ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.15 «Цифровые двойники»

Направление подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) подготовки
«Интеллектуальные системы и технологии»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Рязань 2026

Фонд оценочных средств – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций, обучающихся целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний обучающихся проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков обучающихся: по результатам выполнения обучающимися индивидуальных заданий в ходе выполнения практических занятий.

При оценивании (определении) результатов освоения дисциплины применяется шкала оценки "зачет — незачет".

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются практические задания.

Результат выполнения каждого практического занятия оценивается как "зачет" в случае выполнения обучающимся всех индивидуальных заданий.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

По итогам курса обучающиеся сдают теоретический зачет. Форма проведения теоретического зачета – устный ответ по списку вопросов, сформулированных с учетом содержания учебной дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Введение в концепцию цифровых двойников	ПК-13.2 (DL-1.2, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ
2	Математические основы моделирования для цифровых двойников	ПК-13.1 (DL-1.1, Б)	текущий контроль
3	Технологии сбора и интеграции данных	ПК-23.1 (LC-4.1, Б)	текущий контроль,

	для цифровых двойников		выполнение ПЗ
4	Основы нейронных сетей в контексте цифровых двойников	ПК-13.2 (DL-1.2, Б)	текущий контроль
5	Проектирование нейронных сетей для моделирования производственных процессов	ПК-13.2 (DL-1.2, Б) ПК-13.4 (DL-1.4, Б) ПК-13.5 (DL-1.6, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ, защита лаб.работы
6	Глубокое обучение для анализа производственных данных	ПК-13.1 (DL-1.1, Б) ПК-13.2 (DL-1.2, Б) ПК-13.3 (DL-1.3, Б) ПК-13.7 (DL-1.12, Б) ПК-14.1 (DL-2.1, Б)	текущий контроль
7	Компьютерное зрение в цифровых двойниках	ПК-13.3 (DL-1.3, Б) ПК-13.4 (DL-1.4, Б) ПК-35.1 (DL-3.1, Б) ПК-35.2 (DL-3.3, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ
8	Генеративные модели для симуляции производственных сценариев	ПК-13.5 (DL-1.6, Б) ПК-14.1 (DL-2.1, Б) ПК-14.2 (DL-2.2, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ, защита лаб.работы
9	Графовые нейронные сети в промышленных системах	ПК-13.6 (DL-1.8, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ
10	Дообучение и адаптация моделей в промышленных условиях	ПК-13.7 (DL-1.12, Б)	текущий контроль, защита лаб.работы
11	Архитектура цифрового двойника предприятия	ПК-14.1 (DL-2.1, Б) ПК-14.2 (DL-2.2, Б)	текущий контроль
12	Моделирование жизненного цикла продукции в цифровом двойнике	ПК-14.2 (DL-2.2, Б) ПК-23.1 (LC-4.1, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ
13	Оптимизация производства с помощью цифровых двойников	ПК-13.7 (DL-1.12, Б) ПК-23.1 (LC-4.1, Б)	текущий контроль
14	Внедрение и развёртывание ИИ-модулей в промышленную среду	ПК-14.2 (DL-2.2, Б) ПК-23.1 (LC-4.1, Б)	текущий контроль, выполнение ПЗ, защита лаб.работы
15	Экономика и управление проектами цифровых двойников	ПК-23.1 (LC-4.1, Б)	текущий контроль
16	Перспективы и этика применения цифровых двойников	ПК-14.1 (DL-2.1, Б) ПК-23.1 (LC-4.1, Б)	текущий контроль
11	Промежуточная аттестация	ПК-13.1 (DL-1.1, Б) ПК-13.2 (DL-1.2, Б) ПК-13.3 (DL-1.3, Б) ПК-13.4 (DL-1.4, Б) ПК-13.5 (DL-1.6, Б) ПК-13.6 (DL-1.8, Б) ПК-13.7 (DL-1.12, Б) ПК-14.1 (DL-2.1, Б) ПК-14.2 (DL-2.2, Б) ПК-23.1 (LC-4.1, Б) ПК-35.1 (DL-3.1, Б) ПК-35.2 (DL-3.3, Б)	сдача экзамена

