

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

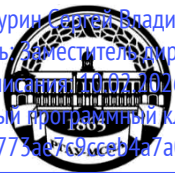
ФИО: Акчурина Елена Владимировна

Должность: заместитель директора института зоотехнии и биологии

Дата подписания: 10.07.2025 11:27:18

Уникальным программным ключом:

7abcc100773ae7c9cceb4a7a083ff3fbbf160d2a



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –

МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО «РАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева»)

Институт экономики и управления АПК

Кафедра прикладной информатики

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института зоотехнии и биологии

С.В. Акчурина
“26” июля 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.03 Математические основы машинного обучения

для подготовки магистров
ФГОС ВО

Направление 06.04.01 «Биология»

Направленности:

«Управление ресурсами животных», «Биоинформатика»

«Биоинформатика»

Курс 1

Семестр 1

Форма обучения – очная

Год начала подготовки – 2025

Москва, 2025

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

« 25 » июня 2025 г.

Рецензент: Ашмарина Т.И., к.э.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

« 25 » июня 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 36.03.02 Зоотехния

Программа обсуждена на заседании кафедры прикладной информатики протокол №8 от « 25 » июня 2025 г.

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

« 25 » июня 2025 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии
института экономики и управления АПК
Маннапов А.Г., д.б.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Протокол №10 « 26 » августа 2025 г.

« 26 » августа 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой
Кидов А.А., д.б.н., доцент

(подпись)

« 26 » августа 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой
Гладких М.Ю., к.б.н., доцент

(подпись)

« 26 » августа 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ Сидорова А.А.
(подпись)

Содержание

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	4
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	5
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	9
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3. ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	10
СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ/ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И КОНТРОЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ	10
4.4. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	11
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	12
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	13
.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	16
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	17
7.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	17
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	18
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	18
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	24

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.03 «Математические основы машинного обучения» для подготовки магистров по направлению 06.04.01 «Биология» направленность «Управление ресурсами животных», «Биоинформатика»

Цель освоения дисциплины: приобретение систематических знаний в области машинного обучения и его математических основ, 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 06.04.01 «Биология».

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы): ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3; ОПК-8.1; ОПК-8.2; ОПК-8.3.

Краткое содержание дисциплины: Элементы теории классификации. Задача классификации. Байесовский классификатор. Элементы сравнительной теории машинного обучения. Алгоритм взвешенного большинства. Алгоритм оптимального распределения потерь в режиме онлайн. Агрегирующий алгоритм Вовка. Смешиваемые функции потерь. Многомерная регрессия с помощью агрегирующего алгоритма. Элементы теории игр.

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 «Математические основы машинного обучения» включена в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений, и реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО и Учебного плана по направлению 06.04.01 «Биология».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Математические основы машинного обучения» являются дисциплины бакалавриата Математика. Математическая статистика.

Дисциплина «Математические основы машинного обучения» является основополагающей для написания магистерской диссертации.

Рабочая программа дисциплины «Математические основы машинного обучения» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического раз-

вития, 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.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины (профессиональные компетенции)

№ п/п	Код компетен- ции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся осваивают следующий уровень:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-6	Способен творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок	ОПК-6.1	Знать современное состояние компьютерных технологий, способы работы с профессиональными базами данных, стандарты оформления и представления результатов новых разработок	-	-
			ОПК-6.2	-	Уметь использовать современные компьютерные технологии для работы в сфере профессиональной деятельности, пользоваться профессиональными базами данных, оформлять и представлять результаты новых разработок в соответствии со стандартами	-

			ОПК-6.3	-	-	Владеть методами использования современных компьютерных технологий, навыками работы с профессиональными базами данных, способами оформления и представления результатов новых разработок в сфере профессиональной деятельности
2.	ОПК-8	Способен использовать современную исследовательскую аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности	ОПК-8.1	Знать используемые при проведении исследований вычислительные технологии и исследовательскую аппаратуру, способы решения инновационных задач в сфере профессиональной деятельности	-	-
			ОПК-8.2	-	Уметь пользоваться современной исследовательской аппаратурой и вычислительной техникой при решении инновационных задач в профессиональной деятельности	-

