

УДК 004.89

## МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВА

Егорова Е.В. (ИТМО), Дзюба М.О. (ИТМО),

Тучин В.С. (ИТМО), Васильев Н.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, Ефимова В. А.  
(ИТМО)

**Введение.** В работе рассматривается задача автоматизированного построения цифрового двойника производства на основе мультиагентной системы. Цифровой двойник (ЦД) производства представляет собой виртуальную копию реального производственного процесса, предназначенную для моделирования, симуляции и оптимизации параметров производственного цикла. Применение ЦД позволяет выявлять неэффективности и ошибки, снижать затраты на прототипирование и тестирование, оптимизировать ресурсы и сократить время производственного цикла, а также повысить качество продукции и обеспечить адаптацию к изменениям в процессе или по требованию заказчиков [2]. В отличие от существующих решений, ориентированных преимущественно на генерацию симуляционного кода конкретного объекта, предложенный подход включает анализ текстовой документации, проектирование и конфигурацию базы данных, обработку данных сенсоров и видеопотока в единую интеллектуальную систему.

**Основная часть.** В данной работе предлагается архитектура мультиагентной системы, реализующая решение задачи построения цифрового двойника. В систему входят следующие агенты: взаимодействие с пользователем, анализ документации, обнаружение концептуального рассогласования (concept drift detection), управление данными и построение цифрового двойника. Агент взаимодействия с пользователем уточняет требования и переводит их в структурированную задачу. Агент анализа документации формирует представление о запрашиваемых датчиках на основе официальной документации. Модуль обнаружения drift обеспечивает контроль согласованности требований и эволюции модели. Агент управления данными генерирует и конфигурирует информационную модель, включая схему базы данных и функции интеграции с источниками данных. Поддерживается получение сигналов с промышленных датчиков (температура, давление, вибрация, износ, RFID) и видеоданных по протоколам GigE Vision, RTSP и ONVIF. Агент цифрового двойника формирует имитационную модель производственного процесса и обеспечивает её интеграцию с информационной моделью. Архитектура поддерживает замкнутый контур управления, при котором данные сенсоров сохраняются в БД, анализируются и используются для адаптивной корректировки параметров симуляции.

Для оценки качества генерации цифровых двойников использована адаптированная методология SimBench [3]. В отличие от оригинального подхода, ориентированного только на проверку кода симуляции, адаптированная версия включает три этапа: генерацию информационной модели (схемы БД), генерацию физической модели с интеграцией данных и реализацию логики замкнутого управления. Оценка проводилась J-LLM по шести критериям с итоговой шкалой 0-100.

Средний результат составил 53/100, наилучшие показатели получены на этапе интеграции с БД (58/100). Метрика pass@1 достигла ≈62% (5 из 8 сценариев признаны функционально рабочими).

**Выводы.** Разработана архитектура мультиагентной системы для автоматизированного построения цифрового двойника производства. С помощью адаптированной методологии SimBench была проведена оценка качества генерации

цифровых двойников. Экспериментальные результаты подтверждают эффективность распределения задач между специализированными агентами и демонстрируют потенциал многоагентного подхода для автоматизации построения цифровых двойников производственных систем.

**Список использованных источников:**

1. Гостева, О. В. Особенности применения цифровых двойников на российских промышленных предприятиях / О. В. Гостева, О. В. Пацук // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 8(134). – DOI 10.23670/IRJ.2023.134.14. – EDN LQOQTW.
2. Сосфенов Д. А. Цифровой двойник: история возникновения и перспективы развития // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023. №4.
3. Wang J. et al. SimBench: A Rule-Based Multi-Turn Interaction Benchmark for Evaluating an LLM's Ability to Generate Digital Twins //arXiv preprint arXiv:2408.11987. – 2024.