

УДК 338

JEL O33

DOI: <http://doi.org/10.25728/econbull.2021.4.9-salnikova>

ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ²

Сальникова Анастасия Анатольевна

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
e-mail: nansy2004@list.ru, SPIN-код: 4726-8072; ORCID ID – нет

Аннотация: В статье рассмотрены перспективные технологии в транспортных системах, такие как умные датчики, связь, блокчейн, цифровые платформы, большие данные и искусственный интеллект. Также проанализированы экологические, социальные и экономические эффекты в области транспортных систем от внедрения перспективных технологий. Эффекты от использования перспективных технологий, рассмотренные в данной статье, во многих случаях имеют ограниченные доказательства воздействия (поскольку доказательства часто доступны только для небольшого числа пилотных проектов) или являются исследовательскими.

Ключевые слова: перспективные технологии, транспортная система

EFFECTS OF APPLICATION OF ENABLING TECHNOLOGIES IN TRANSPORTATION SYSTEMS

Salnikova Anastasia Anatolyevna

Kuban State University, Krasnodar, Russia
e-mail: nansy2004@list.ru, SPIN-код: 4726-8072; ORCID ID – none

Abstract: The article discusses promising technologies in transport systems, such as smart sensors, communications, blockchain, digital platforms, big data and artificial intelligence. Also environmental, social and economic effects are analyzed in the field of transport systems from the introduction of advanced technologies. The effects of the promising technologies discussed in this article are in many cases with limited evidence of impact (as evidence is often available for only a small number of pilot projects) or research.

Keywords: enabling technologies, transport system

Введение. Современная транспортная система быстро меняется. Это происходит из-за технологических достижений, таких как искусственный интеллект, большие данные, технологии связи (например, 5G) и блокчейн, а также из-за изменения предпочтений пользователей, которые привыкают к цифровым услугам и требуют больше мобильных и транспортных услуг, адаптированных к

² Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России».

индивидуальным паттернам поведения. Кризис, вызванный COVID-19, показал, что выбор мобильности может существенно измениться, является крайне неопределенным и трудно предсказуемым, также он усилил потребность в цифровой инфраструктуре и инновациях в области транспортных систем. Появляется множество новых мобильных решений, таких как кооперативная автоматизированная мобильность, мобильность как услуга и самоорганизующаяся логистика. Эти решения возможны благодаря ключевым технологиям, таким как анализ данных, возможности подключения 4G/5G/C-V2X (vehicle-to-everything - V2X) и искусственный интеллект.

Новые решения в области мобильности могут коренным образом изменить транспортный сектор. Например, такие концепции, как автоматизированная мобильность и мобильность как услуга, могут обеспечить переход от владения транспортными средствами к использованию транспортных средств (сокращение количества транспортных средств). Самоорганизующаяся логистика может повысить эффективность перевозок и, следовательно, сократить количество перемещений. Вероятно, также произойдет дальнейшая интеграция различных видов транспорта, как в пассажирском транспорте (например, с помощью всех видов применения мобильности как услуги), так и в грузовом транспорте (путем применения интеллектуальных логистических решений).

Основные инновационные технологии, применяемые в транспортных системах. Сбор, хранение, обработка и анализ данных - это основной строительный блок инновационных приложений для «умных» транспортных систем. Таким образом, новые технологии, облегчающие эти процессы, основанные на данных, являются ключевыми для будущих вариантов мобильности. Основные развивающиеся технологии на следующее десятилетие представлены на рис. 1, они разделены на категории в соответствии с их потенциальной ролью в цепочке поставок данных.

