

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОМОЩНИК ДИСПЕТЧЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМИ УЗЛАМИ

В.И. Инюшина¹, З.Е. Золотухин², Е.В. Тунгусова³

^{1,2,3} Владивостокский государственный университет, г. Владивосток, Россия

В статье рассматривается проблема повышения эффективности оперативного управления мультимодальными транспортными узлами (МТУ), где одновременно работают железная дорога, автотранспорт и морские терминалы в условиях высокой неопределенности и стохастичности входных потоков. Диспетчеры таких объектов ежедневно сталкиваются с большим объемом информации, непредвиденными задержками и необходимостью быстро принимать решения. Из-за этого возникают простои, сбои в графиках и лишние затраты. Предложена концепция интеллектуального помощника диспетчера, базирующаяся на гибридной архитектуре, объединяющей методы ситуационного анализа, имитационного моделирования и рекомендательных систем. Такой помощник берет на себя рутинную работу: собирает данные, предупреждает о возможных проблемах заранее и предлагает готовые варианты действий.

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, диспетчерское управление, интеллектуальные транспортные системы, цифровой двойник, имитационное моделирование, транспортно-логистические узлы, оптимизация перевозочного процесса.

Современные мультимодальные транспортные узлы (МТУ) представляют собой сложные системы, где пересекаются потоки различных видов транспорта: железнодорожного, автомобильного, морского (речного) и, часто, контейнерных терминалов. Эффективность функционирования таких узлов критически зависит от качества диспетчерского управления.

Диспетчер МТУ каждую секунду сталкивается с непрерывным потоком данных: телеметрия с датчиков, заявки на перевалку, статусы пограничных и таможенных служб, кадровые ресурсы, поломки оборудования и погодные условия. Практика показывает, что до 70% рабочего времени диспетчера уходит не на принятие решений, а на сбор и проверку данных. В результате важные решения принимаются в условиях дефицита времени, часто интуитивно, что приводит к простоям транспорта, неэффективному использованию дорогостоящей техники и росту операционных затрат.

Существующие информационные системы (TOS, WMS, ИСУЖТ) решают задачи учета и документооборота, но не обладают функционалом управления и не умеют предсказывать развитие ситуации и подсказывать диспетчеру, как лучше поступить в нестандартной ситуации.

Целью данной работы является разработка архитектуры интеллектуального помощника диспетчера (ИПД), способного в режиме реального времени прогнозировать возникновение конфликтных ситуаций в МТУ и предлагать оптимальные управленческие воздействия.

Анализ предметной области и постановка задачи

Управление мультимодальным узлом сопряжено с тремя фундаментальными проблемами:

Высокая размерность пространства состояний. Количество контролируемых параметров может достигать нескольких тысяч (позиции кранов, уровни загрузки складов, очереди на въезд).

Стохастичность. Отклонения в графике прибытия поездов/судов, «человеческий фактор» на складах временного хранения.

Нечеткость целей. Диспетчер должен одновременно минимизировать операционные затраты, соблюдать время обработки и равномерно загружать инфраструктуру.

Существующие подходы к автоматизации (системы класса APS — Advanced Planning Systems) часто ориентированы на статическое планирование и не адаптируются к динамике внутрисменных изменений.

Что такое интеллектуальный помощник диспетчера

Интеллектуальный помощник диспетчера (ИПД) — это программная система, которая объединяет в себе три ключевые функции:

Наблюдение — система постоянно собирает данные со всех датчиков, камер, систем учета и отслеживания транспорта. Она видит, что происходит на узле в каждый момент времени.

