

Ашуркина Дарья Сергеевна

преподаватель

Красноярский филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет

при Правительстве Российской Федерации»

г. Красноярск, Красноярский край

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НА МАРШРУТЕ: КАК НЕЙРОСЕТИ ОПТИМИЗИРУЮТ ПРОЦЕССЫ ЛОГИСТИКИ

***Аннотация:** актуальность исследования обусловлена экспоненциальным ростом объема перевозок в условиях развития электронной коммерции и урбанизации, что делает традиционные методы диспетчеризации, основанные на человеческом опыте и статических алгоритмах, недостаточно эффективными. В статье рассматривается проблематика внедрения технологий искусственного интеллекта, в частности нейросетевых моделей, в процессы оперативного управления логистическими маршрутами. Методологическую базу исследования составил анализ современных научных публикаций и отраслевых отчетов, посвященных применению графовых нейронных сетей, моделей пространственно-временного внимания, а также мультиагентных систем в логистике. В результате исследования систематизированы ключевые направления, где искусственный интеллект превосходит человека: обработка данных в реальном времени, учет множества динамических факторов (пробки, погода, срочность заказа), предиктивная аналитика и самообучение. Нейросети не просто автоматизируют рутину, а создают принципиально новый уровень управления – проактивный, способный предвидеть сбои и адаптировать маршруты быстрее и точнее, чем это способен сделать диспетчер в условиях информационной перегрузки.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейросети, оптимизация маршрутов, управление логистическими потоками, предиктивная аналитика, графовые нейронные сети, мультиагентные системы, динамическая маршрутизация, последняя миля, цифровизация логистики.*

Современная логистика столкнулась с вызовом, который можно охарактеризовать как «тирания сложности». Рост электронной коммерции привел к тому, что потребители ожидают доставку «день в день» или даже в часовые интервалы, при этом сохраняя возможность изменить время и место получения заказа в последний момент. Для диспетчера-человека это означает необходимость одновременно удерживать в голове десятки переменных: текущую загрузку дорог, окна загрузки/разгрузки складов, режим труда и отдыха водителей, срочность каждого заказа и даже погодные условия. В таких условиях человеческий мозг неизбежно перегружается, что ведет к субоптимальным решениям и росту издержек [5].

Искусственный интеллект (ИИ), напротив, способен обрабатывать гигантские массивы данных в реальном времени. Если диспетчер прокладывает маршрут, опираясь на прошлый опыт и знание города, то нейросеть анализирует текущую ситуацию и прогнозирует будущую. Как отмечают исследователи, ключевой тренд последних лет – переход от статической маршрутизации к предиктивной, основанной на самообучающихся алгоритмах [7; 8].

Технологическая база современных систем ИИ в логистике далека от единообразия. Для решения задачи оптимизации маршрутов применяются различные классы нейросетевых архитектур, каждая из которых отвечает за определенный аспект проблемы.

Транспортная сеть по своей природе является графом, где узлы – это точки погрузки/выгрузки, а ребра – дороги между ними. Традиционные алгоритмы видят только «вес» ребра (расстояние или время в покое). Графовые нейронные сети (GNN) позволяют учитывать контекст узла: загруженность склада, наличие свободных доков, историю задержек именно в этом логистическом узле [6].

Исследования показывают, что GNN способны агрегировать информацию от соседних узлов, формируя векторное представление, учитывающее как локальные, так и глобальные особенности сети [6]. Это позволяет прогнозировать задержки не на всем маршруте, а на конкретных участках, и перестраивать путь до того, как водитель въедет в проблемную зону.

Динамика логистических сетей проявляется в двух измерениях: пространственном (изменение топологии из-за перекрытий дорог или недоступности узлов) и временном (колебания времени и стоимости проезда по одному и тому же маршруту в разное время суток). Для решения этой проблемы исследователями из Гонконга была предложена модель STAR (Spatial-Temporal Attention Reasoning) на основе обучения с подкреплением [4].

STAR уникальным образом комбинирует три модуля: топологически-ориентированную графовую сверточную сеть (TAGCN) для учета структуры сети, рекуррентную нейронную сеть (TCRNN) для анализа временной динамики и модуль иерархического вознаграждения, который учит систему соблюдать требования по времени прибытия и типу транспорта. В экспериментах на реальных кейсах модульного строительства в дельте Жемчужной реки STAR показал способность адаптивно выбирать наиболее экономически эффективные маршруты в условиях быстро меняющейся обстановки [4].

Отдельное направление – автоматизация не только дорожных маршрутов, но и территории склада. Российская практика показывает успешное внедрение мультиагентных систем, где каждый агент (менеджер времени, менеджер ворот, менеджер двора) отвечает за свой участок. Они обмениваются событиями и принимают решения без участия человека: переназначают слоты, открывают въезды, перестраивают очереди на контрольно-пропускной пункт. Система не просто реагирует, а обучается в процессе, обращаясь к оператору только в нестандартных ситуациях для подтверждения корректных действий [2].

Анализ научной и отраслевой литературы позволяет количественно оценить преимущество нейросетей перед человеком-диспетчером.

Системы на базе ИИ демонстрируют способность к многокритериальной оптимизации в реальном времени. Эксперименты с гибридными моделями, объединяющими рекуррентную нейронную сеть LSTM (Long Short-Term Memory) для учета динамики трафика и нейронную сеть прямого распространения FNN (Feedforward Neural Network) для статических характеристик (адрес, вес груза), показали сокращение времени доставки в среднем на 15–20% по сравнению с

традиционными методами планирования [10]. В одном из описанных кейсов доставка 10 кг груза в деловой квартал заняла 29 минут при затратах 34 юаня, что было признано высокоэффективным результатом [10].

