Тема 1. Введение в интеллектуальные транспортные системы: понятие, цели, задачи и история развития

1.1. Определение интеллектуальных транспортных систем (ИТС)

Интеллектуальные транспортные системы (Intelligent Transport Systems, ITS) - это комплекс взаимосвязанных автоматизированных систем, обеспечивающих управление, мониторинг и контроль за дорожным движением и деятельностью по перевозке пассажиров, багажа, грузов и почтовых отправлений, а также технических средств, обнаруживающих или фиксирующих нарушения законодательства о дорожном движении и об автомобильном транспорте, работающих в автоматическом режиме.

Согласно Закону Республики Казахстан «О дорожном движении», интеллектуальная транспортная система определяется именно как комплекс таких взаимосвязанных автоматизированных систем. ИТС представляют собой интеграцию современных информационных и коммуникационных технологий с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями с целью повышения безопасности, эффективности и экологичности транспортного процесса.

1.2. Основные цели и задачи ИТС

Основные цели внедрения ИТС:

1. Повышение безопасности дорожного движения и снижение числа ДТП и их тяжести.
2. Оптимизация использования транспортной инфраструктуры и повышение пропускной способности дорог.
3. Снижение транспортных заторов, времени в пути и расхода топлива.
4. Улучшение информирования участников дорожного движения.
5. Снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду.
6. Повышение комфорта и качества транспортных услуг для пассажиров и грузоотправителей.

Ключевые задачи ИТС:

- Сбор, обработка и анализ данных о транспортных потоках в режиме реального времени.
- Адаптивное управление светофорными объектами и дорожной инфраструктурой.
- Информирование водителей и пассажиров о дорожной обстановке.
- Автоматический контроль соблюдения правил дорожного движения.
- Мониторинг состояния дорожной инфраструктуры и транспортных средств.
- Интеграция различных видов транспорта в единую систему.

1.3. История развития ИТС в мире

Концепция интеллектуальных транспортных систем зародилась во второй половине XX века как ответ на проблемы массовой автомобилизации: заторы, рост аварийности, загрязнение воздуха и неэффективное использование инфраструктуры.

Основные этапы мирового развития ИТС:

1. **1960–1970-е годы.** Первые эксперименты по автоматизированному управлению движением в США, Японии и Европе. Появление систем детекции транспорта и централизованного управления светофорами.
2. **1980–1990-е годы.** Формирование национальных программ ИТС (IVHS в США, PROMETHEUS и DRIVE в Европе, VICS в Японии). Развитие стандартов и архитектуры ИТС.
3. **2000–2010-е годы.** Массовое внедрение систем информирования, видеонаблюдения, электронных систем оплаты проезда, начало развития V2X-технологий.
4. **2010-е – настоящее время.** Интеграция Big Data, искусственного интеллекта, 5G, развитие беспилотного транспорта и «умных» транспортных коридоров.

1.4. Развитие ИТС в Республике Казахстан

В Казахстане развитие интеллектуальных транспортных систем началось относительно недавно и тесно связано с программами цифровизации и Smart City.

1. **2014–2016 гг.** Начало внедрения элементов ИТС в Астане. Создание Технического комитета по стандартизации ИТС (2016).
2. **2017–2020 гг.** Реализация элементов ИТС в рамках государственной программы «Цифровой Казахстан». Развёртывание автоматизированных станций измерения (АСИ), систем видеофиксации.
3. **2020–2024 гг.** Активное внедрение адаптивных систем управления светофорами в Астане, Алматы и Шымкенте. Развитие отечественных разработок (ТОО «СМЭУ Астана»).
4. **2025–2026 гг.** Запуск национальной системы e-Joldar, развитие Национальной интеллектуальной транспортной системы, пилотные проекты по беспилотному транспорту, интеграция ИИ в мониторинг дорог.

В Шымкенте отечественная ИТС (разработка «СМЭУ Астана») за полтора года сократила пробки на 28 %, среднее время поездки - на 20 % и обеспечила «зелёный коридор» для реанимобилей. В Астане интеллектуальные системы способствовали снижению числа ДТП примерно на 30 %.

