

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Савин Глеб Владимирович

**МЕТОДОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ ЛОГИСТИКИ
В ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ
МОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Специальность 5.2.3 – Региональная экономика
(транспорт и логистика)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени доктора экономических наук

Научный консультант:
Доктор экономических наук, профессор
Т.Г. Шульженко

Санкт-Петербург-2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛОГИСТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА.....	16
1.1. Умный город как современная концепция устойчивого развития, роста мобильности и организации транспортных систем.....	16
1.2. Цифровая трансформация логистики в рамках институционально- эволюционной экономической теории.....	38
1.3. Теоретический базис исследования транспортно-логистической системы умного города	56
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА.....	74
2.1. Трансформация понятийного аппарата логистической координации в процессе развития института городской мобильности.....	74
2.2. Влияние цифровизации на транспортно-логистическую систему умного города.....	91
2.3. Построение интегрированной потоковой модели мобильной транспортно- логистической системы умного города.....	111
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ АДАПТИВНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ И МОБИЛЬНОСТИ НА МЕЗОУРОВНЕ	129
3.1. Анализ цифровизации и мобильности в транспортно-логистической системе умного города.....	129
3.2. Конвергенция направлений развития городской логистики в аспекте изучения мобильности.....	148
3.3. Построение единой распределенной экосистемы ТЛС умного города	167
ГЛАВА 4. ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ МОБИЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА.....	186
4.1. Проектирование компонентной структуры транспортно-логистической системы умного города	186

4.2. Определение модели развития транспортно-логистической системы умного города.....	201
4.3. Определение прогнозной модели оценки потерь для каждого экономического агента.....	220
ГЛАВА 5. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РОСТА МОБИЛЬНОСТИ В ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ УМНОГО ГОРОДА.....	236
5.1. Направления исследований городской логистики при разработке архитектуры мобильной ТЛС на мезоуровне.....	236
5.2. Цифровая трансформации ТЛС крупного промышленного города	252
5.3. Направления развития института городской мобильности	269
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	279
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	283
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Рейтинг наиболее ассоциированных терминов «Smart» ..	351
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Определения в области Smart City	353
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Официальные и научные определения «Интеллектуальных транспортных систем» (ITS).....	356
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Цифровая инфраструктура и технологии ИТС	357
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Подсистемы интеллектуальных транспортных систем	358
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Стандартизация в области интеллектуальных транспортных систем в мире	361
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Различия архитектуры ИТС России, США и Европейского союза.....	362
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Определения ТЛС с позиции материального потока и пассажиропотока	363
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Уровень развития информационно-коммуникационных технологий по странам, в которых развиваются умные города.....	364
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. Автомобилизация по странам мира.....	368
ПРИЛОЖЕНИЕ М. Интегрированный рейтинг умных городов	369
ПРИЛОЖЕНИЕ Н. Компонентная оценка умных городов.....	372
ПРИЛОЖЕНИЕ П. Оценка умных городов мира в рамках устойчивого развития.....	378
ПРИЛОЖЕНИЕ Р. Оценка экологичности по умным городам мира.....	380

ПРИЛОЖЕНИЕ С. Оценка эффективности транспорта по городам мира	381
ПРИЛОЖЕНИЕ Т. Карта мобильности в умных городах.....	383
ПРИЛОЖЕНИЕ У. Перегруженность городов мира	386
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф. Влияние комплексных критериев цифровизации на мобильность в городе	389
ПРИЛОЖЕНИЕ Х. Прогноз снижения конгестии при развитии транспортно-коммуникационных коридоров ТЛС умного города	392
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц. Прогноз снижения потерь при развитии транспортно-коммуникационных коридоров ТЛС умного города	402

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность избранной темы диссертационного исследования

Текущая турбулентная экономическая ситуация требует оценки и осмысления ускоряющихся процессов, которые выступают основными драйверами роста и концентрации городского населения: управленческие, транспортные и логистические процессы интенсивно переходят на новый цифровой уровень, характеризаемый технологическими инновациями Индустрии 4.0 и 5.0, новыми формами и принципами межфирменных и транзакционных отношений. Одновременно меняются конкурентная среда, поведение клиентов, и будущее современных городов переходит в цифровую область интеллектуальных систем и автоматизированных алгоритмов для бизнеса, населения и органов государственной власти.

На сегодняшний день для городских транспортно-логистических систем (ТЛС) явно недостает методологического аппарата логистики, действие которого акцентируется на развитии «удобного» общественного транспорта по сравнению с личным автотранспортом, либо на предоставлении сервисов и систем информирования, либо на реформировании магистралей, транспортных развязок, зон парковок, либо на оптимизации микрологистической системы предприятия и цепочки поставок в муниципальных границах.

Ограниченность городского пространства при современном многообразии экономических отношений участников создает проблемы развития транспортной мобильности, а также управления транспортно-логистической системой городов, ухудшает их экологическое состояние; растут пробки, логистические затраты и потери каждого участника. Во всех транспортно-логистических системах с населением свыше 3 млн чел. отмечен рост транспортной перегруженности до ~53%, средняя скорость движения транспорта составляет ~28,61 км/ч, утренние и вечерние задержки ~19 мин, средние годовые потери ~75,23 ч, или 114,16 у.е. Для городов с населением от 0,6 до 3 млн чел. (и менее 0,6 млн чел.) перегруженность доходит до ~66% (39%), средняя скорость составляет ~29,47 (33,16) км/ч, утренние и вечерние задержки ~21 мин (11 мин), средние годовые потери ~62,84 (47,01) ч, или 119,04 (102,2) у.е. соответственно.

Проникновение цифровых технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в сферу управления ТЛС города также создает риски обработки, хранения и передачи информации, ресурсосбережения и безопасности, что требует разработки новой методо-

логии городской логистики в условиях развития адаптивных систем управления и высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) на дорогах общего пользования и, наконец, с учетом экосистемного подхода.

Таким образом, названные тенденции формируют новые вызовы в области внедрения инновационных решений, построения единой интегрированной системы управления, основанной на новых принципах и научных подходах, а также на использовании современных интеллектуальных киберфизических систем.

Хотя до настоящего времени, ввиду ограниченности технологий, городская логистика не получила должного комплексного внимания, все же сегодня она способна обеспечить новую степень координации логистических процессов на основе развития партнерства и сотрудничества между основными участниками. Всё сказанное выше требует переосмысления значения городской логистики в области функционирования сложных транспортно-логистических систем посредством теоретико-методологических изысканий в контексте становления Индустрии 4.0 и 5.0 с целью эффективного управления при минимизации экономических потерь всех ключевых участников.

Новая методология городской логистики призвана также придать особый импульс решению проблем устойчивого развития экономики, обеспечить координацию происходящих процессов (в частности, от производителя до потребителя) по всем звеньям логистической цепочки, способствовать увеличению мобильности и расширению долгосрочного сотрудничества между предприятиями, организациями и гражданами в рамках развития современной экосистемы ТЛС. Кроме того, она позволит снизить стоимость развертывания системы, владения ею, вместе с тем повысив масштабируемость, гибкость и ее интероперабельность.

С учетом вышеизложенного можно утверждать, что выбранная для диссертационного исследования тема является одной из наиболее актуальных на сегодняшний день в отечественной логистике.

Степень разработанности избранной темы исследования

Тема диссертационного исследования обусловлена необходимостью переосмысления текущих отечественных и зарубежных теоретических, методологических и технологических изысканий и решений в области транспорта, логистики и городского управления.

Наиболее значимые теоретические и методологические положения логистики, используемые в диссертационной работе, изложенные в трудах известных ученых, таких как А.У. Альбеков, Б.А. Аникин, А.А. Бочкарев, В.В. Борисова, В.В. Дыбская, В.Д. Герами, М.Г. Григорян, В.М. Каточков, П.В. Куренков, В.А. Лазарев, В.Ф. Лукиных, О.Д. Проценко, И.О. Проценко, А.В. Резер, В.И. Сергеев, В.Н. Трегубов, В.В. Щербаков, А.И. Шинкевич, Т.Г. Шульженко и др., считающих, что инструментарий логистики позволяет обеспечить дополнительные экономические выгоды, а также снизить издержки для предприятий и в цепях поставок при создании региональных транспортно-логистических систем.

Особое внимание вопросам совершенствования управления транспортно-логистическими системами, формирования интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и развития мобильности уделено в работах специалистов-логистов по транспорту, среди которых П.Х. Азимов, М.А. Бажина, Г.В. Бубнова, Е.М. Волкова, А.Е. Жук, Н.А. Журавлева, В.В. Зырянов, Д.В. Капский, А.А. Кизим, А.А. Косимхужаев, О.Н. Ларин, В.С. Лукинский, А.В. Мартыненко, Э.А. Мамаев, А.О. Меренков, Л.Б. Миротин, Т.И. Михеева, Ю.М. Неруш, Д.Г. Неволин, Е.С. Палкина, В.А. Персианов, О.М. Писарева, О.Д. Покровская, И.Н. Пугачев, С.М. Резер, А.А. Цариков и др.

Проблемы внедрения экосистемного подхода в логистические системы подробно раскрываются в работах ученых И.Д. Афанасенко, А.В. Дмитриева, Т.Е. Евтодиевой, О.В. Ефимовой, Е.А. Королевой, Ю.В. Малевич, М.В. Михайлюк, С.И. Никишова, В.А. Носа, А.В. Парфенова, В.А. Подсорина, Г.Ю. Силкиной, И.В. Терениной, В.В. Ткача, С.А. Уварова, С.В. Шайтуры и др.

Важные результаты исследований в области развития координации логистических процессов представлены в трудах Е.Р. Абрамовой, Н.А. Гвилия, Д.А. Карха, Ю.Г. Кузменко, Т.Н. Одинцовой и др.

Высокие результаты внедрения теоретико-методологических положений, разработанных перечисленными отечественными и зарубежными учеными, заслуживают особого внимания и в настоящее время. Однако их необходимо интегрировать, трансформировать и дополнить анализом в транспортно-логистических системах умного города в условиях становления Индустрии 4.0 и 5.0, когда в экономике происходит формирование единой системы управления процессами транспортировки, трансформации, взаимодействия, генерации знаний, внедрения, сервисной поддержки и контроля.

Цель диссертационного исследования – разработка научной методологии организации и функционирования транспортно-логистической системой умного города, ориентированной на формирование концептуальной интегрированной потоковой модели.

Поставленная цель предопределила постановку и последовательное решение следующих конкретных **научных задач**:

1. Обобщив российские и зарубежные теоретико-методологические научные базы знаний, а также цифровой опыт внедрения мобильных транспортно-логистических систем в мире, выделить рационально-эволюционный подход, позволяющий определить и уточнить новое научное направление развития городской логистики, раскрыть его теоретический базис и предложить свою концепцию его формирования.

2. Сформировать авторский взгляд на методологию изучения и предложить понятийный аппарат исследования мобильных транспортно-логистических систем, обеспечивающих новую трактовку механизма логистической координации, разработку умной инфраструктуры и определение институциональной среды развития транспортно-логистической системы умного города.

3. Обосновать использование методологического инструментария городской логистики для развития и функционирования транспортно-логистических систем в информационном пространстве Индустрии 4.0 и 5.0, способствующего достижению целей любым муниципалитетом в области координации процессов, повышения мобильности и обеспечения устойчивого развития.

4. Создать интегрированную потоковую модель транспортно-логистической системы умного города, обеспечивающую рационализацию инвестиций и расходов на ее содержание при снижении уровня перегруженности системы.

