

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Хоружий, Л.И. Хоружий, Л.И.

Должность: Директор института экономики и управления АПК

Дата подписания: 16.01.2025

Уникальный электронный ключ:

1e90b132d9b04fceb7585160b015dddf2cb1e6a9



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ 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 прикладной информатики

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

экономики и управления АПК

Л.И. Хоружий

“ 28 ” 08 2025 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.19 Глубокое обучение**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 09.03.03 Прикладная информатика

Направленность: Системы искусственного интеллекта


Курс 3

Семестр 6

Форма обучения: очная


Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчик (и): Худякова Е.В., д.э.н., профессор   
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

---

« 28 » августа 2025 г.

Рецензент: Щедрина Е.А., к.пед.н., доцент   
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

« 28 » августа 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»

Программа обсуждена на заседании кафедры прикладной информатики протокол №1 от « 28 » августа 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой  
прикладной информатики Худякова Е.В., д.э.н., профессор   
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

« 28 » августа 2025 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии  
института экономики и управления АПК  
Гупалова Т.Н., к.э.н., доцент   
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

« 28 » августа 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой  
прикладной информатики Худякова Е.В., д.э.н., профессор   
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

« 28 » августа 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ    
(подпись)

## Содержание

.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ</b>	<b>10</b>
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
4.3. ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	12
СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ/ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И КОНТРОЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ .....	12
4.4. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПЕРЕОБУЧЕНИЕМ.....	14
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>14</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>15</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	15
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....	19
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>23</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	23
7.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	23
7.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	24
7.4. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛОВ БЕЛОГО СПИСКА .....	24
7.5. МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ А/А* .....	24
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕР-НЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....</b>	<b>25</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>26</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>31</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>32</b>

Аннотация

**рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.19 «Глубокое обучение» для подготовки бакалавров по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика» направленность «Системы искусственного интеллекта»**

**Цель освоения дисциплины:** приобретение систематических знаний в области машинного обучения и глубокого обучения, в частности, ознакомление с основными подходами к разработке нейросетевых моделей, умений применять теоретические знания для разработки систем ИИ в предметной области.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений, по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика».

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы): ПК-18 (АС-1).1; ПК-18 (АС-1).2.

**Краткое содержание дисциплины:** введение в глубокое обучение, свёрточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, генеративно-состязательные сети, автоэнкодеры, глубокое обучение с подкреплением.

**Общая трудоёмкость дисциплины:** 144 часа/4 зачётные единицы.

**Промежуточный контроль:** экзамен, курсовая работа.

### 1. Цель освоения дисциплины

приобретение систематических знаний в области машинного обучения и глубокого обучения, в частности, ознакомление с основными подходами к разработке нейросетевых моделей, умений применять теоретические знания для разработки систем ИИ в предметной области.

### 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Глубокое обучение» включена в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений, и реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО и Учебного плана по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Глубокое обучение» являются: Линейная алгебра, Математика, Дискретная математика, Теория вероятностей, Математическая статистика, Алгоритмизация и программирование.

Дисциплина «Глубокое обучение» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Компьютерное зрение, AIoT-технологии и средства автоматизации в АПК, VI-системы в экономике АПК, Системы поддержки принятия решений в АПК.

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**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

ПК-1 (FC-1).1; ПК-1 (FC-1).2; ПК-13 (DL-1).1; ПК-13 (DL-1).2; ПК-13 (DL-1).3; ПК-18 (LC-2).2

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины (профессиональные компетенции)

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся осваивают следующий уровень:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПК-1 (FC-1)	Способен проводить фронтальные исследования в области архитектур, алгоритмов МО, оптимизации и математики	<p>ПК-1 (FC-1).1</p> <p>Разрабатывает новые архитектуры глубоких нейросетей</p> <p>Уровень: Продвинутый</p> <p>Уровень освоения индикатора:</p> <p>Знает передовые архитектуры в основных триадах: архитектура-данные-задача, принципы их построения, сильные и слабые стороны.</p> <p>Знает особенности наиболее часто встречающихся вычислителей, умеет подбирать архитектуры, адекватные особенностям вычислительных устройств</p>	<p>передовые архитектуры в основных триадах: архитектура-данные-задача, принципы их построения, сильные и слабые стороны; особенности наиболее часто встречающихся вычислителей, умеет подбирать архитектуры, адекватные особенностям вычислительных устройств</p>	<p>разрабатывать передовые архитектуры в основных триадах: архитектура-данные-задача; подбирать архитектуры, адекватные особенностям вычислительных устройств</p>	<p>Программными средствами для разработки архитектуры в основных триадах: архитектура-данные-задача</p>

			<p>ПК-1 (FC-1).2</p> <p>Развивает методы ускорения обучения</p> <p>Уровень: Продвинутый</p> <p>Уровень освоения индикатора: Знает и использует продвинутые инструменты для низкоранговых разложений, умеет пользоваться продвинутыми методами оптимизации для обучения сжатых моделей использует особенности задач и архитектур для оптимизации обучения и инференса.</p>	<p>продвинутые инструменты для низкоранговых разложений</p>	<p>умеет пользоваться продвинутыми методами оптимизации для обучения сжатых моделей использует особенности задач и архитектур для оптимизации обучения и инференса.</p>	<p>Программными средствами для проведения оптимизации для обучения сжатых моделей использует особенности задач и архитектур для оптимизации обучения и инференса.</p>
2.	ПК-13 (DL-1)	<p>Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей</p>	<p>ПК-13 (DL-1).1</p> <p>Способен объяснять и применять математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation), для эффективного обучения моделей</p> <p>Уровень: Продвинутый</p> <p>Уровень освоения индикатора: Задает скорость обучения в зависимости от задачи и набора данных; выбирает функцию потерь в зависимости от задачи и набора данных; способен применять регуляризацию и прореживание; выби-</p>	<p>Методы изменения скорости обучения, теоретические вопросы использования функции потерь; принцип градиентного спуска</p>	<p>применять регуляризацию и прореживание; выбирает размер пакета для стохастического градиентного спуска</p>	<p>Программными средствами для реализации метода градиентного спуска</p>