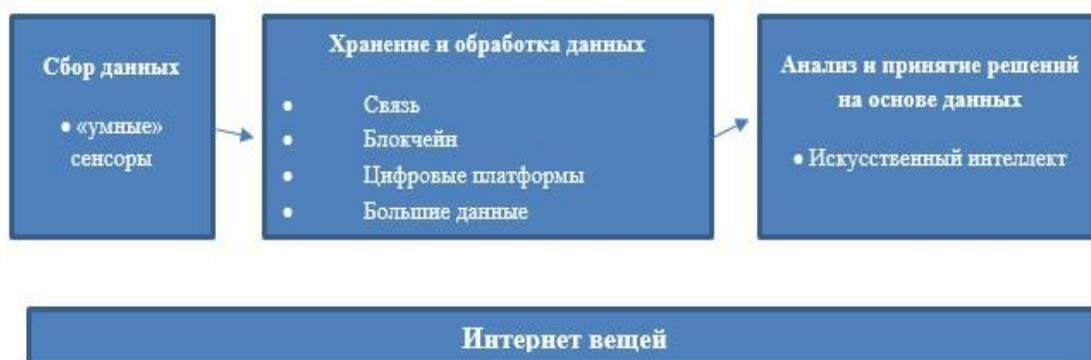


Рис.1 Обзор ключевых инновационных технологий в транспортных системах

Вышеупомянутые технологии рассматриваются как наиболее актуальные для транспортного сектора по следующим причинам: значительный технический прогресс, достигнутый за последние годы, многообещающие ожидаемые разработки и их применимость в приложениях, которые трансформируют транспортный сектор, делая его «умным»: автоматизированная мобильность, мобильность как услуга и самоорганизующаяся логистика. Ниже ключевые инновационные технологии будут рассмотрены подробнее.

Умные датчики. За последние десятилетия современные автомобили были оснащены множеством внутренних датчиков: уровня топлива, температуры двигателя, уровня заряда аккумулятора, напоминания о ремне безопасности и многих других. Эти датчики в основном предназначены для контроля безопасного состояния автомобиля. С появлением кооперативной автоматизированной мобильности внедряются внешние датчики, такие как радары и камеры, они предназначены для обнаружения присутствия и поведения других пользователей транспорта. Выделяют три основные категории датчиков: радары, камеры и лидары. В настоящее время чаще всего применяются радары и камеры, поскольку затраты на применение лидарных систем относительно высоки. В тестовых транспортных средствах часто используются лидарные системы, так как они имеют полный круг обзора. У каждого типа сенсора есть свои сильные и слабые стороны, которые представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Характеристики различных внешних автомобильных датчиков

Тип сенсора	Угол обзора	Примерная цена	Достоинства	Недостатки
Радар	4 °-60 °	2 000–2500 €	Всепогодный, внешний монтаж, измерение скорости.	Классификация объектов возможна только недавно. Плохое обнаружение людей.
Камера	54 °-190 °	100-200 €	Маленький, автомобильный, может обнаруживать инфраструктуру. Может обнаруживать светофоры и стоп-сигналы, указатели полосы движения.	Требуется мощное и дорогое оборудование для обработки изображений. Плохое восприятие глубины (кроме стереокамеры), плохое измерение скорости.
Лидар	90 °-360 °	2 000-15 000 €	Классификация объектов, высокое угловое разрешение, дальности, размер объекта.	Уровень производительности зависит от погодных условий.

Источник: [3]

Радары эффективно измеряют скорость, но могут создавать множество временных отражений («призрачные объекты»). С другой стороны, камеры хорошо обнаруживают пешеходов и плохо измеряют расстояние и скорость на большом расстоянии. При этом, оба решения достаточно чувствительны к дождю и туману. Лидар обнаруживает множество объектов, но в то же время производит множество объектов-призраков.

Связь. За последнее десятилетие в транспортной сфере были разработаны и внедрены технологии автомобильной связи как ближнего, так и дальнего действия в целях повышения безопасности и эффективности движения. Технологии

автомобильной связи включают оборудование, приложения и системы, обеспечивающие связь между транспортными средствами и другими объектами (vehicle-to-everything - V2X).

Блокчейн - это общий реестр данных, нерушимая цифровая запись действий. Многие страны стремятся применить блокчейн к трансграничной торговле и мультимодальным перевозкам (автомобильным, железнодорожным, водным, воздушным). В таких условиях блокчейн помогает более эффективно осуществлять коммуникацию между перевозчиками, отслеживать товары, финансировать цепочку поставок для малого и среднего бизнеса и предоставлять точные логистические данные. Многие текущие разработки приводят к «закрытым» сообществам, в которых управление организовано пользователями (например, Tradelens и Vinturas) или где они предоставляют определенные услуги (Deliver).

Цифровые платформы. В настоящее время разработано и доступно несколько платформ в секторе транспорта и мобильности. Примерами являются операционная система PlanIT от LivingPlanIT, IBM® Intelligent Operations Center, Oracle Smart City Platform Solution, MOBiNET, In-Time, i-Travel или платформа TNO Urban Strategy. Эти платформы обладают функцией предоставления информации конечным пользователям, оптимизации процессов и интеграции датчиков для предоставления конечным пользователям дополнительных услуг.