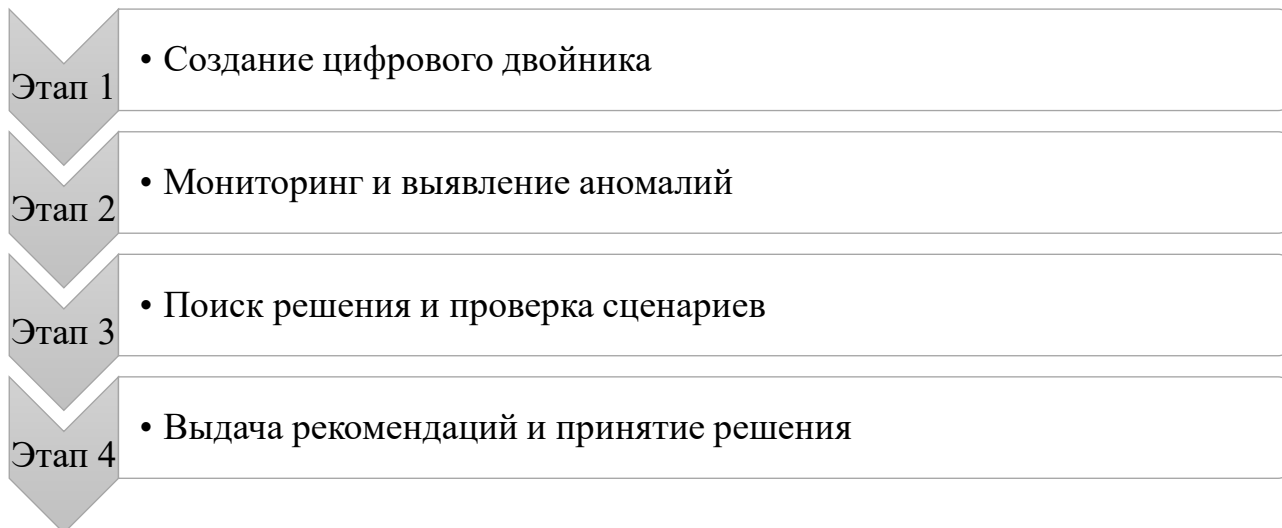
Прогнозирование — на основе текущей ситуации и исторических данных система предсказывает, что произойдет через час, два или четыре. Например, она может определить, что через два часа на въезде скопится очередь из 20 грузовиков, если не изменить порядок работы ворот.

Рекомендация — когда система видит приближающуюся проблему, она предлагает диспетчеру конкретные варианты действий. Причем каждый вариант предварительно проверяется на виртуальной модели узла, чтобы убедиться, что он действительно сработает.

Главная идея ИПД — не заменять диспетчера, а взять на себя рутинную работу по сбору информации и расчету последствий, чтобы человек мог сосредоточиться на действительно важных стратегических решениях.

Как это работает: четыре этапа

Работа интеллектуального помощника строится вокруг четырех последовательных этапов, которые повторяются непрерывно в течение всей смены



Этап 1. Создание цифрового двойника

Прежде чем что-то прогнозировать и рекомендовать, система должна «понимать», что происходит на узле в реальном времени. Для этого создается цифровой двойник — точная виртуальная копия всего транспортного узла.

Цифровой двойник включает в себя:

Инфраструктуру: пути, ворота, причалы, склады, краны — со всеми их характеристиками (скорость работы, вместимость, режим работы).

Транспортные единицы: поезда, суда, грузовики — с их местоположением, статусом, плановым временем прибытия и обработки.

Грузы: контейнеры, тяжеловесы, опасные грузы — с их маршрутами, приоритетами и требованиями к обработке.

Ресурсы: люди (бригады, водители, операторы кранов) и техника (погрузчики, тягачи)

Данные поступают в цифровой двойник автоматически из разных источников: систем спутникового слежения (ГЛОНАСС/GPS), железнодорожной автоматики, складских систем учета, камер видеонаблюдения и даже погодных сервисов. В результате у диспетчера на экране — не просто таблицы с цифрами, а живая картинка того, что происходит на узле в данный момент.

Этап 2. Мониторинг и выявление аномалий

Следующий шаг — система постоянно сравнивает то, что происходит, с тем, что должно было происходить по плану.