Критически важным является фактор предсказательности. Диспетчер видит проблему, когда она уже случилась (водитель позвонил и сообщил о пробке). ИИ прогнозирует проблему. Исследования с использованием графовых нейросетей подтвердили, что модели GNN способны с высокой точностью прогнозировать задержки на конкретных участках маршрута, что позволяет системе заранее перенаправить транспорт [6]. Это превращает управление из реактивного в проактивное.

ИИ обеспечивает устойчивость к «человеческому фактору». Диспетчер может устать, заболеть, потерять концентрацию или просто не знать нюансов нового района. Мультиагентная система KONCRIT | YMS, как заявляют разработчики, полностью заменяет операторские действия, адаптируя правила «на лету»: переназначает слоты, меняет приоритеты заказов в зависимости от срочности, перераспределяет поток машин между контрольно-пропускными пунктами [2]. Это не только повышает скорость, но и нивелирует ошибки, связанные с невнимательностью.

Почему же нейросеть «быстрее» диспетчера? Дело не только в тактовой частоте процессора против скорости нервных импульсов. Ключевое различие – в широте охвата данных. Диспетчер, даже самый опытный, оперирует ограниченным числом параметров. Нейросеть, особенно построенная на принципах графовых сетей и механизмов внимания, учитывает тысячи факторов одновременно.

Кроме того, важно понятие «объяснимости». Долгое время считалось, что нейросети – это «черный ящик», и логист не может доверять решению, которое он не понимает. Однако современные системы, такие как мультиагентные платформы, стремятся к объяснимости: каждое решение ИИ-агента может быть проверено и обосновано [2]. Это снимает психологический барьер для внедрения.

Тем не менее, остается ряд ограничений. ИИ требует качественных данных. Для его обучения необходима развитая цифровая инфраструктура (датчики,

телематика, системы учета). Также, как показывают опросы, лишь около 20% компаний прямо используют машинное обучение в логистике, хотя интерес к технологии стремительно растет [7]. Это говорит о том, что эпоха тотальной роботизации диспетчерской еще не наступила, но тренд очевиден.

Нейросетевые технологии в управлении логистическими потоками переходят из разряда экспериментальных в разряд промышленных. Такие архитектуры, как графовые нейронные сети и модели пространственно-временного внимания, позволяют решать задачи, непосильные для человека-диспетчера: обрабатывать потоки данных в реальном времени, прогнозировать динамику транспортной сети и адаптировать маршруты под индивидуальные требования каждого заказа.

Однако внедрение таких систем требует перестройки бизнес-процессов и подготовки персонала к работе в связке с «цифровыми агентами». Будущее логистики видится не в полной замене человека машиной, а в создании эффективной системы симбиоза, где ИИ берет на себя рутину и анализ, а человек – стратегический контроль и решение нестандартных задач. К 2027–2030 годам прогнозная маршрутизация, вероятно, станет стандартом отрасли, особенно в сегментах e-commerce и крупном ритейле [7].

Список литературы

1. О перспективах разработки и применения технологии искусственного интеллекта при реализации транспортно-логистических задач в сфере грузовых перевозок / Б.М. Лapidус, А.Т. Осьминин, А.А. Лазарев, А.В. Кабанов // Железнодорожный транспорт. – 2025. – №5. – С. 4–12. EDN HJDXVF

2. Резванов В.К. Прогнозирование сроков доставки товаров в цепях поставок с использованием методов машинного обучения / В.К. Резванов, О.М. Ромакина, Е.В. Зайцева // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). – 2025. – Т. 25. №2. – С. 120–128. – DOI: 10.23947/2687-1653-2025-25-2-120-128. EDN QBDMMA

3. Machine learning applications for delivery time prediction and freight planning / N.V. Hung, T.T. Huong, N. Tan, T.C. Doan, N.N. Hoang // Информатика и

автоматизация. – 2025. – Vol. 24. No. 5. – Pp. 1379–1407. – DOI: 10.15622/ia.24.5.5.
EDN LYCFPK

4. Enhancing Last-Mile Logistics: AI-Driven Fleet Optimization, Mixed Reality, and Large Language Model Assistants for Warehouse Operations / S. Ieva [et al.] // Sensors. 2025. Vol. 25. No. 9. 2696. DOI: 10.3390/s25092696. EDN PZYNBU

5. Marino C.A. Improving adaptive large neighborhood search: an evaluation of parallel approaches with deep learning integration // Evolutionary Intelligence. 2026. Vol. 19. Article 7. DOI: 10.1007/s12065-025-01115-w. EDN OEJXIG

6. Lu Z. STAR: spatial-temporal attention reasoning model for dynamic logistics network routing in cyber-physical internet / Z. Lu, Z. Zhao, G.Q. Huang // Advanced Engineering Informatics. 2026. Vol. 69. Part A. 103830. DOI: 10.1016/j.aei.2025.103830. EDN WIFBCS

7. A reinforcement learning approach for the dynamic vehicle routing and scheduling problem with stochastic request times and time-dependent, stochastic travel times / D. Chen, C. Imdahl, D. Lai, T. Van Woensel // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2026. Vol. 182. 105387. DOI: 10.1016/j.trc.2025.105387. EDN OAJAAN

8. A Single AI Platform for the Unification of Railway Transport Logistics Processes / O. Rohovyi, V. Samsonkin, O. Yurchenko, G. Bureika // EDCC-C 2025. 2025. Pp. 96–101.