Большие данные. На сегодняшний день большие данные приобрели важнейшее значение в современной прикладной науке. Значительная часть стоимости предложений крупных технологических компаний исходит из их данных, которые они постоянно анализируют для повышения эффективности и разработки новых продуктов. Недавние технологические прорывы экспоненциально снизили стоимость хранения данных и вычислений, что упростило и удешевило хранение большего количества данных. С увеличением объема больших данных, которые стали дешевле и доступнее, можно принимать более точные и точные бизнес-решения. Ценность больших данных заключается не только в их анализе (что является еще одним преимуществом). Это полный процесс открытия, который требует проницательных аналитиков, бизнес-пользователей и руководителей, которые задают правильные вопросы, распознают закономерности, делают обоснованные предположения и предсказывают поведение. Здесь очень важна другая развивающаяся технология - искусственный интеллект.

Искусственный интеллект. В сфере транспортной мобильности и логистики объем данных быстро увеличивается, и ожидается, что сложность управления транспортными средствами, транспортными цепочками или транспортными сетями будет расти. В результате, с помощью ручного планирования или простых методов анализа данных невозможно будет сделать оптимальный выбор. Следовательно, решения, основанные на искусственном интеллекте, могут поддерживать или даже брать на себя контроль над людьми, чтобы обрабатывать большие объемы данных и управления в ситуациях реального времени. Потенциальное использование искусственного интеллекта может включать: людей и объекты, включая участников дорожного движения, транспортные средства, грузы, сортировочные ленты и инфраструктуру; процессы и системы, включая цепочки поставок, транспортные центры, дорожное движение, политику и правила. Только при комплексном экосистемном подходе,

учитывающем эти два элемента, а также технологические элементы (ощущение, мышление, действие), можно эффективно использовать искусственный интеллект. Перспективными приложениями искусственного интеллекта в мобильности и логистике являются, например, беспилотные автомобили (автомобили, грузовики, поезда, баржи), интеллектуальная электрическая зарядка, профилактическое обслуживание, самообучающееся управление энергопотреблением и выбросами, совместная мобильность, совместная экономика и самоорганизация.

Далее будут рассмотрены различные эффекты от применения перспективных технологий в транспортном секторе: экологический, социальный и экономический.

Эффекты применения перспективных технологий в транспортном секторе.

Совместные интеллектуальные транспортные системы.

Экологические эффекты. Некоторые приложения совместных интеллектуальных транспортных систем приводят к повышению топливной эффективности и сокращению выбросов CO₂ за счет уменьшения количества пройденных километров (например, интеллектуальные устройства маршрутизации, информация о парковке) или за счет обеспечения более плавного стиля вождения (например, GLOSA). В большинстве этих исследований представлены данные о потенциале сокращения выбросов CO₂ на уровне транспортных средств в конкретных ситуациях [2,3], с другой стороны, представляют сокращение выбросов CO₂ на уровне всей транспортной системы, предполагая максимальное развертывание различных приложений. В таблице 2 представлены данные сокращения выбросов CO₂ для.

Таблица 2

Углеродный след от применения совместных интеллектуальных транспортных систем

Приложение C-ITS	Снижение выбросов CO ₂
Ограничения скорости в автомобиле	2,5% на автомагистралях и 3,5% на междугородних дорогах
Системы оповещения об оптимальной скорости (GLOSA)	0,1% на междугородних дорогах и 0,7% на городских дорогах
Запрос приоритета светофора определенными транспортными средствами	8,3% на городских дорогах для автобусов
Информация о дорожном движении и интеллектуальная маршрутизация	1,9% по всем типам дорог
Информация о парковках	0,8% на городских дорогах

Источник: [3]

В целом сокращение выбросов CO₂ в отдельных случаях применения составляет от 0,1 до 3,5%, в значительной степени в зависимости от типа

рассматриваемой дороги. Запрос приоритета сигнала светофора на общественном автобусе кажется очень эффективным в городских районах, где он может снизить выбросы CO₂ этими транспортными средствами до 8%. При оценке этих воздействий CO₂ предполагается некоторое проникновение электромобилей на рынок в период до 2030 года. Однако, поскольку это проникновение на рынок идет быстрее, чем предполагалось, размер воздействия CO₂ может уменьшиться.

