

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.18 Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 09.03.03 Прикладная информатика

Направленность: Системы искусственного интеллекта


Курс 3

Семестр 5


Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Москва, 2025

Разработчик (и): Ермолаева О.С., ст. преподаватель 
(ФИО, ученая степень, ученое звание) (подпись)

« 28 » августа 2025 г.

Рецензент: Ивашова О.Н., к.с.-х.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  Сидорова Н.А.
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	4
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	5
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ	5
ПО СЕМЕСТРАМ	5
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	12
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	20
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	20
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ	33
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	33
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	33
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	34
8. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИ- СТЕМ	35
9. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	36
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	41
Виды и формы отработки пропущенных занятий	43
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	43

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.18 «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» для подготовки бакалавра по направлению 09.03.03 Прикладная информатика, направленность «Системы искусственного интеллекта»

Цель освоения дисциплины: изучение студентами алгоритмов и методов машинного обучения в анализе пространственно-временных данных, приобретение навыков использования машинного обучения в задачах пространственно-временного анализа.

Место дисциплины в учебном плане. Дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, направленность: "Системы искусственного интеллекта". Дисциплина осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы): ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.

Краткое содержание дисциплины:

Машинное обучение относится к набору алгоритмов и методов, управляемых данными, которые автоматизируют прогнозирование, классификацию и кластеризацию данных. Оно используется для решения пространственно-временных задач в самых разных областях, от классификации изображений до обнаружения пространственных закономерностей и многомерного прогнозирования. Дисциплина состоит из двух разделов: методы и инструменты интеллектуальных геоинформационных систем и технологий, а также интеллектуальный анализ пространственных и пространственно-временных наборов данных.

Общая трудоемкость дисциплины, в т.ч. практическая подготовка: 3 зачетных единиц (108 часов, в т.ч. 4 часа практической подготовки).

Промежуточный контроль по дисциплине: зачет.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» является изучение студентами алгоритмов и методов машинного обучения в анализе пространственно-временных данных, приобретение навыков использования машинного обучения в задачах пространственно-временного анализа.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» включена в часть дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений учебного плана. Дисциплина «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессиональных стандартов, ОПОП ВО

и Учебного плана для подготовки бакалавров по направлению 09.03.03 Прикладная информатика.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» являются "Теория вероятностей и математическая статистика", "Технологии обработки больших данных", "Базы данных" т.д.

Дисциплина «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: "ВІ-системы в экономике", "Системы поддержки принятия решений", "Управление информационными системами", "Глубокое обучение" и т.д.

Особенностью дисциплины является способность ознакомить обучающихся с возможностями проведения пространственного анализа и мониторинга объектов природно-экономических систем на основе машинного обучения; интенсивное формирование навыков применения анализа пространственно-временных данных на основе выполнения работ на ПК для последующего использования полученных знаний и навыков в выпускной квалификационной работе, а также в будущей профессиональной деятельности бакалавра.

Рабочая программа дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

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

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в таблице 1.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 час.), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
				знать	уметь	владеть
1.	ПК-5 (BD-2)	Способен определять требования к наборам данных для решения задач машинного обучения, проводить разметку и анализ наборов данных оценивать качество данных, обеспечивать непрерывную интеграцию данных	ПК-5 (BD-2).1 Индикатор: Определяет требования к наборам и качеству данных для решения задач машинного обучения Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: ставит задачу разметки и оценивает качество работы разметчиков	– основные понятия о качестве данных – методы оценки качества данных	– проводить анализ наборов данных на предмет их пригодности для задач машинного обучения – определять необходимые характеристики данных для конкретных моделей	– навыками разработки рекомендации по сбору и подготовке данных для задач машинного обучения с использованием пространственно-временных данных – навыками создания ГИС-проектов
2.	ПК-9 (ML-2)	Способен применять фундаментальные принципы и методы машинного обучения включая подготовку данных оценку качества моделей и работу с признаками	ПК-9 (ML-2).2 Индикатор: Различает основные типы задач машинного обучения и применяет на практике принципы их решения Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: Владеет методами feature engineering: отбор создание и преобразование признаков	– основные типы задач машинного обучения: классификация, регрессия, кластеризация и др.	– определять, к какому типу относится конкретная задача, и выбирать подходящий алгоритм – реализовывать модели для решения задач анализа пространственно-временных данных	- разрабатывать решения, комбинируя различные методы машинного обучения для достижения поставленных целей – оценивать эффективность выбранных подходов в зависимости от специфики задачи
3.	ПК-10 (ML-3)	Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математиче-	ПК-10 (ML-3).2 Индикатор: Эффективно применяет классические методы и модели машинного обучения для обеспечения достижимости функциональных характеристик систем ИИ Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: Применяет методы байесовской классификации и ансамблевых методов МО (бэггинг, бу-	– классические методы машинного обучения – параметры и метрики, определяющие	– настраивать параметры моделей для повышения их производительности. – применять методы в реальных проектах с	– навыками проведения оптимизации модели для достижения максимальной эффективности в условиях ограниченных ресурсов – навыками интегрирования классических методов в более сложные системы

		ских основ и областей применения	стинг, стэкинг моделей), а также производных от них (случайные леса, градиентный бустинг на деревьях). Применяет классические методы МО для временных рядов (ARIMA, экспоненциальное сглаживание, линейная регрессия с лагами)	функциональные характеристики систем ИИ	использованием анализа пространственно-временных данных	
4.	ПК-11(ML-4)	Способен применять методы обучения без учителя для анализа структуры данных и выявления скрытых закономерностей	ПК-11(ML-4).1 Индикатор: Применяет алгоритмы кластеризации и понижения размерности для решения практических задач Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: Владеет инструментами очистки данных и предварительной подготовки данных методами понижения размерности и визуализации для анализа данных.	– алгоритмы кластеризации – методы понижения размерности	– применять алгоритмы кластеризации к пространственно-временным данным – использовать методы понижения размерности	– навыками разработки комплексных решений с использованием кластеризации и понижения размерности для анализа больших наборов данных
			ПК-11(ML-4).2 Индикатор: Оценивает качество результатов обучения без учителя Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: Применяет метрики качества кластеризации (silhouette score adjusted rand index). Комбинирует различные методы для комплексного анализа данных. Интерпретирует результаты в контексте предметной области	– методы оценки качества кластеризации	– применять метрики для оценки результатов кластеризации на практике	– разрабатывать комплексные стратегии оценки качества моделей без учителя с учетом специфики задач ГИС
5.	ПК-12(ML-6)	Способен применять алгоритмы обучения с подкреплением	ПК-12(ML-6).1 Индикатор: Обосновывает способы и варианты применения алгоритмов обучения с подкреплением в задачах ИИ, включая их преобразование и адаптацию к специфике задачи Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: Разрабатывает адаптивного агента; проводит аппроксимацию функции ценности агента, в том числе с помощью стратегии; применяет TD-методы и методы Монте-Карло для обучения агента; задает цель агента с помощью полного вознаграждения, вознаграждения с обесцениванием, лямбда-дохода	– основы алгоритмов обучения с подкреплением	– адаптировать алгоритмы под конкретные задачи в области анализа пространственно-временных данных	– навыками разработки новых подходы к применению методов обучения с подкреплением в специфичных контекстах ГИС
			ПК-12(ML-6).2 Индикатор: Оценивает результативность применения методов повышения устойчивости, надежности, безопасности алгоритмов обучения с подкреплением в задачах ИИ на основе сопоставления с аналогами Уровень: продвинутый Уровень освоения индикатора: Проводит комплексную оценку устойчивости и надежности RL-моделей, анализирует trade-off между эффективностью, скоростью обучения и безопасностью поведения агента	– методы повышения устойчивости и надежности алгоритмов	– применять методы оценки результативности алгоритмов	– навыками разработки стратегии повышения устойчивости алгоритмов обучения с подкреплением на основе анализа существующих решений и их сравнений

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час. /*	в т.ч. по семестрам
		№ 5
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108/4	108/4
1. Контактная работа:	64,25/4	64,25/4
Аудиторная работа	64,25/4	64,25/4
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	16	16
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	48/4	48/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,25	0,25
2. Самостоятельная работа (СРС)	43,75	43,75
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)</i>	34,75	34,75
<i>Подготовка к зачёту (контроль)</i>	9	9
Вид промежуточного контроля:	Зачёт	