5. Обосновать механизмы выбора пути развития и достижения трансформации транспортно-логистической системы умного города, позволяющие осуществить моделирование института городской мобильности и разработать научную базу городской логистики для развития данных интеллектуальных систем.

6. С учетом теоретических и методологических принципов сформировать функциональные блоки единой распределенной экосистемы транспортно-логистической системы умного города и ее базисные смарт-контракты, а также разработать механизм ее децентрализации, что обеспечит создание гибкой, устой-

чивой, масштабируемой, аккумулирующей ресурсы и адаптивной системы управления всеми процессами от транспортировки, трансформации, взаимодействия, генерации знаний, внедрения, сервисной поддержки до контроля.

7. Используя авторскую интегрированную потоковую модель ТЛС умного города, предложить и обосновать новый целевой признак развития мобильности в транспортно-логистической системе города, позволяющий выделить наиболее весомые критерии мобильности и, как итог, решить задачу классификации современных умных городов.

8. Сформулировать рекомендации по компоновке структуры мобильной транспортно-логистической системы умного города для удовлетворения потребностей любого муниципалитета, что позволит разработать базовые модели, которые обеспечат поэтапное снижение потерь для всех участников.

9. На основании предложенных авторских направлений разработки архитектуры и умной инфраструктуры представить модель трансформации транспортно-логистической системы города, обеспечив тем самым формирование института городской мобильности; посредством разработанных норм и правил смарт-контрактов создать единую экосистему с последующей ее интеграцией с интеллектуальной транспортной системой, высокоавтоматизированными транспортными средствами, приложениями и другими сервисами.

Объектом диссертационного исследования выступает транспортно-логистическая система умного города.

Предметом диссертационного исследования являются процессы организации и функционирования городской мобильной транспортно-логистической системой, а также нормы и правила скоординированных взаимоотношений между экономическими агентами.

Теоретическую основу диссертационного исследования составляют передовые идеи, воззрения ученых-логистов, фундаментальные положения науки логистики и научной парадигмы устойчивого развития, а также перспективы, открывающиеся в мире в ходе внедрения интеллектуальных транспортных систем и методов их проектирования. В условиях изменения технологического уклада и смены экономической модели это позволило автору выделить ключевые признаки, теоретические и практические предпосылки для разработки методологии городской логистики.

Методология и методы диссертационного исследования. Базисом диссертационного исследования послужили положения эволюционной экономической теории, т.е. совокупности теорий эволюционного развития, управления транзакциями, рационального выбора, институционального моделирования и др. В диссертационном исследовании использованы научные методы системного и кластерного анализа, проектирования сложных систем, прогнозирования с учетом кумулятивного воздействия и моделирования экономических институтов, а также методы машинного обучения. Это способствовало достижению поставленной цели и решению задач диссертационной работы.

Информационной базой диссертационного исследования выступают официальные источники в области экономического развития и формирования транспортно-логистических систем в России и мире, среди них:

- Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172 «О стратегическом планировании в Российской Федерации», Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года и прогноз на период до 2035 года, Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации и Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы, а также прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года;
- национальные проекты Российской Федерации («Эффективная транспортная система», «Инфраструктура для жизни», «Эффективная и конкурентная экономика», «Экономика данных»), вступившие в силу Указом Президента России от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»;
- данные международных центров стандартизации, в частности стандарты ISO 37120 Sustainable cities and communities – Indicators for city services and quality of life («Устойчивые города и сообщества – показатели городских услуг и качества жизни») и ISO 37122 Sustainable cities and communities – Indicators for smart city («Устойчивые города и сообщества – показатели для умных городов»);
- международные рейтинги Technological Readiness Ranking, Environmental Performance Index, Human Development Index, IESE Cities in Motion Index, Global Power City Index, The Global Cities Index, The Global Cities Outlook, Juniper Research, EasyPark Smart City Index и др., а также источники их расчетов;

— отчеты международных исследовательских центров, лабораторий и институтов, межправительственных организаций (UN-Habitat, World Bank, OECD и др.), а также технологических компаний и корпораций, внедряющих свои продукты и услуги.

Также в качестве информационных материалов были использованы статьи из реферативных баз Scopus, Web of Science, Google Scholar по логистике, институциональной экономике, теории транспортных систем, анализу транспортно-логистических систем; методическая и научная литература; данные, опубликованные в периодической печати и в сети Интернет.

Обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается в ходе анализа городских транспортно-логистических систем, спецификой их развития и функционирования, современным подходом к прогнозированию, а также обширной информационно-эмпирической базой.

Достоверность результатов диссертационного исследования. Результаты диссертационного исследования получены с учетом теоретико-методологического обеспечения, поддерживающего процессы познания и изучения логистизации и ее совершенствования. Модели машинного обучения, используемые в работе, демонстрировали высокую точность и качество.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности. Содержание диссертации соответствует пунктам: 5.2 «Формирование механизмов устойчивого развития транспортной отрасли»; 5.5 «Транспортно-логистическая инфраструктура, современные тенденции ее развития и теоретико-методологические основы ее анализа»; 5.11 «Отраслевые и функциональные аспекты развития сектора логистических услуг»; 5.14 «Инструментальное обеспечение и архитектура логистических систем» паспорта 5.2.3 «Региональная и отраслевая экономика (транспорт и логистика)».

Научная новизна диссертационного исследования заключается в формировании концептуально-методологических основ логистики города в условиях перехода к технологическим парадигмам Индустрии 4.0 и 5.0 и разработке научно-методических рекомендаций по совершенствованию управления городскими мобильными транспортно-логистическими системами на принципах системной интеллектуализации.

На защиту выносятся следующие **результаты исследования**, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:

1. Уточнена предметно-содержательная характеристика городской логистики в условиях революционного изменения технологического ландшафта национальной экономики, атрибутируемая признаками интегральности, комплексности и цифровой зрелости, что позволило дополнить методологические положения логистики города развитием концепции адаптивной логистической координации с позиций рационально-эволюционного подхода.

2. Разработана методология организации и функционирования мобильных транспортно-логистических систем, учитывающая текущие технологические и социально-экономические изменения и развивающая теоретический базис городской логистики в условиях Индустрии 4.0 и 5.0 включением принципов кумулятивной причинности, платформенного механизма координации транспортно-логистических процессов умного города, методических подходов к формированию инфраструктурной и институциональной подсистем.

3. Предложен методологический инструментарий управления развитием и функционированием мобильных транспортно-логистических систем умного города в информационном пространстве Индустрии 4.0 и 5.0, базирующийся на разработанной в рамках научной парадигмы устойчивого развития процедуре многокритериальной оценки уровня цифровизации взаимодействий между участниками системы и выявленных направлениях цифровизации (контроль, сервисная поддержка, трансформация и взаимодействие, генерация знаний и их внедрение, транспортировка), что позволяет достичь наиболее эффективной адаптивной логистической координации транспортных процессов в городе.

4. Обосновано концептуально-методологическое представление потоковой модели, составляющее содержательный компонент функционирования системного интегратора транспортно-логистической системы умного города; сформирована соответствующая интегрированная модель, учитывающая признаки мобильности, устойчивого развития и цифровизации экономики города, которая позволяет обосновать выбор вектора формирования и развития мобильных транспортно-логистических систем.

5. Сформирован механизм развития транспортно-логистической системы города, обеспечивающий на основе установленных правил и норм координации,

способов борьбы с перегруженностью ТЛС умного города достижение целевых показателей городской мобильности, и определены институциональные условия его реализации созданием института городской мобильности, что позволит повысить уровень управляемости процесса цифровой трансформации системы городской мобильности.

6. Доказана необходимость и разработана модель единой распределенной экосистемы мобильной ТЛС умного города, позволяющая контролировать транзакции по пиринговой сети; разработаны модели бронирования маршрутов и механизм децентрализации экосистемы умного города, что призвано снизить стоимость владения и сократить инвестиции в перманентное развитие и обновление умной инфраструктуры современных городов.

7. Развита комплекс зависимых переменных развития мобильных транспортно-логистических систем умного города включением категории «стандартизированная перегруженность транспортно-логистической системы», позволяющей на основе обоснования наиболее значимых критериев интегрированной потоковой модели ТЛС умного города методами машинного обучения с лучшими показателями качества компонентной структуры формировать вектор ее развития согласно требований технологических концепций Индустрии 4.0 и 5.0.

8. Разработан комплекс типовых моделей поэтапного развития мобильных транспортно-логистических систем современных городов с учетом их экономических, социо-демографических, климатических и технологических особенностей, характеризующихся целостностью рекомендованного методологического инструментария городской логистики и ориентированностью на повышение качества жизни в городских агломерациях.

9. Сформулированы концептуальные положения по совершенствованию управления транспортно-логистической системой умного города на принципах экосистемности, определяемые разработкой архитектуры взаимодействия элементов, включающей платформенное решение, клиентский интерфейс и прикладные алгоритмы доступа к данным в распределенной сети, механизмы управления умной инфраструктурой ТЛС и порядок ее развертывания, что позволяет сократить экономические потери для всех участников, ускоряет процесс формирования и эффективность мобильных транспортно-логистических систем в соответствии с целями и задачами развития конкретного города.

Теоретическая значимость диссертационного исследования. По результатам анализа выявленных недостатков существующих моделей развития ТЛС умного города предложен более сбалансированный и обоснованный прогнозный план мероприятий по снижению экономических потерь для всех участников при росте их транспортной мобильности, что способствует расширению теоретико-методологического аппарата управления городскими мобильными транспортно-логистическими системами.

Результаты научного исследования также расширяют возможности выбора вектора развития умного города, определяют правила их функционирования для достижения более высоких показателей адаптивной логистической координации, способствуют росту качества жизни, повышению эффективности использования экономических ресурсов, а также аккумулируют значительные материальные, финансовые и трудовые ресурсы под конкурентную теоретико-методологическую и практическую цель, обеспечивающую гибкость ТЛС умного города при смене экономической модели развития в мире.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности использования полученных результатов федеральными, региональными и муниципальными органами власти и управления в качестве научно-методологической основы при разработке стратегий и программ формирования современных интеллектуальных систем на транспорте и в логистике.

Апробация результатов диссертационного исследования. Научные разработки, а также практические рекомендации, содержащиеся в диссертационном исследовании, были использованы:

- при выполнении проекта Российского фонда фундаментальных исследований «Транспортно-логистическая система Smart City: теория, методология и практика»» (2020 г., проект № 20-110-50039);
- в рамках хоздоговорных исследований по темам: «Совершенствование корпоративной информационной системы в области управления транспортом и логистикой фирмы» (2021 г.), «Организация работы транспорта в логистической системе предприятия» (2017 г.), «Оптимизация логистической системы предприятия розничной торговли»» (2017 г.) и др.;
- Министерством агропромышленного комплекса и потребительского рынка Свердловской области, Министерством транспорта и дорожного хозяй-

ства Свердловской области при проведении оценки стратегических направлений социально-экономического развития региона, Администрацией г. Екатеринбурга и др.;

– в учебном процессе ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения».

Внедрение результатов диссертационной работы документально подтверждено соответствующими документами – справками о внедрении.