			рает размер пакета для стохастического градиентного спуска; понимает принцип градиентного спуска			
3.			<p>ПК-13 (DL-1).2</p> <p>Способен реализовывать неглубокие нейронные сети (перцептроны, MLP), выбирать количество и размер слоёв, подходящие функции активации и функции потерь для решения задач классификации и регрессии</p> <p>Уровень: Продвинутый</p> <p>Уровень освоения индикатора: Способен разрабатывать и/или применять самоорганизующиеся карты Кохонена. Способен разрабатывать RBF-сети (сети регуляризации, обобщенные RBF-сети)</p>	Алгоритм самоорганизующейся карты Кохонена	разрабатывать и/или применять самоорганизующиеся карты Кохонена. разрабатывать RBF-сети	Программными средствами для разработки самоорганизующейся карты Кохонена. разработки RBF-сети
4.			<p>ПК-13 (DL-1).3</p> <p>Способен применять современные архитектуры глубоких сетей для решения различных задач, понимая их внутреннюю структуру и особенности обучения</p> <p>Уровень: Продвинутый</p> <p>Уровень освоения индикатора: Применяет принцип построения вычислительного блока Google Inception; Применяет принцип работы блока остатка в ResNet; Раз-</p>	принцип построения вычислительного блока Google Inception; принцип работы блока остатка в ResNet	Применять принцип построения вычислительного блока Google Inception и принцип работы блока остатка в ResNet; Разрабатывать решения с применением backbone сетей	ПРОграммными средствами для построения вычислительного блока Google Inception и блока остатка в ResNet; разработки решения с применением backbone сетей



			рабатывает решения с применением backbone сетей; Знает отличия и способен применять нейронные сети для отслеживания объектов (семейство R-CNN, YOLO)			
5.	ПК-18 (LC-2)	Способен проводить эксперименты на данных формулировать гипотезы исследования строить (обучать до-обучать) модели машинного обучения с оценкой их качества и анализом ошибок обеспечивать воспроизводимость и масштабируемость исследований на данных	<p>ПК-18 (LC-2).2</p> <p>Проводит эксперименты на данных и визуализирует результаты с применением технологий анализа данных (статистического анализа), методов и алгоритмов машинного обучения</p> <p>Уровень: Базовый</p> <p>Уровень освоения индикатора: Создает план экспериментов на данных</p>	Алгоритм проведения экспериментов на данных	Создавать план экспериментов на данных	Программными средствами для проведения экспериментов на данных и визуализации результатов с применением технологий анализа данных

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

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

Таблица 2

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. всего/*	В т.ч. по семестрам
		№6
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	144/4	144/4
<b>1. Контактная работа:</b>	68,4/4	68,4/4
Аудиторная работа	68,4/4	68,4/4
<i>в том числе:</i>		
лекции (Л)	16	16
практические занятия (ПЗ)	48/4	48/4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	2	2
консультации перед экзаменом	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	0,4
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	75,6	75,6
курсовая работа (подготовка)	25	25
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	23,6	23,6
Подготовка к экзамену (контроль)	27	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 (укрупнёно)	Все-го	Аудиторная работа			Внеауди- торная работа СР
		Л	ПЗ	ПКР	
Тема 1. Введение в глубокое обучение	2	6		6	2

Тема 2. Свёрточные нейронные сети (CNN)	4	10		8	4
Тема 3. Рекуррентные нейронные сети (РНС)	4	10		10	4
Тема 4. Генеративно-сопоставительные сети (GAN)	2	8		8	2
Тема 5. Автоэнкодеры	2	8		9	2
Тема 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)	2	6		7,6	2
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0	0	0,4	0	0
Курсовая работа	0	0	0	2	0
Консультации перед экзаменом	0	0	2	0	0
Подготовка к экзамену (контроль)	0	0	0	27	0
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>2,4</b>	<b>77,6</b>

**Тема 1. Введение в глубокое обучение.** Определение глубокого обучения. Ключевые понятия: нейрон, веса, слой, функция активации, обратное распространение ошибки. Процесс обучения глубокой нейронной сети: прямое распространение сигнала, вычисление ошибки и обратное распространение для корректировки весов. Языки программирования для глубокого обучения. Библиотеки Python для работы с глубоким обучением (TensorFlow, PyTorch, Keras и др.)

#### **Тема 2. Свёрточные нейронные сети (CNN).**

Определение CNN. Свёрточные слои Слои активации. Слои подвыборки (Pooling Layers). Полносвязные слои. Принцип работы CNN (Послойный разбор. Иерархическое извлечение признаков). Архитектуры CNN LeNet-5 LeNet-5 VGG и другие. Процесс обучения CNN, минимизация функции потерь. Градиентный спуск. Методы борьбы с переобучением.

#### **Тема 3. Рекуррентные нейронные сети (РНС).**

РНС: разделяемые параметры, внутреннее состояние, способность к обобщению. Архитектура РНС (стандартная, специализированная, сети с ячейками памяти). Алгоритмы обучения РНС, метод обратного распространения ошибки через время, особенности обучения. Применение РНС (обработка естественного языка (NLP), прогнозирование временных рядов, распознавание изображений, обработка звука).

#### **Тема 4. Генеративно-сопоставительные сети (GAN).**

Определение GAN (обучение без учителя). История GAN Принцип состязательности. Архитектура GAN. Генератор, Дискриминатор. Процесса обучения GAN. Применение GAN (создание реалистичных изображений, стиливой трансфер, синтез новых данных и др.).

#### **Тема 5. Автоэнкодеры.**

Понятие автоэнкодера (автокодировщика) . Появление автоэнкодеров. Прило-

жения автоэнкодеров. Архитектура автоэнкодеров. Свойства и гиперпараметры автоэнкодеров. Типы автоэнкодеров Сжатие данных с помощью автокодировщиков.

#### **Тема 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL).**

Обучение с подкреплением, многорукие бандиты и Value Iteration. Monte-Carlo Control и Q-learning. Классические алгоритмы глубокого обучения с подкреплением: Алгоритм Deep Q-Network и его модификации, On-policy RL: REINFORCE и Actor-Critic, On-policy RL: TRPO и PPO, Off-policy RL: DDPG, TD3 и SAC, Распределенные алгоритмы R.