* в том числе практическая подготовка

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование тем дисциплин	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ всего/*	ПКР всего/*	
Раздел 1. «Методы и инструменты интеллектуальных геоинформационных систем и технологий»	52/2	8	24/2	-	20
Раздел 2. «Интеллектуальный анализ пространственных и пространственно-временных данных»	55,75/2	8	24/2	-	23,75
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25	-	-	0,25	-
Всего за 5 семестр	108/4	16	48/4	0,25	43,75
Итого по дисциплине	108/4	16	48/4	0,25	43,75

* в том числе практическая подготовка

Раздел 1. Методы и инструменты интеллектуальных геоинформационных систем и технологий

Тема 1. Введение в геоинформационные системы и технологии

Понятие геоинформационных систем и технологий. Основные функции ГИС. ГИС как среда для решения научных и прикладных задач. Пространственная, временная, непространственная (атрибутивная) информация. Понятие

пространственного объекта, пространственных данных (геоданных). Концептуальная модель пространственной информации: объектно-ориентированная; географического поля; сетевая. Источники пространственных данных и их типы. Пространственные отношения. Топология. Взаимодействие картографии и геоинформатики. Основные свойства и определения географических карт. Карты как пространственные модели местности. Модели данных, применяемые в ГИС. Растровая модель данных. Анализ растровых данных. Векторная модель данных. Анализ векторных данных. Методы пространственного анализа. Методы пространственно-временного анализа.

Тема 2. Применение ГИС ПО для решения задач интеллектуального анализа геоданных.

Визуализация пространственных и пространственно-временных наборов данных. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности расположения объектов в географическом пространстве. Примеры кластеризации пространственных объектов в экологии, агрономии и земледелии. Многопараметрическая кластеризация в географическом пространстве. Пространственно-ориентированная многопараметрическая кластеризация. Локальные двумерные отношения. Матрица точечных диаграмм двумерных отношений. Примеры применения пространственно-ориентированной многопараметрической кластеризации. Слои и структура строения 3D пространственно-временного куба. Бины данных. Тренды геоданных. Пространственно-временные закономерности. Анализа трендов. Непараметрический метод Ман-Кендалла. Анализ горячих и холодных точек. Типы горячих и холодных точек. Идентификация пространственных закономерностей (паттерн). Кластеры с высокими и низкими значениями. Статистический кластерный анализ. Пространственные выбросы.

Раздел 2. Интеллектуальный анализ пространственных и пространственно-временных наборов данных

Тема 3. Основы теории искусственного интеллекта и интеллектуального анализа данных

Задачи, решаемые с помощью искусственного интеллекта. Биг Дата (Big Data) – этапы интеллектуального исследования данных и геоданных. Дата Сайенс (Data Science) предмет исследований, область применения, технологии. Машинное обучение - история, классическое обучение, нейронные сети, принципы, этапы и технологии. Классическое машинное обучение, области применения, задачи, программное обеспечение, примеры. Глубокое машинное обучение, глубокие нейронные сети, задачи, программное обеспечение, примеры. Основные характеристики нейронных сетей. Этапы создание нейронных сетей со стороны программиста (нейронщика). Библиотеки работы с нейронными сетями, языки программирования. Структура нейронных сетей. Модель нейрона. Функции активации нейрона. Весовые коэффициенты. Архитектура нейронной сети. Полносвязанная нейронная сеть. Обобщение данных. Веса данных. Обучение

нейронных сетей. Оптимизационные алгоритмы. Метод максимальных градиентов. Скорость обучения. Линейный нейрон. Изменение весов. Параметр скорости обучения. Ресурсы, необходимые для нейронных сетей. Эффективность приобретения GPU. Эффективность аренды GPU. Сравнение вариантов проектов. GPU, когда используется GPU в нейронных сетях, фирмы производители. Управление проектом ИИ. Особенности проектов ИИ. Компетенции проектной группы по ИИ. Этапы проекта ИИ. Планирование, ресурсы, результаты. Базы для обучения ИИ. Типы данных для обучения ИИ. Влияние данных на результат. Разметка данных для обучения ИИ. Типы баз данных для обучения ИИ по сложности сбора.

Тема 4. Методы и технологии интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных

Кластерный анализ. Спектр применения кластерного анализа. Примеры применения кластерного анализа в агрономии и земледелии. Цели и задачи кластерного анализа. Принципы кластерного анализа. Основные подходы к решению задач кластерного анализа. Примеры применения кластерного анализа в ИИ. Признаковое описание объектов. Типы входных задач кластерного анализа. Матрица расстояний. Матрица сходства. Кластеризация в информатике. Сегментация изображений. Интеллектуальный анализ данных. Примеры применения интеллектуального анализа данных в сельском хозяйстве. Классификация данных в методах машинного обучения. Цель и задачи классификации данных в методах машинного обучения. Примеры классификации данных в методах машинного обучения. Классификация данных без учителя. Типы исходных данных. Методы классификации данных без учителя. Метод ближайшего соседа. Примеры применения классификации пространственных данных без учителя в географии. Классификация с учителем. Типы исходных данных. Методы классификации данных с учителем. Метод случайного леса. Этапы создания предиктивной модели пространственных данных. Алгоритм инструмента Forest-Based Classification and Regression программного обеспечения QGIS. Значимость переменных и стабильность предиктивной модели. Классификация и регрессия на основе метода случайного леса. Алгоритм метода случайного леса. Категории объектов. Предиктивная модель. Представление деревьев решений в методе случайного леса. Обучающие переменные модели. Переменная для предсказания. Обучающий набор. Переобучение в методах машинного обучения. Принципы и характеристики предиктивной модели в машинном обучении. Тестирование и валидация моделей в методах машинного обучения. Баги наборов данных. Значимость переменных предиктивных моделей машинного обучения. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности расположения объектов в географическом пространстве. Примеры кластеризации пространственных объектов в экологии. Многопараметрическая кластеризация в географическом пространстве. Пространственно-ориентированная многопараметрическая кластеризация. Локальные двумерные отношения. Матрица точечных диаграмм двумерных отноше-

ний. Примеры применения пространственно-ориентированной многопараметрической кластеризации. Слои и структура строения 3D пространственно-временного куба. Бины данных. Тренды. Пространственно-временные закономерности. Анализа трендов. Непараметрический метод Ман-Кендалла. Анализ горячих и холодных точек. Типы горячих и холодных точек. Идентификация пространственных закономерностей (паттерн). Кластеры с высокими и низкими значениями. Статистический кластерный анализ. Пространственные выбросы.

4.3 Лекции/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций/практических занятий и контрольные мероприятия

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
1.	Раздел 1. Методы и инструменты интеллектуальных геоинформационных систем и технологий				
	Тема 1. Введение в геоинформационные системы и технологии	Лекция №1. Понятие геоинформационных систем и технологий. Основные функции ГИС. ГИС как среда для решения научных и прикладных задач. Пространственная, временная, непространственная (атрибутивная) информация. Понятие пространственного объекта, пространственных данных (геоданных), пространственно-временных данных. Концептуальная модель пространственной информации: объектно-ориентированная; географического поля; сетевая. Источники пространственных данных и их типы.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2		2
		Практическая работа №1. Проверка технических характеристик компьютера и установка программного обеспечения QGIS. Знакомство с пользовательским интерфейсом ПО, слоями, Пространственными и непространственными данными. Создание макета-визуализации результатов анализа данных.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2	устный опрос, защита практической работы	2

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Лекция №2. Пространственные отношения. Топология. Взаимодействие картографии и геоинформатики. Основные свойства и определения географических карт. Карты как пространственные модели местности. Модели данных, применяемые в ГИС. Растровая модель данных. Анализ растровых данных. Векторная модель данных. Анализ векторных данных. Методы пространственного анализа. Методы пространственно-временного анализа.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.		2
		Практическая работа №2. Продолжение изучения программного обеспечения QGIS, знакомство с базовыми функциями. Создание нового проекта. Импортрование векторных и растровых данных. Ошибки геометрий и визуализацию векторных данных. Работа с векторными слоями в QGIS (временные слои, новые слои с нуля и на основе существующих (обрезка, подсчеты, буферы)), самые частые ошибки в работе инструментов. Возможности оформления данных, легенды. Знакомимся с калькулятором полей атрибутов. Рассматриваем растровые данные. Создаем новые слои, учимся перепроецировать, привязывать растр и применять базовые инструменты работы с растрами (обрезка, создание изолиний, расчет крутизны, экспозиции), а также настраиваем стили растров.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	4
	Тема 2. Применение программного обеспечения QGIS	Лекция №3. Визуализация пространственных и пространственно-временных наборов данных. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности расположения	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12		2