Основные результаты, положения и выводы диссертационного исследования докладывались и обсуждались на более чем 35 международных и всероссийских конференциях и форумах, проходивших в следующих городах: Санкт-Петербург (2019–2025 гг.), Севастополь (2024 г.), Ростов-на-Дону (2019–2021, 2025 г.), Екатеринбург (2011–2024 гг.), Комсомольск-на-Амуре (2019 г.), Новокузнецк (2018 г.), Пермь (2018 г.), Тверь (2018 г.), Воронеж (2018 г.), Тамбов (2017 г.), Махачкала (2017 г.) и др., где получили положительную оценку.

Публикации результатов исследования. Результаты исследования изложены в 101 научных публикациях общим объемом 99,81 п.л., в том числе вклад автора – 84,72 п.л., из них 31 статья в изданиях, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК РФ (общим объемом 18,06 п.л., в том числе вклад автора – 13,93 п.л.), и 7 монографий (общим объемом 62,47 п.л., в том числе вклад автора – 55,22 п.л.).

Структура диссертации определяется целью исследования; состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛОГИСТИКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА

1.1. Умный город как современная концепция устойчивого развития, роста мобильности и организации транспортных систем

В настоящее время рост мировой экономики обусловлен как развитием технологий, так и их внедрением в приоритетные области хозяйства, которые предоставляют не только новые возможности увеличения благосостояния населения, развития бизнеса и общества, но и конкурентные преимущества для любой страны. Особый интерес ученых вызывают направления дискуссий по экономическим вопросам в области построения интегрированной городской цифровой экосистемы, характеризующейся развитием инфраструктуры современных городов – приоритетного направления ускорения урбанизации по всему миру.

Города как сложные и высокоорганизованные системы находятся в постоянном движении, демонстрируя сложную динамику: они играют ключевую роль в социальном и экономическом развитии на макро- и мезоуровне, а также оказывают огромное влияние на окружающую среду [154; 188; 205; 473; 494; 504; 571; 688]. Их стремительный рост в последние десятилетия принято называть «урбанистической революцией». Современные демографические тенденции способствуют тому, что уже сейчас две трети горожан сконцентрированы в развивающихся странах, где ежегодно новыми жителями городов становятся более 65 млн чел. При сохранении сегодняшнего уровня урбанизации более 68 % (рис. 1.1), как утверждают специалисты ООН, в 2050 г. ее уровень превысит 72 %. Это обусловлено тем, что средний годовой прирост городского населения в мире составляет более 1,73 %.

При современных темпах роста города сталкиваются с техническими (ресурсоснабжение, транспорт, информация), социальными (социальное и материальное неравенство, безопасность) и экологическими проблемами. В последние двадцать лет жители многих городов мира проявляют инициативы в решении проблем развития городской инфраструктуры и услуг, повышающих ее конкурентоспособность. Необходимость управления сложными и высокоорганизованными городскими системами потребовала объединения многих академических

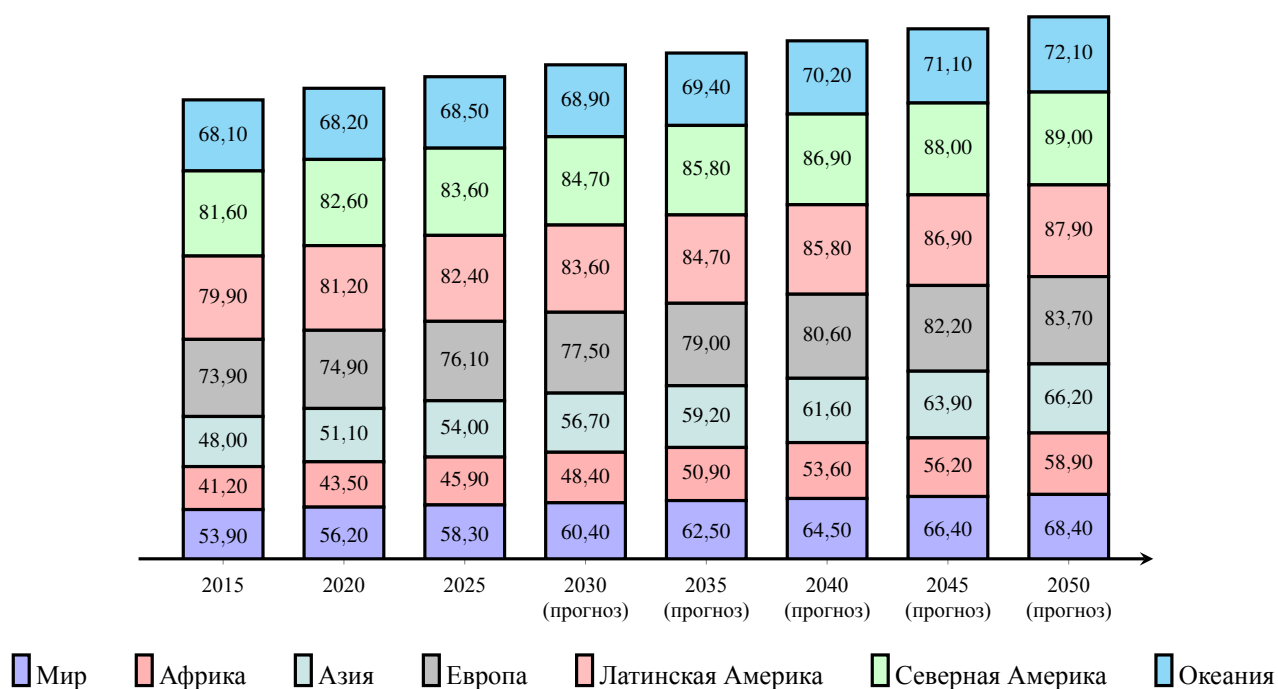


Рисунок 1.1 – Уровень урбанизации в мире в 2010–2025 гг. и прогноз до 2050 г., % (составлено по: [678; 697])

дисциплин в одну междисциплинарную, такую как урбанистика, имеющую целью создание «городов гармонии», в которых люди будут жить в относительно стабильном и безопасном обществе при использовании экологически чистых и возобновляемых источников энергии, сохраняя высокие темпы экономической эффективности в условиях сбалансированного развития.

С целью концептуального переосмысления вектора городского развития сегодня ученые оперируют определением «умный город», концепция которого исторически сложились на Западе. Как объект исследования умные города впервые фигурируют в 1992 г. в книге Д. Гибсона «Феномен технополиса: Умные города, быстрые системы, глобальные сети» [491].

Термин smart (умный) – один из наиболее часто используемых для раскрытия смысла понятия «умный город» в современных условиях; с его помощью характеризуют и другие категории городов, используемые взаимозаменяемо (табл. 1.1). Термины «экологичный», «зеленый», «низкоуглеродный» предполагают экологические действия в разных концептуальных перспективах; «благоустроенный» город ориентирован на развитие инфраструктуры для жизнедеятельности человека, при этом данный термин можно трактовать достаточно широко – как обеспечение удобствами до заданного уровня, который постоянно меняется, превращается в процесс и может охватывать все сферы жизнедеятельности горожан.

Таблица 1.1 – Термины, часто используемые для характеристики города «будущего»; ученые, занятые изучением данной темы

Термины, обозначающие город	Известные зарубежные ученые
Устойчивый (Sustainable)	K. Al-Kodmany [526], C. Andruetto [472], E. Ben-Zadok [423], T.R. Bhattacharya [632], J. Evans [613], I.D. Stewart [637], K.-Y. Lin [534], N.A. Mukhtar [546], S.C. Valencia [404], Y. Su [626], L. Wang [494], T.Y.M. Zagloel [454] и пр.
Умный (Smart)	I. Aguado-Moralejo [407], M. Batty [420], S. Breux [433], M. Cook [448], C. Dalton [616], D.K. Das [452], J. Evans [613], G. Ferrara [476], A. Flynn [478], L.-F. Hsu [508], J. Huh [659], S. Jameson [516], N. Komninos [615], L. Mora [506], N.A. Mukhtar [546], S. Pan [614], B. Saputra [479], A. Sharifi [601], A. Singh [609], T.F. Tierney [643], T. Tompson [645], H. Voordijk [655], T. Yigitcanlar [666], L. Wang [494] C. Zheng [481], L. Zvolska [651] и пр.
Цифровой (Digital)	O. Adegboyega [555], Z. Li [532], A. Therias [642], D.A. Rezende [572], G. Wessel [657], Y. Zhang [457] и пр.
Экологичный (Eco)	M. Jong [630], L. Li [442], F. Mneimneh [461], A. Riandita [573], B. Saputra [479] и пр.
Зеленый (Green)	M.H. Finewood [477], L. Gasser [486], S.A. Moore [544], P.D. Mullins [548], T.M.P. Nguyen [553], L.E. Schweitzer [598], Y. Zhou [670] и пр.
Низкоуглеродный (Low carbon)	S. Ghorbany [490], Z. Liu [535], H. Lu [539], J. Palmer [559], K. Shin [605], J. Viitanen [653], Z. Xie [661], J. Zhang [668] и пр.
Город знаний (Knowledge)	G. Camarã [439], I.R. Edvardsson [462], E. Heurkens [503], C.-Y. Wong [525] и пр.
Устойчивый, гибкий (Resilient)	P. Aeschbacher [405], S. Alidoust [410], L.M. Barbosa [418], R. Ehrenfeucht [463], T. Endo [467], M. Jong [630], T. Hatuka [639], N.A. Mukhtar [546], A. Therias [642] и пр.
Интеллектуальный (Intelligent)	N. Komninos [527], F. Zhang [652] и пр.
Благоустроенный (Liveable)	S. Alidoust [410], F. Bin Sulaiman [627], A. Hamraie [502], J. Irfandi [515], P.J. Lamíquiz-Daudén [612], S.A. Muhammadan [571], P. Tuominen [650] и пр.
Информационный (Information)	H. Kashiwagi [518], L. Wang [494] и пр.

«Цифровой», «информационный», «интеллектуальный» и «город знаний» – это также схожие определения, которые объединяет информация как элемент оптимизационного видения. В первых двух определениях прослеживается ее преобладание с помощью информационно-коммуникативных технологий (ИКТ); в других превалирует способность аккумулировать и обучаться с целью улучшить функционирование города.

Отметим, что перечисленные категории городов – это направления развития, которые затрагивают узконаправленные уровни улучшения для достижения заданного показателя устойчивости (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Смысловые различия терминов «цифровой», «интеллектуальный», «умный» и «экологичный» (составлено по: [468])

Цифровой	Интеллектуальный	Умный	Экологичный
– информатика (связь); – городские порталы для онлайн-информационных служб	– интеллектуальные системы; – онлайн-овые web-системы электронного обучения, интегрированные и совместимые с другими городскими платформами	– качество жизни; – экология; – платформа электронного обучения и управление знаниями; – расширенные инструменты визуализации и моделирования; – бенчмаркинг	– природная экосистема; – экономическое развитие при одновременной защите окружающей среды

Внимание ученых к «устойчивому» развитию мировой экономики (гармоничному, сбалансированному развитию) приковано с 1970 г.: данную проблематику начали развивать Международная федерация институтов перспективных исследований (ИФИАС), Римский клуб, Всесоюзный институт системных исследований (Институт системного анализа Российской академии наук). Бурная экологизация знаний и необходимость разработки направлений социально-экономического роста были обусловлены прогнозируемым дальнейшим увеличением народонаселения, изменением климата, потерей биоразнообразия и ухудшением состояния окружающей среды [697]; при этом города становятся основной формой концентрации населения как потребителя ресурсов и загрязнителя окружающей среды.