### **4.3. Лекции/практические занятия**

Таблица 4

Содержание лекций/ практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ темы	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	Тема 1. Введение в глубокое обучение	Лекция 1. Введение в глубокое обучение	ПК-1 (FC-1).1	-	2
		Практическое занятие № 1. Введение в глубокое обучение		устный опрос	2
2.	Тема 2. Сверточные нейронные сети (CNN)	Лекция № 2. Сверточные нейронные сети (CNN)	ПК-1 (FC-1).1 ПК-1 (FC-1).2 ПК-13 (DL-1).1	-	4
		Практическое занятие № 2. Сверточные нейронные сети (CNN)	ПК-13 (DL-1).2 ПК-13 (DL-1).3 ПК-18 (LC-2).2	устный опрос, проверка задания	10
3.	Тема 3. Рекуррентные нейронные сети (RHC)	Лекция № 3. Рекуррентные нейронные сети (RHC)	ПК-1 (FC-1).1 ПК-1 (FC-1).2	-	4

№ п/п	№ темы	№ и название лекций/ практических занятий	Форми- руемые компе- тенции (индикат оры)	Вид контроль ного меропри- ятия	Кол- во часов
		Практическое занятие № 3 Рекуррентные нейронные сети (РНС)	ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2 ПК-13 (DL-1).3 ПК-18 (LC-2).2	устный опрос, проверка задания	10
4.	Тема 4. Генеративно-состязательные сети (GAN)	Лекция № 4. Генеративно-состязательные сети (GAN)	ПК-1 (FC-1).1 ПК-1 (FC-1).2 ПК-13 (DL-1).1	-	2
		Практическое занятие № 4. Генеративно-состязательные сети (GAN)	ПК-13 (DL-1).2 ПК-13 (DL-1).3 ПК-18 (LC-2).2	устный опрос, проверка задания	10
5.	Тема 5. Автоэнкодеры	Лекция № 5. Автоэнкодеры	ПК-1 (FC-1).1 ПК-1 (FC-1).2 ПК-13 (DL-1).1	-	2
		Практическое занятие № 5. Автоэнкодеры	ПК-13 (DL-1).2 ПК-13 (DL-1).3 ПК-18 (LC-2).2	устный опрос, проверка задания	8
6.	Тема 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)	Лекция № 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)	ПК-1 (FC-1).1 ПК-1 (FC-1).2	-	2
		Практическое занятие № 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)	ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2 ПК-13 (DL-1).3 ПК-18 (LC-2).2	устный опрос, проверка задания	8

#### 4.4. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

**Таблица 5**

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Тема 1. Введение в глубокое обучение	Библиотеки Python для работы с глубоким обучением ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2
2.	Тема 2. Сверточные нейронные сети (CNN)	Методы борьбы с переобучением. ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2
3.	Тема 3. Рекуррентные нейронные сети (RHC)	Обработка звука с помощью RHC ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2
4.	Тема 4. Генеративно-состязательные сети (GAN)	Синтез новых данных на основе GAN ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2
5.	Тема 5. Автоэнкодеры	Сжатие данных с помощью автокодировщиков ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2
6.	Тема 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)	Распределенные алгоритмы R в обучении с подкреплением ПК-13 (DL-1).1 ПК-13 (DL-1).2

#### 5. Образовательные технологии

**Таблица 6**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 1. Введение в глубокое обучение	ПЗ	Язык Python
2.	Тема 2. Сверточные нейронные сети (CNN)	ПЗ	Язык Python
3.	Тема 3. Рекуррентные нейронные сети (RHC)	ПЗ	Язык Python

4.	Тема 4. Генеративно-состязательные сети (GAN)	ПЗ	Язык Python
5.	Тема 5. Автоэнкодеры	ПЗ	Язык Python
6.	Тема 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)	ПЗ	Язык Python

При реализации программы дисциплины используются следующие современные методики и технологии обучения:

- гибкая архитектура программ – 25% содержания ежегодно обновляется с участием индустрии с учетом отраслевой направленности;
- адаптивные технологии взаимодействия с профессионалами из индустрии (наставничество, кейсы от промышленных партнеров);
- проектно-соревновательный подход – хакатоны и командные решения отраслевых задач;
- проблемно-ориентированное обучение – работа над кейсами от промышленных партнёров;
- решение практических задач на практических занятиях в лабораториях центра «Институт цифровой трансформации в АПК».

## **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 устного опроса

К теме 2. Свёрточные нейронные сети (CNN)

1. Сущность сверточной нейронной сети (CNN).
2. CNN: поиск признаков в изображениях, сканирование изображений фильтрами. Карта признаков.
3. CNN: адаптация сети к пространственным закономерностям.
4. Типичные архитектуры CNN и их задачи (свёрточный слой, слой подвыборки, полносвязанный слой).

5. Алгоритм обучения сверточных нейросетей (прямой проход, вычисление ошибки, обратное распространение ошибки, обновление весов, повторение ).
6. Задачи применения CNN (классификация изображений, обнаружение объектов семантическая сегментация).
7. Области применения CNN.
9. Методы обучения CNN: обучение с нуля.
10. Методы обучения CNN: трансферное обучение.
11. Методы обучения CNN: предварительная обработка и увеличение данных.
12. Методы обучения CNN: разделение выборки на тренировочную и тестовую части.
13. Методы обучения CNN: Аргументация данных.

#### К теме 5 «Автоэнкодеры»

1. Сущность автоэнкодера. Цель применения.
2. Операции, выполняемые автоэнкодером. Энкодинг и декодинг.
3. Различия между классическим и вариационным автоэнкодером.
4. Методы обучения автоэнкодеров.
5. Обучение автоэнкодеров: метод обратного распространения ошибки
6. Обучение автоэнкодеров: метод стохастического градиентного спуска (SGE).
7. Обучение автоэнкодеров: метод Dropout.
8. Обучение автоэнкодеров: метод добавления шума в веса связей сети или во входные данные.
9. Обучение автоэнкодеров: метод Feature Selection Guided Auto-Encoder (FSAE).
10. Задачи, решаемые с помощью автоэнкодеров.
11. Процесс очистки данных от шума с помощью автоэнкодера.
12. Обнаружение автоэнкодером аномалий.