Показатели и критерии обобщенных результатов обучения

Результаты обучения по дисциплине	Показатели оценки результата	Критерии оценки результата
ПК-13.1. Объясняет и применяет математические основы нейронных сетей, включая расчет градиентов, методы оптимизации и алгоритм обратного распространения ошибки для эффективного обучения моделей (DL-1.1, уровень Б) **Знать** • математический аппарат backpropagation в контексте многослойных сетей (MLP); • аналитические выражения для градиентов функций потерь (MSE, Cross-Entropy) и функций активации (ReLU, sigmoid); • теоретическое обоснование методов оптимизации (SGD с моментом, Adam) в рамках задач прогнозирования параметров производства. **Уметь** • выводить формулы частных производных для слоя с произвольной функцией активации; • рассчитывать обновления весов в сети с двумя скрытыми слоями на синтетических данных; • интерпретировать графики потерь и градиентов при обучении модели прогнозирования. **Владеть** • техникой символьного дифференцирования для кастомных функций потерь; • методами контроля численной устойчивости при вычислении градиентов; • инструментами визуализации динамики обучения (графики потерь, гистограммы градиентов) в Jupyter Notebook.	**Знает** • концептуальные основы технологии цифровых двойников, их назначение и области применения; • математические методы моделирования, используемые при создании цифровых двойников; • технологии и протоколы сбора, передачи и интеграции данных для цифровых двойников; • принципы работы и архитектуры нейронных сетей, релевантных для промышленных сценариев (в т. ч. графовых и генеративных моделей); • подходы к глубокому обучению для анализа производственных данных; • особенности применения	• Отлично: студент демонстрирует глубокое понимание сущности цифровых двойников, чётко видит их место в промышленности, свободно оперирует определениями и примерами применения. • Хорошо: есть пробелы в понимании некоторых аспектов, но в целом знания структурированы и применимы к конкретным кейсам. • Удовлетворительно: знания фрагментарны, не всегда связаны с практическими задачами, присутствуют фактические ошибки.

ПК-13.2. Реализует неглубокие нейронные сети (перцептроны, MLP), выбирает количество и размер слоёв, подходящие функции активации и функции потерь для решения задач классификации и регрессии (DL-1.2, уровень Б) **Знать** • критерии выбора количества нейронов в скрытых слоях для задач регрессии; • влияние функций активации на скорость сходимости MLP; • методы регуляризации (dropout, L2) в контексте предотвращения переобучения на промышленных данных. **Уметь** • проектировать MLP с учётом размерности входных данных; • реализовывать сеть на Python, используя NumPy для матричных операций; • диагностировать переобучение по кривым обучения/валидации. **Владеть** • методиками подбора гиперпараметров (скорость обучения, размер батча) для MLP; • инструментами профилирования времени обучения сети; • техниками нормализации входных данных для повышения стабильности обучения.	компьютерного зрения в цифровых двойниках; • типовую архитектуру цифрового двойника предприятия и принципы моделирования жизненного цикла продукции; • методы оптимизации производства с использованием цифровых двойников; • экономические показатели и критерии эффективности проектов цифровых двойников; • этические и регуляторные аспекты внедрения цифровых двойников в промышленности. **Умеет** • формулировать требования к цифровому двойнику на основе технологических ограничений; • выбирать и обосновывать математические модели для конкретных сценариев цифрового двойника;	
ПК-13.3. Применяет современные архитектуры глубоких сетей для решения различных задач, понимая их внутреннюю структуру и особенности обучения (DL-1.3, уровень Б) **Знать** • архитектуру CNN для анализа изображений дефектов продукции; • принципы работы LSTM для прогнозирования временных рядов (данные с датчиков линии		