Социальные эффекты. Влияние совместных интеллектуальных транспортных систем на безопасность дорожного движения оценивалось в различных исследованиях и проектах. Результаты этих исследований показывают, что существует несколько совместных интеллектуальных транспортных систем, которые могут внести значительный вклад в предотвращение столкновений транспортных средств и, следовательно, несчастных случаев. Использование некоторых технологий в ЕС достаточно развито [4], а соотношение выгод и затрат положительное. В этом отношении следует отдавать приоритет приложениям с наибольшим потенциалом повышения безопасности (Таблица 3).

Таблица 3

Влияние совместных интеллектуальных транспортных систем на безопасность дорожного движения

Использование совместных интеллектуальных транспортных систем	Среднее снижение количества погибших	Среднее снижение количества травм
Ограничения скорости в автомобиле	6,9%	3,9%
Электронный аварийный тормозной свет	2,7%	2,5%
Предупреждение о дорожных работах	1,3%	1,1%
Погодные условия	3,4%	3,4%
Уведомление об опасном месте	4,1%	3,1%
Безопасность на перекрестках	3,8%	7,0%
Защита уязвимых участников дорожного движения	1,8%	1,9%

Источник: [3]

Воздействие способов использования совместных интеллектуальных транспортных систем на снижение количества смертельных случаев составляет от 1,3% до 6,9%, в то время как для количества травм этот диапазон темпов сокращения составляет 1,1-7,0% [3]. Также было изучено влияние на безопасность транспорта для нескольких сценариев развертывания широкого набора приложений использования совместных интеллектуальных транспортных систем. Кумулятивная чистая выгода от сокращения дорожно-транспортных происшествий в странах ЕС-27 и Великобритании в период с 2020 г. 2035 год оцениваются в 98 миллиардов евро. При наименее амбициозном сценарии общая чистая выгода по-

прежнему составляет 15 миллиардов евро, что соответствует сокращению на 3,700 смертельных случаев и почти 250 000 травм за этот период.

Экономические эффекты. Влияние использования совместных интеллектуальных транспортных систем на европейскую экономику и промышленность изучается [3]. Для трех сценариев политики, различающихся по уровню и скорости, с которой они стимулируют внедрение совместных интеллектуальных транспортных систем, они оценили влияние на ВВП и занятость. На уровне ЕС оба воздействия были положительными, но небольшими. Например, в наиболее амбициозном сценарии политики, предполагающем обязательное развертывание связи vehicle-to-vehicle, ВВП 27 стран ЕС+Великобритании увеличится на 0,02% в 2030 году и 0,03% в 2035 году. В этом сценарии в 2030 году в странах ЕС27+Великобритании будет создано 93000 дополнительных рабочих мест, что составляет рост на 0,014% от общей занятости в Европе. На уровне отдельных отраслей или регионов воздействия могут быть более значительными (и потенциально также негативными).

Кооперативная автоматизированная мобильность.

Экологические эффекты. Связь и автоматизация могут значительно снизить воздействие на окружающую среду на уровне транспортных средств всех видов транспорта (как пассажирских, так и грузовых) за счет повышения эффективности. Например, обязательная интеллектуальная адаптация к скорости может снизить выбросы CO₂ на 5-10%, в то время как совместный адаптивный круиз-контроль может снизить выбросы CO₂ на 5-10% [5]. Более высокий уровень автоматизации и сотрудничества приводит к более высокому потенциалу сокращения выбросов CO₂ на уровне транспортных средств, даже до 45% [6]. Более того, рост проникновения на рынок общих автомобильных услуг, который ожидается некоторыми заинтересованными сторонами благодаря кооперативной автоматизированной мобильности, может ускорить электрификацию автопарка, что приведет к снижению выбросов CO₂ на уровне транспортных средств.

Однако более низкие выбросы CO₂ на уровне транспортного средства не обязательно приведут к снижению общих выбросов CO₂. Увеличение потребности в поездках и эффекты смены режима из-за кооперативной автоматизированной мобильности могут вызвать ребаунд эффект, который может элиминировать сокращение выбросов CO₂ на уровне транспортного средства. Общее потребление энергии автомобильным транспортом может увеличиться на 9-30% из-за использования кооперативной автоматизированной мобильности в случае преобладания ребаунд эффекта. Авторы статьи [7] показывают, что чистое влияние автоматизации на выбросы CO₂ зависит от того, какой эффект преобладает. В случае преобладания сокращения выбросов CO₂ на уровне транспортных средств выбросы от автомобильного транспорта могут сократиться почти на 50%, а выбросы CO₂ почти удвоятся, когда преобладает эффект отскока.