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	для решения задач интеллектуального анализа геоданных	объектов в географическом пространстве. Примеры кластеризации пространственных объектов в экологии, агрономии и земледелии.	(ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.		
		Лекция №4. Многопараметрическая кластеризация в географическом пространстве. Пространственно-ориентированная многопараметрическая кластеризация. Локальные двумерные отношения. Матрица точечных диаграмм двумерных отношений. Примеры применения пространственно-ориентированной многопараметрической кластеризации	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.		2
		Практическая работа №3. Исследование пространственных данных с помощью методов визуализации.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	4
		Кейсбук от АО «Россельхозбанк» «Система поддержки принятия решений для агрономов» Кейс-задача № 1 «Исследование пространственных данных с помощью методов визуализации»	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	решение кейс-задачи от «якорного» промышленного партнера АО «Россельхозбанк», кейс-семинар	2
		Практическое занятие. №4. Слой и структура строения 3D пространственно-временного куба. Бины данных. Тренды геоданных. Пространственно-временные закономерности анализа трендов. Непараметрический метод Ман-Кендалла.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1;		4

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
			ПК-12 (ML-6).2.		
		Практическое занятие №5. Пространственные закономерности данных (паттерны, шаблоны). Идентификация шаблонов с помощью инструментов программного обеспечения QGIS	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.		2
		Кейсбук от АО «Россельхозбанк» «Система поддержки принятия решений для агрономов» Кейс-задача № 2 «Идентификация шаблонов пространственных закономерностей в данных»	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	решение кейс-задачи от «якорного» промышленного партнера АО «Россельхозбанк», кейс-семинар	2/2
		Практическая работа №6. Основы работы с пространственными данными в PostgreSQL и PostGIS.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	4
2.	Раздел 2. Интеллектуальный анализ пространственных и пространственно-временных наборов данных				
	Тема 3. Основы теории искусственного интеллекта и интеллектуального	Лекция №5. Задачи, решаемые с помощью искусственного интеллекта. Биг Дата (Big Data) – этапы интеллектуального исследования данных и геоданных. Дата Сайенс (Data Science) предмет исследований, область применения, технологии. Машинное обучение - история, классическое обучение,	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1;		2

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	анализа данных	нейронные сети, принципы, этапы и технологии. Классическое машинное обучение, области применения, задачи, программное обеспечение, примеры. Глубокое машинное обучение, глубокие нейронные сети, задачи, программное обеспечение, примеры. Основные характеристики (глубоких) нейронных сетей. Этапы создание нейронных сетей со стороны программиста. Библиотеки работы с нейронными сетями, языки программирования.	ПК-12 (ML-6).2.		
		Практическая работа №7. Подготовка векторных и растровых наборов данных для использования инструментов машинного обучения	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	6
	Тема 4. Методы и технологии интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных	Лекция №6. Классификация данных в методах машинного обучения. Цель и задачи классификации данных в методах машинного обучения. Примеры классификации данных в методах машинного обучения. Классификация данных без учителя. Типы исходных данных. Методы классификации данных без учителя. Метод ближайшего соседа. Примеры применения классификации пространственных данных без учителя в географии. Классификация с учителем. Типы исходных данных. Методы классификации данных с учителем. Метод случайного леса. Этапы создания предиктивной модели пространственных данных. Классификация и регрессия на основе метода случайного леса. Алгоритм метода случайного леса.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.		4

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Категории объектов. Предиктивная модель. Представление деревьев решений в методе случайного леса. Обучающие переменные модели. Переменная для предсказания. Обучающий набор. Переобучение в методах машинного обучения. Принципы и характеристики предиктивной модели в машинном обучении. Тестирование и валидация моделей в методах машинного обучения. Баги наборов данных. Значимость переменных предиктивных моделей машинного обучения.			
		Практическая работа №8. Классификация изображения Sentinel-2 с использованием алгоритма Forest-Based Classification модуля Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) программного обеспечения QGIS.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	6
		Практическая работа №9. Классификация изображения Sentinel-2 с использованием алгоритмов Random Forest, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbors модуля DZetsaka программного обеспечения QGIS.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	4
		Кейсбук от АО «Россельхозбанк» «Система поддержки принятия решений для агрономов» Кейс-задача № 3 «Классификация с использованием алгоритмов Random Forest, K-Nearest Neighbors, XGBoost»	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1;	решение кейс-задачи от «якорного» индустриального партнера АО «Россельхозбанк», кейс-семинар	2/2

п/п	№ раздела	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
			ПК-12 (ML-6).2.		
		Лекция №7. Структура нейронных сетей. Модель нейрона. Функции активации нейрона. Весовые коэффициенты. Архитектура нейронной сети. Полносвязанная нейронная сеть. Обобщение данных. Веса данных. Обучение нейронных сетей. Оптимизационные алгоритмы. Метод максимальных градиентов. Скорость обучения. Линейный нейрон. Изменение весов. Параметр скорости обучения. Ресурсы, необходимые для нейронных сетей. Эффективность приобретения GPU. Эффективность аренды GPU. Сравнение вариантов проектов. GPU, когда используется GPU в нейронных сетях, фирмы производители. Управление проектом ИИ. Особенности проектов ИИ. Компетенции проектной группы по ИИ. Этапы проекта ИИ. Планирование, ресурсы, результаты. Базы для обучения ИИ. Типы данных для обучения ИИ. Влияние данных на результат. Разметка данных для обучения ИИ. Типы баз данных для обучения ИИ по сложности сбора.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.		2
		Практическая работа №10. Классификация изображения Sentinel-2 с использованием алгоритмов Extra Trees, Gradient Boosting Classifier, Logistic Regression, Naive Bayes, Multi-layer Perceptron, модуля DZetsaka программного обеспечения QGIS	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.	устный опрос, защита практической работы	4/2

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	Формируе мые компетенц ии (индикато ры)
Раздел 1. Методы и инструменты интеллектуальных геоинформационных систем и технологий			
1.	Тема 1. Введение в геоинформационные системы и технологии	1. Применение геоинформационных систем в различных областях экономики 2. Модели представления информации в геоинформационных системах 3. Источники данных для геоинформационных систем	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2
2.	Тема 2. Применение программного обеспечения QGIS для решения задач интеллектуального анализа геоданных	1. QGIS как инструмент для решения задач анализа пространственных и пространственно-временных данных 2. Функции ПО, включающие использование технологий искусственного интеллекта	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2
Раздел 2. Интеллектуальный анализ пространственных и пространственно-временных наборов данных			
1.	Тема 3. Основы теории искусственного интеллекта и интеллектуального анализа данных	1. Управление проектом ИИ. Особенности проектов ИИ 2. Компетенции проектной группы по ИИ. Этапы проекта ИИ 3. Планирование, ресурсы, результаты проекта с использованием ИИ.	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.
2.	Тема 4. Методы и технологии интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных	1. Представление деревьев решений в методе случайного леса 2. Обучающие переменные модели 3. Переменная для предсказания 4. Обучающий набор. Переобучение в методах машинного обучения	ПК-5 (BD-2).1; ПК-9 (ML-2).2; ПК-10 (ML-3).2; ПК-11 (ML-4).1; ПК-11 (ML-4).2; ПК-12 (ML-6).1; ПК-12 (ML-6).2.

5. Образовательные технологии

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

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 партнеров;
- решение практических задач на практических занятиях в лабораториях центра «Институт цифровой трансформации в АПК».

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Практическое занятие Манипулирование и отображение векторных и растровых данных в программном обеспечении	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, групповое обсуждение
2.	Практическое занятие Исследование пространственных данных с помощью методов визуализации.	ПЗ	Разбор конкретных ситуаций, групповое обсуждение
2.	Темы 2, 4	ПЗ, кейс-задачи	Кейсбук от АО «Россельхозбанк»
3.	Темы 1-4. Хакатон по МСМ по анализу пространственно-временных данных в ГИС	ПЗ	Проектное обучение

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

1) Вопросы для устного опроса:

1. Перечислите и кратко охарактеризуйте основные методы представления пространственных и пространственно-временных данных.