### 13. Оптимизация процесса обучения автоэнкодеров.

#### Практические задания

К теме 2. Свёрточные нейронные сети (CNN).

Задача: Классификация заболеваний листьев (transfer learning) – озимые, ЦФО, RGB-камера телефона, открытое поле.

Создайте небольшой датасет листьев культуры «озимые» (ЦФО), собрав изображения с RGB-камера телефона в условиях «открытое поле». Задача – обучить классификатор заболеваний/здорового листа методом transfer learning на базе предобученной CNN (ResNet/MobileNet). Выполните разметку классов, разделите данные на - train, validation, test, примените базовые аугментации (повороты, сдвиги, изменение яркости). Постройте отчёт: точность, матрица ошибок, примеры ложных срабатываний и их разбор. Включите раздел о рисках смещения данных (разный фон/освещение) и краткие рекомендации по сбору дополнительных данных. Итог – компактная, но прикладная модель, которую можно позже интегрировать в мобильный ассистент агронома.

Этапы выполнения:

Собрать 120–300 фото (3–5 классов) и разделить на train/val/test.

Выполнить предобработку: кадрирование, баланс белого при необходимости.

Запустить transfer learning (ResNet/MobileNet) с ранней остановкой.

Построить матрицу ошибок и проанализировать ошибки.

Оформить отчёт и рекомендации по данным.

(Для более быстрого обучения начните с MobileNetV2/ResNet-18 –.

Стратифицированное разбиение 70/15/15 (также можно 60/20/20). Проверьте, чтобы классы не коррелировали с фоном.)

Ожидаемый результат и сроки: обученный классификатор, ноутбук/скрипт, отчёт 2–3 стр.; срок 1–2 недели.

К теме 5 «Генеративно-состязательные сети (GAN)»

1. Скачать набор данных с изображениями.
2. Выбрать архитектуру для генератора и дискриминатора, а также другие гиперпараметры.
3. Создать генеративно-состязательную сеть, обучить её на скачанных изображениях.
4. Оценить качество модели с помощью метрики Frechet Inception Distance (FID) и визуально – на предмет реалистичности и наличия артефактов.

## Кейсы

### Кейс 1. Платформа потоковой аналитики транзакций (real-time anti-fraud)

Задание. Финансовые операции клиентов должны контролироваться в реальном времени. Студент проектирует систему обработки потоков транзакций: event streaming, детекция аномалий и моментальная отправка алертов. Работа включает настройку Kafka/Spark Streaming, интеграцию с антифрод-сервисами и тестирование скорости реакции. Реализовать потоковую архитектуру для выявления подозрительных транзакций.

### Кейс 2. Временные ряды ликвидности и прогноз кассовых разрывов

Задание. Казначейство банка ежедневно управляет миллиардными потоками средств. Студент проектирует модели прогнозирования кассовых разрывов (time series: ARIMA, LSTM, Prophet). Задача – предсказывать ликвидность на горизонтах T+1/T+7 и мониторить точность моделей. Построить ML-модель прогноза ликвидности и кассовых разрывов.

### Кейс 3. Интеграция модуля компьютерного зрения в банковскую антифрод-систему

Антифрод-системы РСХБ анализируют транзакционные данные, но не учитывают биометрию. Для повышения защищённости Студент проектирует и внедряет модуль CV для распознавания и верификации лиц. Решение должно интегрироваться в существующую платформу банка, работать как на устройствах в офисах, так и в мобильных приложениях. Важная часть – обеспечить точность и устойчивость моделей при работе на реальных потоках клиентов

### Кейс 4. Интеллектуальная система анализа клиентских обращений

РСХБ ежедневно получает тысячи обращений – жалобы, запросы на кредиты, технические вопросы. Студент разрабатывает NLP-систему, которая автоматически классифицирует обращения, выделяет ключевые темы, оценивает тональность. Система интегрируется в CRM банка и формирует аналитические отчёты для руководства. Сложность задачи – работа с неструктурированными текстами и необходимость точной маршрутизации.

## Хакатон

Задача участников – разработать модель для классификации сгенерированных нейросетью текстов на две категории: корректный текст и текст с «галлю-

цинациями». Цель – определить и минимизировать случаи генерации неправильных ответов LLM, чтобы повысить точность и надежность вопросно-ответных систем. Данные в обучающем множестве представляют собой набор [текст документа] — [контекст] — [бинарная метка]. Для тестового множества требуется по тексту документа и контексту определить метку.

Алгоритм решения:

1. Проведите предобработку данных, токенизацию и очистку.
2. Выберите подходящую модель. Например, можно использовать предобученные системы, такую как BERT или RoBERTa.
3. Проведите тренировку решения на обучающем наборе данных и используйте валидационную выборку для настройки гиперпараметров.
4. Оцените результат. Ориентируйтесь не только на целевую метрику, но и на другие показатели: точность, полноту и прочие показатели.
5. Улучшение модели. Повторите шаги обучения и оценки, добавляя новые данные, чтобы решение могло занять более высокую строку в лидерборде.

#### Примерные темы для курсовой работы

1. Градиентные методы в обучении нейросетевых моделей.
2. Подходы к проектированию архитектуры нейросети.
3. Сущность алгоритма обратного распространения.
4. Свёрточные нейронные сети.
5. Эффективные алгоритмы свертки.
6. Нейробиологические основания сверточных сетей.
7. Ансамблевые методы в глубоком обучении.
8. Баггинг в глубоком обучении.
9. Состязательное обучение.
10. Минимизация рисков при глубоком обучении.
11. Оптимизация нейронных сетей.
12. Стохастический градиентный спуск.
13. Импульсный метод в оптимизации нейронных сетей.
14. Метод Нестерова в оптимизации нейронных сетей.
15. Алгоритм адаптивной скорости обучения AdaGrad.
16. Алгоритм адаптивной скорости обучения Adam.
17. Алгоритм адаптивной скорости обучения RMSProp.
18. Приближенные методы второго порядка: метод Ньютона.