производства); • особенности трансформеров в задачах обработки промышленных логов. **Уметь** • адаптировать ResNet для классификации изображений промышленных изделий; • настраивать гиперпараметры RNN для прогнозирования расхода сырья; • оценивать вычислительные затраты при выборе архитектуры (CNN / Transformer). **Владеть** • навыками дообучения предобученных моделей (Transfer Learning) на ограниченных промышленных датасетах; • методами сокращения размерности моделей (прунинг, квантование) для edge-устройств; • инструментами интерпретации активаций CNN (Grad-CAM для локализации дефектов).	• интегрировать разнородные источники данных в единую систему цифрового двойника; • проектировать и обучать нейронные сети для моделирования производственных процессов; • применять методы глубокого обучения и компьютерного зрения для анализа промышленных данных; • разрабатывать сценарии симуляции на базе генеративных моделей; • адаптировать и дообучать модели в условиях изменяющейся промышленной среды; • выстраивать архитектуру цифрового двойника с учётом масштабируемости и безопасности; • оценивать экономическую эффективность и риски
ПК-13.4. Разрабатывает и оптимизирует специализированные архитектуры для работы с изображениями, учитывая их уникальные свойства (DL-1.4, уровень Б) **Знать** • принципы свёрточных операций для анализа изображений промышленных изделий; • архитектуры U-Net и Mask R-CNN для сегментации дефектов на поверхности изделий; • методы аугментации (поворот, шум, изменение контраста) для увеличения обучающей выборки. **Уметь** • проектировать CNN с учётом разрешения промышленных камер; • оптимизировать размер модели под ограничения embedded-систем;	

• оценивать качество сегментации через метрики IoU и F1-score. **Владеть** • техниками предобработки изображений (нормализация, выравнивание гистограммы); • инструментами разметки данных (LabelImg, VIA) для создания датасетов; • методами ускорения inference (ONNX, TensorRT) для реального времени.	проектов цифровых двойников; • документировать проектные решения и презентовать результаты. **Владеет** • навыками работы с инструментами моделирования и симуляции для создания цифровых двойников; • инструментами использования фреймворков глубокого обучения (TensorFlow, PyTorch) и библиотек компьютерного зрения (OpenCV); • навыками работы с промышленными протоколами и платформами сбора данных (OPC UA, MQTT, Kafka); • технологиями развёртывания и мониторинга ИИ-модулей в промышленной среде; • средствами построения дашбордов и визуализации данных цифрового двойника
ПК-13.5. Разрабатывает, адаптирует и внедряет генеративные нейронные сети для решения практических задач, включая создание новых архитектур, оптимизацию обучения и промышленное развертывание моделей (DL-1.6, уровень Б) **Знать** • архитектуру GAN для генерации синтетических данных о расходе сырья; • метрики FID и IS для оценки качества генеративных моделей; • сценарии применения VAE для моделирования редких событий (брак продукции). **Уметь** • обучать GAN на малых датасетах с использованием техники spectral normalization; • генерировать данные с заданными характеристиками (например, дефекты определённого типа); • настраивать баланс Generator/Discriminator через гиперпараметры. **Владеть** • методами стабилизации обучения GAN (WGAN-GP, gradient penalty); • техниками fine-tuning предобученных генеративных моделей; • инструментами оценки этичности генерируемого	

контента (анализ смещений в данных).	(Grafana); • навыками проектировани я графовых структур для моделирования сложных производствен ных систем; • навыками проведения сценарного анализа и оптимизации на базе цифрового двойника; • навыками управления проектами цифровых двойников (оценка сроков, ресурсов, рисков).
ПК-13.6. Разрабатывает, обучает и внедряет графовые нейронные сети (GNN) для решения задач анализа графовых данных, включая создание архитектур, обработку графов различных типов и промышленное развертывание моделей (DL-1.8, уровень Б) **Знать** • представление производственных процессов как графов (вершины — цеха, рёбра — потоки продукции); • механизмы агрегации сообщений в GCN и GAT; • задачи на графах: оптимизация логистики, анализ взаимосвязей параметров. **Уметь** • строить графы с атрибутами (пропускная способность, задержки); • выбирать архитектуру GNN под задачу предсказания узких мест; • обрабатывать графы переменной размерности через padding/masking. **Владеть** • библиотеками PyG и DGL для реализации GNN; • методами эмбеддинга графов (Node2Vec); • инструментами визуализации графовых структур (Gephi, NetworkX).	
ПК-13.7. Применяет, адаптирует и разрабатывает методы дообучения нейронных сетей для эффективной адаптации моделей к новым задачам и доменам (DL-1.12, уровень Б) **Знать** • подходы transfer learning для адаптации моделей к новым типам материалов; • техники domain adaptation (CORAL, adversarial training) для	

