

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ЛОГИСТИКЕ

Ушаков В.А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого,
Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург,
e-mail: ushakov_va@spbstu.ru*

Цифровой двойник (Digital Twin) [1] определяется как виртуальная динамическая модель физического объекта, процесса или системы, синхронизированная с ним в режиме реального времени посредством потоков данных от датчиков Интернета вещей (IoT) [2], телематики и корпоративных систем. Если первоначально технология фокусировалась на имитации и мониторинге, то сегодня её ядро сместилось в сторону предиктивного управления и оптимизации. Эволюция цифровых двойников в логистике характеризуется несколькими взаимосвязанными направлениями.

Сегодня наблюдается четкий тренд движения от создания двойников отдельных активов (грузовик, робот-погрузчик) к моделированию сложных систем [3] и сквозных процессов. Компании строят цифровых двойников целых складов, транспортных сетей и, в перспективе, глобальных цепочек поставок. Это позволяет перейти от точечной оптимизации к системному анализу, учитывая взаимосвязь всех узлов: от поставщика сырья до конечного потребителя. Например, цифровой двойник склада позволяет оптимизировать не только расстановку паллет, но и моделировать поток заказов, потребность в персонале и работу оборудования в комплексе, что повышает общую пропускную способность на 15-25%.

Интеграция технологий искусственного интеллекта (ИИ) [4] и машинного обучения является ключевым драйвером, превращающим двойника из «зеркала» в «советчика» и

«автопилота». Алгоритмы ИИ анализируют исторические и реальные данные [5] цифрового двойника для:

- прогнозирования сбоев в цепочке поставок, поломок оборудования (предиктивное обслуживание), колебаний спроса;
- динамического пересчета маршрутов с учетом пробок, погоды и стоимости топлива;
- автоматического перераспределения запасов между складами.

Несмотря на потенциал, широкое внедрение цифровых двойников в логистике сталкивается с препятствиями:

- необходимость интеграции разрозненных данных из множества источников (ERP, WMS, IoT, GPS), обеспечение их качества, полноты и актуальности в реальном времени;
- создание точной, динамической модели требует значительных инвестиций в сенсоры, программное обеспечение, моделирование и экспертизу;

- прямая связь цифровой модели с физическими активами создает новые векторы для кибератак, требуя встраивания защиты на уровне архитектуры двойника;

- нехватка специалистов, способных работать на стыке логистики, «науки о данных» и информационных технологий.

В ближайшие 5-10 лет ожидается переход от пилотных проектов к массовому внедрению, чему будет способствовать модель Twin-as-a-Service (TaaS) – облачные сервисы, снижающие порог входа для среднего бизнеса [6]. Роль человека-планировщика трансформируется от оператора к «оркестранту», который задает стратегические цели и контролирует работу автономных систем, управляемых ИИ через цифрового двойника.

Для успешной интеграции компаниям следует начинать с фокусных, но глубоких проектов (например, цифровой двойник одного склада или ключевого транспортного маршрута), обеспечив чистоту данных и поддержку руководства.

Таким образом, цифровые двойники [7] формируют основу для перехода от реактивного управления логистикой к проактивному [8].

Список использованных источников

1. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности : монография / под ред. А.И. Боровкова. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. 492 с.

2. Григорьева Е.Д. Применение технологии Интернета вещей в системе "умная планета" / Е.Д. Григорьева // Образование. Наука. Производство : Сборник докладов XVI Международного молодежного форума, Белгород, 30-31 октября 2024 года. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. С. 79-82. EDN BUZYWU.

3. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. 314 с. DOI: 10.31857/S9785907036321000001 EDN: VVUKQW.

4. Григорьева Е.Д. Применение технологии искусственного интеллекта в метеорологии / Е.Д. Григорьева // Прикладной искусственный интеллект: перспективы и риски: Сборник докладов Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 17 октября 2024 года. Санкт-Петербург: ГУАП, 2024. С. 234-235. EDN CLWRNW.

5. Лисюков Д.С. Методы управления данными в организации: принципы, проблемы и перспективы / Д.С. Лисюков, Е.А. Яковлева // Инновационное приборостроение. 2024. Т.3, №3. С. 40-47. DOI 10.31799/2949-0693-2024-3-40-47. EDN FVWLNE.

6. Ватолкина Н.Ш. Управление качеством в сфере услуг в условиях цифровой трансформации экономики. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 179 с.

7. Kalinina E.A. Digital transformation in logistics using digital twin technology / E. A. Kalinina // Technoeconomics. 2024. Vol. 3, No. 3(10). P. 48-56. DOI 10.57809/2024.3.3.10.5. EDN VKVIWL.

8. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов: монография. М.: Наука, 2006. 410 с. EDN: QMPREP.