Определения «умный» и «устойчивый» употребляются для характеристики сбалансированного развития всех составляющих социально-экономической сферы общества – процессов и отношений, связанных с производством, распределением, обменом и потреблением материальных и духовных благ. При этом ученые говорят об «устойчивом» городе, оперируя терминами социально-экономической и экологической направленности, имеющими, однако, некоторый дисбаланс взаимозависимых целей с умным городом, который ориентирован на «упрощение» управления и его оптимизацию в прочих сферах с помощью информационно-коммуникационных технологий. В целом оба города направлены на повсеместное и взаимосвязанное развитие с установленными целями роста экономики и повышения производительности труда, что отражает региональную (национальную)

специфику, позволяет использовать передовой опыт и учитывать уровень развития технологий в мире.

«Устойчивый» город – термин, часто используемый в научной литературе, в политических дискуссиях вследствие более широкого охвата исследуемых направлений, а также из-за более долгой истории его употребления в научном языке. Назрела необходимость обеспечить функционирование города в текущем состоянии, обеспечивая его устойчивость. Однако, если учитывать, что устойчивость – это будущее состояние, которое можно прогнозировать, разработав механизм его достижения, то «умный» выступает некоей категорией развития города, который должен самостоятельно достигать прогнозируемых состояний.

«Устойчивый» город, согласно [441], способен обеспечить устойчивое экономическое развитие и высокое качество жизни при решении следующих задач:

- разумное управление природными ресурсами;
- рост инвестиций в человеческий и социальный капитал;
- развитие инфраструктуры.

«Умные» города (Smart Cities) возникают благодаря интеллектуальному использованию цифровой информации [457; 494; 508; 652]. При этом «умному» городу свойственны социальная интеграция и развитие интернета с целью создания новых предприятий и рабочих мест, для предоставления высококачественных услуг и расширения прав и возможностей граждан с помощью информации, т.е. он максимально обусловлен социально-экономическими системами.

Анализ активности в сети Интернет показывает, что смысловое значение термина smart предполагает ассоциированное развитие общества, инфраструктуры, городского планирования, цифровых технологий и прочих направлений развития города (табл. 1.3, прил. А). Развитие инфраструктуры связано с такими областями, как энергетические сети и транспорт.

Отметим также, что за последние пятнадцать лет заметно вырос интерес к статьям из реферативных баз Scopus, Web of Science, Search Google Scholar по тематике Smart City. Основными странами, которые проявляют повышенный интерес, являются США, Китай, Австралия, Великобритания, и интерес ученых этих стран к данной тематике неуклонно растет с 2010 г. (табл. 1.4).

Революция в области цифровых технологий стала самой масштабной и быстро развивающейся технологической революцией в истории челове-

Таблица 1.3 – Рейтинг терминов, наиболее ассоциированных с понятием smart

Уровень	Частота употребления	Количество загрузок	Наименование (рус.)
1-й	47098	212,5048	Умный
2-й	39893	192,7201	Город
3-й	6515	77,9386	Энергия
4-й	5252	68,7439	Технология
5-й	5007	68,0468	Развитие
6-й	4620	63,5254	Данные
7-й	4066	61,4071	Инфраструктура
8-й	3883	59,6391	Руководство
9-й	3692	57,5334	Публичный
10-й	3304	57,4662	Новый

Таблица 1.4 – Страны-лидеры по загрузке статей из реферативных баз данных по теме «Умный город» за 2025 г. (составлено по: [715])

Страна	Загрузки статей
Соединенные Штаты Америки	609
Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	321
Китайская Народная Республика	299
Австралийский Союз	295
Федеративная Республика Германия	223
Республика Индия	206
Итальянская Республика	177
Республика Индонезия	106
Королевство Нидерландов	105

ства, которая вызвала глубокую трансформацию всех видов деятельности и потребовала значительных изменений и нововведений в управление социально-экономическими системами города [147; 266; 471; 482; 485; 488; 611; 629; 663], и это предопределило развитие умных городов.

Сегодня развитие умного города обсуждается в рамках проблематики мирового устойчивого развития на различных дискуссионных площадках и форумах.

Сгруппируем официальные источники (табл. 1.5), а также определения международных структур, организаций и исследовательских институтов (табл. 1.6), технологических холдингов и дефиниции зарубежных ученых, исследующих данное научное направление (прил. Б).

Таблица 1.5 – Официальные источники, а также определения понятия «умный город», 2025 г.

Источник	Определение
ООН	«Умным» считается город, где обеспечиваются удобство проживания, хорошая транспортная доступность, участие всех социальных групп в жизни города, эффективно используются технологии и инновации для повышения качества жизни горожан, наблюдается координация и интеграция городского управления [697]
Всемирный банк	Город, который культивирует лучшие отношения между гражданами и правительством, используя доступные технологии. Такие города полагаются на обратную связь, идущую от граждан, чтобы помочь улучшению предоставления услуг и создать механизмы для сбора необходимой информации [727]
Европейская комиссия	То место, где традиционные сети и услуги становятся более эффективными благодаря использованию цифровых и телекоммуникационных технологий в интересах жителей и бизнеса [699]
Деловой словарь	Развитая городская территория, которая создает устойчивое экономическое развитие и высокое качество жизни, преуспевая во многих ключевых областях, таких как экономика, мобильность, окружающая среда, люди, жизнь и правительство. Преуспеть в этих ключевых областях можно только благодаря сильному человеческому, социальному капиталу и/или инфраструктуре информационно-коммуникационных технологий [692]
Wikipedia	«Умный город» – концепция интеграции информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и интернета вещей (IoT решения) для управления городским имуществом; активы города включают, в частности, местные отделы информационных систем, школы, библиотеки, транспорт, больницы, электростанции, системы водоснабжения и управления отходами, правоохранительные органы и другие общественные службы. Целью создания «умного города» является улучшение качества жизни с помощью технологии городской информатики

Российский опыт исследований говорит о том, что отечественные ученые (А.В. Алтухов, С.Ю. Кашкин [27], В.В. Асаул, Е.И. Рыбнов, С.П. Куралов [29], А.С. Бурый, Д.А. Ловцов [58], И.А. Василенко, Е.В. Михайлова [61], А.А. Волков [66], О.С. Голубова, В.П. Грахов, Е.В. Грахова [161], Л.Л. Грищенко, С.М. Ревин, Ю.В. Коротаев [85], А.М. Елохов [105], Д.А. Зыкова, Т.Е. Давыдова [129], Н.А. Колодий, В.С. Иванова, Н.А. Гончарова [158], А.Н. Кузяшев, А.Е. Смолин [167], А.В. Ломовцева, Т.В. Трофимова [180], Я.Е. Львович, Ю.П. Преображенский, Е. Ружицкий [187], И.В. Милькина, С.П. Косарин, Д.А. Юдина [200], Н.В. Мокрова [211], Д.Р. Мухаметов [214], А.Ю. Никитаева, О.А. Чернова, Л. Молаписи [554], В.А. Осинюк, Ю.А. Романова [234], Е.В. Попов, К.А. Семячков [251; 252], Е.А. Смирнова [321] и многие другие) также активизировались в области наполнения концептуальной основы развития «умных» городов.

Таблица 1.6 – Определения Smart City, представленные международными организациями и исследовательскими институтами, 2025 г.

Источник	Определение
Форум интеллектуального сообщества (Intelligent Community Forum)	Это пять «успешных факторов» для интеллектуального сообщества, используемые для ранжирования уровня умности разных городов: широкополосная связь, «кадры знаний», цифровая интеграция, инновации, маркетинг и пропаганда [709]
Международный союз электросвязи	Умный город – это инновационный город, который использует информационно-коммуникационные технологии и другие средства для повышения качества жизни, эффективности городской деятельности, когда потребности существующего и будущих поколений соответствуют экономическому, социальному, экологическому и культурному развитию [662]
The Climate Group	Город, использующий ИКТ для своего собственного управления, но шире в том смысле, что он также включает в себя инфраструктуру. Умный город – это город, который стратегически использует данные, информационные и коммуникационные технологии для предоставления эффективных услуг гражданам, мониторинга результатов политики, управления и оптимизации существующей инфраструктуры для межсекторального сотрудничества и внедрения новых бизнес-моделей [694]
Центр региональных наук при Венском техническом университете	Умный город – термин, который используется для описания города с «умной» промышленностью. Это касается таких отраслей, как информационно-коммуникационные технологии, иные отрасли, использующие ИКТ в своих производственных процессах, а также бизнес-парков или собственных районов, состоящих из компаний. Термин «умный» город также используется в отношении образования его жителей [726]
Департамент по предпринимательству, энергетике и промышленной стратегии, BEIS	Он объединяет сложную инфраструктуру, социальный капитал, включая общественные институты, а также (цифровые) технологии для обеспечения устойчивого экономического развития и создания привлекательной среды для всех [696]
Европейское инновационное партнерство для умных городов и сообществ	Умный город, где потоки и интеграция преобразуются в умные путем формирования стратегического использования информационно-коммуникационной инфраструктуры и услуг в процессе прозрачного городского планирования и управления, отвечающего социальным и экономическим потребностям общества [700]

Оперируя определением «умный город», необходимо выделить некоторые аспекты его дефиниций. Большинство определений отражают улучшение городской среды, предназначенной для проживания граждан на заданной территории, в части экологии [403; 473; 573; 630; 636; 668; 688], культуры [436; 440; 445], безопасности [136; 395; 399; 444; 524; 617], экономики и прочих сферах.

Все перечисленные выше известные ученые, а также международные организации и исследовательские институты выделяют инновационные возможности

умного города с помощью информационно-коммуникационных технологий, другими словами, подчеркивают технократическое развитие города, позволяющее разумно управлять ресурсами. При этом важными направлениями являются развитие приложений для оптимизации работы граждан и функционирования бизнеса [120; 206; 207; 254; 456; 530; 536; 577; 624; 629], а также обработка информации [163; 271; 406; 471; 489; 512; 573; 632; 663]. Развитие социального и человеческого капитала [385; 433; 602; 604] позволяет формировать один из элементов фундамента развития «умного» города, повышающих интеллектуальный потенциал, – так называемая «умность» города.

Говоря о направлениях исследований умного города, отметим, что ученые не обходят стороной развитие инфраструктуры в целом [188; 441; 483; 523; 531; 546; 597], а также транспортной [181; 189; 246; 366; 367; 427; 459; 464; 517; 522; 545; 628; 633], промышленной [133; 357; 387; 388; 507; 656], ее компонентов и сетей [453; 557; 596; 646; 658] и, наконец, юридические аспекты [27; 670].

Приоритет улучшения управления с помощью современных технологий также отражен в ряде документов и инициатив [662; 694; 696; 697]; при этом построение новой, современной системы взаимодействия между правительством и гражданами описано в целом ряде работ [455; 467; 477; 494; 523; 561; 581; 609; 618; 642; 644; 661; 727], авторы которых предлагают ускорить предоставление государственных услуг и в большей степени удовлетворять запросы граждан.

Во многом идеи умного города схожи – авторы предлагают внедрить современные информационно-коммуникационные технологии во все сферы жизнедеятельности человека. При этом повышение безопасности является основой их формирования, так же как улучшение качества жизни населения, решение социально-экономических и экологических задач [162; 188; 417; 473; 544; 548].