смены производственных линий; • стратегии постепенного дообучения (progressive unfreezing). **Уметь** • адаптировать модели к малым датасетам через few-shot learning; • выявлять катастрофическое забывание (catastrophic forgetting) по метрикам; • оценивать необходимость полного переобучения / дообучения. **Владеть** • методами активного обучения для отбора информативных примеров; • инструментами мониторинга смещения данных (data drift); • техниками обучения с подкреплением для адаптации моделей.	
ПК-14.1. Применяет известные архитектуры генеративных глубоких нейронных сетей для решения прикладной задачи (генерация текста, генерация изображений по тексту, синтез речи и т.д.), при необходимости проводя дообучение на наборах данных (DL-2.1, уровень Б) **Знать** • типовые архитектуры для генерации текста (T5 для технических описаний), изображений (StyleGAN для дизайна продукции); • способы оценки качества генерации (BLEU для текста, FID для изображений); • этические ограничения (генерация фейковых данных о качестве продукции). **Уметь** • дообучать Stable Diffusion на датасете изображений выпускаемой продукции; • интегрировать генеративные модели в пайплайны контроля качества;	

• корректировать генерацию через промптинжиниринг (текстовые описания дефектов). **Владеть** • инструментами мультимодальной генерации (текст - изображение); • методами постобработки результатов (фильтрация артефактов); • техниками контроля достоверности генерируемых данных.	
ПК-14.2. Имплементирует известные архитектуры генеративных сетей, реализует пайплайны их обучения на датасетах и вывод генеративных моделей в продуктивную среду (DL-2.2, уровень Б) **Знать** • этапы пайплайна: сбор данных - предобработка - обучение - валидация - развёртывание; • форматы сохранения моделей (ONNX, TorchScript) для inference; • требования к инфраструктуре (GPU, RAM) для генеративных моделей. **Уметь** • автоматизировать обучение через скрипты (Bash, Python); • развёртывать модели как микросервисы (Docker, FastAPI); • мониторить производительность через логи и метрики (latency, throughput). **Владеть** • CI/CD-пайплайнами для генеративных моделей (GitHub Actions, GitLab CI); • инструментами A/B тестирования генерации; • методами кэширования и пакетной генерации для снижения latency.	
ПК-23.1. Осуществляет запуск и ведение проекта в области ИИ, в том числе планирование и	

контроль задач, оценку ресурсов (LC-4.1, уровень Б) **Знать** • Основные методологии управления ИИ-проектами (Agile, Scrum, Kanban) и особенности их применения на этапах сбора данных, обучения моделей и внедрения решений. • Состав ключевой проектной документации для ИИ-систем: техническое задание, roadmap, план рисков, протокол валидации модели, отчёт о внедрении. • Методы оценки ресурсов и затрат для ИИ-проектов: расчёт потребности в GPU/TPU, объёме хранилища, бюджете на разметку данных и облачные сервисы. **Уметь** • Составлять календарные планы и дорожные карты ИИ-проектов с выделением этапов: сбор и разметка данных - обучение модели - валидация - деплоймент - мониторинг. • Оценивать трудозатраты на задачи ML-разработки (в Story Points или часах), включая предобработку данных, подбор архитектуры и настройку гиперпараметров. • Управлять изменениями в требованиях (например, корректировка KPI модели) без срыва сроков, формируя приоритеты в бэклоге задач. **Владеть** • Инструментами проектного менеджмента: СФЕРА.Задачи (управление задачами), GanttPRO (календарное планирование), Confluence/Notion (документооборот). • Методиками мониторинга и отчётности: дашбордами (Grafana, Kibana), автоматизированными отчётами о деградации модели, логированием экспериментов (MLflow, Weights & Biases).	

