Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
(ИМАШ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по вопросам
подготовки кадров высшей
квалификации ИМАШ РАН
_____ к.ф-м.н. Жданов Э.Р.
«_01_» _сентября_ 2026 года
м.п.

Комплект оценочных материалов
по дисциплине «Методы машинного обучения в цифровой индустрии»

Направление подготовки:	09.04.03 Прикладная информатика
Профиль подготовки:	Цифровые двойники и автоматизированные системы управления технологическими процессами
Квалификация:	Магистр
Форма обучения	Очная

Москва

Содержание

1. Общие положения.....3
2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке.....3
3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины.....4
4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.....4
5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации.....6

1. Общие положения

Комплект оценочных материалов (далее - ОМ) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу дисциплины «Методы машинного обучения в цифровой индустрии».

ОМ включают контрольные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в форме экзамена.

ОМ разработаны на основании:

- основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 09.04.03 Прикладная информатика;
- рабочей программы дисциплины «Методы машинного обучения в цифровой индустрии».

2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями

ПК-1	**Способен руководить процессами разработки и реализации проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами**
ПК-1.1	Разрабатывает концепции и техническое задание на проектирование автоматизированной системы управления технологическими процессами

Код индикатора компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1.1	*Знать:* - классификацию задач ML (регрессия, классификация, кластеризация, аномалии) и их применение для автоматизации и оптимизации в АСУ ТП; - жизненный цикл ML-проекта в промышленности: от постановки задачи до внедрения и мониторинга в составе цифрового двойника или АСУ ТП; - методы предобработки промышленных данных (очистка, инженерия признаков) и их влияние на качество систем; - принципы работы и области применения классических методов (линейные модели, деревья решений) и нейросетей (MLP, RNN) для прогнозирования и управления; - архитектуру интеллектуальных систем управления и принципы интеграции ML-моделей через API и IIoT в АСУ ТП. *Уметь:* - формулировать задачи автоматизации и оптимизации на языке машинного обучения при разработке концепции АСУ ТП; - определять требования к данным и методам их предобработки при составлении ТЗ на проектирование подсистемы анализа данных; - выбирать адекватные методы ML (классические или нейросетевые) для решения прикладных задач в рамках проектирования АСУ ТП; - разрабатывать архитектуру интеллектуальной системы управления, включая взаимодействие компонентов и протоколы передачи данных. *Иметь практический опыт* - анализа промышленных данных для выявления закономерностей и обоснования разработки АСУ; - построения прототипов ML-моделей для решения прикладных задач (прогнозирование, оптимизация); - проектирования схемы интеграции аналитического модуля в архитектуру цифрового двойника или АСУ ТП.

3. Контроль и оценка освоения учебной дисциплины

Элемент учебной дисциплины	Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
	Форма контроля	Проверяемые идк	Форма контроля	Проверяемые идк
Тема 1. Введение в машинное обучение для цифровой индустрии	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
Тема 2. Предобработка и анализ промышленных данных	Отчет по практикуму по решению задач	ПК-1.1		
Тебма 3. Классические методы машинного обучения	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
Тема 4. Нейронные сети и глубокое обучение	Отчет по практикуму по решению задач	ПК-1.1		
Тема 5. Интеграция и эксплуатация моделей в цифровых двойниках и АСУ ТП	Отчет по лабораторному практикуму	ПК-1.1		
			Экзамен	ПК-1.1

4. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости

Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Лабораторный практикум
20 -15 – работа выполнена в срок, самостоятельно, правильно поняты и использованы соответствующие формулы, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, правильно выбраны совместимые комплектующие, сделаны необходимые выводы, хорошо аргументированы, даны исчерпывающие ответы на все поставленные вопросы **14- 9**– работа выполнена в срок, самостоятельно, правильно поняты и использованы соответствующие формулы, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, правильно выбраны совместимые комплектующие, необходимые выводы сделаны частично, хорошо аргументированы, даны ответы на все поставленные вопросы **8- 3** – работа выполнена в срок, в основном самостоятельно, использованы соответствующие формулы; определены соответствующие спецификации, имеются ошибки в расчетах; выбраны совместимые комплектующие необходимые, выводы сделаны частично, слабо аргументированы, даны ответы не на все вопросы **2 -1 –** обучающийся подготовил работу несамостоятельно или не завершил в срок, описание спецификации содержит незначительные ошибки, выводы и ответы на вопросы отсутствуют.
Практикум по решению задач
20-15 – работа и отчет выполнены в срок, самостоятельно, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, сделаны необходимые выводы, хорошо аргументированы, даны исчерпывающие ответы на все поставленные вопросы; **14-7**– работа и отчет выполнены в срок, самостоятельно, правильно определены соответствующие спецификации, использована требуемая информация, правильно выполнены требуемые расчеты, необходимые выводы сделаны частично, хорошо аргументированы, даны ответы на все поставленные вопросы; **6-1** – работа и отчет выполнены в срок, в основном самостоятельно, выводы сделаны частично,

слабо аргументированы, даны ответы не на все вопросы;
0 – обучающийся подготовил работу и отчет несамостоятельно и/или не завершил в срок, описание содержит ошибки, выводы и ответы на вопросы отсутствуют.

Порядок начисления баллов

Если студент набрал достаточное количество баллов ТКУ по дисциплине (более 70 баллов) в течение семестра, он может отказаться от сдачи экзамена, и результат будет выставлен автоматически по его согласию.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для процедуры оценивания знаний, умений, навыков и(или) опыта деятельности

Типовые задания практикумов по решению задач

1. Введение в машинное обучение для цифровой индустрии

Цель: сформировать понимание жизненного цикла ML-проекта в контексте промышленности.

Содержание:

- разбор кейса: «Внедрение системы предиктивного обслуживания на заводе».
- формулировка бизнес-проблемы и перевод её на язык задач машинного обучения (регрессия/классификация).
- обсуждение этапов проекта: от сбора требований до внедрения.

2. Интеграция и эксплуатация моделей в цифровых двойниках и АСУ ТП

Цель: понять архитектурные принципы встраивания ML-моделей в реальные системы управления.

Содержание:

- проектирование архитектуры: где должна находиться модель (на Edge-устройстве, в облаке)?
- обсуждение протоколов передачи данных (MQTT, OPC-UA) и API для взаимодействия модели с АСУ ТП.
- решение ситуационной задачи: «Модель начала давать сбой через месяц работы. Как организовать мониторинг и переобучение?».

3. Интеграция и эксплуатация моделей в цифровых двойниках и АСУ ТП

Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning)

Цель: изучить принципы адаптивного управления на основе обратной связи от среды.

Содержание:

- разбор понятий: агент, среда, награда, стратегия на примере управления температурой в реакторе.
- сравнение RL с классическим управлением с обратной связью (PID-регуляторы).
- решение задачи: «Спроектируйте систему, которая сама находит оптимальный режим работы оборудования для минимизации брака».

Типовые задания для лабораторных практикумов

Тема 1. Предобработка и анализ промышленных данных

Цель: освоить инструменты для очистки, трансформации и визуализации реальных промышленных данных.

Содержание:

- работа с датасетом, содержащим пропуски и выбросы (имитация сбоев датчиков).
- применение методов заполнения пропусков (среднее, интерполяция).
- фильтрация шумов в сигналах с помощью скользящего среднего или фильтров.

- создание новых признаков (например, скользящее среднее, производная по времени).

- визуализация распределений и корреляций между параметрами технологического процесса.

Тема 2. Классические методы машинного обучения

Цель: научиться строить, обучать и оценивать базовые модели машинного обучения для задач регрессии и классификации.

Содержание:

- разбиение данных на обучающую и тестовую выборки.
- обучение модели линейной регрессии для прогнозирования температуры/давления.
- обучение модели классификации (например, Random Forest) для предсказания поломки оборудования.
- оценка качества моделей с помощью метрик (MSE, RMSE, Accuracy, ROC-AUC).

Тема 3. Нейронные сети и глубокое обучение

Цель: получить навыки построения и обучения нейронных сетей для анализа сложных зависимостей в данных.