2. Охарактеризуйте основные методы обработки пространственных и пространственно-временных данных.
3. Охарактеризуйте основные этапы реализации проекта по интеллектуальному анализу пространственных и пространственно-временных данных.
4. Как осуществляется выбор адекватного способа представления результатов интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных.
5. Сформулируйте основные принципы построения архитектуры систем для интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных.
6. В чём заключаются особенности данных, используемых в геоинформационных системах для интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных.
7. Опишите основные типы инструментальных средств интеллектуального анализа пространственных и пространственно-временных данных в среде QGIS.
8. Назовите и охарактеризуйте основные этапы проекта по интеллектуальному анализу пространственных и пространственно-временных данных.
9. Перечислите и охарактеризуйте основные компоненты программного обеспечения QGIS.
10. Назовите основные подходы к классификации и кластеризации пространственных и пространственно-временных данных.

2) Примеры заданий для практических работ

Практическая работа № 1: Введение в специализированное программное обеспечение геоинформационных систем (QGIS)

Цель: ознакомиться со специализированным программным обеспечением, научиться отображать и исходные данные, создавать запросы; научиться создавать выходной документ, отображающий результат работы.

Задачи: изучить интерфейс QGIS, базовые инструменты навигации, познакомиться с понятиями стилей, систем координат, проектов, слоев и атрибутов. Часто используемые форматы данных. Рассмотреть самые распространенные ошибки кодировок и способы их устранения. Понятия внутренней и внешней системы координат. Базовые настройки макета.

Задание:

1. Проверьте технические характеристики компьютера и установите программное обеспечение QGIS, если это необходимо. Установите дополнительный модуль QMS. Ознакомьтесь с документацией QGIS в интернете.
2. Запустите программное обеспечение и откройте подготовленный проект для работы.
3. Ознакомьтесь с графическим интерфейсом QGIS.
4. Изучите основные типы окон пользовательского интерфейса QGIS.
5. Визуализируйте информацию в виде цифровой карты в окне QGIS.

6. Ознакомьтесь с таблицей содержания проекта QGIS, представленными слоями данных и их стилями.
7. Изучите характеристики объектов в атрибутивной таблице. Опишите информацию, представленную в одном из слоев (количество записей, количество столбцов с признаками, постройте boxplot).
8. Изучите возможности составления запросов. Составьте запрос к информационному слою и отобразите данные.
9. Создайте макет для отображения результата запроса на карте-подложке Яндекс-спутник. Экспортируйте макет в форматы .pdf и .png.
10. Сохраните и закройте проект.

Практическая работа № 2: Манипулирование и отображение векторных и растровых данных в программном обеспечении

Цель: Продолжение знакомства с базовыми функциями QGIS, научиться создавать и редактировать векторные и растровые данные, а также визуализировать и оформлять результаты анализа.

Задачи: Создать новый проект в QGIS и импортировать векторные и растровые данные. Изучить и исправить ошибки геометрии в векторных данных. Выполнить операции с векторными слоями: создание новых слоев, обрезка, подсчет и буферизация. Ознакомиться с калькулятором полей атрибутов и применить его для создания новых атрибутов. Изучить основные инструменты работы с растровыми данными: обрезка, создание изолиний, расчет крутизны и экспозиции. Настроить стили растровых данных и оформить карту с легендой.

Задание:

1. Создайте новый проект в QGIS.
2. Импортируйте исходные данные (векторные и растровые) в проект.
3. Визуализируйте информацию в виде слоев цифровой карты.
4. Установите параметры отображения тем (информационных слоев) с помощью редактора легенды.
5. Изучите атрибутивные характеристики объектов в атрибутивной таблице.
6. Проверьте и исправьте ошибки геометрии: выберите векторный слой и выполните проверку на ошибки геометрии, применив соответствующий инструмент. Исправьте обнаруженные ошибки.
7. Работайте с векторными слоями: создайте новый векторный слой, обрежьте векторный слой по границам административного деления, создайте буферные зоны вокруг объектов.
8. Используйте калькулятор полей атрибутов: создайте новое поле(я) и посчитайте длину (для линейного слоя) или площадь объектов (для полигонального слоя); для точечных объектов выведите значения ширины и длины.
9. Работайте с растровыми данными: проведите обрезку растрового слоя по границам векторного слоя, создайте изолинии из растрового слоя, представляющего цифровую модель рельефа, рассчитайте крутизну и экспозицию.

10. Настройте стили растровых данных, визуализируйте результаты. Создайте макет для отображения результатов анализа: добавьте название, карту, легенду и другие элементы. Экспортируйте готовый макет.
11. Сохраните и закройте проект.

Практическая работа № 3: Исследование пространственных данных с помощью методов визуализации.

Цели: научиться визуализировать пространственные данные, исследовать различные методы визуализации и анализировать результаты.

Задачи: научиться создавать связи между слоями, присоединять таблицы и использовать различные методы визуализации данных в QGIS, включая диаграммы, сеточные карты, тепловые карты и диапазоны значений.

Задание:

1. Импорт данных и создание связей между слоями. Импортируйте векторные данные для основного слоя (например, данные местоположений IoT датчиков). Импортируйте таблицу данных (например, CSV) с атрибутами, которые вы хотите присоединить к основному слою (например, метеоданные). Создайте связь между основным слоем и таблицей. Убедитесь, что присоединенная таблица отображается в атрибутах основного слоя и данные корректно присоединились.
2. Методы визуализации данных. Построение диаграммы на основе данных присоединённой таблицы. Настройте тип диаграммы (например, столбчатая или круговая) и выберите поля для отображения (например, среднемесячные температуры, осадки). Настройте размер и цвет диаграмм для лучшего восприятия.
3. Сеточные карты. Создайте сетку. Шестиугольники (соты), квадраты используя предустановленные параметры (размер ячейки, тип сетки). Примените сетку к данным для визуализации распределения значений (например, температуры, осадков) с разными значениями размера используемой сетки. Представьте результат в виде макета(ов). Сделайте выводы о влиянии параметра на визуализацию информации.
4. Тепловые карты. Используя данные IoT датчиков постройте тепловую карту. Настройте параметры радиуса и веса точек для получения тепловой карты. Представьте результат в виде макета(ов). Сделайте выводы о влиянии параметра на визуализацию информации.
5. Диапазоны значений. Выберите поле для визуализации (например, осадки) и настройте количество классов и цветовую палитру. Убедитесь, что ваша карта легко читается и отображает закономерности распределения осадков на рассматриваемой территории. Представьте результат в виде макета(ов). Сделайте выводы о влиянии выбора диапазона значений на визуализацию информации.
6. Сохраните и закройте проект.

Практическая работа № 4: Исследование атрибутивных данных и проведение визуализации их распределений

Цели: научиться анализировать пространственно-временные данные, выявлять тренды и закономерности с использованием QGIS и непараметрического метода Ман-Кендалла.

Задачи: создать 3D пространственно-временной куб на основе предоставленных данных. Определить структуру слоев и бинов данных. Выявить пространственно-временные закономерности в данных. Провести анализ трендов с использованием непараметрического метода Ман-Кендалла. Подготовить отчет о проведенном анализе.

Задание:

1. Проработайте теоретический материал по данной теме;
2. Создайте 3D куб из набора растровых данных суммарного испарения за период 2000-2025 гг. для территории исследования, полученных по данным ДЗЗ. Определите структуру слоев (например, временные слои, пространственные слои). Создайте бины данных, группируя их по временным интервалам и пространственным координатам;
3. Используйте инструменты анализа в QGIS для выявления закономерностей в данных с помощью метода Ман-Кендалла для выявления трендов.
4. Представьте результат, оформленный в виде макета(ов). Проанализируйте полученные результаты;
5. Сохраните и закройте проект.

Практическая работа № 5: Пространственные закономерности данных (паттерны, шаблоны). Идентификация шаблонов с помощью инструментов программного обеспечения QGIS

Цели: Научиться выявлять пространственные закономерности в данных с помощью методов кластеризации, таких как K-Means и иерархическая кластеризация с использованием модуля Attribute based clustering.

