

**Пономаренко Михаил Александрович**

студент

*Научный руководитель*

**Красовская Людмила Владимировна**

канд. техн. наук, доцент, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный  
аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

**АРХИТЕКТУРА ФОНОВОГО ГОРОДА:  
КАК СИНЕРГИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
СОЗДАЕТ НОВУЮ ПАРАДИГМУ БЕСШОВНОЙ ЛОГИСТИКИ**

***Аннотация:** в статье рассматривается проблема формирования единой интеллектуальной экосистемы на основе беспилотных технологий: БПЛА, роботов-доставщиков и автономного транспорта. Анализируется их эволюция от автоматических устройств к сетевым агентам с предиктивным интеллектом, способным адаптироваться к сложной городской среде. Особое внимание уделяется синергии разных уровней логистики (воздушного, дорожного, пешеходного), созданию цифровой инфраструктуры для их взаимодействия и трансформации экономики доставки. Делается вывод о переходе к «фоновой» логистике как невидимой, но высокоэффективной городской утилите.*

***Ключевые слова:** беспилотные технологии, распределенный интеллект, автономная доставка, беспилотный летающий аппарат, доставочный робот, умная логистика, городская инфраструктура.*

От автономных летательных аппаратов до грузовиков-роботов: происходит трансформация логистических процессов благодаря использованию распределенного интеллекта, что значительно влияет на городской ландшафт и экономику доставки «последней мили».

Беспилотные системы, эволюционировавшие из автономных автомобилей, образуют сложную конвергентную инфраструктуру. Дроны, роботы-курьеры и беспилотные транспортные средства становятся не просто компонентами, а когнитивными узлами интеллектуальной сети, кардинально меняя облик городов, временные стандарты доставки и фундаментальные экономические модели. Происходит переход от линейной транспортировки к «интеллектуальному распределению», где потоки грузов и данные управляются распределенным искусственным интеллектом, функционирующим как единая операционная система для физического мира [5].

Развитие когнитивных функций: от следования инструкциям к анализу ситуаций и прогнозированию.

Современные автоматизированные системы совершили качественный скачок: они обучаются в фотореалистичных виртуальных симуляторах, проходя триллионы сценариев, благодаря глубокому обучению с подкреплением (DRL) и предиктивным моделям. Это позволяет им не только реагировать, но и предвидеть. Роботы-доставщики, подобные Starship Technologies и Yandex Rover, используют искусственные нейронные сети не только для распознавания и классификации объектов (пешеход, велосипед), но и для прогнозирования их траекторий на основе анализа вектора движения, скорости и даже жестов. Дроны, например, Zipline и Wing, оперируют не статичными маршрутами, а динамическими моделями полета, которые в реальном времени корректируются с учетом данных о ветре, термальных потоках и внезапных препятствиях [1; 4].

Ключевой прорыв – формирование контекстуального семантического понимания. Беспилотные автомобили GM Cruise Origin и Nuro воспринимают дорогу не как набор полос и знаков, а как целостное «семантически обозначенное пространство». Они понимают разницу между парковкой у супермаркета (зона высокой неопределенности) и погрузочной докой на складе (зона со строгими протоколами), что позволяет заранее планировать маневры с учетом скрытых рисков [3].

Интеграция датчиков и создание цифровой среды.

Эффективность этой сети обеспечивается мультимодальной сенсорной синестезией, где данные от разных датчиков не дублируют, а взаимно обогащают друг друга [8].

БПЛА комбинируют визуально-оптический поток (для навигации без GPS), лидары для 3D-картографии, радары миллиметрового диапазона для всепогодного видения и ультразвуковые сенсоры для точного позиционирования.

Роботы-доставщики используют стереокамеры для оценки глубины, широкоугольные камеры для панорамного обзора, инерциальные измерительные блоки (IMU) и, все чаще, твердотельные лидары (Solid-State LiDAR) для работы в сложных световых условиях.

Беспилотные автомобили обладают наиболее мощным набором: камеры высокого разрешения, радары дальнего и ближнего радиуса, механические и твердотельные лидары с круговым обзором [9].

Объединяющей тканью выступают технологии связи 5G/6G и C-V2X (Vehicle-to-Everything), создающие единое информационное поле. Они позволяют беспилотному фургону передавать данные о дорожной ситуации в облако для оптимизации маршрутов всего парка, робота получать от «умного» светофора предупреждение о скоплении людей, а БПЛА координировать полеты через систему U-Space/UTM (Unmanned Traffic Management). Таким образом, формируется живой цифровой двойник логистических потоков города – динамическая, обновляемая в реальном времени модель.

Этика взаимодействия, правовое регулирование и доверие общественности.

Массовое внедрение упирается в необходимость формализации машинной социальности. Разрабатываются этические протоколы и матрицы решений, встроенные в архитектуру ИИ, чтобы определить поведение робота, столкнувшегося с непредвиденной ситуацией (например, детская коляска на пути). Создаются стандарты невербальной коммуникации (световые сигналы, звуки, дисплеи) для информирования людей о намерениях автономного агента [2; 3].

