основные гиперпараметры модели, которые будут являться атрибутами экземпляра класса.
4. Создайте метод обучения сети для расчета основных матриц, используемых в обучении рекуррентной нейронной сети (RNN). Данные матрицы будут являться атрибутами экземпляра класса.
5. Создайте метод для проверки сети, который в качестве параметров принимает матрицу входных сигналов. В методе реализуйте расчет всех основных матриц для получения выходных сигналов рекуррентной нейронной сети (RNN). Данные матрицы не будут являться атрибутами экземпляра класса, так как при вызове данного метода обновление значений атрибутов не требуется.
6. Создайте и обучите модель рекуррентной нейронной сети (RNN) на обучающем наборе данных.
7. Протестируйте модель рекуррентной нейронной сети (RNN) на тестовом наборе данных. Сделайте выводы о качестве модели.
8. Повторите пункты 6, 7 и постройте несколько моделей с разными значениями гиперпараметров.

Практическая работа № 6 **«Разработка байесовской нейронной сети (BNN)»**

Цель: изучить особенности разработки, обучения и применения байесовской нейронной сети (BNN) средствами Python.

Требуется:

1. Создайте матрицы с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 6. Подготовьте обучающий набор данных и тестовый набор данных.

2. Создайте класс для построения и обучения байесовской нейронной сети (BNN). Класс должен иметь в качестве атрибутов основные матрицы, используемые в расчетах.

3. Создайте метод инициализации байесовской нейронной сети (BNN), принимающий в качестве аргументов основные гиперпараметры модели, которые будут являться атрибутами экземпляра класса.

4. Создайте метод обучения сети для расчета основных матриц, используемых в обучении байесовской нейронной сети (BNN). Данные матрицы будут являться атрибутами экземпляра класса.

5. Создайте метод для проверки сети, который в качестве параметров принимает матрицу входных сигналов. В методе реализуйте расчет всех основных матриц для получения выходных сигналов байесовской нейронной сети (BNN). Данные матрицы не будут являться атрибутами экземпляра класса, так как при вызове данного метода обновление значений атрибутов не требуется.

6. Создайте и обучите модель байесовской нейронной сети (BNN) на обучающем наборе данных.

7. Протестируйте модель байесовской нейронной сети (BNN) на тестовом наборе данных. Сделайте выводы о качестве модели.

8. Повторите пункты 6, 7 и постройте несколько моделей с разными значениями гиперпараметров.

Практическая работа № 7

«Пространственно-временные нейронные сети (Spatial-Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN»

Цель: изучить особенности разработки, обучения и применения пространственно-временных нейронных сетей (Spatial-Temporal Neural Networks, STNNs): CNN+RNN, 3D CNN средствами Python.

Требуется:

1. Используя TensorFlow и PyTorch разработайте, обучите и примените несколько моделей искусственной нейронной сети с гибридной архитектурой CNN+RNN для обработки видео:

- a. Создайте 5-мерный тензор с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 7.2. Подготовьте обучающие наборы данных и тестовые наборы данных.
- b. Проведите нормализацию значений пикселей и аугментацию.
- c. Разработайте модель.
- d. Обучите модель.
- e. Протестируйте модель. Сделайте выводы о качестве модели.
- f. Повторите пункты c, d, e и постройте несколько дополнительных моделей.
- g. Выберите наилучшую модель. Реализуйте сериализацию и развертывание на сервере.

2. Используя TensorFlow и PyTorch разработайте, обучите и примените несколько моделей 3D CNN для обработки видео:

- a. Создайте 5-мерный тензор с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 7.2. Подготовьте обучающие наборы данных и тестовые наборы данных.
- b. Проведите нормализацию значений пикселей и аугментацию.
- c. Разработайте модель.
- d. Обучите модель.
- e. Протестируйте модель. Сделайте выводы о качестве модели.
- f. Повторите пункты c, d, e и постройте несколько дополнительных моделей.
- g. Выберите наилучшую модель. Реализуйте сериализацию и развертывание на сервере.