Задание:

1. Установите дополнительный модуль Attribute based clustering. Ознакомьтесь с документацией модуля в интернете.
2. Импортируйте данные. Проверьте данные на наличие пропусков и выбросов. При необходимости очистите данные и преобразуйте их в нужный формат для анализа.
3. Используйте метод K-Means для кластеризации ваших данных. Определите оптимальное количество кластеров с помощью метода локтя (Elbow Method). Визуализируйте полученные кластеры на карте.
4. Примените иерархическую кластеризацию к тем же данным. Постройте дендрограмму для визуализации результатов и выбора числа кластеров. Визуализируйте полученные кластеры на карте.
5. Составьте отчет, в котором опишите проведенные шаги, используемые методы и результаты анализа. Включите карты, графики и диаграммы, иллюстрирующие ваши находки.
6. Сохраните и закройте проект.

Практическая работа № 9: Классификация изображения Sentinel-2 с использованием алгоритмов Random Forest, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbors модуля Dzetsaka программного обеспечения QGIS

Цели: Освоить навыки применения модуля **Dzetsaka** в QGIS для работы с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Научиться классифицировать наборы данных Sentinel-2 с использованием методов Random Forest, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbors, XGBoost, LightGBM. Целью классификации является определение следующих классов на изображении: вода, растительность, почва, городская застройка, гари, вырубка.

Задачи: Изучить функционал и алгоритмы, применяемые в модуле Dzetsaka в QGIS. Настроить параметры классификации для выполнения анализа. Запустить процесс классификации изображения разными алгоритмами и оценить результаты.

Задание:

1. Установите дополнительный модуль Dzetsaka в QGIS. Ознакомьтесь с документацией модуля в интернете.
2. Импортируйте данные спутника Sentinel-2 на территорию интереса в выбранный временной период. Рассчитайте дополнительно индексы NDVI, NDWI, SAVI.
3. Создайте обучающую выборку для классов вода, растительность, почва, городская застройка, гари, вырубки. В первом варианте используйте только видимые диапазоны данных. Во втором варианте используйте видимые диапазоны+NIR.
4. Запустите процесс классификации изображения с использованием Random Forest, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbors, XGBoost, LightGBM, оцените полученные результаты. Визуализируйте результаты в QGIS.
5. Составьте отчет, в котором опишете проведенные шаги и результаты. Включите карты, графики и диаграммы.
6. Сохраните и закройте проект.

Кейсбук от АО «Россельхозбанк» «Система поддержки принятия решений для агрономов»

Исходные данные и постановка задачи

В рамках проектного института создаётся DSS (Decision Support System), которая помогает агрономам принимать решения по посевам и удобрениям. Система интегрирует: прогноз урожайности (ML-модели на исторических и климатических данных), данные с IoT-сенсоров о состоянии почвы и рекомендационные алгоритмы. Студент работает над интеграцией модулей, построением базы знаний и интерфейсов для пользователей.

Создание системы поддержки принятия решений (DSS), которая поможет агрономам оптимизировать процессы посевов и внесения удобрений, используя современные технологии машинного обучения, IoT и алгоритмы рекомендаций.

1. Подбор данных из открытых источников, например данные ДЗЗ, статистические данные по урожайности, архивы метеоданных.

2.

Пре-
обра-
ботка
дан-
ных.
РАД.
Фак-
торный
анализ.

3. Разработка ML-моделей: Создание и обучение моделей машинного обучения для прогнозирования урожайности на основе собранных данных.

4. Создание базы знаний: Формирование базы знаний, которая будет включать лучшие практики, рекомендации по выбору культур и удобрений в зависимости от условий.

5. Разработка пользовательского интерфейса: Создание интуитивно понятного интерфейса для агрономов, позволяющего легко получать доступ к данным и рекомендациям.

Кейс-задача № 1

«Исследование пространственных данных с помощью методов визуализации»

Цель: исследовать пространственно-временные данные для реализации проекта с помощью методов визуализации, выявить закономерности и тренды.

Задание:

1. Произвести импорт имеющихся данных с IoT устройств.

2. Проанализировать данные на основе построения сеточных карт. Создайте сетку. Шестиугольники (соты), квадраты используя предустановленные параметры (размер ячейки, тип сетки). Примените сетку к данным для визуализации распределения значений (например, температуры, осадков) с разными значениями размера используемой сетки. Представьте результат в виде макета(ов). Сделайте выводы о наличии/отсутствии закономерностей и трендов в представленных данных.

4. Тепловые карты. Используя данные IoT датчиков постройте тепловую карту. Настройте параметры радиуса и веса точек для получения тепловой карты. Представьте результат в виде макета(ов). Сделайте выводы о наличии/отсутствии закономерностей и трендов в представленных данных.

5. Диапазоны значений. Выберите поле для визуализации (например, осадки) и настройте количество классов и цветовую палитру. Убедитесь, что ваша карта легко читается и отображает закономерности распределения осадков на рассматриваемой территории. Представьте результат в виде макета(ов). Сделайте выводы о влиянии выбора диапазона значений на визуализацию информации для пользователя.

Кейс-задача № 2

«Идентификация шаблонов пространственных закономерностей в данных»

Цель: выявить пространственные закономерности в данных, полученных с метеостанций с помощью методов кластеризации, таких как K-Means и иерархическая кластеризация.

Задание:

7. Произведите импорт данных. Проверьте данные на наличие пропусков и выбросов. При необходимости очистите данные и преобразуйте их в нужный формат для анализа.
8. Используйте метод K-Means для кластеризации ваших данных. Определите оптимальное количество кластеров с помощью метода локтя (Elbow Method). Визуализируйте полученные кластеры на карте.
9. Примените иерархическую кластеризацию к тем же данным. Постройте дендрограмму для визуализации результатов и выбора числа кластеров. Визуализируйте полученные кластеры на карте.
10. Составьте отчет, в котором опишете проведенные шаги, используемые методы и результаты анализа. Включите карты, графики и диаграммы, иллюстрирующие ваши находки.

Кейс-задача № 3

«Классификация с использованием алгоритмов Random Forest, K-Nearest Neighbors, XGBoost »

Цель: классифицировать наборы данных использованием методов Random Forest, K-Nearest Neighbors, XGBoost.

Задание:

1. Импортируйте данные спутника Sentinel-2 на территорию интереса в выбранный временной период. Рассчитайте дополнительные индексы:
 - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): для оценки состояния растительности.
 - NDWI (Normalized Difference Water Index): для оценки наличия водных объектов.
 - SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index): для оценки состояния почвы.
2. Объедините данные об урожайности с данными дистанционного зондирования, чтобы создать полную обучающую выборку.
3. Создайте обучающую выборку, включающую следующие переменные индексы растительности (NDVI, NDWI, SAVI), метеорологические данные (температура, осадки и т.д.), фактическая урожайность, видимые диапазоны данных (Red, Green, Blue), NIR (Near Infrared). Подготовьте данные.

4. • Запустите процесс прогнозирования урожайности с использованием следующих алгоритмов: Random Forest, K-Nearest Neighbors, XGBoost
5. Оцените полученные результаты для каждого алгоритма, обращая внимание на точность прогноза и качество полученных результатов в виде картограмм.

Хакатон

по анализу пространственно-временных данных в ГИС

Участники хакатона должны разработать инновационное решение, которое поможет агропромышленным предприятиям Ростовской области повысить эффективность производства и улучшить прогнозирование урожайности, используя современные технологии и методы анализа данных.

Ведущий конкурса-хакатона распределяет участников по командам методом жеребьевки. Все участники делятся на n команд по 4 человека (IT-менеджер; программист-разработчик; дизайнер; ГИС-разработчик). Команды выбирают своего капитана.

Наставники из числа преподавателей выбирают команду-конкурсанта и сопровождают её на протяжении всего конкурса. Наставники также помогают командам выбрать капитана, могут давать советы своим командам по реализации проекта, а также помогают капитанам делегировать обязанности внутри команды. Каждая команда должна реализовать свою идею разработки методического подхода в виде программного средства.

Цель: создание комплексной системы мониторинга посевных площадей и аналитической платформы для оценки и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в Ростовской области.

Задачи

1. Разработка технологии оценки урожайности на полях с использованием данных датчиков и ГИС-аналитики.
2. Мониторинг посевных площадей с использованием оперативных данных дистанционного зондирования.
3. Картографирование урожайности и динамики всходов посевов с использованием ГИС-технологий.
4. Прогнозное моделирование урожайности на основе собранных данных.