19. Приближенные методы второго порядка: метод сопряженных градиентов.
20. Приближенные методы второго порядка: метод BFGS.
21. Моделирование последовательностей: рекуррентные сети.
22. Моделирование последовательностей: рекурсивные сети.
23. Глубокие рекуррентные сети.
24. Нейронные эхо-сети.
25. Компьютерное зрение.
26. Генеративно-сопоставительные сети (GAN).
27. Автоэнкодеры.
28. Обработка естественного языка.
29. Метод обратного распространения ошибки.
30. Обучение с подкреплением.

Сущность сверточной нейронной сети (CNN).

2. CNN: поиск признаков в изображениях, сканирование изображений фильтрами. Карта признаков.
3. CNN: адаптация сети к пространственным закономерностям.
4. Типичные архитектуры CNN и их задачи (свёрточный слой, слой подвыборки, полносвязанный слой).
5. Алгоритм обучения сверточных нейросетей (прямой проход, вычисление ошибки, обратное распространение ошибки, обновление весов, повторение ).
6. Задачи применения CNN (классификация изображений, обнаружение объектов семантическая сегментация).
7. Области применения CNN.
9. Методы обучения CNN: обучение с нуля.
10. Методы обучения CNN: трансферное обучение.
11. Методы обучения CNN: предварительная обработка и увеличение данных.
12. Методы обучения CNN: разделение выборки на тренировочную и тестовую части.
13. Методы обучения CNN: Аргументация данных.

## Рекуррентные нейросети

14. Понятие РНС, их отличие от классических нейросетей. Принцип работы РНС. Циклический механизм.
15. Виды РНС. Стандартные и Двухнаправленные РНС.
16. Архитектура РНС «длинная краткосрочная память» (LSTM)
17. Процесс обучения РНС Метод обратного распространения ошибки через время (ВРТТ).
18. Проблемы использования стандартных РНС.
19. Направления применения РНС (обработка естественного языка (NLP), распознавание речи, прогнозирование временных рядов).

## Генеративно-сопоставительные сети (GAN)

20. Понятие генеративно-сопоставительной сети (GAN).
21. Составляющие GAN: генератор, дискриминатор.
22. Принцип работы GAN.
23. Понятие равновесия в GAN.
24. Проблемы работы с GAN.
25. Области применения GAN. Примеры.

## Автоэнкодеры

26. Сущность автоэнкодера. Цель применения.
- 27. Операции, выполняемые автоэнкодером. Энкодинг и декодинг.**
28. Различия между классическим и вариационным автоэнкодером.
29. Методы обучения автоэнкодеров.
30. Обучение автоэнкодеров: метод обратного распространения ошибки

- 31. Обучение автоэнкодеров: метод стохастического градиентного спуска (SGE).
- 32. Обучение автоэнкодеров: метод Dropout.
- 33. Обучение автоэнкодеров: метод добавления шума в веса связей сети или во входные данные.
- 34. Обучение автоэнкодеров: метод Feature Selection Guided Auto-Encoder (FSAE).
- 35. Задачи, решаемые с помощью автоэнкодеров.
- 36. Процесс очистки данных от шума с помощью автоэнкодера.
- 37. Обнаружение автоэнкодером аномалий.
- 38. Оптимизация процесса обучения автоэнкодеров.

#### Обучение с подкреплением

- 39. Постановка задачи обучения с подкреплением
- 40. Математические основы обучения с подкреплением.
- 41. Планирование оптимальных последовательностей действий при обучении с подкреплением.
- 42. Оценка поведения агента и улучшение поведения при обучении с подкреплением.
- 43. Ценностно-ориентированные методы при обучении с подкреплением
- 44. Методы «актер-критик» при обучении с подкреплением.
- 45. «Сильный» искусственный интеллект.

## **.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенций по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу традиционной системы положены принципы, в соответствии с которыми происходит формирование оценки за ответ (решение теста), осуществляется в ходе текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся.

Таблица 7

### Критерии оценки успеваемости

Критерии оценки	Оценка
5	Отличное знание теоретических основ имитационного моделирования, владение навыками работы в компьютерной программе. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий
4	Хорошее знание теоретических основ математического моделирования, знание основных основ работы в компьютерной программе для реализации имитационных моделей. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
3	Удовлетворительное знание теоретических основ имитационного моделирования, знание смысла основных моделируемых экономических процессов. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
2	Несоответствие вышеназванным критериям. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Колмогорова, С. С. Основы искусственного интеллекта : учебное пособие для студентов / С. С. Колмогорова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2022. – 108 с. – ISBN 978-5-9239-1308-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/257804> (дата обращения: 29.11.2025).

2. Лэнхэм, М. Эволюционное глубокое обучение : руководство / М. Лэнхэм ; перевод с английского А. В. Логунова. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 440 с. – ISBN 978-5-93700-253-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/456674> (дата обращения: 29.11.2025).

### 7.2. Дополнительная литература

1. Филиппов, Ф. В. Моделирование нейронных сетей глубокого обучения : учебное пособие / Ф. В. Филиппов. – Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019. – 79 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/180053> (дата обращения: 29.11.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ванг, К. Конструирование систем глубокого обучения : руководство / К. Ванг, Д. Сзето ; перевод с английского А. В. Логунова. – Москва : ДМК Пресс, 2023. – 462 с. – ISBN 978-5-93700-181-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/456644> (дата обращения: 29.11.2025).
3. Кацов И. Искусственный интеллект на предприятии : руководство / И. Кацов. - Москва : ДМК Пресс, 2024. - 710 с.  
- URL: <https://e.lanbook.com/book/456725>. - ISBN 978-5-93700-277-8 : Б. ц. - Текст : электронный.

### **7.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

1. Методические указания к выполнению практических работ/Пчелинцева С.В., Худякова Е.В. в авторской редакции, 2025. – 16 с. URL: <https://disk.yandex.ru/i/wBwwgxJteUbDgg>

### **7.4. Научные статьи из журналов Белого списка**

1. Цыганов А.В., Цыганова Ю.В. Общий подход к построению градиентных методов параметрической идентификации на основе модифицированной взвешенной ортогонализации грама - шмидта и алгоритмов дискретной фильтрации информационного типа // Компьютерные исследования и моделирование, 2025, - Т. 17, № 5. – С. 761-782.
2. Антонов И.В., Бруттан Ю.В. Применение больших языковых моделей для интеллектуального поиска и извлечения информации в корпоративных информационных системах // Компьютерные исследования и моделирование, 2025, - Т. 17, № 5. – С. 871-888.