Тема 2. Архитектура и классификация интеллектуальных транспортных систем

2.1. Структура и уровни архитектуры ИТС

Архитектура ИТС описывает логическую и физическую структуру системы, взаимодействие её компонентов и стандарты обмена данными. В международной практике широко используется модель ISO 14813 (ГОСТ Р ИСО 14813-1 «Рекомендуемая модель архитектуры для сектора ИТС»), которая применяется и в странах СНГ, включая Казахстан.

Типичная многоуровневая архитектура ИТС включает:

1. **Уровень пользователей (User Level).** Водители, пассажиры, операторы, диспетчеры, органы управления.
2. **Уровень терминалов и бортовых систем (Terminal / On-board).** Бортовые компьютеры, навигаторы, системы информирования в салоне, бортовые датчики.
3. **Уровень полевого оборудования (Field Level).** Светофоры, детекторы транспорта, камеры, знаки переменной информации, АСИ, метеостанции.
4. **Уровень центров управления (Center Level).** Центры управления дорожным движением (ЦУДД), ситуационные центры, серверы обработки данных.
5. **Уровень связи и передачи данных (Communications).** Проводные и беспроводные сети (оптоволокно, 4G/5G, DSRC, V2X).

2.2. Основные функциональные подсистемы ИТС

Классификация по функциональному назначению:

- Управление дорожным движением (Traffic Management) - адаптивные светофоры, координация «зелёной волны», приоритет общественного транспорта.
- Информирование участников движения (Traveller Information) - динамические табло, мобильные приложения, радио, VMS (Variable Message Signs).
- Мониторинг транспортных потоков и инфраструктуры - детекторы, камеры, АСИ, системы диагностики дорог.
- Управление общественным транспортом (Public Transport Management) - диспетчеризация, электронная оплата, информирование пассажиров.
- Управление грузовым транспортом и логистикой (Freight & Fleet Management).
- Системы безопасности и контроля нарушений (Enforcement) - видеофиксация, автоматический контроль скорости, весовой контроль.
- Системы экстренного реагирования (Emergency Management) - система экстренного вызова при авариях.
- Электронные системы оплаты и сбора платы (Electronic Payment).

2.3. Классификация ИТС

По масштабу:

- Городские (муниципальные) ИТС.
- Региональные / коридорные ИТС.
- Национальные и международные (трансграничные) системы.

По степени интеграции:

- Локальные (отдельные перекрёстки, участки дорог).
- Сетевые (городская сеть светофоров).
- Комплексные интегрированные платформы (единое «озеро данных»).

Тема 3. Нормативно-правовое регулирование ИТС в Республике Казахстан и за рубежом

3.1. Основные законодательные акты Республики Казахстан

Закон РК «О дорожном движении».

Содержит определение интеллектуальной транспортной системы, регулирует вопросы организации дорожного движения, государственного управления и контроля в сфере БДД. Статья 31 посвящена интеллектуальной транспортной системе. Закон также определяет систему экстренного вызова при авариях и катастрофах.

Закон РК «Об автомобильном транспорте».

Регулирует деятельность по перевозке пассажиров и грузов, устанавливает требования к перевозчикам, вводит понятия, связанные с беспилотным автотранспортом (в редакции 2026 г.).

Закон РК «Об автомобильных дорогах» (№ 245 от 17 июля 2001 г.).

Определяет автоматизированные станции измерения (АСИ) как интегрированный с ИТС комплекс технических средств для фото- и видеофиксации, измерения весовых и габаритных параметров транспортных средств.

Закон РК «О транспорте в Республике Казахстан».

Вводит понятия «беспилотная транспортная система», «беспилотное транспортное средство», «удалённый оператор», «зона эксплуатации беспилотных транспортных средств».

3.2. Государственные программы цифровизации транспорта

- Государственная программа «Цифровой Казахстан» - основа для создания ИТС.
- Национальные проекты развития транспортной инфраструктуры.
- Система e-Joldar - единая цифровая система учёта и мониторинга автомобильных дорог (более 41 тыс. км дорог республиканского значения).
- Проекты Smart City в Астане, Алматы, Шымкенте и других городах.

3.3. Международный опыт и взаимодействие в рамках ЕАЭС

В странах ЕАЭС ведётся работа по формированию правовых основ создания и функционирования национальных сетей ИТС. Аналитический доклад ЕЭК рассматривает гармонизацию подходов к архитектуре, стандартам и обмену данными между государствами-членами.