Практическая работа № 8

«Разработка и обучение глубоких нейронных сетей на C++»

Цель: изучить особенности разработки, обучения и применения глубоких искусственных нейронных сетей средствами C++.

Требуется:

1. Используя специализированные фреймворки и библиотеки языка программирования C++ (LibTorch, TensorFlow C++ API, OpenNN, MLPack, Caffe, Dlib) разработайте, обучите и примените несколько моделей CNN для обработки изображений:

- a. Создайте матрицы с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 8.1. Подготовьте обучающие наборы данных и тестовые наборы данных.
- b. Проведите нормализацию значений пикселей и аугментацию.
- c. Разработайте модель.
- d. Обучите модель.
- e. Протестируйте модель. Сделайте выводы о качестве модели.
- f. Повторите пункты c, d, e и постройте несколько дополнительных моделей.
- g. Выберите наилучшую модель. Реализуйте сериализацию и развертывание на сервере.

2. Используя специализированные фреймворки и библиотеки языка программирования C++ (LibTorch, TensorFlow C++ API, OpenNN, MLPack, Caffe, Dlib) разработайте, обучите и примените несколько моделей искусственной нейронной сети с гибридной архитектурой CNN+RNN для обработки видео:

- a. Создайте 5-мерный тензор с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 8.2. Подготовьте обучающие наборы данных и тестовые наборы данных.
- b. Проведите нормализацию значений пикселей и аугментацию.
- c. Разработайте модель.
- d. Обучите модель.
- e. Протестируйте модель. Сделайте выводы о качестве модели.

- f. Повторите пункты с, d, e и постройте несколько дополнительных моделей.
 - g. Выберите наилучшую модель. Реализуйте сериализацию и развертывание на сервере.
3. Используя специализированные фреймворки и библиотеки языка программирования C++ (LibTorch, TensorFlow C++ API, OpenNN, MLPack, Caffe, Dlib) разработайте, обучите и примените несколько моделей 3D CNN для обработки видео:
- a. Создайте 5-мерный тензор с исходными данными, содержащими значения из исходного набора данных № 8.3. Подготовьте обучающие наборы данных и тестовые наборы данных.
 - b. Проведите нормализацию значений пикселей и аугментацию.
 - c. Разработайте модель.
 - d. Обучите модель.
 - e. Протестируйте модель. Сделайте выводы о качестве модели.
 - f. Повторите пункты с, d, e и постройте несколько дополнительных моделей.
 - g. Выберите наилучшую модель. Реализуйте сериализацию и развертывание на сервере.

Кейс-задачи от индустриального партнера «Россельхозбанка»

Кейс-задача № 1

«Анализ финансовых данных с использованием глубоких сверточных нейронных сетей»

Разработайте, обучите и протестируйте ряд моделей глубоких сверточных нейронных сетей (CNN) для анализа финансовых данных, используя набор данных № 1, предоставленный АО «Россельхозбанк». Подберите оптимальные гиперпараметры для моделей. Рассчитайте метрики. Составьте отчет, содержащий основную информацию о гиперпараметрах и метриках построенных моделей, выводы относительно выбора наилучших моделей для решения поставленной задачи.

Кейс-задача № 2

«Автоматизация анализа графиков с использованием глубоких сверточных нейронных сетей»

Разработайте, обучите и протестируйте ряд моделей глубоких сверточных нейронных сетей (CNN) для автоматизации анализа изображений графиков финансовых данных, используя набор данных № 2, предоставленный АО «Россельхозбанк». Подберите оптимальные гиперпараметры для моделей. Рассчитайте метрики. Составьте отчет, содержащий основную информацию о гиперпараметрах и метриках построенных моделей, выводы относительно выбора наилучших моделей для решения поставленной задачи.