В рамках данного кейса участникам предлагается создать программно-аппаратный комплекс для мониторинга посевных площадей в Ростовской области и прогнозирования урожайности на основе следующих данных:

- Синтетические данные об объеме урожая зерновых культур.
- Агрохимические карты на территорию исследования.
- Данные о типах уборочных комбайнов для различных культур.

Ожидаемый результат

Формат решения: Программно-аппаратный комплекс

Функциональность:

- сбор данных по урожайности;
- прогнозирование урожайности озимой пшеницы на основе геоинформационных систем;
- картографирование пространственных различий полей;
- возможность подключения данных дистанционного зондирования (показатели NDVI, EVI и тд);
- аналитические панели по показателям.
- возможность накопления данных, построения временных рядов.

На реализацию проекта команде дается 2 дня. Целью хакатона является подготовка команд к ежегодному хакатону по ГИС – GISIT, выработка навыков командной работы, а также практических навыков работы с использованием пространственно-временных данных.

3) Перечень вопросов, выносимых на зачет:

1. Понятие геоинформационных систем и технологий.
2. Основные функции ГИС. ГИС как среды для решения научных и прикладных задач.
3. Пространственная, временная, непространственная (семантическая) информация.
4. Понятие пространственного объекта, пространственных данных (геоданных).
5. Концептуальная модель пространственной информации: объектно-ориентированная; географического поля; сетевая.
6. Источники пространственных данных и их типы. Пространственные отношения. Топология.
7. Взаимодействие картографии и геоинформатики. Основные свойства и определения географических карт. Карты как пространственные модели местности.
8. Модели данных, применяемые в ГИС. Растровая модель данных. Анализ растровых данных.
9. Модели данных, применяемые в ГИС. Векторная модель данных. Анализ векторных данных.
10. Методы пространственного анализа.
11. Методы пространственно-временного анализа.
12. Цифровые модели рельефа. Источники данных и методы построения цифровых моделей рельефа.
13. Применение ГИС для мониторинга природно-экономических систем.
14. Понятие дистанционного зондирования. Схема дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
15. Краткая история ДЗЗ. ДЗЗ как инновационный метод оперативного получения геоданных об объектах на земной поверхности. Области применения данных дистанционного зондирования.

16. Оптический диапазон электромагнитного излучения. Методы исследования растительного и почвенного покровов.
17. Вегетационные индексы растительного покрова. Мониторинг развития урбанизированных территорий с помощью данных ДЗЗ
18. Экологический мониторинг с помощью данных ДЗЗ.
19. Понятие искусственного интеллекта. Проблематика задач искусственного интеллекта (ИИ). Основные направления исследований в области ИИ.
20. Задачи, решаемые с помощью искусственного интеллекта.
21. Биг Дата (Big Data) – этапы интеллектуального исследования данных и геоданных.
22. Дата Сайенс (Data Science) предмет исследований, область применения, технологии.
23. Классическое машинное обучение, области применения, задачи, программное обеспечение, примеры
24. Глубокое машинное обучение, глубокие нейронные сети, задачи, программное обеспечение, примеры.
25. Основные характеристики (глубоких) нейронных сетей.
26. Этапы создание нейронных сетей со стороны программиста (нейронщика).
27. Библиотеки работы с нейронными сетями, языки программирования.
28. Структура нейронных сетей. Модель нейрона.
29. Функции активации нейрона. Весовые коэффициенты.
30. Архитектура нейронной сети. Полносвязанная нейронная сеть. Обобщение данных. Веса данных.
31. Обучение нейронных сетей. Оптимизационные алгоритмы. Метод максимальных градиентов. Скорость обучения.
32. Линейный нейрон. Изменение весов. Параметр скорости обучения.
33. Ресурсы, необходимые для нейронных сетей. Эффективность приобретения GPU. Эффективность аренды GPU. Сравнение вариантов проектов.
34. GPU, когда используется GPU в нейронных сетях, фирмы производители.
35. Управление проектом ИИ. Особенности проектов ИИ. Компетенции проектной группы по ИИ.
36. Этапы проекта ИИ. Планирование, ресурсы, результаты.
37. Базы для обучения ИИ. Типы данных для обучения ИИ. Влияние данных на результат. Разметка данных для обучения ИИ.
38. Типы баз данных для обучения ИИ по сложности сбора.
39. Кластерный анализ. Спектр применения кластерного анализа. Примеры применения кластерного анализа в агрономии и земледелии.
40. Цели и задачи кластерного анализа. Принципы и методы кластерного анализа.
41. Основные подходы к решению задач кластерного анализа. Примеры применения кластерного анализа в ИИ.
42. Признаковое описание объектов. Типы входных задач кластерного анализа. Матрица расстояний. Матрица сходства.

43. Кластеризация в информатике. Сегментация изображений. Интеллектуальный анализ данных. Примеры применения интеллектуального анализа данных в сельском хозяйстве.
44. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности. Кластеризация пространственных объектов на основе плотности расположения объектов в географическом пространстве. Примеры кластеризации пространственных объектов в экологии.
45. Многопараметрическая кластеризация в географическом пространстве. Пространственно-ориентированная многопараметрическая кластеризация. Локальные двумерные отношения. Матрица точечных диаграмм двумерных отношений. Примеры применения пространственно-ориентированной многопараметрической кластеризации.
46. Слои и структура строения 3D пространственно-временного куба. Бины данных. Тренды. Пространственно-временные закономерности. Анализа трендов.
47. Непараметрический метод Ман-Кендалла. Анализ горячих и холодных точек. Типы горячих и холодных точек.
48. Классификация данных в методах машинного обучения. Цель и задачи классификации данных в методах машинного обучения. Примеры классификации данных в методах машинного обучения.
49. Классификация данных без учителя. Типы исходных данных. Методы классификации данных без учителя. Метод ближайшего соседа. Примеры применения классификации пространственных данных без учителя в географии.
50. Классификация с учителем. Типы исходных данных. Методы классификации данных с учителем. Метод случайного леса.
51. Этапы создания предиктивной модели пространственных данных. Алгоритм инструмента Forest-Based Classification and Regression программного обеспечения QGIS. Значимость переменных и стабильность предиктивной модели.
52. Классификация и регрессия на основе метода случайного леса. Алгоритм метода случайного леса. Категории объектов. Предиктивная модель.
53. Представление деревьев решений в методе случайного леса. Обучающие переменные модели. Переменная для предсказания. Обучающий набор.
54. Переобучение в методах машинного обучения. Принципы и характеристики предиктивной модели в машинном обучении.
55. Тестирование и валидация моделей в методах машинного обучения. Баги наборов данных. Значимость переменных предиктивных моделей машинного обучения.
56. Идентификация пространственных закономерностей (паттерн). Кластеры с высокими и низкими значениями. Статистический кластерный анализ. Пространственные выбросы. Метод Getis-Ord Gi.

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

Курс освоения дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» завершается зачетом.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенций по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов. Критерии оценивания результатов обучения сформулированы в таблице 7.

Критерии оценивания результатов обучения (зачет)

Таблица 7

Форма контроля	Критерии оценивания
Зачтено	«зачтено» выставляется, если студент самостоятельно и полностью использует возможности программных средств для решения прикладных задач; самостоятельно подтверждает ответ конкретными примерами и заданиями; правильно и обстоятельно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя; умеет пользоваться справочной литературой, поиском информации, раздаточным материалом. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный
Не зачтено	«не зачтено» выставляется, если студент не может использовать программные средства при решении различных задач; не может подтвердить ответ конкретными примерами и заданиями; не отвечает на большую часть дополнительных вопросов преподавателя; не может самостоятельно использовать справочную литературу, раздаточный материал, поиск информации. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Алексеев, Д. С. Технологии интеллектуального анализа данных / Д. С. Алексеев, О. В. Щекочихин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 176 с. — ISBN 978-5-507-48763-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362915>.

2. Макшанов, А. В. Большие данные. Big Data / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев, Л. Н. Тындыкарь. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 188 с. — ISBN 978-5-507-47346-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362318>.

7.2 Дополнительная литература

1. Геоинформационные системы: пространственный анализ и геомоделирование : учебно-методическое пособие / А. В. Дубровский, О. И. Малыгина, В. Н. Никитин, Е. Д. Подрядчикова. — Новосибирск : СГУГиТ, 2021. — 87 с. — ISBN 978-5-907320-90-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/222335>.