Международный опыт (США, ЕС, Япония, Китай, Республика Корея) показывает, что успешное развитие ИТС требует: государственной стратегии

и финансирования, стандартизации, государственно-частного партнёрства, подготовки кадров и поэтапного внедрения пилотных проектов.

Тема 4. Подсистемы ИТС: управление дорожным движением, информирование участников и мониторинг

4.1. Системы адаптивного управления светофорами

Адаптивное управление светофорами - ключевой элемент городских ИТС. В отличие от фиксированных циклов, адаптивные системы в реальном времени корректируют длительность фаз и координацию на основе данных детекторов транспорта.

Основные принципы работы:

- Сбор данных с индуктивных петель, микроволновых, инфракрасных и видео-детекторов.
- Анализ интенсивности, плотности и скорости потоков.
- Выбор оптимальной стратегии управления (локальная адаптация или сетевая координация).
- Приоритизация общественного транспорта и спецтранспорта («зелёный коридор»).

4.2. Опыт Алматы, Астаны и Шымкента

Шымкент. Отечественная ИТС разработки «СМЭУ Астана». К системе подключено около 87 % светофорных объектов (345 из 394). Результаты: снижение пробок на 28 %, сокращение среднего времени поездки на 20 %, создание «зелёного коридора» для реанимобилей. Система работает 24/7 с возможностью ручной корректировки.

Астана. Внедрение ИТС с 2014 года. К системе адаптировано порядка 80 % светофорных объектов. Использование видеоаналитики на базе ИИ (35 видов) позволило снизить число ДТП примерно на 30 %. Более 1,2 тыс. комплексов фиксации ПДД, интеграция свыше 60 тыс. камер в ситуационный центр.

Алматы. Реализация проектов в рамках Smart City. В 2025 году анонсировано внедрение ИТС китайской компании Inspur для анализа и регулирования дорожного движения. Активное развитие систем видеонаблюдения и «умных» светофоров.

4.3. Системы информирования и мониторинга

- Знаки переменной информации (VMS) - отображение предупреждений о заторах, ДТП, погодных условиях.
- Мобильные приложения и веб-сервисы для водителей и пассажиров.
- Системы мониторинга транспортных потоков на основе детекторов и камер.
- Метеостанции вдоль автодорог для анализа климатических условий.

Тема 5. Технологии связи в ИТС (V2X, DSRC, 5G) и их применение

5.1. Принципы технологий связи V2X

V2X (Vehicle-to-Everything) - технология связи транспортных средств со всеми элементами окружающей среды. Включает:

- V2V (Vehicle-to-Vehicle) - связь между транспортными средствами.
- V2I (Vehicle-to-Infrastructure) - связь с дорожной инфраструктурой (светофоры, знаки, серверы).
- V2P (Vehicle-to-Pedestrian) - связь с пешеходами (через смартфоны).
- V2N (Vehicle-to-Network) - связь с сетями операторов связи.

5.2. DSRC и 5G

DSRC (Dedicated Short-Range Communications). Специализированная технология короткодействующей связи в диапазоне 5,9 ГГц. Обеспечивает низкую задержку (единицы миллисекунд) и высокую надёжность для критически важных сообщений безопасности. Широко используется в США и ряде других стран.

C-V2X и 5G. Cellular-V2X использует сотовые сети (LTE, 5G). 5G обеспечивает сверхнизкую задержку, высокую пропускную способность и поддержку массового подключения устройств (mMTC). Это делает 5G ключевой технологией для «умных» транспортных коридоров и автономного вождения.

5.3. Роль в создании «умных» транспортных коридоров

«Умные» транспортные коридоры предполагают непрерывный обмен данными между транспортными средствами, инфраструктурой и центрами управления. Это позволяет реализовать:

- Предупреждение о опасных ситуациях (аварии, заторы, погода) на значительном расстоянии.
- Кооперативное адаптивное круиз-контроль (CACC) и взводное движение (platooning).
- Оптимизацию маршрутов в реальном времени.
- Поддержку высокоавтоматизированного и беспилотного транспорта.

Тема 6. Большие данные и искусственный интеллект в интеллектуальных транспортных системах

6.1. Применение Big Data в ИТС

Транспортные системы генерируют огромные объёмы данных: показания детекторов, видео с камер, GPS-треки, данные мобильных операторов, метеоданные, информация о ДТП и ремонтах. Big Data позволяет:

- Строить цифровые модели транспортных сетей.
- Анализировать исторические закономерности и выявлять «узкие места».
- Прогнозировать транспортные потоки на короткие и средние горизонты.
- Оптимизировать расписания общественного транспорта и маршруты грузоперевозок.