Кейс-задача № 3

«Анализ финансовых данных с использованием рекуррентных нейронных сетей (RNN)»

Разработайте, обучите и протестируйте ряд моделей рекуррентных нейронных сетей (RNN) для анализа финансовых данных, используя набор данных № 3, предоставленный АО «Россельхозбанк». Подберите оптимальные гиперпараметры для моделей. Рассчитайте метрики. Составьте отчет, содержащий основную информацию о гиперпараметрах и метриках построенных моделей, выводы относительно выбора наилучших моделей для решения поставленной задачи.

Кейс-задача № 4

«Анализ финансовых данных с использованием пространственно-временных нейронных сетей (STNNs)»

Разработайте, обучите и протестируйте ряд моделей с гибридной архитектурой CNN+RNN (CNN+LSTM) для анализа финансовых данных, используя набор данных № 4, предоставленный АО «Россельхозбанк». Подберите оптимальные гиперпараметры для моделей. Рассчитайте метрики. Составьте отчет, содержащий основную информацию о гиперпараметрах и метриках построенных моделей, выводы относительно выбора наилучших моделей для решения поставленной задачи.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется **балльно-рейтинговая** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы (БРС) положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущей работы в семестре.

В течение периода обучения по дисциплине студент должен выполнить и защитить 8 практических заданий (индивидуальных или групповых проектов), каждое из которых оценивается максимум на 10 баллов. За посещение занятий добавляется 0,04 балла за каждый час (максимум 10 баллов = $144 \cdot 0,07$), участие в конференции с докладом с использованием методов разработки элементов искусственного интеллекта – 10 баллов. За выполнение кейс-задачи от АО «Россельхозбанк» участники команды, занявшей 1 место, получают по 10 баллов, 2 место – 7 баллов, 3 место – 4 балла. Максимально возможная сумма баллов, полученная при решении кейс-задачи, может составить 10 баллов. Таким образом, максимально возможная сумма баллов равна: $8 \cdot 10 + 144 \cdot 0,07 + 10 + 10 = 80 + 10 + 10 = 100$.

До экзамена допускаются студенты, набравшие не менее 60% от максимального количества баллов, т.е. 60 баллов и более.

Предварительная оценка по дисциплине выставляется преподавателем в соответствии со шкалой:

Текущий рейтинг	Оценка			
	«неудовлетв орительно»	«удовлетвор ительно»	«хорошо»	«отлично »
в процентах	0-59	60-69	70-84	85-100
в баллах	0-59	60-69	70-84	85-100

Студенты, набравшие в течение семестра менее 60 баллов, пишут итоговую работу. К написанию итоговой работы допускаются студенты, **в случае выполнения всех практических работ.**

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1.Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети : учебник для вузов / В. С. Ростовцев. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 216 с. — ISBN 978-5-507-50568-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/447392>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2.Бессмертный, И. А. Системы искусственного интеллекта : учебник для вузов / И. А. Бессмертный. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 164 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18416-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561602>

3.Бессмертный, И. А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум для вузов / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 243 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01042-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469867>

4.Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14916-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/485440>

5.Иванов, В. М. Интеллектуальные системы : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. М. Иванов ; под научной редакцией А. Н. Сесекина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 93 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07819-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494505>

7.2 Дополнительная литература

1.Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль ; перевод с английского А. А. Слинкина. — 2-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 652 с. — ISBN 978-5-97060-618-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107901>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2.Станкевич, Л. А. Интеллектуальные системы и технологии : учебник и практикум для вузов / Л. А. Станкевич. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02126-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489694>

3. Загоруйко, Ю. А. Искусственный интеллект. Инженерия знаний: учебное пособие для вузов / Ю. А. Загоруйко, Г.Б. Загоруйко. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 93 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07198-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/494205>

7.3 Статьи, опубликованные в научных журналах 1 уровня Белого списка научных журналов Минобрнауки России и сборниках научных работ конференций уровня А*