### **7.5. Материалы конференций A/A\***

1. Подбор конференций уровня A/A\*. – URL: [https://portal.core.edu.au/conf-ranks/?search=A\\*+&by=all&source=CORE2023&sort=atitle&page=1](https://portal.core.edu.au/conf-ranks/?search=A*+&by=all&source=CORE2023&sort=atitle&page=1)
2. Материалы конференции International Conference on Machine Learning (ICML). – URL <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/icml/index.html>



3. Материалы конференции ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/kdd/index.html>
4. Материалы конференции Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/nips/index.html>
5. Материалы конференции Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/emnlp/index.html>
6. Материалы конференции European Conference on Computer Vision (ECCV). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/emnlp/index.html>
7. Материалы конференции IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/icdm/index.html> и др.

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

1. Bronstein, M.M., Bruna, J., LeCun, Y., et al. Geometric Deep Learning: Grids, Groups, Graphs, Geodesics, and Gauges – arXiv:2104.13478. – 2021. <https://arxiv.org/abs/1611.08097>
2. Hamilton, W.L. Graph Representation Learning – Morgan & Claypool, 2020. [https://www.cs.mcgill.ca/~wlh/grl\\_book/](https://www.cs.mcgill.ca/~wlh/grl_book/)
3. Курс Deep Learning Engineer URL - [https://karpov.courses/deep-learning?utm\\_source=yandex&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=20\\_dscoursestartdl\\_yandex\\_cpc\\_mc\\_course\\_ru\\_ds\\_kc\\_705126083&utm\\_content=adg\\_5680406223%7Cad\\_17435129138%7Cph\\_3](https://karpov.courses/deep-learning?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=20_dscoursestartdl_yandex_cpc_mc_course_ru_ds_kc_705126083&utm_content=adg_5680406223%7Cad_17435129138%7Cph_3)
4. Deep Learnin school. URL <https://boosty.to/deeplearningschool>

## 9. Перечень программного обеспечения

Таблица 10

**Перечень программного обеспечения**

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Тема 1. Введение в глубокое обучение	Python	Язык программирования	Гвидо ван Россум, голландский институт CWI	1989
2.	Тема 2. Свёрточные нейронные сети (CNN)				
3.	Тема 3. Рекуррентные нейронные сети (PHC)				
4.	Тема 4. Генеративно-сопоставительные сети (GAN)				

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
5.	Тема 5. Автоэнкодеры				
6.	Тема 6. Глубокое обучение с подкреплением (DRL)				

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

Лекции проводятся в специализированной аудитории, оборудованной мультимедийным проектором для демонстрации компьютерных презентаций.

Для проведения практических занятий по дисциплине «Имитационное моделирование бизнес-процессов предприятий АПК» необходима компьютерная аудитория.

Таблица 11

#### 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
Аудитория для проведения занятий лекционного типа № 146, уч. корпус № 1	Видеопроектор 3500 Лм, Ноутбук HP 15-da0065ur, 15.6", Intel Pentium
Аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации № 206, 210, 201 уч. корп. № 1	Видеопроектор 3500 Лм, Ноутбук HP 15-da0065ur, 15.6", Intel Pentium
Аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации № 201, 206, 210, уч. корп. № 1	Видеопроектор 3500 Лм, Ноутбук HP 15-da0065ur, 15.6", Intel Pentium
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова	Читальные залы библиотеки
Общежитие № 7	Комната для самоподготовки

### Инфраструктурное обеспечение ОПОП ВО в области искусственного интеллекта

Инфраструктура для реализации базового блока по глубокому и машинному обучению при подготовки бакалавров направления 09.03.03 Прикладная информатика по профилю «Системы искусственного интеллекта» включает аппаратное оборудование и специализированного программного обеспечение для выполнения высокопроизводительных вычислений, и позволяет выполнять для эффективное обучения глубоких нейронных сетей, использовать фреймворки для разработки и развёртывания моделей глубоких нейронных сетей, инструменты управления данными для обработки и хранения данных, облачные платформы, периферийные устройства и датчики для для создания систем искусственного интеллекта под задачи агропромышленного комплекса, что обеспечивает формирование практических навыков и компетенций у обучающихся, необходимых в профессиональной деятельности в сфере искусственного интеллекта и анализа данных.

Аппаратная части инфраструктуры позволяет решить задачи

- обеспечения высокопроизводительных вычислений для обработки больших объёмов данных и тренировки моделей машинного обучения;
- развёртывания специализированных серверов и облачных сервисов для GPU-вычислений и распределённых расчётов;
- организации хранилищ данных с высокой пропускной способностью и масштабируемостью;
- обеспечить возможность параллельной обработки больших объёмов данных за счет высокопроизводительных серверов и вычислительных кластеров позволяют масштабировать обучение моделей, .

Проведение учебных занятий (практических и лабораторных), курсовых работ и проектов работ, проектной деятельности, по блокам дисциплин глубокого обучения с использованием аппаратных средств поддержки высокопроизводительных вычислений компьютерных классов и лаборатории искусственного интеллекта классов, включающих:

- 17 профессиональных рабочих станций с процессорами Intel i9, графическими ускорителями NVIDIA GeForce RTX 4090, 128 ГБ оперативной памяти и 1 ТБ SSD;
- серверное оборудование: два модуля с суммарной производительностью 772 потока, 262 ГБ оперативной памяти и 87 ТБ SSD;
- высокопроизводительные процессоры Intel Xeon Gold/Platinum;
- GPU-кластер на базе NVIDIA H100 (7168 ГБ ОЗУ, 110 производительных ядер, 220 потоков, 400 ГБ видеопамати, 84 480 CUDA-ядер, 72 ТБ хранилища, сеть 10 Гбит/с с резервированием);
- системы хранения Lenovo Storage V3700 V2 и «Гравитон» (до 600 накопителей, поддержка NVMe/SAS/SATA, интеграция с VMware, Hyper-V и Proxmox).