Социальные эффекты. Более 90% дорожно-транспортных травм вызвано человеческим фактором. Автоматизация исключает человеческий фактор в управлении автомобилем, в то время как теоретически потенциальное повышение безопасности дорожного движения огромно. Однако маловероятно, что до 2030 года все автомобили на дорогах будут полностью автоматизированы. Пока автоматизированные транспортные средства должны делить дорогу с водителями-людьми, а также с другими режимами движения, такими как пешеходы (т.е.

создаются смешанные условия движения), автоматизированным транспортным средствам трудно работать оптимально. Столкнувшись с неожиданными ситуациями, например, когда пешеходы внезапно выходят на дорогу или идут близко к дороге по тротуару, автоматизированному транспортному средству трудно решить, продолжать движение или остановиться. Это может привести к внезапному торможению в ситуациях, которые не кажутся опасными для водителей-людей [8], что может создать дополнительные риски для других участников дорожного движения. Кроме того, автоматизация может также привести к возникновению новых причин аварий, таких как сбой системы [9] или кибератаки [6]. Поскольку эти различные события трудно предсказать, невозможно дать количественные данные о повышении безопасности при полностью автоматизированном вождении.

Экономические эффекты. В целом ожидается, что разработка прорывных технологий, необходимых для реализации кооперативной автоматизированной мобильности, потенциально создаст рабочие места для промышленности в различных секторах. Это высококвалифицированные рабочие места, которые связаны с транспортной отраслью, а также с отраслью информационных технологий. Во всем мире идет гонка за автоматизацией транспортных средств, а это означает, что конкурентоспособность транспортной отрасли может зависеть от успеха исследований в области кооперативной автоматизированной мобильности. Однако существует также риск потери рабочих мест в других секторах. В частности, рабочие места в секторе транспорта и логистики рискуют быть заменены автоматизацией в ближайшие десятилетия [5]. Эффект от такого развития может сильно различаться в зависимости от региона, например, в зависимости от того, высокообразовано ли население или нет, а также от количества людей, работающих в транспортном секторе.

Мобильность как услуга.

Экологические эффекты. Влияние мобильности как услуги на уровень выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферу зависит от количества совершенных поездок, продолжительности поездки, уровня перехода с личного автомобиля на общественный, а также от состава автомобиля. используемый парк (например, доля использованных электрифицированных транспортных средств). Мобильность как услуга может привести к увеличению количества поездок (и к увеличению средней продолжительности поездки). Это негативное влияние на уровень выбросов может быть компенсировано переходом на более экологичные виды транспорта [10]. Однако, влияние мобильности как услуги на изменение режима работы неопределенно и зависит от фактической схемы мобильности как услуги. Если в схемах мобильности как услуги приоритетное внимание уделяется использованию общественного транспорта и использованию других видов транспорта для подпитки этой системы или для обслуживания поездок, которые невозможны или неэффективны для общественного транспорта, общий сдвиг в сторону более устойчивых видов транспорта окажет общее положительное воздействие на окружающую среду. И наоборот, регулярные пользователи общественного или активного транспорта, переходящие на услуги совместного использования или совместного использования, могут, например, способствовать более высокому уровню выбросов. Такое обратное влияние мобильности как услуги может быть особенно

актуальным на ранней стадии внедрения на рынок таких схем, поскольку пользователи общественного транспорта рассматриваются как потенциальные приоритетные пользователи этих услуг.

Переход от использования частных автомобилей к схемам совместного использования автомобилей может иметь дополнительное влияние (сокращение использования автомобилей), положительно влияя на уровни выбросов, то есть более высокие темпы электрификации парка служб совместного использования автомобилей по сравнению с парками частных автомобилей [10]. В частности, в краткосрочной перспективе это влияние может быть актуальным, поскольку электромобили не так привлекательны, как частные автомобили, из-за относительно высокой стоимости покупки. В долгосрочной перспективе ожидаемое снижение затрат на покупку этих транспортных средств будет способствовать увеличению доли электромобилей в частном парке, уменьшая экологические преимущества схем каршеринга.