			ОПК-8.3	-	-	Владеть навыками работы с современной исследовательской аппаратурой и вычислительными технологиями в сфере профессиональной деятельности
--	--	--	---------	---	---	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 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
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	24.25	24.25
Аудиторная работа	24.25	24.25
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	8	8
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	16	16
<i>курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)</i>		
<i>консультации перед экзаменом</i>		
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0.25	0.25
2. Самостоятельная работа (СРС)	47.75	47.75
<i>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.)</i>	38.75	38.75
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	9	9
Вид промежуточного контроля:	зачёт	

* 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. Элементы теории классификации	16	2	4	0	10
Тема 2. Элементы сравнительной теории машинного обучения	16	2	4	0	10
Тема 3. Агрегирующий алгоритм Вовка	16	2	4	0	10
Тема 4. Элементы теории игр	14,75	2	4	0	8,75
Контактная работа на промежуточном контро-	0,25	0	0	0.25	0

ле (КРА)					
Подготовка к зачёту (контроль)	9	0	0	9	0
Всего за 5 семестр	72	8	16	9,25	38,75

Тема 1. Элементы теории классификации

Задача классификации Байесовский классификатор. Постановка задачи классификации. Линейные классификаторы: персептрон Теория обобщения Верхние оценки вероятности ошибки классификации. VC-размерность Теория обобщения для задач классификации с помощью пороговых решающих Пороговая размерность и ее приложения.

Тема 2. Элементы сравнительной теории машинного обучения.

Алгоритм взвешенного большинства. Алгоритм оптимального распределения потерь в режиме онлайн. Алгоритм следования за возмущенным лидером. Алгоритм экспоненциального взвешивания экспертных решений. Алгоритм экспоненциального взвешивания с переменным параметром обучения.

Тема 3. Агрегирующий алгоритм Вовка.

Смешиваемые функции потерь. Конечное множество экспертов. Бесконечное множество экспертов. Произвольная функция потерь. Игра с квадратичной функцией потерь. Многомерная онлайн регрессия. Многомерная регрессия с помощью агрегирующего алгоритма. Переход к ядерной многомерной регрессии.

Тема 4. Элементы теории игр.

Антагонистические игры двух игроков. Достаточное условие существования седловой точки. Минимаксная теорема. Чистые стратегии. Решение матричной игры типа $(2 \times M)$. Конечная игра между K игроками.

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. Элементы теории классификации	Лекция 1. Универсальные предсказания	ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3; ОПК-8.1;	-	2

№ п/п	№ темы	№ и название лекций/ практических занятий	Форми- руемые компе- тенции (индикат оры)	Вид контроль ного меропри- ятия	Кол- во часов
		Практическое занятие № 1. Уни- версальные предсказания	ОПК-8.2; ОПК-8.3	устный опрос	4
2.	Тема 2. Эlemen- ты сравнитель- ной теории ма- шинного обуче- ния	Лекция № 2. Эlemen- ты сравнитель- ной теории машинного обуче- ния	ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3; ОПК-8.1; ОПК-8.2; ОПК-8.3	-	2
		Практическое занятие № 2. Эле- менты сравнительной теории ма- шинного обучения		устный опрос, проверка задания	4
3.	Тема 3. Агреги- рующий алго- ритм Вовка	Лекция № 3. Агрегирующий алго- ритм Вовка	ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3; ОПК-8.1; ОПК-8.2; ОПК-8.3	-	2
		Практическое занятие № 3 Агрегирующий алгоритм Вовка		устный опрос, проверка задания	4
4.	Тема 4. Эlemen- ты теории игр	Лекция № 4. м	ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3; ОПК-8.1; ОПК-8.2; ОПК-8.3	-	2
		Практическое занятие № 4. Эле- менты теории игр		устный опрос, проверка задания	4