6.2. Методы искусственного интеллекта

Основные направления применения ИИ:

- Компьютерное зрение - распознавание транспорта, пешеходов, номеров, нарушений ПДД.
- Прогнозирование потоков - модели машинного обучения (LSTM, графовые нейросети, трансформеры).
- Оптимизация управления светофорами - обучение с подкреплением (reinforcement learning).
- Обнаружение аномалий и инцидентов в реальном времени.
- Диагностика состояния дорожного покрытия (системы типа e-Joldar с элементами ИИ).

В Казахстане Министерство транспорта развивает проекты с применением ИИ: e-Joldar (цифровой след дороги и прогнозирование ремонтов), Smart Cargo (аналитика международных грузовых перевозок), Национальная система видеоконтроля.

Тема 7. Интеллектуальные системы организации и повышения безопасности дорожного движения

7.1. Системы видеофиксации и автоматического контроля

Автоматические комплексы фото- и видеофиксации нарушений ПДД являются важнейшим элементом обеспечения безопасности. Они фиксируют превышение скорости, проезд на красный сигнал, выезд на встречную полосу, нарушение правил парковки и другие виды нарушений.

В Казахстане:

- Широкое использование стационарных и мобильных комплексов.
- Интеграция данных в единые центры обработки.
- В Астане - более 1,2 тыс. комплексов фиксации, автоматическая фиксация до 15 видов нарушений.

7.2. Весовой контроль и АСИ

Автоматизированные станции измерения (АСИ) осуществляют бесконтактное взвешивание транспортных средств в движении, измерение габаритов и осевых нагрузок, фото- и видеофиксацию. Это позволяет бороться с перегрузом, который разрушает дорожное покрытие, и исключать безосновательные остановки.

7.3. Повышение безопасности участников движения

- Системы экстренного вызова при авариях (аналог eCall).
- Приоритет спецтранспорта и «зелёные коридоры» для скорой помощи.
- Видеоаналитика для выявления опасного поведения водителей.
- Интеграция данных с ситуационными центрами для оперативного реагирования.

Тема 8. ИТС на общественном и грузовом транспорте

8.1. Особенности применения на пассажирском транспорте

Интеллектуальные системы на общественном транспорте включают:

- Системы диспетчеризации и мониторинга подвижного состава (GPS/ГЛОНАСС-трекинг).
- Электронную оплату проезда и учёт пассажиропотока.
- Информирование пассажиров (табло на остановках, мобильные приложения, аудио-оповещение в салоне).
- Приоритет общественного транспорта на светофорах.
- Оптимизацию маршрутов и расписаний на основе данных о спросе.

8.2. Грузовой транспорт и логистика

Для грузового транспорта актуальны:

- Системы мониторинга флота (Fleet Management).
- Электронные транспортные документы (e-CMR) и разрешительные бланки в электронном формате.
- Платформы аналитики международных перевозок (Smart Cargo).
- Весовой и габаритный контроль на АСИ.
- Оптимизация маршрутов с учётом загруженности дорог и ограничений.

Тема 9. Введение в беспилотные транспортные средства: понятие, классификация и уровни автоматизации

9.1. Определение беспилотного транспорта

Беспилотное транспортное средство - транспортное средство (за исключением беспилотной авиационной системы), оснащённое техническими средствами автоматизированного управления, эксплуатация которого осуществляется без участия физического лица (или с минимальным участием в зависимости от уровня автоматизации).

В законодательстве РК также определены понятия «беспилотная транспортная система» (включает само транспортное средство и связанные с ним элементы управления и связи) и «удалённый оператор».