Программная часть инфраструктуры

Проведение учебных занятий (практических и лабораторных), курсовых работ и проектов работ, проектной деятельности, по блокам дисциплин

глубокого обучения осуществляется с использованием программных средств поддержки высокопроизводительных вычислений компьютерных классов и лаборатории искусственного интеллекта классов, включающих:

#### 1. Экосистему разработки и анализа данных

Инструменты для работы с данными, построения моделей, автоматизации и оптимизации процессов:

- Языки и окружения: Jupyter, Anaconda, Google Colaboratory, Visual Studio Code (VS Code), GitFlic.
- Библиотеки машинного обучения: Scikit-learn, Theano, Apache MXNet, Chainer, Fast.ai, Microsoft Cognitive Toolkit (CNTK), Deeplearning4j, ML.NET, XGBoost, Rasa, DeepSpeed.
- Фреймворки и системы глубокого обучения: TensorFlow, PyTorch, Keras, PaddlePaddle, Hugging Face Transformers.
- Инструменты для распределённых вычислений и управления процессами: Apache Hadoop, Apache Spark, Apache Airflow, Apache NiFi, Dask, Ray, Optuna, MLflow.
- Средства интеграции и потоковой обработки: Apache Kafka.
- Статистический и математический анализ: EViews, Stata/IC, Statistica 6 Ru, Mathcad Express, Wolfram Mathematica.
- Инструменты для моделирования и симуляций: Anilogic.
- Среды разработки интерфейсов: Qt Creator, Qt Designer.

#### 2. Инструменты компьютерного зрения и анализа изображений

Используются для обработки фото-, видео- и сенсорных данных:

- Библиотеки и фреймворки: Open Source Computer Vision Library (OpenCV), Caffe, ONNX (Open Neural Network Exchange), Fast.ai, PaddlePaddle.
- Специализированные пакеты: Scanex image processor, Point Cloud Library (PCL).

#### 3. BI-платформы и инструменты аналитики

Для визуализации, аналитики и принятия решений:

- BI-системы и дашборды: QGIS, PowerBI, Grafana.
- Отраслевые инструменты: ExactFarming, ExactScoring.

#### 4. Системы управления данными и базами

Реляционные и нереляционные СУБД:

- PostgreSQL, MySQL, Microsoft SQL Server, MongoDB.

В учебном процессе используется инфраструктура учебно-научных лабораторий Центра «Проектный институт цифровой трансформации АПК», деятельность которого построена на принципах синергии между академическими знаниями и реальными потребностями агропромышленного комплекса. Стратегия направлена на создание устойчивой экосистемы, где студенты, преподаватели и бизнес-партнёры совместно разрабатывают решения для цифровизации отрасли, используя R&D-направления как основу для образовательных модулей и кейсов:

1. IoT-лаборатория (тестирование защищённых каналов управления сенсорами, IPv6/5G).
2. Лаборатория больших данных (контроль качества и преобработка датасетов).
3. Лаборатория цифровых двойников (моделирование агро-объектов).
4. Лаборатория ГИС и ДЗЗ (адаптация геоплатформ под точное земледелие).
5. Лаборатория информационной безопасности (аудит агро-ИТ-систем).
6. Лаборатория биоинформатики (геномные и фенотипические базы данных).
7. Лаборатория цифровых продуктов (прототипирование API и интерфейсов).
8. Лаборатория ИИ в АПК (верификация отраслевых моделей).

В учебном процессе особое место занимает IoT-полигон «Цифровое растениеводство и сельхозаналитика», создаваемый при поддержке индустриального партнёра – АО «Россельхозбанк». Его деятельность строится на принципах тесной интеграции образовательной среды и реального сектора экономики. Полигон обеспечивает студентам возможность работать с актуальными технологиями и оборудованием, применяемыми в агробизнесе, и формировать практические компетенции, напрямую востребованные отраслью.

Ключевая особенность полигона – использование отраслевых BI-платформ ExactFarming и ExactScoring, которые применяются в индустрии для анализа производственных данных и построения предиктивных моделей. Благодаря этому учебные модули и практические кейсы строятся не на абстрактных примерах, а на реальных данных и инструментах, используемых агрохолдингами и фермерскими хозяйствами.

Стратегия функционирования полигона направлена на то, чтобы образовательные модули и проектная работа студентов опирались на реальные запросы индустриального партнёра. В учебные дисциплины интегрированы кейсы по анализу IoT-данных, разработке систем агроскоринга, предиктивному моделированию урожайности и созданию цифровых сервисов для сельского хозяйства. Для их реализации используются следующие оборудование и технологии:

- сенсорные столы NexTable с интерактивной ГИС-подложкой;
- зона проектной аналитики на 15–20 рабочих мест;
- VR-зона для иммерсивной работы с цифровыми двойниками хозяйств;
- витрины с IoT-датчиками (Metos, Sentek, MD514D) и симуляторами устройств;
- BI-дашборды ситуационного центра с аналитикой в реальном времени на базе ExactFarming и ExactScoring.

Такой формат позволяет студентам совместно с экспертами Россельхозбанка и индустриальными наставниками осваивать полный цикл работы с данными: от сбора информации с сенсоров и её предобработки – до визуализации, построения аналитических моделей и разработки готовых цифровых сервисов. В результате IoT-полигон становится связующим звеном между университетом и индустрией: он не только поддерживает научно-образовательную деятельность, но и формирует у студентов опыт взаимодействия с заказчиком, понимание требований бизнеса и готовность к внедрению решений в агропромышленный комплекс.

Робототехнические и сенсорные комплексы используются не как отдельные демонстрационные устройства, а как элементы сквозных образовательных сценариев.