Если все идет штатно, помощник просто наблюдает и не отвлекает диспетчера. Но как только возникает отклонение — поезд опаздывает на 30 минут, кран сломался, на въезде образовалась пробка — система фиксирует это как «аномалию» и переходит к следующему этапу.

Важно, что система замечает не только уже случившиеся проблемы, но и те, которые только назревают. Например, если два крана работают медленнее обычного, помощник рассчитывает, что через час начнет расти очередь судов, и предупреждает об этом заранее.

Этап 3. Поиск решения и проверка сценариев

Когда проблема обнаружена или спрогнозирована, помощник начинает искать варианты ее решения. Здесь используется так называемый «прецедентный подход» — система хранит базу знаний о том, как подобные ситуации решались раньше.

База знаний собирает опыт лучших диспетчеров: если в прошлом при опоздании поезда помогло переключить краны на обработку грузовиков, этот сценарий сохраняется. Если в другой раз сработал вариант с переносом части грузов на ночную смену — он тоже запоминается.

Если подходящего готового решения нет, система не паникует. Она запускает «имитационное моделирование» — проигрывает несколько вариантов действий на виртуальной модели узла и смотрит, к чему они приведут.

Например, система может предложить три варианта:

1. Перераспределить краны: два крана на разгрузку поезда, один на погрузку грузовиков.
2. Перенаправить часть грузовиков на резервные ворота.
3. Задержать начало обработки одного из судов на 40 минут.

Каждый вариант «прогоняется» в цифровом двойнике, и система оценивает последствия: сколько простоит транспорт, как изменится загрузка техники, не возникнут ли новые проблемы.

Этап 4. Выдача рекомендаций и принятие решения

После того как варианты проверены, помощник выводит диспетчеру понятную рекомендацию. Не в виде сложных графиков и таблиц, а в виде простого предложения: «Рекомендуется переключить кран №3 на обработку контейнеровоза „Северный“, это сократит очередь на 2 часа».

Диспетчер видит не только саму рекомендацию, но и краткое обоснование — почему это лучший вариант, и какие будут последствия, если выбрать другой вариант. При этом окончательное решение всегда остается за человеком. Диспетчер может принять предложение, скорректировать его или отклонить и действовать по-своему.

Важно, что помощник учится на решениях диспетчера. Если диспетчер часто отклоняет определенный тип рекомендаций и выбирает другой вариант, система со временем адаптируется и начинает предлагать те решения, которые больше соответствуют стилю работы конкретного человека.

Как помощник общается с диспетчером

Один из ключевых принципов ИПД — не перегружать диспетчера лишней информацией. Вместо того чтобы показывать все данные на одном экране, система использует принцип «контекстной осведомленности».

Основной экран — это схематичное изображение узла, где цветом выделены проблемные зоны. Например:

Зеленый — все штатно.

Желтый — через час возможна проблема.

Красный — проблема уже возникла.

Диспетчер видит общую картину и может быстро оценить, где требуется его внимание.

Всплывающие подсказки появляются только тогда, когда система обнаруживает проблему и готова предложить решение. Подсказка содержит краткое описание ситуации, предложение и кнопки для быстрого принятия решения: «Принять», «Изменить», «Отклонить».

Детальный анализ доступен по запросу. Если диспетчер хочет разобраться глубже, он может открыть расширенный вид с графиками, прогнозами и сравнением вариантов. Но в обычном режиме интерфейс остается чистым и минималистичным.

Такая организация позволяет диспетчеру не отвлекаться на постоянный мониторинг, а сосредоточиться на управлении только в критические моменты.

Что дает использование помощника

Опыт внедрения подобных систем (на примере имитационного моделирования крупного контейнерного терминала) показывает следующие результаты:

1. Снижение простоев. Транспортные единицы (поезда, грузовики) проводят в очереди на 20–25% меньше времени. Это происходит потому, что помощник заранее перераспределяет ресурсы, не дожидаясь, пока очередь вырастет.