2. Пальмов, С. В. Системы и методы искусственного интеллекта : учебное пособие / С. В. Пальмов. — Самара : ПГУТИ, 2020. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/255557>.

3. Сапрыкин, О. Н. Интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / О. Н. Сапрыкин. — Самара : Самарский университет, 2020. — 80 с. — ISBN 978-5-7883-1563-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/188906>.

Статьи журналов, входящих в Единый государственный перечень научных изданий — «Белый список»

1. Ivanov, M.M., Ivanova, N.N., Golosov, V.N. *et al.* Assessment of Changes in Chernobyl Contamination and Erosion Rates for Arable Soils Using Resampling Method. *Eurasian Soil Sc.* 57, 1499–1508 (2024). <https://doi.org/10.1134/S1064229324601112>
2. Tynchenko, Y.; Kukartsev, V.; Tynchenko, V.; Kukartseva, O.; Panfilova, T.; Gladkov, A.; Nguyen, V.; Malashin, I. Landslide Assessment Classification Using Deep Neural Networks Based on Climate and Geospatial Data. *Sustainability* 2024, 16, 7063. <https://doi.org/10.3390/su16167063>
3. Tynchenko, Y.; Tynchenko, V.; Kukartsev, V.; Panfilova, T.; Kukartseva, O.; Degtyareva, K.; Nguyen, V.; Malashin, I. Soil Properties Classification in Sustainable Agriculture Using Genetic Algorithm-Optimized and Deep Neural Networks. *Sustainability* 2024, 16, 8598. <https://doi.org/10.3390/su16198598>
4. Yuan, J.; Zhang, Y.; Zheng, Z.; Yao, W.; Wang, W.; Guo, L. Grain Crop Yield Prediction Using Machine Learning Based on UAV Remote Sensing: A Systematic Literature Review. *Drones* 2024, 8, 559. <https://doi.org/10.3390/drones8100559>
5. Zeyliger, A.; Muzalevskiy, K.; Ermolaeva, O.; Grecheneva, A.; Zinchenko, E.; Gerts, J. Mapping Soil Surface Moisture of an Agrophytocenosis via a Neural Network Based on Synchronized Radar and Multispectral Optoelectronic Data of SENTINEL-1,2—Case Study on Test Sites in the Lower Volga Region. *Sustainability* 2024, 16, 9606. <https://doi.org/10.3390/su16219606>

7.3 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
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>
9. Материалы конференции European Conference on Computer Vision (ECCV). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/emnlp/index.html>
10. Материалы конференции IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). – URL: <https://dblp.uni-trier.de/db/conf/icdm/index.html> и др.

8. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Базы данных Министерства сельского хозяйства Российской Федерации: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.mcx.ru (открытый доступ). - Загл. с экрана.
2. Базы данных Федеральной службы государственной статистики (открытый доступ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gks.ru.– Загл. с экрана.
3. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения (открытый доступ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.glonass-iac.ru/>.– Загл. с экрана.
4. Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (открытый доступ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.consultant.ru. – Загл. с экрана.
5. Свободная географическая информационная система с открытым кодом. QGIS (открытый доступ). [Электронный ресурс] /Сайт проекта QGIS. – Режим доступа: <https://qgis.org/ru/site/>. – Загл. с экрана.
6. Искусственный интеллект. Качество данных для аналитики и машинного обучения. Часть 1. Обзор, термины и примеры ГОСТ Р 71484.1-2024 (ИСО-МЭК 5259-1:2024)
7. Искусственный интеллект. Качество данных для аналитики и машинного обучения. Часть 2. Показатели качества данных ГОСТ Р 71484.2-2024 (ИСО/МЭК 5259-2:2024)
8. Искусственный интеллект. Качество данных для аналитики и машинного обучения. Часть 3. Требования и рекомендации по управлению качеством данных ГОСТ Р 71484.3-2024 (ИСО-МЭК 5259-3:2024)
9. Искусственный интеллект. Качество данных для аналитики и машинного обучения. Часть 4. Структура процесса управления качеством данных ГОСТ Р 71484.4-2024 (ИСО/МЭК 5259-4:2024)
10. Информационные технологии. Искусственный интеллект. Структура жизненного цикла данных ГОСТ Р 70889-2023 (ИСО/МЭК 8183:2023)
11. Архив статей блога Яндекса-практикума по анализу данных <https://practicum.yandex.ru/blog/data-science/>

12. Проект, библиотека машинного обучения с открытым исходным кодом для Python, которая предоставляет инструменты для анализа данных и создания моделей. Разработана в 2007 году Дэвидом Курнапо https://scikit-learn.org/stable/auto_examples/feature_selection/index.html

13. Учебник по машинному обучению от Яндекс образования. <https://education.yandex.ru/handbook/ml>, в частности практическая Глава 10, посвященная задачам кластеризации, временных рядов, анализу временных рядов, задаче ранжирования, Глава 11. Обучение с подкреплением

14. Обнаружение выбросов: методы и применение с точки зрения интеллектуального анализа данных. Ranga Suri, N. N. R. and Murty M, Narasimha and Athithan, G. (2019) Outlier Detection: Techniques and Applications A Data Mining Perspective <http://repo.darmajaya.ac.id/5405/>

15. Безопасное и надежное обучение с подкреплением: принципы и практика. "Safe and Robust Reinforcement Learning: Principles and Practice. Taku Yamagat and Raul Santos-Rodriguez, <https://arxiv.org/html/2403.18539v2>, <https://github.com/bitzhangcy/Safe-Deep-Reinforcement-Learning>.

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование темы учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	По всем темам дисциплины	Microsoft Office	офисные приложения	Microsoft	Текущая версия
2		QGIS	расчетная	Своб.распр	Текущая версия
3		Веб-браузер Яндекс	программа просмотра web изображений	Yandex	Текущая версия
4		Google Colaboratory	расчётная	Google	Текущая версия
5		PostgreSQL с расширением PostGIS	база данных и расширение, поддерживающее работу с координатами	Своб.распр.	Текущая версия
6		pgAdmin	СУБД	Своб.распр.	Текущая версия

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

Занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием для проведения лекционных занятий. Практические

занятия проводятся с использованием технических и программных средств в аудитории, оснащенной персональными компьютерами и доступом в интернет.

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 обеспечения для выполнения высокопроизводительных вычислений и позволяет выполнять эффективное обучение 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 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 счёт высокопроизводительных серверов и вычислительных кластеров позволяют масштабировать обучение моделей.

Проведение учебных занятий (практических и лабораторных), курсовых работ и проектов, а также ведение проектной деятельности по блокам дисциплин глубокого обучения проводится 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, а также проектной деятельности по блокам дисциплин глубокого обучения осуществляется с использованием программных средств поддержки высокопроизводительных вычислений в компьютерных классах и лабораториях искусственного интеллекта, которые включают:

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 предобработка 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 VI-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 ОПОП ВО по направлению 09.03.03 направленности «Системы искусственного интеллекта» Г.2 – «Сведения об обеспеченности образовательного процесса специализированными лабораториями».

Таблица 9

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
Аудитории для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (корпус 1 - <i>лаборатории центра «Проектный институт цифровой трансформации АПК», IoT-полигон «Цифровое растениеводство и сельхозаналитика»</i> , корпус 12 (Планетарий 1), лекционные аудитории корпуса 29).	Характеристика материально-технического обеспечения учебного процесса при подготовке специалистов в области ИИ представлена в приложении ОПОП ВО по направлению 09.03.03 направленности «Системы искусственного интеллекта» Г.2 – «Сведения об обеспеченности образовательного процесса специализированными лабораториями».
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова	Читальные залы библиотеки
Общежитие № 7	Комната для самоподготовки

11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Успешное освоение дисциплины основывается на систематической повседневной работе обучающихся. Дисциплина изучается на лекциях и практических занятиях. Для успешного освоения дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» обучающемуся необходимо прослушать курс лекций, посетить все практические занятия, выполнить все практические работы, выполнить самостоятельную работу по изучению теоретического материала.

Лекции читаются в аудиториях, оснащенных мультимедийной техникой, на основе подготовленных лектором презентаций с применением активных и интерактивных образовательных технологий.