Социальные эффекты. Наиболее важным фактором, влияющим на безопасность мобильности как услуги, является ожидаемое изменение в разбиении по видам транспорта. Переход от километров автомобильного транспорта к километрам в общественном транспорте будет способствовать меньшему количеству дорожно-транспортных происшествий, поскольку количество несчастных случаев в общественном транспорте значительно ниже, чем в легковых автомобилях. С другой стороны, переход к каршеринговым схемам вряд ли существенно повлияет на безопасность дорожного движения. Наконец, более частое передвижение на велосипеде и ходьба из-за мобильности может привести к большему количеству жертв, поскольку люди, использующие велосипед, и пешеходы более уязвимы, чем другие пользователи транспорта.

Еще один потенциальный фактор, влияющий на безопасность дорожного движения, - это общий спрос на транспорт. Однако от местной ситуации во многом зависит, приведет ли увеличение (или уменьшение) общего спроса на транспорт к большей или меньшей безопасности дорожного движения.

Экономические эффекты. Развертывание схем использования мобильности как услуги предоставляет возможности для бизнеса оператору мобильности как услуги и транспортным компаниям. В целом, мобильность как услуги может предоставить дополнительную экономическую ценность организациям, которые создают и управляют инфраструктурой, за счет экономии затрат за счет оптимизации транспортной эффективности существующей инфраструктуры и увеличения количества пассажиров. Коммерческая деятельность, такая как размещение рекламы, может быть дополнительным источником дохода. Платформы мобильности как услуги также могут выйти за рамки транспортных предложений чтобы привлечь внимание пользователей и предоставить дополнительные услуги и комплексные предложения. Для достижения потенциальных преимуществ требуются значительные инвестиции в развитие мобильности как услуги, особенно на начальных этапах реализации этой концепции.

Самоорганизующаяся логистика.

Экологические эффекты. Самоорганизующаяся логистика приведет к повышению эффективности транспорта (более высокая заполняемость, оптимизация маршрутов и т.д.). Следовательно, для перевозки того же количества

груза или товаров требуется меньше транспортных средств и километров транспортных средств. Кроме того, повышение эффективности цепочки от производителя к получателю означает, что для достижения той же производительности требуется меньше перемещений. Следовательно, это приведет к снижению спроса на энергию, будь то традиционные ископаемые виды топлива или возобновляемые источники энергии. Таким образом, вся цепочка будет иметь меньше выбросов CO₂. Другой потенциальный эффект отскока может возникнуть в результате обратного изменения вида транспорта (т.е. с железнодорожного транспорта и/или внутреннего судоходства на автомобильный). Когда алгоритмы цепочек поставок ищут, например, с помощью искусственного интеллекта, наиболее оптимальные маршруты и виды транспорта, это может означать, что выбираются режимы с более высокими выбросами на тонну груза. Переход от железнодорожного и водного транспорта к автомобильному транспорту может обеспечить более короткие сроки доставки по сравнению с более высокими выбросами в краткосрочной перспективе.

Социальные эффекты. Цифровизация может повысить эффективность и заполняемость транспортных средств. Это будет означать, что для того же количества грузов потребуется меньше транспортных средств. Кроме того, динамическая маршрутизация может направлять транспортные средства к определенным временным рамкам или маршрутам, не позволяя транспортным средствам попадать в школы и в часы пик. Модальный сдвиг в сторону легкого транспорта, такой как переход от грузовиков к фургонам и велосипедам, также может повысить безопасность в городских районах [11]. Маршруты могут стать более эффективными, что означает, что на каждый маршрут требуется меньше километров.

Экономические эффекты. Более эффективная цепочка поставок в конечном итоге приведет к снижению транспортных расходов. Однако сначала необходимо инвестировать в обновление и оцифровку цепочек поставок, поэтому в долгосрочной перспективе ожидается снижение транспортных расходов. В дополнение к более низким транспортным расходам оптимизированная цепочка поставок может также привести к сокращению времени выполнения заказа и общего времени непрерывной доставки. Кроме того, доставку можно сделать более надежной и динамичной, что принесет пользу конечным пользователям, поскольку они могут указать доставку в соответствии со своими потребностями. Видимость цепочки поставок (например, благодаря отслеживанию в реальном времени и динамическому расчетному времени прибытия) приносит пользу конечным пользователям, поскольку они могут оптимизировать свои собственные графики, чтобы приспособиться к непредвиденным изменениям в цепочке поставок.