• Практиками координации команд: организацией синхронной работы ML-специалистов и производственников, проведением демо-презентаций для заказчиков, управлением конфликтами интересов (например, между точностью модели и стоимостью внедрения).	
ПК-35.1. Применяет (проводя выбор и эксперименты) известные алгоритмы и библиотеки компьютерного зрения, предобученные глубокие нейросетевые модели для прикладных задач анализа изображений и видеопотока, при необходимости дообучая и валидируя на собственных наборах данных (DL-3.1, уровень Б). **Знать** - архитектуры и принципы работы современных моделей компьютерного зрения и глубокого обучения; - методы дообучения (fine-tuning) и переноса обучения (transfer learning) для адаптации предобученных моделей; - подходы к валидации и тестированию моделей компьютерного зрения на различных наборах данных. **Уметь** - применять известные алгоритмы и библиотеки компьютерного зрения (OpenCV, TensorFlow, PyTorch) для решения прикладных задач анализа изображений; - проводить эксперименты по дообучению и валидации моделей на собственных наборах данных; - анализировать результаты работы моделей в различных условиях (освещение, ракурс, качество изображения) и	

выявлять граничные случаи. **Владеть** - навыками отбора и подготовки датасетов для задач компьютерного зрения; - технологиями дообучения (fine-tuning) предобученных моделей из репозиториев (Hugging Face, TensorFlow Hub); - методами комплексной валидации CV-моделей.		
ПК-35.2. Имплементирует известные алгоритмы, архитектуры и модели компьютерного зрения на реальных данных, строит пайплайны обучения моделей и развертывания сервисов компьютерного зрения в продуктивной среде (DL-3.3, уровень Б) **Знать** - принципы построения end-to-end пайплайнов машинного обучения; - архитектурные подходы и инструменты для развертывания ML-сервисов; - требования к промышленной эксплуатации сервисов CV. **Уметь** - имплементировать алгоритмы компьютерного зрения на реальных данных с построением воспроизводимых пайплайнов обучения моделей; - проектировать и разрабатывать микросервисы для инференса моделей компьютерного зрения; - автоматизировать процессы обучения, тестирования и развертывания моделей с использованием CI/CD практик. **Владеть** - навыками работы с инструментами контейнеризации (Docker) и фреймворками для развертывания моделей (FastAPI, MLflow) в		

продуктивной среде; - практическими навыками построения end-to-end пайплайнов компьютерного зрения; - компетенциями в области тестирования устойчивости и генерализации моделей компьютерного зрения.		