1. Lu, L., Jin, P., Pang, G. et al. Learning nonlinear operators via DeepONet based on the universal approximation theorem of operators. *Nat Mach Intell* 3, 218–229 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42256-021-00302-5>
2. van de Ven, G.M., Tuytelaars, T. & Tolias, A.S. Three types of incremental learning. *Nat Mach Intell* 4, 1185–1197 (2022). <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00568-3>
3. Pacelli, R., Ariosto, S., Pastore, M. et al. A statistical mechanics framework for Bayesian deep neural networks beyond the infinite-width limit. *Nat Mach Intell* 5, 1497–1507 (2023). <https://doi.org/10.1038/s42256-023-00767-6>
4. Raghavan, G., Tharwat, B., Hari, S.N. et al. Engineering flexible machine learning systems by traversing functionally invariant paths. *Nat Mach Intell* 6, 1179–1196 (2024). <https://doi.org/10.1038/s42256-024-00902-x>
5. Chen, X., Wang, R., Khalilian-Gourtani, A. et al. A neural speech decoding framework leveraging deep learning and speech synthesis. *Nat Mach Intell* 6, 467–480 (2024). <https://doi.org/10.1038/s42256-024-00824-8>
6. Lan, T., Su, S., Ping, P. et al. Generating mutants of monotone affinity towards stronger protein complexes through adversarial learning. *Nat Mach Intell* 6, 315–325 (2024). <https://doi.org/10.1038/s42256-024-00803-z>
7. Pacelli, R., Ariosto, S., Pastore, M. et al. A statistical mechanics framework for Bayesian deep neural networks beyond the infinite-width limit. *Nat Mach Intell* 5, 1497–1507 (2023). <https://doi.org/10.1038/s42256-023-00767-6>
8. Kim, J.Z., Bassett, D.S. A neural machine code and programming framework for the reservoir computer. *Nat Mach Intell* 5, 622–630 (2023). <https://doi.org/10.1038/s42256-023-00668-8>
9. Kong, Y., Wang, Z., Nie, Y., Zhou, T., Zohren, S., Liang, Y., Sun, P., & Wen, Q. (2025). Unlocking the Power of LSTM for Long Term Time Series Forecasting. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 39(11), 11968-11976. <https://doi.org/10.1609/aaai.v39i11.33303>
10. Knorozova, N. A., & Ronca, A. (2024). On the Expressivity of Recurrent Neural Cascades. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(9), 10589-10596. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i9.28929>

11. Sun, Y., Zhu, Q., Yang, Y., Wang, C., Fan, T., Zhu, J., & Chen, L. (2024). Fine-Tuning Graph Neural Networks by Preserving Graph Generative Patterns. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(8), 9053-9061. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i8.28755>
12. Ha, S., Jeong, S., & Lee, J. (2024). Domain-Aware Fine-Tuning: Enhancing Neural Network Adaptability. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(11), 12261-12269. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i11.29116>
13. Wagner, P., Wu, X., & Huber, M. F. (2023). Kalman Bayesian Neural Networks for Closed-Form Online Learning. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 37(8), 10069-10077. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i8.26200>
14. Zhou, Y., Li, Y., Feng, L., & Huang, S.-J. (2025). Improving Generalization of Deep Neural Networks by Optimum Shifting. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 39(10), 10870-10878. <https://doi.org/10.1609/aaai.v39i10.33181>
15. Zhou, H., Zhang, H., Deng, H., Liu, D., Shen, W., Chan, S.-H., & Zhang, Q. (2024). Explaining Generalization Power of a DNN Using Interactive Concepts. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(15), 17105-17113. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i15.29655>
16. Zhang, C., Song, D., Chen, Y., Feng, X., Lumezanu, C., Cheng, W., Ni, J., Zong, B., Chen, H., & Chawla, N. V. (2019). A Deep Neural Network for Unsupervised Anomaly Detection and Diagnosis in Multivariate Time Series Data. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(01), 1409-1416. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33011409>
17. Li, T., Zhang, B., Lyu, J., Zheng, X., Guo, G., & Jin, T. (2025). Dynamic Clustering Convolutional Neural Network. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 39(17), 18448-18456. <https://doi.org/10.1609/aaai.v39i17.34030>
18. Guo, W., Yang, J., Yin, H., Chen, Q., & Ye, W. (2024). PICNN: A Pathway towards Interpretable Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(3), 2003-2012. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i3.27971>
19. Choi, K., Son, D., Kim, Y., & Seo, J. (2023). Testing the Channels of Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 37(12), 14774-14782. <https://doi.org/10.1609/aaai.v37i12.26726>
20. Purvine, E., Brown, D., Jefferson, B., Joslyn, C., Praggastis, B., Rathore, A., Shapiro, M., Wang, B., & Zhou, Y. (2023). Experimental Observations of the Topology of Convolutional Neural Network Activations. *Proceedings of the AAAI*