Заключение. Совместное развитие различных новых технологий (например, интеллектуальных датчиков, блокчейна, больших данных, цифровых платформ, искусственного интеллекта) стимулирует инновации в области интеллектуальной мобильности. Это развитие ускорится в ближайшее десятилетие, поскольку различные технологии станут более зрелыми, предоставляя новые и более продвинутое возможности для использования в транспортных системах. Эти разработки будут обусловлены не только возможностями, возникающими в связи с появлением новых технологий, но и растущим давлением на достижение социальных целей в транспортном секторе (например, сокращение выбросов

парниковых газов, повышение безопасности дорожного движения, снижение уровня заторов). Перспективные технологии, рассмотренные в данной статье, во многих случаях имеют ограниченные доказательства воздействия (поскольку доказательства часто доступны только для небольшого числа пилотных проектов) или являются исследовательскими. В связи с этим, неопределенность в отношении направления и уровня воздействия часто бывает значительной, что может обусловить дальнейшие исследования в области изучения внешних и внутренних эффектов от использования перспективных технологий в транспортном секторе.

Литература

1. European Commission. The European Green Deal URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
2. Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Summary Report URL: https://cdn.ricardo.com/ee/media/media/resources%20-%20downloads/wg1-annex-2-summary-report_fv_1.pdf
3. Cooperative Intelligent Transport Systems URL: https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/TRIP_C-ITS_Report.pdf
4. European Commission releases C-ITS platform phase II final report URL: <https://erticonetwork.com/european-commission-releases-c-platform-phase-ii-final-report/>
5. Study of Intelligent Transport Systems for reducing CO₂ emissions for passenger cars, Brussels: ERTICO, Brussels: ERTICO URL: <https://ertico.com/tag/its-for-co2/>
6. Milakis, D., Van Arem, B. & Van Wee, B., 2017. Policy and society related implications of automated driving: a review of literature and directions for future research. Journal of Intelligent Transportation Systems, 21(4), pp. 324-348.
7. Wadud, Z., MacKenzie, D. & Leiby, P., 2016. Help or hindrance? : The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. Transportation Research Part A, Volume 86, pp. 1-18.
8. Neves, J. & Velez, J., 2018. The impacts of autonomous vehicles on urban road infrastructures. Network Industries Quarterly, 20(4), pp. 3-6.
9. Taelhagh, A. & Si Min Lim, H., 2019. Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. Transport Reviews, 39(1), pp. 103-128.
10. Laine, A. et al., 2018. Mobility as a Service and greener transportation systems in a Nordic context, Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
11. CE Delft; INFRAS; TRT, 2019. Handbook on the external costs of transport - version 2018, Delft: CE Delft.

References

1. European Commission. The European Green Deal URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
2. Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Summary Report URL: https://cdn.ricardo.com/ee/media/media/resources%20-%20downloads/wg1-annex-2-summary-report_fv_1.pdf
3. Cooperative Intelligent Transport Systems URL: https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/TRIP_C-ITS_Report.pdf
4. European Commission releases C-ITS platform phase II final report URL: <https://erticonetwork.com/european-commission-releases-c-platform-phase-ii-final-report/>

5. Study of Intelligent Transport Systems for reducing CO₂ emissions for passenger cars, Brussels: ERTICO, Brussels: ERTICO URL: <https://ertico.com/tag/its-for-co2/>
6. Milakis, D., Van Arem, B. & Van Wee, B., 2017. Policy and society related implications of automated driving: a review of literature and directions for future research. Journal of Intelligent Transportation Systems, 21(4), pp. 324-348.
7. Wadud, Z., MacKenzie, D. & Leiby, P., 2016. Help or hindrance? : The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. Transportation Research Part A, Volume 86, pp. 1-18.
8. Neves, J. & Velez, J., 2018. The impacts of autonomous vehicles on urban road infrastructures. Network Industries Quarterly, 20(4), pp. 3-6.
9. Tæihagh, A. & Si Min Lim, H., 2019. Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. Transport Reviews, 39(1), pp. 103-128.
10. Laine, A. et al., 2018. Mobility as a Service and greener transportation systems in a Nordic context, Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
11. CE Delft; INFRAS; TRT, 2019. Handbook on the external costs of transport - version 2018, Delft: CE Delft.

Поступила в редакцию 10 декабря 2021 г.