9.2. Уровни автоматизации SAE (J3016)

Международный стандарт SAE J3016 определяет шесть уровней автоматизации:

1. **Уровень 0 - Нет автоматизации.** Водитель выполняет все задачи управления.
2. **Уровень 1 - Помощь водителю.** Система помогает либо с рулением, либо с ускорением/торможением (например, адаптивный круиз-контроль или удержание полосы).
3. **Уровень 2 - Частичная автоматизация.** Система управляет и рулением, и ускорением/торможением одновременно, но водитель должен постоянно контролировать ситуацию и быть готов вмешаться.
4. **Уровень 3 - Условная автоматизация.** Система выполняет все динамические задачи вождения в определённых условиях. Водитель может не следить постоянно, но должен быть готов взять управление по запросу системы.
5. **Уровень 4 - Высокая автоматизация.** Система самостоятельно выполняет все задачи в ограниченной области эксплуатации (ODD - Operational Design Domain). Присутствие водителя не требуется.
6. **Уровень 5 - Полная автоматизация.** Система способна выполнять все задачи вождения в любых условиях, в которых мог бы справиться человек-водитель.

9.3. Основные виды и области применения

- Легковые автомобили (роботакси, частные автономные авто).
- Грузовой транспорт (автономные грузовики на магистралях, взводы).
- Общественный транспорт (автономные автобусы, шаттлы).
- Специальная техника (карьерный транспорт, сельскохозяйственные машины).
- Беспилотная авиация и городская воздушная мобильность (аэротакси, дроны доставки).

Тема 10. Сенсорные системы, навигация и локализация беспилотных транспортных средств

10.1. Датчики беспилотного транспорта

Основные типы сенсоров:

- LiDAR (Light Detection and Ranging) - лазерный дальномер, создаёт точную 3D-карту окружения. Высокая точность, но чувствителен к погодным условиям и относительно дорог.
- Радары (Radar) - работают в радиодиапазоне, устойчивы к туману, дождю, снегу. Хорошо измеряют скорость и расстояние до объектов.
- Камеры (видимого спектра и инфракрасные) - распознавание объектов, разметки, светофоров, знаков. Относительно дёшевы, но зависят от освещения.
- Ультразвуковые датчики - для ближней зоны (парковка).
- IMU (инерциальные измерительные модули) - акселерометры и гироскопы для определения ориентации и ускорений.

10.2. Навигация и локализация

Глобальная навигация: GNSS (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou) обеспечивает позиционирование с точностью от нескольких метров до сантиметров (при использовании RTK/PPP).

Локальная навигация и локализация: сопоставление данных сенсоров с заранее построенной HD-картой (High-Definition Map), методы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), визуальная одометрия. Позволяют определять положение с точностью до сантиметров даже при временной потере сигнала GNSS (туннели, городская застройка).

Тема 11. Алгоритмы управления и системы принятия решений беспилотного транспорта

11.1. Восприятие окружающей среды (Perception)

Задача модуля восприятия - обнаружить, классифицировать и отслеживать объекты (транспорт, пешеходы, велосипедисты, препятствия), распознать дорожную разметку, знаки и сигналы светофоров. Используются методы компьютерного зрения, обработки облаков точек LiDAR, мультисенсорной фузии (sensor fusion).

11.2. Планирование траектории (Planning)

Модуль планирования решает задачи: глобального планирования маршрута, локального планирования траектории с учётом динамических объектов, выбора манёвров (смена полосы, обгон, проезд перекрёстка). Применяются алгоритмы поиска пути (A*, RRT), оптимизационные методы и нейросетевые подходы.

11.3. Принятие решений и управление (Decision & Control)

Система принятия решений определяет стратегию поведения (продолжать движение, остановиться, уступить дорогу). Модуль управления (control) преобразует желаемую траекторию в команды рулевого управления, акселератора и тормозов (продольное и поперечное управление). Используются ПИД-регуляторы, модельно-предиктивное управление (MPC) и методы обучения с подкреплением.

Тема 12. Интеграция беспилотных транспортных средств в интеллектуальные транспортные системы

12.1. Взаимодействие с инфраструктурой ИТС

Беспилотный транспорт наиболее эффективен при тесном взаимодействии с инфраструктурой ИТС (V2I, V2X):

- Получение информации о фазах светофоров и рекомендуемой скорости.
- Предупреждения о ДТП, дорожных работах, опасных участках.
- Кооперативное управление потоками и приоритизация.
- Передача данных о состоянии самого беспилотного ТС в центры управления.

12.2. Требования к совместимости и координации

Для успешной интеграции необходимы: единые стандарты обмена данными, обеспечение кибербезопасности каналов связи, определение зон эксплуатации (ODD), наличие резервных механизмов управления (удалённый оператор), совместимость с существующей дорожной инфраструктурой и правилами дорожного движения.