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Machine Learning Crash Course. – URL: <https://developers.google.com/machine-learning/crash-course> (открытый доступ)
2. Цифровые профессии: Искусственный интеллект. – URL: <https://steps.2035.university/collections/f6361b9a-ea2e-41b1-a18f-9a2f84a9fcd4> (открытый доступ)
3. Kaggle. – URL: <https://www.kaggle.com/> (открытый доступ)
4. Machine Learning Repository. – URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/default+of+credit+card+clients> (открытый доступ)
5. TensorFlow library. <https://www.tensorflow.org/resources/libraries-extensions> (открытый доступ)
6. PyTorch. <https://pytorch.org/> (открытый доступ)
7. KERAS. <https://keras.io/> (открытый доступ)
8. dblp computer science bibliography: <https://dblp.uni-trier.de/db/about/index.html> (открытый доступ)
9. ICORE Conference Portal: https://portal.core.edu.au/conferences/?search=A*+&by=all&source=CORE2023&sort=atitle&page=1 (открытый доступ)

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Разделы 1, 2	Python	расчетная, обучающая, контролирующая	Python Software Foundation	Текущая версия
2	Разделы 1, 2	Anaconda	расчетная, обучающая, контролирующая	Anaconda, Inc.	Текущая версия
3	Разделы 1, 2	Spyder	расчетная, обучающая, контролирующая	Spyder project contributors	Текущая версия
4	Разделы 1, 2	Microsoft Word	обучающая, контролирующая	Microsoft	Текущая версия
5	Разделы 1, 2	Microsoft Excel	обучающая	Microsoft	Текущая версия
6	Раздел 2	Microsoft Visual Studio	расчетная, обучающая, контролирующая	Microsoft	Текущая версия

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения практических занятий нужен компьютерный класс с доступом в «Интернет», оснащенный программным обеспечением в соответствии с разделом 9.

Таблица 10

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (2й учебный корпус, 102 ауд.)	Количество рабочих мест: 16 1. Компьютеры 28 шт. - Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE. 2. Стенд «Сергеев Сергей Степанович 1910-1999» 1 шт. (Инв.№591013/25) 3. Огнетушитель порошковый 1 шт. (Инв. №559527) 4. Подвесное крепление к огнетушителю 1 шт. (Инв. № 559528) 5. Жалюзи 2шт. (Инв. №1107-221225, Инв. №1107-221225) 6. Стул 29 шт. 7. Стол компьютерный 28 шт. 8. Стол для преподавателя 1 шт. 9. Доска маркерная 1 шт. 10.Трибуна напольная 1 шт. (без инв. №) Структурное подразделение: Институт Экономики и управления, Кафедра Статистики и кибернетики
учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (2й учебный корпус, 106	Количество рабочих мест: 16 Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE. Структурное подразделение: Институт Экономики и управления, Кафедра Статистики и кибернетики