Развитие технологий обеспечивает структурный сдвиг в традиционных отношениях в аспекте концептуально-категорийного кода между основными сферами экономики, а также в области привычных отношений «производитель–потребитель», «работодатель–сотрудник», «человек–компьютер», «государство–человек» и пр. Подчеркнем, что на развитие технологий, которое затрагивает социально-экономические отношения, оказывают влияние генераторы идей, компании, их использующие для собственных нужд, и поставщики услуг для государственного и частного сектора. Каждая группа характеризуется собственными це-

лями и приоритетами, причем генераторы идей являются интеграторами инноваций с целью достижения процветания и экономического развития, обеспечивают становление информационной экономики – «эры сетевого интеллекта» (табл. 1.7).

Таблица 1.7 – Основные генераторы идей в области «умных» городов

Направление	Компании (организации) – генераторы идей
Мозговые центры	The Centre for Liveable Cities in Singapore, Stockholm Environment Institute, McKinsey Global Institute, GaWC, The Climate Group, Mori Memorial Foundation, African Centre for Cities and Michael Bloomberg and Bloomberg Associates.
Межправительственные организации и их специализированные департаменты	ООН-Хабитат, Всемирный банк и WBI, Альянс городов и ОЭСР по территориальному развитию
Академические городские лаборатории	Университетский колледж Лондона Urban Lab, MIT Senseable City Lab, Гарвардская Высшая школа дизайна и Центр окружающей среды, LSE Cities, Институт Брукингса, Китайская академия наук, Колумбийский университет, Нью-Йоркский университет
Разработчики и поставщики технологий	Siemens, Cisco, Arup и IBM
Городские сети	UCLG, EuroCities, CityNet, C40, ICLEI

Корпорации *Siemens*, *BMW*, *Mercedes Benz*, *IBM*, *Phillips*, *General Electric* открыли для себя «умный» город как концепцию, ориентированную на будущее, но выбрали только те ниши, в которых они могут предложить свои продукты и услуги. Мозговыми центрами развития данной концепции сегодня принято считать *IBM*, *McKinsey* или *Price Waterhouse*, а также другие институты.

Согласно исследованиям [467; 512; 540; 542; 557; 565; 602; 620; 625; 640], под умным городом подразумеваются изменения в области управления и непосредственно инфраструктуры, обеспечивающие более качественное функционирование человека, его жизнедеятельность на определенной территории.

Сегодня можно говорить о Smart City как о социально-технологической системе, в которой развитие технологий согласуется с социально-экономическими и культурными факторами [436; 445; 499], как о социальной системе [488; 506] и, наконец, как о системе человеческого и реляционного капитала [441; 512]. Умный город ориентирован на сбалансированное развитие с опорой на технологии, применяемые при решении социальных, экономических и экологических задач для улучшения качества жизни населения, повышения эффективности городского

управления и наращивания экономического, технологического и интеллектуального потенциала [87; 406; 485; 534; 629].

Умный город представляет собой эффективную интеграцию физических и цифровых систем с целью эффективного и устойчивого развития и, как инфраструктурный проект, предполагает использование информации, позволяющей принимать решения по проблемам экологии, жилищно-коммунального хозяйства, утилизации отходов, городской экономики, по возобновляемым источникам энергии, а также выстраивать новую систему управления и формировать «умную» городскую среду. При этом на основе цифровизации развивается аналитическая технология электронного управления для поддержки социальных инвестиций, что полностью соответствует идеям теории поведенческой экономики [496; 542; 609; 647].

Можно утверждать, что умный город – это интегрированный проект развития городов, связанный, с одной стороны, с неоклассическими теориями роста в области экономики, окружающей среды, мобильности, качества жизни людей и управления, а с другой – с современными условиями, при которых использование определения «умный город» позволяет выработать комплексный взгляд на Smart City как его цифровое видение с целью оптимизации потоковых процессов.

Анализируя понимание концепции умного города представителями научных сообществ разных стран, можно отметить существенные различия в интерпретации, практической имплементации и преобладании технико-технологического подхода при ее внедрении.

Отметим, что уже приняты *ГОСТ Р ИСО 37120-2020 «Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни»* [14], *ГОСТ Р ИСО 37122-2023 «Устойчивое развитие сообществ. Показатели для умных городов»* [15], а также *ГОСТ Р ИСО 37123-2023 «Устойчивое развитие сообществ. Показатели для адаптивных городов»* [16], ориентированные на принятие единых правил сбора информации, по которым можно судить, соответствует ли город данной категории.

Фокусом развития умного города сегодня является преобразование существующих городов в соответствии с эпитетом «умный» либо их проектирование в качестве новых при:

- внедрении информационно-коммуникативных технологий;

- развитию человеческого капитала;
- развитию высокотехнологичных производств.

При этом все инициативы должны быть направлены на улучшение качества жизни людей, формирование цифровых сервисов и повышение экономической их эффективности.

Поскольку, как известно, в городах наблюдается высокая концентрация и активное движение экономических ресурсов (трудовых, капитала, предпринимательства и знаний) на ограниченной территории, то многомерность определения умных городов как концептуальная проблема позволяет согласиться с утверждением, что внедрение цифровых решений, экономика знаний, вовлечение граждан, социальные и институциональные инновации, управление информацией выступают необходимыми элементами их развития.

К перспективным направлениям становления умных городов ученые относят развитие мобильности [51; 137; 255; 337; 402; 409; 412; 415; 422; 426; 443; 464; 466; 475; 482; 484; 493; 529; 538; 547; 560; 563; 575; 578; 619; 667], а также внедрение концепции 15-минутного города [419; 514; 635; 662], в которой размещение инфраструктуры подчинено планированию городской жизни не только в центральной части города.

Подчеркнем, что концепция умной мобильности, соответствующая научной парадигме устойчивого развития в области перевозки людей и грузов, связана с современными цифровыми технологиями в области интернета вещей [342; 397; 421; 521; 629], больших данных [217; 402; 413; 489; 492; 648; 663], блокчейна [171; 314; 341; 393; 395; 399; 428; 434; 483; 510; 537; 569] и искусственного интеллекта [163; 271; 339; 370; 374; 406; 479; 652].

Библиометрический анализ умных городов с позиции мобильности (рис. 1.2) позволяет выделить особенности их формирования, а именно акцентирует внимание на развитии общественного транспорта [24; 54; 70; 77; 192; 194; 219; 353; 375; 384; 443; 470; 487; 517; 545; 570], интеллектуальных систем [47; 62; 115; 131; 364; 522], а также центров обработки и анализа информации, которые сконцентрированы на внедрении сервисов для улучшения качества жизни потребителей [121; 340; 536; 558; 568; 647; 660]. Однако при этом отмечается, что инициативы в области улучшения показателей мобильности позволяют несущественно повысить качество жизни в умном городе.

искусственного интеллекта [73; 226; 374; 496] и при распределении ответственности стейкхолдеров, выступают важными элементами, замедляющими развитие концепции умной мобильности в современных городах.

Важной сферой, которая связана с умной мобильностью в мире, является интеллектуальная транспортная система (ИТС, ITS), которая сфокусирована на использовании современных цифровых технологий для решения проблем выбора управления потоками при ограниченной человеческой рациональности: снизились показатели времени в пути – на 10–15 %, количество транспортных остановок – на 20–40 %, расход топлива – на 5–15 %, логистические издержки организаций – на 5–25 %; увеличилась оборачиваемость запасов – на 15–45 %; вырос уровень безопасности (до 60 % на отдельных участках автодорог) и экологичности (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу снизились на 5–15 %).

В области транспорта анализ совпадений терминов позволил сформировать основные кластеры исследования (рис. 1.3): кластеры, обозначенные фиолетовым и желтым цветом, сконцентрированы на особенностях современных подходах к организации интеллектуальных транспортных систем в мире и на планировании функционирования городского транспорта (работе парковочных систем, снижении перегруженности, прогнозировании трафика, усилении безопасности, управлении чрезвычайными ситуациями и платежами, организации грузовых перевозок и информировании пассажиров общественного транспорта, а также на использовании технологии определения местоположения, получения и обработки, обмена и распределения информации).

Для изучения умных городов интернет вещей выступает наиболее емким направлением исследований в области безопасности, развития интеллектуальной инфраструктуры, углубленного изучения современных цифровых технологий с целью анализа и обработки информации. Кроме того, он позволяет исследовать, как внедряются технологии *V2V* в соответствии со стандартами *IEEE 802.bdu NR-V2X*, *DSRC по IEEE 802.11p*, обеспечивающими взаимодействие транспортных средств, как изучаются сверточные и рекуррентные нейронные сети, системы глубокого изучения и машинное обучение, как совершенствуется компьютерное зрение, анализируется применение распределенного реестра данных и пр.

Внедрение информационно-коммуникационных технологий и развитие интеллектуальных транспортных систем в ближайшее время станет основой управ-

Источник	Определение
Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/40/ЕС от 7 июля 2010 г. «Об общих рамках для размещения ИТС в сфере дорожного транспорта и взаимодействия с другими видами транспорта»	ИТС – это системы, в которых информационные и коммуникационные технологии применяются в сфере дорожного транспорта, включая инфраструктуру, транспортные средства и пользователей, и в управлении дорожным движением, так же как и для взаимодействия с другими видами транспорта [674]
Евразийская экономическая комиссия	Интеграция современных информационных и коммуникационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированными на повышение безопасности и эффективности транспортного процесса [672]
Стратегия ИТС, Япония	Система, которая использует самые передовые достижения информационных технологий для обеспечения удобной и эффективной транспортировки людей и грузов [708]
Департамент транспорта, США	Система, использующая инновационные разработки в моделировании транспортных систем и регулировании транспортных потоков, представляющая большую информативность и безопасность для конечных потребителей, а также качественно повышающая уровень взаимодействия участников движения по сравнению с обычными транспортными системами [724]
Кодекс федеральных нормативных актов, США	Подразумевает использование электроники, фотоники, средств связи, обработки информации, применяемых по отдельности или в комбинации для повышения эффективности или безопасности наземной транспортной системы [695]
Wikipedia	ИТС – это интеллектуальная система, использующая инновационные разработки в моделировании и регулировании транспортных потоков, предоставляющая конечным потребителям большую информативность и безопасность, а также качественно повышающая уровень их взаимодействия [713]

В области организации движения текущими трендами развития при использовании информационно-коммуникационных технологий (*IoT*, *Big Data*, *Blockchain 2.0 (3.0)*, искусственного интеллекта, нейросетей) являются:

- зеленые технологии, которые позволяют более ответственно подходить к расходованию основных ресурсов (газ, вода), контролировать выбросы CO_2 при внедрении электротранспорта, развивать возобновляемые источники энергоресурсов;
- повсеместное внедрение широкополосной сети Интернет и *5G*, что позволит дистанционно выполнять различные виды работ и обеспечит развитие кооперационных, автономных транспортных систем, а также закрытых и защищенных сетей;

- контроль и оценка «грязных данных» при их использовании искусственным интеллектом и в ходе принятия решений;
- распространение технологии *eSim* для контроля движения товаров от процесса производства до реализации.

Данные технологии в сочетании с развитием соответствующей инфраструктуры трансформируют современное представление об интеллектуальной транспортной системе.

Подчеркнем – виртуальные эксперименты и моделирование, виртуальное взаимодействие и большие данные как наиболее прогрессивные технологии будут задавать вектор развития интеллектуальной транспортной системы в ближайшее время. Накопление информации, анализ, хранение, принятие решения являются стандартными операциями любой социально-экономической системы (прил. Г), но если оптимизационное комплексное решение найдено с помощью перечисленных выше технологий и создания «цифрового двойника» (Digital Twin) системы, который позволяет изучать не только процессы функционирования (выполнения текущих процессов как в цепях поставок, так и в области межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами), но и процессы развития (обучение, системную инженерию и пр.), то можно констатировать, что интеллектуальная транспортная система сформирована как эволюционирующий объект, который находится в постоянном процессе обновления и совершенствования, как и ее экономические агенты.