Тема 13. Безопасность, киберзащита и нормативно-правовые аспекты беспилотного транспорта в Республике Казахстан

13.1. Функциональная и кибербезопасность

Функциональная безопасность касается предотвращения аварий из-за отказов систем (стандарты ISO 26262 и аналоги). Кибербезопасность направлена на защиту от несанкционированного доступа, взлома каналов связи, подмены данных сенсоров и атак на центры управления. Требуются шифрование, аутентификация, системы обнаружения вторжений и регулярные обновления ПО.

13.2. Правовое регулирование в РК

В 2026 году в Казахстане приняты важные нормативные акты:

- Закон о внесении изменений в законодательные акты по вопросам цифровизации, защиты персональных данных, дорожного движения и регулирования передовых технологий на транспорте (подписан в июне 2026 г.). Введены понятия беспилотного автотранспортного средства и беспилотного воздушного судна.
- Правила реализации пилотного проекта по внедрению автотранспортных средств с условной и высокой автоматизацией управления (вступили в силу в августе 2026 г.). Определяют требования к участникам, ТС, страхованию (дополнительное страхование ответственности на 60 млн тенге), действиям при ДТП, квалификации удалённых операторов.
- Регулирование беспилотной авиации и городской воздушной мобильности (аэротакси, UAM), включая систему UTM (управление беспилотным воздушным движением).
- Требования к регистрации дронов (свыше 250 г или с камерами), запретные зоны, штрафы за нарушения.

Тема 14. Экономические, экологические и социальные аспекты внедрения ИТС и беспилотных технологий

14.1. Экономическая эффективность

Внедрение ИТС и беспилотных технологий требует значительных инвестиций, однако даёт существенный эффект:

- Снижение потерь от заторов и аварий.
- Оптимизация логистики и снижение затрат на перевозки.
- Продление срока службы дорожного покрытия (контроль перегруза).
- Снижение расхода топлива и эксплуатационных затрат.
- Создание новых рынков и рабочих мест в сфере цифровых технологий и сервисов.

14.2. Экологические аспекты

ИТС способствуют снижению выбросов за счёт оптимизации скоростных режимов, уменьшения времени простоя в пробках и более эффективного использования транспорта. Беспилотные и электрифицированные транспортные средства дополнительно снижают углеродный след. Возможна интеграция с системами управления качеством воздуха в городах.

14.3. Социальные аспекты

- Повышение доступности транспорта для маломобильных групп населения.
- Снижение аварийности и сохранение жизней.
- Изменение структуры занятости (снижение спроса на водителей при росте спроса на инженеров, операторов, специалистов по данным).
- Необходимость обеспечения цифровой грамотности и доверия граждан к новым технологиям.

Тема 15. Перспективы развития интеллектуальных транспортных систем и беспилотного транспорта в Республике Казахстан

15.1. Современные тенденции

- Формирование национальной интеллектуальной транспортной системы с единым «озером данных».
- Масштабное применение искусственного интеллекта для мониторинга, прогнозирования и управления.
- Развитие отечественных разработок (пример «СМЭУ Астана»).
- Интеграция наземного и воздушного беспилотного транспорта.
- Гармонизация с подходами ЕАЭС и международными стандартами.

15.2. Национальные проекты и пилотные инициативы

- Система e-Joldar и Национальная система видеоконтроля.
- Пилотные проекты по внедрению автотранспортных средств с условной и высокой автоматизацией (уровни 3–4 SAE).
- Развитие городской воздушной мобильности (аэротакси) и правовой базы UAM.
- Создание специализированных научных центров (Институт транспортных наук и технологий).
- Проекты Smart City с расширением покрытия «умными» светофорами и видеоаналитикой.

15.3. Возможные сценарии будущего развития

Краткосрочная перспектива (3–5 лет): расширение покрытия ИТС в крупных городах, запуск пилотных зон беспилотного транспорта, развитие электронных документов и трансграничных цифровых коридоров.

Среднесрочная перспектива (5–10 лет): появление коммерческих роботакси и автономных грузовых перевозок на отдельных маршрутах, интеграция V2X, широкое использование ИИ в управлении дорожным движением.

Долгосрочная перспектива: формирование полноценных «умных» транспортных систем, где беспилотный наземный и воздушный транспорт станет неотъемлемой частью мобильности, а ИТС будут обеспечивать безопасную и эффективную координацию всех участников движения.