4.4. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисципли- ны

Таблица 5

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
1.	Тема 1. Эlemen- ты теории классифика- ции	Средние по Радемахеру и другие меры емкости класса функций.
2.	Тема 2. Эlemen- ты сравнительной теории машинного обучения	Алгоритм экспоненциального взвешива- ния с переменным параметром обучения

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
3.	Тема 3. Агрегирующий алгоритм Вовка	Переход к ядерной многомерной регрессии
4.	Тема 4. Элементы теории игр	Конечная игра между K игроками

5. Образовательные технологии

Таблица 6

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Тема 1. Элементы теории классификации	Л	Информационные и коммуникационные технологии
		ПЗ	Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами.
2.	Тема 2. Элементы сравнительной теории машинного обучения	Л	Информационные и коммуникационные технологии
		ПЗ	Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами.
3.	Тема 3. Агрегирующий алгоритм Вовка	Л	Информационные и коммуникационные технологии
		ПЗ	Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами.
4.	Тема 4. Элементы теории игр	Л	Информационные и коммуникационные технологии
		ПЗ	Работа студентов с учебно-методическим порталом, электронными ресурсами.

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 индустриальных партнеров);
- проектно-соревновательный подход – хакатоны и командные решения отраслевых задач;
- проблемно-ориентированное обучение – работа над кейсами от индустриальных 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 1. Элементы теории классификации

1. Назовите задача классификации.
2. Что такое Байесовский классификатор.
3. Постановка задачи классификации.
4. Линейные классификаторы: персептрон.
5. Основные положения теории обобщения.
6. Верхние оценки вероятности ошибки классификации.
7. Теория обобщения для задач классификации с помощью пороговых решающих.

К теме 2. Элементы сравнительной теории машинного обучения.

1. Алгоритм взвешенного большинства.
2. Алгоритм оптимального распределения потерь в режиме онлайн.
3. Алгоритм следования за возмущенным лидером.
4. Алгоритм экспоненциального взвешивания экспертных решений.
5. Алгоритм экспоненциального взвешивания с переменным параметром обучения.

К теме 3. Агрегирующий алгоритм Вовка.

1. Смешиваемые функции потерь.
2. Конечное множество экспертов.
3. Бесконечное множество экспертов.
4. Произвольная функция потерь.
5. Игра с квадратичной функцией потерь.
6. Многомерная онлайн регрессия.
7. Многомерная регрессия с помощью агрегирующего алгоритма.
8. Переход к ядерной многомерной регрессии.

К теме 4. Элементы теории игр.

1. Антагонистические игры двух игроков.
2. Достаточное условие существования седловой точки.
3. Минимаксная теорема.
4. Чистые стратегии.
5. Решение матричной игры типа $(2 \times M)$.
6. Конечная игра между K игроками.

Практические задания

К теме 2. Элементы сравнительной теории машинного обучения

1. Построить вариант алгоритма большинства для случая когда имеется эксперт, про которого известно, что он делает не более k ошибок. Получить оценку числа ошибок алгоритма большинства.

2. Рассмотрим протокол игры на предсказания с использованием экспертов, в

котором Природа выдает последовательность $0^T(01)^T1^T$. Имеется три эксперта, каждый из которых выдает постоянное предсказание: Эксперт 1 всегда предсказывает $\xi_t^1 = 0$ для всех $t = 1, \dots, 4T$, Эксперт 2 предсказывает $\xi_t^2 = 1$ для всех $t = 1, \dots, 4T$, Эксперт 3 предсказывает $\xi_t^3 = 1/2$ для всех $t = 1, \dots, 4T$. Функция потерь $\lambda(\omega, \gamma) = |\omega - \gamma|$.