- коллаборативные роботы AUBO-i5, xArm6 с системами машинного зрения интегрированы в занятия по компьютерному зрению и интеллектуальным системам управления: студенты программируют их действия, создают алгоритмы сортировки продукции и автоматизированного контроля качества, фактически имитируя задачи производственной роботизации в АПК;

- мобильные бионические платформы Unitree Go2 EDU позволяют моделировать работу автономных интеллектуальных систем: студенты разрабатывают алгоритмы навигации, анализа сенсорных данных и принятия решений в реальном времени. Такие кейсы приближают их к задачам роботизированного мониторинга хозяйств и сервисного применения ИИ в сельском хозяйстве.;

- почвенные датчики (рН, электропроводимость, влажность, солёность) дают возможность формировать собственные массивы данных для анализа. Студенты измеряют параметры почвы, готовят датасеты и используют их в дисциплинах по предиктивной аналитике и цифровому растениеводству. В результате лабораторные работы превращаются в полноценные исследования, где ИИ применяется для прогноза урожайности и оптимизации агротехнологий.;

- лидары DJI Zenmuse L1, NAVMOPO S1, спектральные камеры и 3D-сканеры применяются для построения цифровых карт и моделей полей. На этих данных студенты учатся выявлять болезни растений, определять биомассу и оценивать эффективность агротехнических мероприятий. Полученные результаты интегрируются в проекты по созданию цифровых двойников агроэкосистем.;

Характеристика материально-технического обеспечения учебного процесса при подготовке специалистов в области ИИ представлена в приложении Г.2 – «Сведения об обеспеченности образовательного процесса специализированными лабораториями».

## **11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины**

Посещение лекционных (с конспектированием рассматриваемых вопросов) и практических занятий (с выполнением практических работ), а также проработка рекомендуемой литературы являются необходимым и достаточным условием для получения необходимых знаний, практических умений и навыков по изучаемой дисциплине.

Подготовка студентов к занятиям носит индивидуальный характер, но такая подготовка должна включать изучение конспектов лекций и рекомендуемой литературы, что позволяет усвоить необходимые знания по изучаемой теме. Для получения консультаций по вопросам, ответы на которые студент не смог найти в процессе проработки материалов, предусмотрено внеаудиторное время.

Самостоятельная работа студентов организуется в соответствии с методическими указаниями и должна быть выполнена в объеме, предусмотренном данной рабочей программой. Самостоятельная работа формирует навыки поиска необходимой информации и способствует лучшему усвоению материала.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший занятие лекционного типа, обязан отработать его в одной из следующих форм:

- индивидуальная консультация по инициативе студента (рекомендуемая форма);
- индивидуальная проработка студентом лекционного материала по рекомендуемой литературе, компьютерным презентациям и конспектам, выполненным другими студентами, с последующим устным опросом;
- реферат на тему, предложенную преподавателем.

Трудоемкость реферата не может превышать количества часов лекционных занятий, пропущенных студентом. Рекомендуемый объем реферата – не более 10 страниц. Оригинальность реферата проверяется. По требованию преподавателя студент должен быть готов представить доказательства оригинальности реферата (например, ксерокопии использованных источников, сайты в сети Интернет, копии библиотечных абонентских карточек и др.), а также объяснить значения терминов, встречающихся в реферате.

С разрешения преподавателя студент имеет право отработать пропущенное практическое задание самостоятельно и отчитаться по нему на ближайшем практическом занятии (если это не противоречит его плану) либо во время, назначенное преподавателем для индивидуальных консультаций.

Если самостоятельная отработка практической работы невозможна по техническим причинам либо в связи с недостаточной подготовленностью сту-

дента, то кафедра прикладной информатики организует дополнительное практическое занятие для всех студентов, не выполнивших практические работы в срок и не отработавших их самостоятельно.

Пропуск занятия по документально подтвержденной деканатом уважительной причине не является основанием для снижения оценки выполненной практической работы.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Для обеспечения большей наглядности лекционные занятия должны проводиться в аудиториях, оборудованных проекционной аппаратурой для демонстрации компьютерных презентаций. По каждой теме (вопросу) преподаватель должен сформировать список рекомендуемой литературы.

Начало практических занятий следует отводить под обсуждение вопросов студентов по содержанию и методике выполнения практических работ. Допускается при таком обсуждении использование одной из технологий интерактивного обучения. Для проведения индивидуальных консультаций должно быть предусмотрено внеаудиторное время.

При проведении практических занятий для формирования необходимых компетенций следует использовать активные и интерактивные образовательные технологии, описанные в п. 5 данной рабочей программы.

Невыполнение требований к практическим заданиям является основанием для повторного выполнения практической работы с измененным вариантом заданий и снижения оценки.

Контроль знаний студентов проводится в формах текущей аттестаций. Текущая аттестация студентов проводится постоянно на практических занятиях с помощью контроля результатов выполнения практических и тестовых заданий, устного опроса, а также на контрольной неделе. Промежуточная аттестация студентов проводится в форме экзамена (6 семестр).

**Программу разработала:**

Худякова Е.В., д.э.н.



## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.19 «Глубокое обучение»  
ОПОП ВО по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика», направленность «Системы искусственного интеллекта» (квалификация выпускника – бакалавр)

Щедриной Е.В., кандидатом педагогических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования инженерных расчетов ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, (далее по тексту рецензент), проведено рецензирование рабочей программы дисциплины «Глубокое обучение» ОПОП ВО по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика», направленность «Системы искусственного интеллекта» (бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре прикладной информатики (разработчик – Худякова Е.В., профессор, д.э.н.).

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

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Глубокое обучение» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика», компетентностно-ролевым моделям 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, формируемой участниками образовательных отношений.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 09.03.03 «Прикладная информатика» и компетентностно-ролевыми моделями в сфере искусственного интеллекта.

4. В соответствии с учебным планом и компетентностно-ролевыми моделями в сфере искусственного интеллекта, Программой за дисциплиной «Глубокое обучение» закреплено две компетенции (6 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 144 часа / 4 зач.ед.

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 09.03.03 «Прикладная информатика» 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 09.03.03 «Прикладная информатика».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (устный опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и защита практических работ), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений ФГОС ВО направления 09.03.03 «Прикладная информатика».

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

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника, дополнительной литературой – 3 наименования и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 09.03.03 «Прикладная информатика» и компетентностно-ролевыми моделями 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 проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Глубокое обучение» ОПОП ВО по направлению 09.03.03 «Прикладная информатика», направленность «Системы искусственного интеллекта» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Худяковой Е.В., д.э.н., профессором, 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: Щедрина Е.В., кандидат педагогических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования инженерных расчетов



« 28 \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_ 08 \_\_\_\_ 2025 г.