Отметим, что зарубежные ученые рассматривают интеллектуальные транспортные системы более широко, затрагивая и некоторые аспекты логистики, но только в процессе перевозки грузов. Так, ученые США, Канады, Японии, Южной Кореи, Австралии, Европы и пр., занятые в рамках ИСО/ТК 204 формированием таких систем, утверждают, что необходимо развивать кооперативные и автономные системы, которые позволят поддерживать интеллектуальную связь между транспортными средствами и объектами инфраструктуры, тем самым обеспечив переход на новый этап эволюционного развития в области сетевого взаимодействия между экономическими агентами (рис. 1.4).

Техническим комитетом ИСО/ТК 204 описана практика внедрения основных элементов интеллектуальных транспортных систем в зависимости от численности населения городов (табл. 1.9, прил. Д). Важным аспектом их внедрения



Рисунок 1.4 – Взаимосвязь интеллектуальной транспортной системы и умного города [114]

является государственная поддержка, которая должна быть выражена не только в финансировании, но и в разработке и внедрении стандартов, и оказании помощи в организации сопутствующих процессов (закупка, монтаж и пр.) посредством соблюдения методов системной инженерии и обучения специалистов.

Таблица 1.9 – Структура моделей интеллектуальной транспортной системы в зависимости от численности населения умного города

Элемент модели	Численность населения, тыс. чел.		
	до 500	от 500 до 1 500	от 1 500
Информация для путешественников	Нет	Да	Да
Управление общественным транспортом			
Управление чрезвычайными ситуациями			
Электронный платеж			
Обеспечение безопасности			
<i>Управление дорожным движением:</i>			
– планирование перевозок	Да	Да	Да
– управление трафиком	Да (Нет)	Да	Да
– управление инцидентами	Нет	Да	Да
– управление спросом (АVI)	Да	Да	Да
– управление спросом (электронный платеж)	Да	Да	Да
– патрулирование и обеспечение соблюдения ПДД	Да	Да	Да
– управление обслуживанием инфраструктуры	Да	Да	Да
<i>Грузовые перевозки:</i>			
– электронный обмен данными	Нет	Нет	Да
– управление парком	Нет	Да	Да

Приведенные в табл. 1.9 элементы интеллектуальной транспортной системы ориентированы на управление парковками (стоянками), общественным транспортом, на автоматическую идентификацию и систему возврата транспортных средств, на развитие широкополосной сети и пр.

В наше время основной проблемой мировой экономики является гармонизация стандартов в области управления интеллектуальными транспортными системами. И перечень разработанных стандартов внушителен: определения терминов, электронные сборы платежей, правила управления общественным и грузовым транспортом, различные информационные системы, безопасность и прочие аспекты. Однако, стандартизация – не панацея, поскольку может привести к бюрократизации и усложнению потоковых процессов; она определяется международной архитектурой интеллектуальной транспортной системы, разработанной с учетом опыта ее имплементации передовыми странами в области стандартизации (прил. Е).

По мнению автора диссертационного исследования, блоками архитектуры, наиболее значимыми для оптимизации потоковых процессов, являются управление дорожным движением в совокупности с грузовыми перевозками (*WG7*) и общественным транспортом (*WG 8*), а также сама архитектура (*WG1*) управления данными ИТС (*WG3, WG9*) и информирование участников движения (*WG10*). Различия в архитектуре отражены в прил. Ж.

Скоординированную, детальную работу, проделанную учеными США в области развития интеллектуальных транспортных систем, можно отнести к набирающей обороты, которая подкреплена крупными ассигнованиями. Особой оценки заслуживает опыт стран Евросоюза.

В России приняты: 1) *ГОСТ Р 56829–2015 «Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения»* [12], который определяет ИТС как систему управления, интегрирующую современные информационные и телематические технологии и предназначенную для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортно-

сти для водителей и пользователей транспорта; 2) *ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы»* [13]; 3) *ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем* [11]; 4) *Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года* [8]; и пр.

В области организации перевозок инфраструктура и информационное пространство выражены посредством транспортно-логистической системы (ТЛС), которая связывает экономических агентов в аспекте концептуально-категорийного кода между основными сферами экономики, обеспечивает их взаимодействие, отражает вектор гармонизации в развитии логистических систем, который предусматривает скоординированную работу по рационализации движения транспортных потоков через все звенья и элементы логистической системы на различных уровнях и в комбинации с социально-экономическими и транспортными системами.

До сих пор недостаточно четко описана транспортно-логистическая система [117; 172; 261; 291] (основные определения отражены в прил. И). В современных условиях на мезоуровне при интеллектуализации технологий и развитии концепций управления появляется инфраструктура нового типа – мобильная транспортно-логистическая система умного города, которая благодаря единому информационному пространству позволяет управлять ценообразованием при переносе точки прибыльности для участников всех процессов в область услуг (сервиса) и в онлайн-режиме контролировать издержки. От ее развития зависят другие сферы – экономика, управление, уровень жизни и пр., и ее преобразование требует значительных изменений в области информационного обеспечения в целях координации всех заинтересованных сторон.

Мобильная транспортно-логистическая система умного города, выступающая фундаментом любой современной экономической системы, результатом и одновременно необходимым структурным компонентом преобразований, становится составной частью стратегического видения [280; 372], в том числе и социально-пространственной организации, как важный вектор современного развития.

На наш взгляд, *мобильная транспортно-логистическая система умного города – это высокотехнологичная, саморазвивающаяся и интероперабельная потоковая система организации и управления транспортным движением, объединенная умной инфраструктурой, функционирующей в реальном режиме времени в системе циклов и скоординированного интеллектуального информационного обеспечения для поддержания более высокого уровня межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами.*

К сожалению, пока не разработан комплексный сценарий формирования данной системы, что выражено «инфраструктурным разрывом» между текущим ее состоянием и потребностями бизнеса, муниципалитетов и жителей. Постоянный рост эксплуатационных затрат на содержание инфраструктуры, на компенсацию ее неэффективного использования и ее избыточность приводит к замедлению потоковых процессов в экономике.

В целях более скоординированной работы в Западной Европе, США, Канаде, Японии и ряде других государств создаются крупные региональные распределительные центры (РРЦ) с высоким уровнем качества и широким ассортиментом услуг по транспортно-экспедиционному обслуживанию, оснащённые современными средствами автоматики и информатики. Их структура состоит из транспортно-логистического (РТЛЦ) и информационно-аналитического центров (РИАЦ), которые ориентированы на координацию материального потока в системе информационного обеспечения потоковых процессов. При этом также в мире создаются также индустриально-инновационные комплексы с высокой добавленной стоимостью. И для этих нужд сейчас в мире формируется современная транспортно-логистической инфраструктуры макрорегионов по принципу хабов (сети транспортно-логистических центров) и высокотехнологичных производств в городах и агломерациях при развитии информационно-коммуникационных технологий. Зарубежный опыт функционирования подтверждает их экономическую эффективность, что выражается в снижении затрат на транспортировку в среднем на 7–20%, на погрузо-разгрузочные работы и хранение материальных ресурсов и готовой продукции – на 15-30%, общих логистических издержек – на 12–35%, а также в ускорении оборачиваемости материальных ресурсов на 20–40% и снижении их запасов в среднем более чем на 50% . Логистический комплекс в России сегодня рассматривается изолировано, а проектирование в логистике сконцентри-

ровано в разрезе бизнес-процессов, логистических цепей поставок и формирования логистической инфраструктуры, а также механизмов аккумуляции инвестиций для их развития (кластеров). Отметим схожесть ряда проблем в странах Европы и Азии, США и России, например таких, как загруженность транспортно-логистических систем. В частности, для России – это прямое следствие проблем социально-экономического положения [62], возникших в стране в 90-е годы, которые накапливались длительное время, не анализировались комплексно, рассматривались узко. Без анализа теорий изучения транспортно-логистической системы умного города в современных условиях невозможно интенсивное и устойчивое ее развитие, которое напрямую зависит от роста экономики, формирования современного интеллектуального общества и внедрения технологий Индустрии 4.0 и 5.0.

Наконец, нельзя забывать, что основным элементом эффективной организации и управления потоковыми процессами в мобильной транспортно-логистической системе умного города является информация, которая в электронном виде как важнейший компонент современной рыночной инфраструктуры заняла одно из ведущих мест в ресурсном потенциале многих стран. Она, управляя, оптимизируя, обеспечивая существенную трансформацию ТЛС, позволяет ей перейти на новый качественный уровень функционирования.

Подчеркнем следующее: существенный рост динамичности мировых и региональных процессов, осложнение социально-экономической и культурной ситуации могут привести в будущем к появлению новых принципов и методов функционирования транспортно-логистических систем. При использовании цифровых технологий изменения в области интеграции с *ERP*, *ERP II*, а также в области транспортировки как ключевой замедляющей логистической функции, ожидаются не ранее 2040 г., когда, возможно, появятся не более 30–60 % полуавтономных и 20–40 % автономных автомобилей.

С целью анализа текущей ситуации необходимо сконцентрироваться на организации и управлении потоковыми процессами в транспортно-логистической системе умного города между экономическими агентами по таким аспектам, как:

- концептуально-категорийный код взаимодействия между основными сферами экономики, которые имеют свои специфические закономерности (грузовые перевозки);

- внешнее взаимодействие домохозяйств в области передвижения людей (пассажиропотоки);
- улучшение качественных показателей эволюционного и устойчивого развития системы.

Многие транспортно-логистические системы городов находятся в ожидании инфраструктурных изменений, обусловленных развитием систем учета ресурсов, возросшими объемами переработки отходов, необходимостью построения роботизированных комплексов, умных парковок, светофоров, систем управления трафиком и моделей координации потоковых процессов, которые помогут решить проблему с перегруженностью трафика, обеспечив эволюционный рывок с целью кардинальной трансформации экономического развития и роста качества жизни человека. Эволюция ТЛС станет возможной лишь в случае появления новых концепций, форм, методов и принципов использования логистики в процессе развития норм и правил видоизменяющихся отношений между экономическими агентами. Поэтому, во-первых, нужно знать, как происходит формирование мобильной транспортно-логистической системы умного города, необходимой инфраструктуры, сбалансированного пути развития, а также видоизменяющихся контрактных отношений, а во-вторых, требуется разработать новый комплексный теоретико-методологический подход к исследованию данных систем – от их формирования до реализации.

1.2. Цифровая трансформация логистики в рамках институционально-эволюционной экономической теории

Наблюдаемые в настоящее время процессы формирования Индустрии 4.0 и 5.0 и внедрения информационно-коммуникационных технологий – больших данных, блокчейна, облачных сервисов, цифровых платформ, умного города, интернета вещей, искусственного интеллекта и пр. – диктуют необходимость разработки новых принципов, форм будущих взаимоотношений между экономическими агентами, что позволяет утверждать следующее: кардинальные изменения традиционных экономических взаимодействий, происходящие под влиянием кумулятивных факторов, будут иметь как результат новую модель экономических отношений при протекционизме национальной экономики и их развитии с дружественными странами. При этом интерес к логистике обусловлен тем, что она выступает фундаментом конкурентоспособности любой цепочки поставок, предпри-

ятия, региона и страны в целом. Проходя свой непростой путь эволюционного развития и пронизывая «миры технологий, государственной политики, глобальной торговли и другие макровопросы» [603], логистика обеспечивает функционирование систем, является неотъемлемой частью современной экономики (рис. 1.5).