Для обеспечения прозрачности и подотчетности каждое действие системы логируется в распределенном реестре (блокчейн), создавая неизменяемый «цифровой след» для расследования инцидентов. Это смещает фокус ответственности с производителя «железа» на разработчика алгоритмической личности. Регуляторы (например, FAA для дронов и национальные министерства транспорта) работают над созданием сквозных стандартов, стремясь найти баланс между операционной эффективностью и гарантированной безопасностью для всех участников городской среды [9].

Синергия экосистемы и экономическая трансформация.

Истинная ценность раскрывается при бесшовной интеграции трех уровней:

Воздушный (БПЛА): Скорость и доступность. Для срочных поставок на 10–50 км [6].

Дорожный (Беспилотные фургоны): Вместимость и магистральность. Работают как мобильные хабы.

Тротуарный (Роботы-курьеры): Точность «последних метров». Обеспечивают финальную доставку.

Города адаптируются, внедряя дронопорты, выделенные логистические полосы и подземные тоннели. Бизнес-модель смещается от простой транспортировки к «Логистике как услуге» (LaaS), где потребитель оплачивает гарантированный результат (доставка за 15 минут), а не использование конкретного средства. Это ведет к появлению «фоновой логистики» – невидимой, высокоэффективной утилиты, подобной электричеству, которая оптимизирует использование городского пространства, времени и энергии, превращая доставку из услуги в естественное свойство умной городской среды [7].

Таким образом, беспилотные технологии кардинально меняют суть логистики. Дроны, роботы и автономный транспорт, объединенные в единую интеллектуальную сеть, превращают её из заметной отрасли в невидимую, но совершенную городскую услугу – такую же обыденную, как электричество [10].

Грузы начинают перемещаться по городу максимально эффективно, экономя время, энергию и пространство. Роль человека при этом меняется: из оператора

и курьера он становится стратегом и потребителем, который просто ставит задачи, а умная система выполняет их сама. Логистика будущего – это не про машины, а про бесшовную интеграцию цифрового разума в физический мир для жизни без задержек и лишних усилий.

### *Список литературы*

1. Голов Д.В. Нейронные сети и распознавание рукописных цифр на основе искусственных нейронных сетей / Д.В. Голов, Л.В. Красовская // Исследования технических наук. – 2014. – №4(14). – С. 18–20. EDN T1ILZD

2. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве при опрыскивании полей / М.С. Никаноров, А.Н. Лосев, Л.В. Красовская, С.В. Пчелинцева // Регионы России в меняющемся мире: преемственность приоритетов и новые возможности: сборник материалов Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 24 ноября 2023 г.). – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 35–40. EDN VKPOXE

3. Красовская Л.В. Алгоритмы машинного обучения для интеллектуальных систем на основе нечетких семантических сетей в условиях неопределенности / Л.В. Красовская, С.В. Пчелинцева, В.В. Кукарцев. – М.: Российский государственный аграрный университет, 2024. – 86 с. EDN EVRFFW

4. Красовская Л.В. Использование сверточных нейронных сетей в деятельности сельхозпредприятий / Л.В. Красовская, С.В. Пчелинцева, М.В. Ковшова // Техника и оборудование для села. – 2024. – №7(325). – С. 7–11. DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-7-9. EDN POWODH

5. McKinsey & Company. Будущее автономной доставки: от «последней мили» к «нулевой миле» // McKinsey & Company. – 2024. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/the-future-of-autonomous-delivery-from-last-mile-to-zero-mile> (дата обращения: 22.10.2025).

6. Федеральное управление гражданской авиации США (FAA) и Европейское агентство авиационной безопасности (EASA). Совместный отчет по городской воздушной мобильности (UAM) и интеграции беспилотных авиационных систем (БАС): путь вперед // FAA, EASA. – 2023. – URL: <https://www.faa.gov/newsroom/joint-report-highlights-path-forward-urban-air-mobility> (дата обращения: 22.10.2025).

7. Лаборатория городской мобильности MIT. Переосмысление городской логистики: сценарии развития инфраструктуры для эпохи автономии // Лаборатория городской мобильности MIT. – 2023. – URL: <https://mobility.mit.edu/reinventing-urban-logistics> (дата обращения: 22.10.2025).

8. Хамис А. Многоагентные системы для скоординированной логистики: от автономии на складе к городским сетям доставки / А. Хамис, Х. Ли // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2022. – Vol. 23. No. 8.

9. Роджерс К. Этика алгоритмического принятия решений в общественных пространствах: концепция для автономных роботов-доставщиков и дронов / К. Роджерс // Journal of Responsible Technology. – 2023. – Vol. 15.

10. Using drone as WIFI access point during infrared thermography for subsidiary data acquisition / M. Velichko, O. Satler, L. Krasovskaya [et al.] // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 9. No. 2S. – P. 1279–1289. EDN RPNKEJ