Содержание:

- построение простой полносвязной сети (MLP) для задачи регрессии.
- создание рекуррентной сети (RNN/LSTM) для прогнозирования временных рядов (например, энергопотребления).
- визуализация процесса обучения (графики потерь), настройка гиперпараметров.

5. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен представляет собой выполнение обучающимся заданий билета, включающего в себя:

Задание №1 – теоретический вопрос на знание базовых понятий предметной области дисциплины, а также позволяющий оценить степень владения обучающегося принципами предметной области дисциплины, понимание их особенностей и взаимосвязи между ними.

Задание №2 – задание на анализ ситуации из предметной области дисциплины и выявление способности обучающегося выбирать и применять соответствующие принципы и методы решения практических проблем, близких к профессиональной деятельности.

Задания №3 – задания на проверку умений и навыков, полученных в результате освоения дисциплины.

Выполнение обучающимся заданий билета оценивается по следующей балльной шкале:

Задание 1: 0-30 баллов
Задание 2: 0-30 баллов
Задание 3: 0-40 баллов

- 90 и более (отлично) – ответ правильный, логически выстроен, приведены необходимые выкладки, использована профессиональная лексика. Задания решены правильно. Обучающийся правильно интерпретирует полученный результат.

- 89-70 (хорошо)– ответ в целом правильный, логически выстроен, приведены необходимые выкладки, использована профессиональная лексика. Ход решения задания правильный, ответ неверный. Обучающийся в целом правильно интерпретирует полученный результат.

- 69-50 (удовлетворительно)– ответ в основном правильный, логически выстроен, приведены не все необходимые выкладки, использована профессиональная лексика. Задания решены частично.

- менее 50 (**неудовлетворительно**)– ответы на теоретическую часть неправильные или неполные. Задания не решены.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Задания 1-го типа

1. Дайте определение машинного обучения. Опишите основные типы задач (с учителем, без учителя, с подкреплением) и приведите примеры их применения в цифровой индустрии.

2. Опишите этапы жизненного цикла ML-проекта в промышленности. В чем заключаются особенности постановки задачи и сбора данных в условиях реального производства?

3. Что такое кросс-валидация и для чего она применяется при обучении моделей? Опишите принцип работы k-fold кросс-валидации.

4. Раскройте понятия «переобучение» (overfitting) и «недообучение» (underfitting). Каковы их основные признаки и методы борьбы с переобучением?

5. Дайте сравнительную характеристику задач классификации и регрессии. Назовите основные метрики качества для оценки моделей в каждом из этих случаев.

6. Опишите принцип работы алгоритмов линейной регрессии и логистической регрессии. В чем заключаются их основные ограничения при анализе сложных промышленных данных?

7. Объясните принцип работы решающих деревьев. Каковы их преимущества и недостатки? Что такое ансамбли моделей и как они (например, Random Forest или Gradient Boosting) повышают качество предсказаний?

8. Дайте определение нейронной сети. Опишите архитектуру многослойного перцептрона (MLP) и принцип его обучения методом обратного распространения ошибки (backpropagation).

9. Что такое рекуррентные нейронные сети (RNN)? Почему они эффективны для анализа временных рядов? Приведите примеры их применения в АСУ ТП.

10. Дайте определение обучения с подкреплением (Reinforcement Learning). Опишите взаимодействие основных компонентов: агента, среды, состояния, действия и награды.

11. В чем заключается принципиальное отличие обучения с подкреплением от классического управления с обратной связью (например, PID-регуляторов) в АСУ ТП?

12. Дайте определение цифрового двойника. Какую роль играют модели машинного обучения в его функционировании? Приведите примеры интеграции.

13. Что такое дрейф концепта (concept drift) и дрейф данных (data drift)? Почему мониторинг этих явлений критически важен для эксплуатации ML-моделей в промышленных условиях?

14. Опишите основные способы интеграции обученных моделей машинного обучения в существующие системы АСУ ТП (например, через API, встраивание в контроллеры, использование шлюзов IIoT).

15. Назовите ключевые этические и технические вызовы, возникающие при внедрении искусственного интеллекта в управление критически важными технологическими процессами.