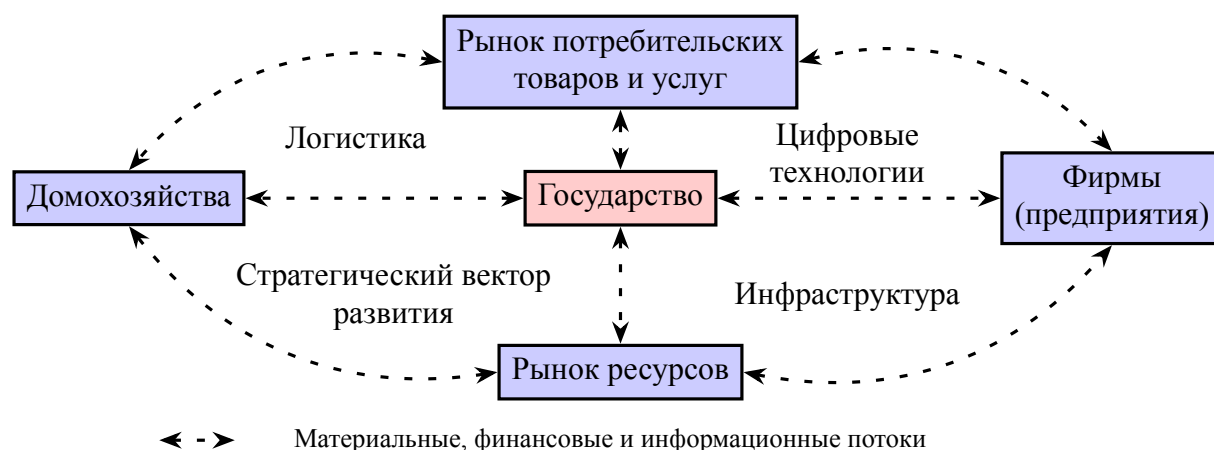


Рисунок 1.5 – Взаимосвязь и движение ресурсов, принадлежащих основным экономическим агентам

К сегодняшнему дню накоплен огромный опыт в области логистики, который широко используется и характеризуется впечатляющими результатами в экономике развитых капиталистических стран. С логистикой связано получение 20–30 % валового национального продукта. Лейтмотивом ее развития за рубежом стала трансформация характера потребительского спроса [204]. Для России это также актуально, поскольку затраты на транспорт и логистику в нашей стране очень велики – более 20 % ВВП, а в структуре затрат на снабжение приходится 3–5 %, на сбыт – 10 % и на транспорт до 75–85 % [242].

Можно констатировать, что применение современной концепции логистики (логистического подхода) ориентировано на эффективное управление потоковыми процессами с целью снижения издержек. Эта концепция принимается за основу стратегии [22; 32; 323; 567] использования логистики как орудия в конкурентной борьбе для отдельно взятого предприятия, логистических цепей (*SCM*), регионов и всей страны, рассматривается как управленческая логика при планировании, размещении и контроле над материальными, финансовыми, информационными и трудовыми ресурсами, которые являются также источниками потребления продукции.

Российские ученые-логисты А.У. Альбеков [323], Б.А. Аникин [28], В.В. Борисова [39], Г.В. Бубнова [51], Н.А. Гвилия [80], А.А. Кизим [150], В.С. Лукинский [182], Л.Б. Миротин [204], Неруш Ю.М. [222], Б.К. Плоткин [357], Проценко О.Д. [128], Д.Т. Новиков [46], Т.А. Прокофьева [259], О.В. Рыкалина [273], В.И. Сергеев [312], Т.Г. Шульженко [377], В.В. Щербаков [381] и др. трактуют логику как науку или вид деятельности, ориентированной на сквозную оптимизацию потоковых процессов на различных уровнях логистических систем. Накопленный огромный опыт в области макрологистики позволяет утверждать, что логистика представляет собой планирование материальных и товарных потоков на всех стадиях их фрагментарного движения.

Природа логистики как интегрированного процесса обсуждается на различных уровнях – глобальном, региональном, на уровне сетевых структур, центров и территориально организованных, накопительно-распределительных и прочих комплексов [118; 181; 203], при формировании единой информационной системы управления различными видами транспорта [108; 152; 168; 178; 184; 224; 253; 328]; при этом важно установить оптимальный уровень логистических издержек [53; 74; 109; 112; 124; 193; 359] и создать приемлемый сервис [265; 331]. Логистика – это наука управления логистическими системами, пронизывающими все уровни экономики, которые функционируют как очень сложные, динамичные образования, аккумулирующие как логистические издержки, так и создающие спрос на продукцию [100]. Большинство названных выше исследователей считают, что управление данными системами позволяет снизить цену товара, привлечь клиентов и улучшить обслуживание. Логистика переживает бурную цифровизацию в процессе межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами; это выражается как в преобладании развития информационного пространства и транспортно-логистической, цифровой и интеллектуальной инфраструктуры, что соответствует стратегии развития РФ [5], так и в фокусировании усилий на формировании интеллектуальных систем при интеграции с логистическим и производственным комплексом.

В современной логистике межорганизационная координация затруднена, но внедрение ИКТ позволяет выйти на новый уровень взаимодействия, обеспечивающий эффективное движение экономических ресурсов. При этом происходит трансформация логистики в область информационного пространства.

Управление цепями поставок сегодня также переживает цифровую трансформацию при децентрализации материальных ресурсов. Многие потоковые процессы переводятся в онлайн-режим в целях наиболее эффективного управления ими при ускоренных трендах автоматизации и роботизации от первоисточника до конечного потребителя. Изменение диктует необходимость формирования новых видов систем управления потоковыми процессами, в которых мгновенно происходят вычисления и принятие взвешенных компромиссных автоматизированных решений. Логистика вышла за границы узкого определения и приобрела особое значение для стратегического развития.

Запущенные инновации обеспечивают одновременно учет и использование всех вариантов развития интегрированной логистики (в реальном масштабе времени, по добавленной стоимости, в управлении цепями поставок), что позволяет их применять комплексно в системах разного таксономического ранга, в которых существуют собственные логистические циклы. Как следствие, в текущих условиях необходим постоянный контроль за логистическими издержками, а координация возможна на основе новых принципов цифрового взаимодействия. Несмотря на теоретическую проработанность логистики на микро- и макроуровне [28; 46; 79; 99; 128; 147; 179; 182; 204; 216; 232; 312; 330; 358; 379; 570], существует потребность прирастить ее теоретический аппарат в условиях Индустрии 4.0 и 5.0.

В создавшихся обстоятельствах многие компании снижают свои издержки и формируют новые стандарты работы. Оптимизация затрагивает все сферы организации товародвижения, но партнерство предприятий сегодня обеспечивает больше экономических выгод для всех участников. При этом современные технологии, применяемые в логистике, позволяют обеспечить сквозную координацию процессов товародвижения, их контроль и отсутствие дублирования.

Следует обратить внимание на то, что сегодня ряд ученых (В.В. Щербаков [379], В.Д. Герами [197], В.В. Борисова [430], Г.В. Бубнова [52], О.В. Ефимова [174], П.В. Куренков [48], Т.Г. Шульженко [375] и др. [26; 240; 323; 330]) развивают в своих трудах концепт построения информационных систем, включая формирование цифровой логистики. Их идеи обеспечивают в наше время, да и, надеемся, в будущем, трансформацию цепочек поставок [33; 99; 227; 312; 379; 406; 473; 498] при построении единой системы управления [31; 392; 577; 624] и развитии цифрового сервиса [40; 196; 558].

Большое внимание уделяется становлению корпоративной логистики (Е.М. Волкова, Н.А. Гвилия, В.В. Дыбская, В.С. Лукинский, Т.Н. Одинцова, И.О. Проценко, В.И. Сергеев, В.В. Щербаков и др.) и построению эффективных систем управления при вертикальной, горизонтальной и квазиинтеграции [19; 20; 67; 79; 80; 99; 100; 182; 231]. В работах перечисленных выше ученых-экономистов [100; 375; 379] в рамках инновационной парадигмы отражены особая роль кооперации и ее значение в развитии современной экономики. По их мнению, сотрудничество в цепях поставок позволяет добиться больших выгод для всех экономических агентов, обеспечив прозрачность процессов и их сквозную оптимизацию, улучшает качество и сервис, а в рамках эволюционного отбора поддерживает взаимодействие только с лучшими их представителями с учетом требований, предъявляемых клиентами. Но сотрудничество между организациями также возможно без естественного отбора: позволяя решать общие и схожие проблемы, оно определяет перспективные пути совершенствования процессов и системы в целом.

Вместе с тем на современном этапе интенсивный экономический рост возможен только при кардинальной трансформации как текущих процессов, так и существующей модели хозяйствования [34; 82; 368], в которой логистика представлена как «обеспечивающая» система товародвижения, а также как «стимулятор» совершенствования управления потоковыми процессами.

Совершим краткий экскурс в историю. Логистика опирается на достаточно широкий инструментарий исследования – системный и институциональный анализ, кибернетику, исследование операций, экономико-математическое моделирование. Ее развитие и становление как научной теории проходило в несколько этапов (табл. 1.10).

Таблица 1.10 – Концептуальные и теоретические основы развития логистики
(составлено по: [28; 99; 273; 379])

Этап	Особенности этапа
Фрагментация (1960–1970-е годы)	– развитие системного и рационального подходов к управлению материальными потоками на предприятии; – снижение операционных затрат в функциональных областях (закупка, распределение, производство, запасы, транспортировка); – ориентация исследований на анализ операций
Становление (1980-е годы)	– развитие вычислительной оптимизации; – всеобщее планирование операций и их объединение с моделями оптимизации для проектирования цепи поставок

Этап	Особенности этапа
Развитие (1990-е годы)	– использование более широкого инструментария исследования, включая маркетинг, управление качеством и пр.; – развитие координации и интеграции на предприятии; – акцент в исследованиях на информационные и сервисные потоки
Интеграция (2000-е годы)	– комплексный подход к исследованиям в рамках цепи поставок; – широкое использование экономико-математического моделирования при проектировании цепей поставок; – развитие новых научных подходов, основанных на централизованном планировании с распределенным сотрудничеством
Настоящее время	– исследование влияния новых информационно-коммуникационных технологий на оптимизацию цепи поставок; – развитие <i>ERP</i> и <i>ERP II</i> ¹ , <i>CSRP</i> ² , <i>QR</i> ³ и прочих технологий;
Настоящее время	– использование логистического подхода в других направлениях экономики при расширении предметного поля исследований

Примечания:

¹ *Enterprise resource planning (ERP)* – информационная система для управления всеми бизнес-процессами и ресурсами компании на основе единой базы данных.

² *Customer synchronized resource planning (CSRP)* – система управления ресурсами предприятия, ориентированная на нужды предприятий-потребителей.

³ *Quick response (QR)* – стратегия управления цепями поставок, ориентированная на быстрый и эффективный ответ на потребности клиентов.