Вычислить для всех $t = 1, \dots, 4T$:

(i) веса экспертов;

(ii) (ii) потери Распределителя из алгоритма Hedge и предсказания алгоритма экспоненциального взвешивания.

3. Проверить простейшие свойства экспоненциального распределения с плотностью

$$p(x) = e^{-x}: P\{\xi > a\} = e^{-a} \text{ и } P\{\xi > a+b\} =$$

$e^{-b}P\{\xi > a\}$ для всех неотрицательных значений a и b .

4. Доказать, что для любой неотрицательной случайной величины плотностью распределения $p(t)$ выполнено соотношение:

$$E(\eta) = \int_0^{\infty} P\{\eta \geq y\} dy.$$

(Указание: Использовать свойство $p(y) = F'(y)$, где $F(y) = \int_0^y p(t)dt = 1 - P\{\eta \geq y\}$ функция распределения случайной величины. После этого, проин-

тегрировать по частям $E(\eta) = \int_0^{\infty} tp(t)dt$).

5. Провести доказательство леммы 4.4 для того случая, когда на каждом шаге t в алгоритмах FPL и IFPL для рандомизации используется вся серия случай-

ных величин $\xi_t^1, \dots, \xi_t^N, t = 1, 2, \dots$.

К теме 3. Агрегирующий алгоритм Вовка

1. Нарисовать графики предсказаний и области суперпредсказаний, а также их образы в экспоненциальном пространстве для квадратичной, логарифмической, абсолютной и простой функций потерь для различных $\eta > 0$. Привести примеры, при которых для логарифмической и квадратичной

функций потерь соответствующие области в экспоненциальном пространстве будут выпуклыми (а также невыпуклыми).

2. Доказать, что если для некоторых ω и $\eta > 0$ функция $f(\gamma) = e^{-\eta\lambda(\omega, \gamma)}$ является вогнутой, то функция $\lambda(\omega, \gamma)$ является выпуклой по γ .

3. Доказать, что класс смешиваемых функций потерь строго шире чем класс экспоненциально вогнутых функций (Указание: изучить квадратичную функцию $\lambda(\omega, \gamma) = (\omega - \gamma)^2$).

4. Проверить выпуклость кривой.

К теме 4. Элементы теории игр

1. Доказать, что в смешанном расширении произвольной матричной игры произвольная максиминная (минимаксная) стратегия одного игрока достигается при чистой стратегии другого игрока:

$$\min_{\bar{q}} f(\bar{p}^*, \bar{q}) = \min_j f(\bar{p}^*, 1_j),$$

$$\max_{\bar{p}} f(\bar{p}, \bar{q}^*) = \max_i f(1_i, \bar{q}^*),$$

где $(\bar{p}^*, \bar{q}^*)$ – решение игры (седловая точка).

2. Доказать предложение 6.1.

Имеются ли другие равновесия Нэша в этой игре?

3. Доказать, что в игре из Примера 3 имеется только одно равновесие Нэша. Это чистая стратегия (Г, Г).

4. Показать, что произвольная выпуклая комбинация равновесий Нэша является коррелированным равновесием.

Примерный перечень вопросов к зачёту по дисциплине

1. Назовите задачи классификации.
2. Что такое Байесовский классификатор.
3. Постановка задачи классификации.
4. Линейные классификаторы: персептрон.
5. Основные положения теории обобщения.
6. Верхние оценки вероятности ошибки классификации.
7. Теория обобщения для задач классификации с помощью пороговых решающих.
8. Алгоритм взвешенного большинства.
9. Алгоритм оптимального распределения потерь в режиме онлайн.
10. Алгоритм следования за возмущенным лидером.