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
ауд.)	
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы (2й учебный корпус, 302 ауд.)	Количество рабочих мест: 16 1. Системный блок 17 шт. - Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE. 2. Монитор 17 шт. 3. Телевизор 1 шт. 4. Стол для преподавателя 1 шт. 5. Стол компьютерный 16 шт. 6. Стул офисный 17 шт. Структурное подразделение: Институт Экономики и управления, Кафедра Статистики и кибернетики
учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (1й учебный корпус, 212 ауд.)	Количество рабочих мест: 24 Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE. Структурное подразделение: Кафедра Цифровая кафедра
учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (1й учебный корпус, 214 ауд.)	Количество рабочих мест: 24 Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE. Структурное подразделение: Кафедра Цифровая кафедра
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова	Читальные залы библиотеки
Студенческое общежитие	Комната для самоподготовки

11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Предполагается, что студент выполняет практическое задание в аудитории, дома оформляет и готовится по теоретическим вопросам к защите отчета на следующем занятии.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший занятие, обязан предъявить преподавателю документы установленного образца, подтверждающие необходимость пропуска. Не допускается пропуск занятий без уважительной причины.

Студент, пропустивший занятия, осваивает материал самостоятельно (выполняет практическое задание по своему варианту в компьютерном классе кафедры в часы, свободные от занятий, изучает теоретические вопросы).

Студент, пропустивший лекцию, отвечает на вопросы по пропущенной теме.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

На первом занятии преподаватель закрепляет за каждым студентом номер варианта для выполнения индивидуальных работ (как правило, номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнале преподавателя). По каждой индивидуальной работе должна быть поставлена оценка по факту ее защиты. Защиту рекомендуется проводить на следующем после получения задания занятии. Преподаватель обязан проверить соответствие выполненного задания исходным данным варианта студента. Таким образом, исключается вероятность плагиата.

Преподаватель должен стимулировать студентов к занятию научно-исследовательской работой, изучению научной литературы по теме искусственного интеллекта, в т.ч. отечественной и зарубежной периодики.

Программу разработали:

Быков Д.В., старший преподаватель

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.

Уколова А.В., канд. экон. наук, доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.16 «Глубокое обучение»
ОПОП ВО по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии,
направленность «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта»
(квалификация выпускника – бакалавр)

Гавриловской Надеждой Владимировной, канд. техн. наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Глубокое обучение» ОПОП ВО по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии, направленность «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта», разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре статистики и кибернетики (разработчики – Быков Денис Витальевич, старший преподаватель кафедры статистики и кибернетики, Уколова Анна Владимировна, канд. экон. наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Глубокое обучение» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к части Блока 1 «Дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений учебного цикла – Б1.В.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 09.03.02 Информационные системы и технологии, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Глубокое обучение» **закреплены 7 профессиональных компетенций (16 индикаторов)**. Дисциплина «Глубокое обучение» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Глубокое обучение» составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Глубокое обучение» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Глубокое обучение» предполагает проведение занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 09.03.02 Информационные системы и технологии.

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (выполнение и защита практических заданий), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как частью Блока 1 «Дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений учебного цикла – Б1.В ФГОС ВО направления 09.03.02 – «Информационные системы и технологии».

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименования, статей журналов 1 уровня Белого списка и конференций А* – 20 наименований, Интернет-ресурсы – 9 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 09.03.02 Информационные системы и технологии, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Глубокое обучение» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

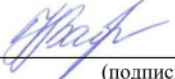
14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Глубокое обучение».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Глубокое обучение» ОПОП ВО по направлению 09.03.02 Информационные системы и технологии, направленность «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Быковым Денисом Витальевичем, старшим преподавателем кафедры статистики и кибернетики, Уколовой Анной Владимировной, канд. экон. наук, доцентом, и.о. заведующего кафедрой статистики и кибернетики соответствует требованиям ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент:

Гавриловская Н.В., доцент кафедры систем автоматизированного проектирования инженерных расчетов ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат технических наук
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«26» августа 2025 г.