Задания 2-го типа

1. В чем заключается принципиальное отличие задачи регрессии от задачи классификации в контексте мониторинга состояния оборудования? Приведите по одному примеру для каждой задачи.

2. Объясните взаимосвязь между понятиями «признак» (feature) и «метка» (label). Как качество признаков влияет на итоговую точность модели машинного обучения для АСУ ТП?

3. Что такое переобучение модели и почему оно особенно опасно при внедрении ML в реальное производство? Как его можно диагностировать?

4. Сравните понятия «тестовая выборка» и «валидационная выборка». Какую роль играет каждая из них в оценке готовности модели к промышленной эксплуатации?

5. Дайте определение инженерии признаков. Почему для промышленных данных (временные ряды, показания датчиков) этот этап часто важнее выбора самого алгоритма?

6. Объясните разницу между обучением с учителем и обучением без учителя. В каких задачах промышленной диагностики применим каждый из этих подходов?

7. Что такое ансамбль моделей (например, Random Forest)? Как объединение простых моделей помогает повысить надежность прогнозов для критически важных процессов?

8. Опишите взаимосвязь между временным рядом и рекуррентной нейронной сетью (RNN). Почему стандартные нейросети плохо справляются с анализом данных с датчиков, а RNN — эффективны?

9. В чем заключается ключевое отличие обучения с подкреплением (Reinforcement Learning) от классического управления с обратной связью (PID-регулирование) при оптимизации технологического режима?

10. Что такое цифровой двойник и какова роль модели машинного обучения внутри него? Является ли любая ML-модель цифровым двойником?

11. Объясните понятие «дрейф данных». Как изменение характеристик сырья на производстве может повлиять на работу уже внедренной модели и что с этим делать?

12. Сравните понятия «архитектура модели» и «архитектура системы». Как модель машинного обучения встраивается в общую архитектуру АСУ ТП?

13. Что такое API в контексте интеграции ML-модели? Почему использование программных интерфейсов является стандартом для взаимодействия модели с контроллерами?

14. Объясните взаимосвязь между точностью модели и стоимостью ошибки. Почему для системы предотвращения аварий требования к точности будут выше, чем для системы оптимизации энергопотребления?

15. Что такое IIoT (Industrial Internet of Things) и как эта концепция обеспечивает «питание» моделей машинного обучения данными в цифровой индустрии?

Задания 3-го типа

1. Дан массив показаний датчика. Найдите и удалите выбросы, используя правило трёх сигм (среднее ± 3*стандартное отклонение).

2. Для временного ряда (например, давление в трубе за 24 часа) вычислите два новых признака: скользящее среднее за последние 3 часа и максимальное значение за последние 6 часов.

3. По двум массивам данных (X — скорость, Y — потребление энергии) постройте модель линейной регрессии и вычислите коэффициент детерминации R^2.

4. Даны данные о вибрации подшипника (норма/поломка). Постройте модель логистической регрессии и определите порог классификации, при котором достигается баланс между точностью и полнотой.

5. Постройте дерево решений (максимальная глубина — 3) для классификации качества детали по двум признакам. Нарисуйте полученное дерево или опишите правила в текстовом виде.

6. Объясните, почему ансамбль из 100 неглубоких деревьев решений обычно даёт более точный и стабильный прогноз для промышленных данных, чем одно глубокое дерево.

7. Опишите архитектуру полносвязной нейронной сети (MLP) для задачи регрессии с 5 входными признаками: количество слоёв, число нейронов в каждом слое, функция активации.

8. Объясните, почему рекуррентные нейронные сети (RNN/LSTM) лучше подходят для прогнозирования температуры в реакторе на основе данных за прошлую неделю, чем

обычная нейронная сеть (MLP).

9. Даны результаты работы модели (TP=50, FP=10, FN=5). Рассчитайте точность (*Precision*), полноту (*Recall*) и F1-меру.

10. Объясните, как 5-кратная кросс-валидация помогает убедиться, что модель для прогнозирования износа двигателя будет работать стабильно на разных партиях данных.