11. Алгоритм экспоненциального взвешивания экспертных решений.
12. Алгоритм экспоненциального взвешивания с переменным параметром обучения.
13. Смешиваемые функции потерь.
14. Конечное множество экспертов.
15. Бесконечное множество экспертов.
16. Произвольная функция потерь.
17. Игра с квадратичной функцией потерь.
18. Многомерная онлайн регрессия.
19. Многомерная регрессия с помощью агрегирующего алгоритма.
20. Переход к ядерной многомерной регрессии.
21. Антагонистические игры двух игроков.
22. Достаточное условие существования седловой точки.
23. Минимаксная теорема.
24. Чистые стратегии.
25. Решение матричной игры типа $(2 \times M)$.

.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 машинного обучения, компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий
4	Хорошее знание теоретических основ машинного обучения, компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
3	Удовлетворительное знание теоретических основ машинного обучения, 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).

1. 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. Чистов Д. В., Мельников П. П., Золотарюк А. В., Ничепорук Н. Б. Проектирование информационных систем: учебник и практикум для вузов. – Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2021. – 258 с. – (Высшее образование). – URL: <https://urait.ru/bcode/469199>. – ISBN 978-5-534-00492-2.
2. Токарев В. В., Соколов А. В., Егорова Л. Г., Мышкис П. А. Методы оптимизации. Задачник: учебное пособие для вузов. – Электрон. дан. – Москва: Юрайт, 2024. – 292 с. – (Высшее образование). – URL: <https://urait.ru/bcode/541798>. – ISBN 978-5-534-10417-2.
3. Золкин А. Л., Мунистер В. Д. Автоматизация и диспетчеризация систем. Применение языковых средств высокоуровневого программирования: учебник для спо. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 164 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/450809>. – ISBN 978-5-507-51452-6.

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/

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

4. Deep Learnin school. URL <https://boosty.to/deeplearningschool>

9. Перечень программного обеспечения

Таблица 10

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование темы учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Все темы дисциплины	Google Chrome	web-браузер	Google	2003 или выше
		Консультант Плюс, Гарант	справочно-правовая	Консультант-Плюс, Гарант	2003 или выше
		MS Office	пакет приложений	Microsoft Corp.	2003 или выше
		NetOp School	контролирующая	NetOp	2003 или выше

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
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 магистров направления 06.04.01 Биология по профилю «Управление ресурсами животных», «Биоинформатика» включает аппаратное оборудования и специализированного программное 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 распределенных 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. ВІ-платформы и инструменты аналитики
Для визуализации, аналитики и принятия решений:
- ВІ-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 предобработка датасетов).
3. Лаборатория цифровых двойников (моделирование агрообъектов).
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 индустрии.

стриального 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 ВІ-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;
- ВІ-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 (pH, 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 студента, 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.О.03 «Математические основы машинного обучения» ОПОП ВО по направлению 06.04.01 «Биология», направленность «Управление ресурсами животных», «Биоинформатика» (квалификация выпускника – магистр)

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 «Математические основы машинного обучения» ОПОП ВО по направлению 06.04.01 «Биология», направленность «Управление ресурсами животных», «Биоинформатика» (магистратура) 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 «Математические основы машинного обучения» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 06.04.01 «Биология». 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 06.04.01 «Биология».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Математические основы машинного обучения» закреплено две компетенции (6 индикаторов). Дисциплина «Математические основы машинного обучения» 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 «Математические основы машинного обучения» составляет 72 часа / 2 зач.ед.

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Математические основы машинного обучения» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 06.04.01 «Биология» 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 «Математические основы машинного обучения» 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 06.04.01 «Биология».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1.О ФГОС ВО направления 06.04.01 «Биология».

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

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименования, Интернет-ресурсы – 17 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 06.04.01 «Биология».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Математические основы машинного обучения» 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 «Цифровые технологии в АПК».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Математические основы машинного обучения» ОПОП ВО по направлению 06.04.01 «Биология», направленность «Управление ресурсами животных», «Биоинформатика» (квалификация выпускника – магистр), разработанной Худяковой Е.В., профессором кафедры прикладной информатики, соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Ашмарина Т.И., доцент кафедры экономики и организации ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кандидат экономических наук



«_26_» августа 2025 г.