Типовые контрольные задания или иные материалы

Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Дайте определение цифрового двойника. Чем он отличается от цифровой модели, цифрового прототипа и цифровой тени? Приведите примеры для каждого понятия.
2. Опишите жизненный цикл цифрового двойника: этапы создания, эксплуатации и обновления. Какие данные и модели требуются на каждом этапе?
3. Перечислите основные типы цифровых двойников (продукта, процесса, системы, предприятия). Для каждого укажите ключевые задачи и метрики эффективности.
4. Раскройте концепцию «уровней зрелости» цифрового двойника (по аналогии с уровнями Gartner или отраслевыми моделями). Как переход на более высокий уровень влияет на архитектуру и требования к данным?
5. Какие математические методы применяются при построении цифровых двойников? Соотнесите типы задач (прогнозирование, оптимизация, диагностика) с подходящими методами (дифференциальные уравнения, регрессия, байесовские сети и т.п.).
6. Объясните роль неопределённости и валидации моделей в цифровых двойниках. Какие метрики используют для оценки точности и надёжности?
7. Опишите типовую архитектуру цифрового двойника предприятия. Укажите основные слои (физический объект, сбор данных, моделирование, аналитика, интерфейс) и их взаимодействие.
8. В чём заключаются особенности моделирования жизненного цикла продукции в рамках цифрового двойника? Как учитываются этапы проектирования, производства, эксплуатации и утилизации?
9. Перечислите ключевые экономические показатели эффективности проектов цифровых двойников. Как рассчитывается ROI и какие факторы влияют на срок окупаемости?
10. Раскройте этические и регуляторные аспекты внедрения цифровых двойников в промышленности. Какие риски связаны с конфиденциальностью данных, ответственностью за решения и соответствием стандартам (ISO, ГОСТ, отраслевые нормы)?
11. Сформулируйте требования к цифровому двойнику производственной линии с учётом технологических ограничений (точность датчиков, задержки передачи данных, вычислительные ресурсы). Какие компромиссы придётся учесть?
12. Предложите подход к выбору математической модели для прогнозирования износа оборудования. Обоснуйте выбор между физикой-основанной моделью, статистической моделью и гибридным подходом.
13. Опишите, как интегрировать разнородные источники данных (датчики, ERP, PLM, журналы техобслуживания) в единую систему цифрового двойника. Какие проблемы могут возникнуть и как их решить?
14. Разработайте план проектирования и обучения нейронной сети для моделирования производственного процесса. Укажите этапы (сбор данных, предобработка, выбор архитектуры, обучение, валидация) и критерии успеха.
15. Приведите пример применения компьютерного зрения в цифровом двойнике. Опишите постановку задачи, выбор метрик качества и ограничения метода.
16. Предложите сценарий симуляции на базе генеративных моделей для анализа производственных рисков. Какие входные данные и допущения необходимы?
17. Опишите подход к адаптации и дообучению модели в условиях изменяющейся промышленной среды (новые режимы работы, изменение состава сырья). Как оценить необходимость дообучения?

18. Разработайте архитектуру цифрового двойника с учётом масштабируемости и безопасности. Какие технологии и практики помогут обеспечить отказоустойчивость и защиту данных?
19. Проведите оценку экономической эффективности и рисков проекта цифрового двойника для конкретного сценария (например, оптимизация энергопотребления цеха). Какие допущения и источники неопределённости нужно учесть?
20. Опишите, как документировать проектные решения и презентовать результаты проекта цифрового двойника стейкхолдерам (инженерам, менеджерам, ИТ-специалистам). Какие диаграммы, графики и отчёты будут наиболее убедительны?
21. Опишите назначение и особенности промышленных протоколов OPC UA, MQTT и Kafka. В каких сценариях целесообразно использовать каждый из них при построении цифрового двойника?
22. Приведите примеры инструментов моделирования и симуляции (AnyLogic, MATLAB/Simulink и др.) и соотнесите их с типами задач цифрового двойника (дискретно-событийное моделирование, системная динамика, мультифизическое моделирование).
23. Сравните фреймворки глубокого обучения TensorFlow и PyTorch с точки зрения применения в промышленных сценариях. Укажите преимущества и недостатки каждого для задач прогнозирования и классификации.
24. Опишите основные возможности библиотеки OpenCV для задач компьютерного зрения в цифровых двойниках. Приведите 2–3 типовых сценария использования (детекция, трекинг, сегментация).
25. Объясните, как развернуть и мониторить ИИ-модуль в промышленной среде. Какие компоненты (контейнеры, оркестрация, логирование, алерты) необходимы для обеспечения устойчивости?
26. Опишите возможности Grafana для построения дашбордов цифрового двойника. Какие типы визуализаций (графики, карты, таблицы) наиболее полезны для разных групп пользователей?
27. Приведите пример проектирования графовой структуры для моделирования сложной производственной системы (например, цепочки поставок или технологической линии). Какие сущности и связи следует выделить?
28. Опишите подход к сценарному анализу и оптимизации на базе цифрового двойника. Какие методы (линейное программирование, имитационное моделирование, метаэвристики) целесообразно применять и почему?
29. Перечислите ключевые практики управления проектами цифровых двойников. Как оценивать сроки, ресурсы и риски на разных этапах проекта?
30. Приведите чек-лист для проверки воспроизводимости результатов проекта цифрового двойника (скрипты, данные, конфигурации, отчёты). Какие элементы помогут другим специалистам повторить и проверить вашу работу?

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**27.10.26** 14:39 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**27.10.26** 14:39 (MSK)	Простая подпись