На лекциях студенты получают основные теоретические знания по предмету. Студенты обязаны конспектировать основные теоретические положения удобным для них способом.

Практические занятия проводятся в компьютерных классах, оснащенных соответствующими техническими и программными средствами.

Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала и приобретения практических навыков. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя. На каждом занятии преподаватель обозначает тему и цель занятия и формулирует задание.

Основным требованием по выполнению практических работ является полное исчерпывающее описание всей проделанной работы, оформленное в виде пояснительной записки и позволяющее судить о полученных результатах, степени выполнения и профессиональной подготовки студентов.

Обучающийся, пропустивший занятия, обязан самостоятельно выполнить практические работы, выданные на пропущенных занятиях и представить их результаты преподавателю.

В ходе лекционных занятий обучающемуся рекомендуется:

- вести конспектирование учебного материала;
- обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации;
- желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений;
- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций;
- в ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, при этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы;
- дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

Самостоятельная работа призвана закрепить теоретические знания и практические навыки, полученные обучающимися на лекциях и практических занятиях, развить поставленные компетенции. Кроме того, часть времени, отпущенного на самостоятельную работу, должна быть использована на выполнение домашней работы. Во время лекционных и практических занятий самостоятельная работа реализуется в виде решения обучающимися индивидуальных заданий, изучения части теоретического материала. Во внеаудиторное время обучающийся изучает рекомендованную литературу, готовится к лекционным и практическим занятиям.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

При изучении каждой темы дисциплины проводятся устные опросы с целью проверки и коррекции хода освоения теоретического материала, а также практических умений и навыков. Устные опросы проводятся в часы практических занятий по основному расписанию.

Студент, пропустивший занятия по уважительной причине, обязан представить преподавателю подтверждающий документ и защитить пропущенные работы в часы, отведенные для еженедельных консультаций.

Пропущенные лекционные занятия обучающийся обязан отработать, предоставив конспект материала и ответив на вопросы в устной форме.

Обучающийся, пропустивший практические занятия, обязан самостоятельно выполнить практические работы, выданные на пропущенных занятиях и представить их результаты преподавателю.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Курс рассчитан на 108 часов (3 зачетные единицы). Материал дисциплины рассчитан на один семестр со следующей структурой: 18 часов лекций и 48 часов практических занятий на 3 курсе.

Основными формами организации образовательного процесса дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» являются: чтение лекций; проведение практических занятий; организация самостоятельной образовательной деятельности; проведение зачета (технология организации мониторинга результатов образовательной деятельности).

Современная ориентация образования на формирование компетенций предполагает создание дидактических и психологических условий, в которых обучающийся может проявить не только интеллектуальную и познавательную активность, но и личностную социальную позицию, свою индивидуальность выразить себя как субъект обучения. Преподавание курса «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» должно носить контекстный характер. В процессе обучения должна четко прослеживаться целевая установка на развитие личности; интеграционное единство форм, методов и средств обучения; взаимодействие обучаемых и педагогов; индивидуальный стиль педагогической деятельности.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

Лекционный курс, как одна из составляющей дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения», должен быть логическим и последовательным. Лекция должна быть гибкой, дифференцированной, учитывающей особенности изучаемой научной дисциплины, и специфику аудитории, и психологические закономерности познания, переработки услышанного, его воздействия на формирование оценок, отношений, взглядов,

чувств и убеждений человека, и возможности новых информационных технологий.

Рекомендуется проведение лекционных занятий в виде проблемных лекций и лекций – визуализаций, что способствует не только более успешному восприятию и запоминанию учебного материала, но и позволяет активизировать умственную деятельность, глубже проникать в сущность изучаемых явлений, показывает его связь с творческими процессами принятия решений подтверждает регулирующую роль образа в деятельности человека.

Лекция-визуализация учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Процесс визуализации является свертыванием мыслительных содержаний, включая разные виды информации, в наглядный образ. Подготовка данной лекции преподавателем состоит в том, чтобы изменить, переконструировать учебную информацию по теме лекционного занятия в визуальную форму для представления студентам через технические средства обучения или вручную (схемы, рисунки, диаграммы и т.п.). К этой работе могут привлекаться и студенты, у которых в связи с этим будут формироваться соответствующие умения, развиваться высокий уровень активности, воспитываться личностное отношение к содержанию обучения.

Практические занятия по дисциплине «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» проводятся с целью приобретения умений и навыков работы с пространственно-временными данными с использованием программного обеспечения геоинформационных систем и программного обеспечения обработки данных ДЗЗ, приобретения умений проектирования информационных процессов с использованием инновационных инструментальных средств, адаптации современных ИКТ для решения задач в рамках их профессиональной деятельности.

В ходе практических занятий рекомендуется использовать групповое обсуждение как интерактивную форму обучения, способствующую лучшему усвоению изучаемого материала. На первом этапе группового обсуждения перед студентами ставится проблема, выделяется определенное время, в течение которого студенты должны подготовить аргументированный развернутый ответ. Преподаватель может устанавливать определенные правила проведения группового обсуждения: задавать определенные рамки обсуждения (например, указать не менее 10 ошибок); ввести алгоритм выработки общего мнения; назначить лидера, руководящего ходом группового обсуждения и др. На втором этапе группового обсуждения вырабатывается групповое решение совместно с преподавателем. Практическое занятие должно заканчиваться подведением итогов и формулировкой выводов. Также на занятиях обучающиеся выступают с докладами и презентациями на заданную тему, по окончании которых проводится коллективное обсуждение, в результате которого приобретаются навыки ведения дискуссии по обсуждаемым вопросам.

В связи с переходом на деятельностную парадигму образования самостоятельная работа приобретает новую «роль» в процессе обучения, становится ве-

дущей формой организации обучения. При этом роль преподавателя - управление самостоятельной работой обучающегося, которая предполагает ее формализацию, организацию, контроль выполнения, определение эффективности. В процессе самостоятельной работы предполагается закрепление знаний и навыков, полученных студентами на лекционных и практических занятиях, углубленное изучение дисциплины и применение полученных знаний и навыков на практике для решения конкретных практических задач. В рамках самостоятельной работы студенты ведут подготовку к защите практических работ, а также к сдаче зачета. Студент в рамках самостоятельной работы может провести собственное исследование, применяя методы анализа пространственно-временных данных. В случае надлежащего качества его работа может быть заслушана на научном кружке кафедры или на студенческой научной конференции, а в последствии и стать частью выпускной квалификационной работы.

Мониторинг результатов образовательной деятельности по дисциплине осуществляется в виде зачета.

Особенности методики преподавания данной дисциплины состоят в интенсификации теоретической, практической и самостоятельной работы студентов и применении активных и интерактивных форм и методов обучения.

Программу разработали:

Ермолаева О.С., ст.преподаватель



РЕЦЕНЗИЯ
на рабочую программу дисциплины Б1.В.18 «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» ОПОП ВО по направлению 09.03.03 Прикладная информатика, направленность «Системы искусственного интеллекта» (квалификация выпускника – бакалавр)

Ивашовой Ольгой Николаевной, доцентом кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, кандидатом сельскохозяйственных наук (далее по тексту рецензент) проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» 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 – Ермолаева О.С., ст. преподаватель).

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

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» (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 учебного цикла – Б1.В.

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 «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» закреплено **5 компетенций (семь индикатора)**. Дисциплина «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» составляет 3 зачётные единицы (108 часов, в том числе 4 часа практической подготовки).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению **09.03.03 Прикладная информатика** и возможность дублирования в содержании отсутствует.

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

9. Занятия по дисциплине «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» проводятся в интерактивной и активной форме.

10. 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**.

11. 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 части, формируемой участниками образовательных отношений учебного цикла – Б1.В ФГОС ВО направления **09.03.03 Прикладная информатика**.

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

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника, дополнительной литературой – 3 наименования, Интернет-ресурсы – 6 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления **09.03.03 Прикладная информатика** и компетентностно-ролевыми моделями в сфере искусственного интеллекта.

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Анализ пространственно-временных данных на основе машинного обучения» ОПОП ВО по направлению **09.03.03 Прикладная информатика**, направленность «**Системы искусственного интеллекта**» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанной Ермолаевой О.С., старшим преподавателем кафедры прикладной информатики, соответствует требованиям ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, профессиональных стандартов, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Ивашова О. Н., доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, к.с.-х.н.  28«08» 2025 г.