2. Повышение эффективности техники. Краны, погрузчики и ворота используются более равномерно. Вместо того чтобы простаивать в ожидании транспорта, они загружаются планомерно. Коэффициент полезного использования техники вырастает на 15–20%.

3. Снижение нагрузки на диспетчера. Диспетчер тратит меньше времени на рутинные операции и стрессовые ситуации. Количество переработок сокращается, а качество решений повышается, потому что человек работает не в режиме постоянного «пожарного», а спокойно и вдумчиво.

4. Снижение штрафов и срывов графиков. Мультимодальные перевозки часто связаны с жесткими «зелеными окнами» — временными интервалами, в которые должен быть выполнен определенный объем работ. Помощник помогает соблюдать эти окна, заранее корректируя планы при возникновении задержек.

Заключение

Интеллектуальный помощник диспетчера — это не замена человека, а инструмент, который позволяет сделать работу диспетчера более эффективной и комфортной. Система берет на себя сбор данных, прогнозирование проблем, поиск решений и проверку сценариев, оставляя человеку главное — принятие ответственных решений и стратегический контроль.

Практическая ценность такого подхода заключается в том, что он позволяет повысить пропускную способность существующих транспортных узлов без строительства новых мощностей, снизить операционные затраты и улучшить условия труда диспетчерского персонала.

Дальнейшее развитие системы связано с внедрением более точных методов прогнозирования, расширением базы знаний за счет опыта работы на разных узлах, а также с интеграцией с городскими транспортными системами для более эффективного планирования въезда и выезда грузового транспорта.

Список литературы

1. Иванов А.В. Когнитивная нагрузка операторов транспортных узлов / А.В. Иванов, С.С. Петров // Логистика и управление цепями поставок. — 2023.
2. Майоров А.В. Цифровые двойники и их экономически целесообразное использование в сфере логистики / А.В. Майоров, Н.Ю. Егорова // Техник транспорта: образование и практика. — 2024.
3. Боков Г.О. Мультимодальная платформа ИИ для автономного транспорта / Г.О. Боков // Информационные технологии. — 2025.
4. Сидоров А.А. Имитационное моделирование работы контейнерного терминала / А.А. Сидоров // Морские интеллектуальные технологии. — 2023.
5. Смирнов Е.А. Гибридное моделирование в задачах управления транспортными потоками / Е.А. Смирнов // Вестник транспорта Поволжья. — 2023.
6. Никитин А.Р. Интеграция TOS и WMS в едином информационном пространстве МТУ / А.Р. Никитин // Логистика сегодня. — 2024.
7. Федоров И.Н. Анализ стохастических процессов в мультимодальных узлах / И.Н. Федоров, Т.П. Гришина // Транспорт: наука, техника, управление. — 2025.
8. Королев В.С. Методология построения рекомендательных систем для диспетчерского управления / В.С. Королев // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2024.
9. Писарев М.В. Внедрение интеллектуальных цифровых решений для управления надёжностью транспортно-технологических комплексов / М.В. Писарев, П.В. Шепелина // Universum: технические науки. — 2025. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-intellektualnyh-tsifrovyyh-resheniy-dlya-upravleniya-nadyozhnostyu-transportno-tehnologicheskikh-kompleksov>
10. Гузь А.Р. Цифровой двойник в интеллектуальной транспортной системе / А.Р. Гузь, С.В. Пальмов // Региональная и отраслевая экономика. — 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-v-intellektualnoy-transportnoy-sisteme>
11. Щербаков М.А. Цифровой двойник мобильного транспортного робота / М.А. Щербаков, Н.В. Азарнов, С.Д. Кашицын и др. // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. — 2025. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-mobilnogo-transportnogo-robota>

Благодарности. Сведения о научном руководителе

Научный руководитель: Тунгусова Елена Владимировна, кандидат экономических наук, доцент, Владивостокский государственный университет, кафедра транспортных процессов и технологий, Владивосток, Россия.