Совершенно очевидно, что рост числа экономических агентов побуждает их изыскивать всё новые способы приспособления к условиям новой экономической парадигмы. Одновременно важно обеспечить передачу точечных исследовательских свойств в плане преемственности развития логистики в информационном пространстве, т.е. с позиции системного подхода (табл. 1.11) рассмотреть как экономические элементы, для которых характерны нелинейность, стохастичность поведения, так и элементы социально-экономической системы с их неустойчивостью, иерархичностью, открытостью и пр.

Таблица 1.11 – Система подходов к изучению цифровой логистики (составлено по: [100; 170; 381])

Подход	Направление изучения
Комплексный	Потоковые и непотоковые процессы
Структурный	Взаимодействия (сотрудничество и эволюционный отбор)
Функциональный	Функция логистической координации
Целевой	Изучение: – основ координации в информационном пространстве между экономическими агентами и подходов к ее определению; – правил взаимодействия между экономическими агентами; – синергетики и перспективного проектирования развития системы управления потоковыми процессами с учетом информационно-коммуникационных технологий

Подход	Направление изучения
Ресурсный	Изменение крена ассигнований, государственно-частного партнерства и инвестиций
Исторический	Хронологические рамки исследования определены периодом от начала научного интереса к заданной проблематике в мире (с 1992 г.) до настоящего времени. В течение данного референтного периода цифровые технологии Индустрии 4.0 и 5.0 активно внедрялись в текущую экономическую модель
Интеграционный	В рамках социально-экономической системы
Коммуникационный	Взаимодействия в рамках шumpетерианской конкуренции и дарвинистской экономики

Подчеркнем, что при арифметическом увеличении численности населения и геометрическом росте потребностей людей усложняются проблемы организации товародвижения. В рамках устойчивого экономического развития формирование технологических систем является важной вехой на пути интеграции транспорта и логистики.

В наши дни экономическое развитие можно представить в виде процесса, в котором все изменения и взаимодействия между экономическим агентами происходят по биологическим законам [451], и современные технологии [45; 226; 399; 406; 434; 485; 489; 534; 629; 658] позволяют выйти на новый этап их координации при использовании интегрированной логистики как механизма, обеспечивающего развитие сотрудничества при логистическом подходе, не отменяя центральную роль человека в процессе принятия решений [225; 231; 385; 602].

В рамках эволюционной экономической теории [23; 60; 138; 148; 195; 249; 269; 322; 326; 378; 451; 623] логистика как часть мейнстрима стремится: – оптимизировать издержки; – повышать качество логистического сервиса; – координировать логистические циклы с окупаемостью инвестиций в логистическую инфраструктуру.

Вышесказанное справедливо для всех участников логистических процессов, а именно для цепей поставок и предприятий, что обусловлено стремлением человека к развитию через экономический рост при повышении результативности хозяйственной деятельности. В современных условиях экономического развития доминирует рациональный подход, и в экономических кругах комплексная координация не в полной мере обсуждаема. При ограниченной природе человеческой рациональности сегодня возникает необходимость автоматизировать многие

стандартные процессы, выполняемые человеком, тем самым обеспечив более высокий уровень координации при глобальном характере цифровизации. Повторно или циклично повторяющиеся процессы трансформируются в рутину; сегодня за счет цифровизации они активно компьютеризируются на предприятиях и в цепях поставок, что дает положительные эффекты в скорости, времени и оперативности принятия управленческих решений, а также способствует кардинальному улучшению условий труда работников и обеспечивает рост производительности и эффективности их деятельности. Экономические агенты, внедряя информационно-коммуникационные технологии, запускают необратимые процессы как внутри цепей поставок, так и в разрезе конкурентных типичных рынков, да и в экономике в целом. Результатом выступает формирование и развитие единого информационного пространства для «сильных» и преуспевающих предприятий, экономических союзов, которым присущи свои внутренние, сквозные, информационные и интеллектуальные процессы, с характерными автоматизированными алгоритмами при выполнении стандартных процедур, не отменяя использование и внедрение новых практик и технологий, а также не исключая в референтных точках сознательного принятия решений индивидуумами.

Логистика как деятельность связана с бизнесом, и поэтому в погоне за оптимизационной составляющей в цепи поставок и для отдельного предприятия сейчас все ее усилия концентрируются на автоматизации основных процессов (закупки, производство и сбыт). Данный подход реализуем посредством использования современных концепций (ECR¹, CPFR², TQM³, JIT⁴, RP⁵) и информационно-коммуникационных технологий (ресурсов) в виде формализованных документов и моделей бизнес-процессов при использовании программного обеспечения

¹ Efficient Consumer Response – концепция, направленная на оптимизацию бизнес-процессов совместными усилиями производителей и предприятий розничной и оптовой торговли.

² Collaborative planning, forecasting, and replenishment – концепция, направленная на усиление экономической интеграции цепочек поставок путем поддержки и содействия совместной деятельности.

³ Total quality management – концепция, в соответствии с которой повышается качество непрерывно.

⁴ Just in time – концепция управления производством, которая направлена на снижение количества запасов.

⁵ Requirements resource planning – концепция планирования ресурсов.

(*SCM*¹, *CRM*², *BPM*³, *WMS*⁴, *TMS*⁵, *SRM*⁶, *EDI*⁷), а также телематики (*WAP*⁸, *GPS*⁹, *ГЛОНАСС*¹⁰, *GSM*¹¹, *RFID*¹², *FMS*¹³), интернет-технологий и систем информационного менеджмента (*TCO*¹⁴, *ROI*¹⁵, *e-SCOR*¹⁶), обработки больших данных, построения моделей машинного обучения и пр. Логистика как деятельность напрямую связана с бизнесом, и поэтому в погоне за оптимизацией цепи поставок и отдельного предприятия сейчас ее усилия концентрируются на автоматизации основных процессов – закупки, производства и сбыта. Данный подход реализуем посредством использования современных концепций *ECR*, *CPFR*, *TQM*, *JIT*, *RP*, *SCM*, *CRM*, *BPM*, *WMS*, *TMS*, *SRM*, *EDI*, а также телематики *WAP*, *GPS*, *ГЛОНАСС*, *GSM*, *RFID*, *FMS*, интернет-технологий и систем информационного менеджмента *TCO*, *ROI*, *e-SCOR*, обработки больших данных, построения моделей машинного обучения и пр. Формирование устойчивых интегрированных сетевых структур, синхронизация с их деятельностью каждого подразделения в логистике выступают главными целями, реализация которых позволит скоординировать действия (транзакции) в соответствии с требованиями покупателей, такими как комплексность, доступность, надежность, мобильность. Для эффективного управления потоковыми процессами важно главенство биполярной парадигмы в логистике, основой которой является *CSRP*-система, обеспечивающая стратегическое управление, эффективное планирование ресурсов, синхронизированное с покупателя-

¹ Supply Chain Management – управленческая концепция и организационная стратегия, заключающаяся в интегрированном подходе к планированию и управлению всем потоком информации о сырье, материалах, продуктах и услугах.

² Customer Relationship Management – система управления взаимоотношениями с клиентами.

³ Business process management – концепция процессного управления организацией.

⁴ Warehouse management system – информационная система управления складом.

⁵ Transportation management system – информационная система управления перевозками и транспортом.

⁶ Supplier relationship management system – управление взаимоотношением с поставщиками.

⁷ Electronic Data Interchange – система электронного обмена данными.

⁸ Wireless application protocol – протокол беспроводной передачи данных.

⁹ Global positioning system – глобальная навигационная спутниковая система (США).

¹⁰ ГЛОНАСС – глобальная навигационная спутниковая система (Россия).

¹¹ Global system for mobile communications – глобальный стандарт цифровой мобильной сотовой связи.

¹² Radio Frequency Identification – способ автоматической идентификации объектов.

¹³ Fleet management system – система управления автопарком, которая содержит комплекс инструментов для управления собственным и сторонним транспортом.

¹⁴ Total cost of ownership – универсальный термин, который обозначает совокупные затраты, связанные с использованием продукта или услуги на протяжении всего их жизненного цикла.

¹⁵ Return on investment – коэффициент возврата инвестиций (рентабельность).

¹⁶ e-SCOR – Инструмент динамической поддержки принятия решений и управления цепочками поставок.

ми при автоматизации планирования всех основных процессов, а также при проектировании цепей поставок и информационных систем.

Как известно, «невидимая рука рынка» [322] усиливает эволюционный тренд развития внутри цепей поставок, а также стимулирует трансформацию привычных, традиционных экономических отношений, но логистика способна придать им большую рациональность и сбалансированность, а также предоставить более прогрессивные варианты развития. В этой ситуации уместен акцент на том, что для развития цифровой экономики и в целях обеспечения высокого экономического эффекта необходимо создать условия для всеобъемлющего использования инструментария и технологий логистики в социально-экономических системах [73; 123; 159; 308; 347], а также в областях безопасности, экономических компетенций и межорганизационной координации, что обеспечит доминирование в мире более скоординированной системы.

Современные трансформационные процессы видоизменяют как традиционные отношения, так и существующие модели развития; также они призваны повысить эффективность социально-экономической системы (табл. 1.12). Каждое предприятие реализует собственную стратегию, которая в рамках «борьбы за существование» способна подорвать идеи кооперации в цепи поставок в угоду собственной прибыли. Однако сотрудничество в рамках единой стратегии создает больше дивидендов для каждого участника и формирует предпосылки для стимулирования инновационной активности и внедрения перспективных решений в практику через развитие единой информационной системы.

Поскольку в микро-, мезо- и макрологистических системах все виды деятельности взаимосвязаны, и при фрагментарном способе управления скоординированных действий сегодня явно недостаточно, ученые [135; 169; 268; 329; 335; 406; 430; 488; 496; 498; 576] утверждают, что цифровая логистическая система позволяет синхронизировать процесс товародвижения от производителя до потребителя через звенья логистической цепи – закупку, склад, сбыт и обеспечить рационализацию материального потока посредством использования множества звеньев логистической цепи или их комбинаций. Цифровизация в логистике при изменении структуры звеньев, отношений и управления выступает основой как рационального выбора каждого экономического агента, так и эффективного функционирования любой социально-экономической системы. При этом, соглашаясь

Таблица 1.12 – Характеристики современных трансформационных процессов, влияющих на развитие экономики и логистики (составлено по: [99; 100; 252])

Процессы, влияющие на экономику и логистику		
Макроэкономические	Технологические	Институциональные
– глобализация и турбулентность мировой экономики, становление макрорегионов; – усиление конкуренции между государствами, их протекционистская деятельность, экспортно ориентированная экономика; – рост производительности труда; – борьба за рынки сбыта, включая недобросовестную конкуренцию; – развитие транзитного потенциала государств, строительство новых транспортных коридоров, использование перерабатывающих мощностей морских портов	– цифровизация операций на микро- и макроуровне, внедрение электронного документооборота и смарт-контрактов, развитие корпоративных информационных систем и единых экосистем, становление Индустрии 4.0 и 5.0; – развитие высокотехнологичных производств, технопарков, инновационно-технологических кластеров, интеграция науки и производства; – внедрение новых логистических производственных технологий и материалов; – улучшение транспортно-логистического цифрового сервиса; – рост объемов контейнерных перевозок и терминальных технологий доставки грузов	– реформирование старых и формирование новых торговых блоков и институтов; – рост производственной специализации стран мира; – национальные проекты в области развития промышленности и внутрирегиональной инфраструктуры; – переток и дефицит профессиональных кадров; – создание региональных и международных транспортно-логистических центров

с О. Уильямсоном [351] в вопросе о главенствовании транзакционных издержек (в логистике, закупке, производстве, сбыте и пр.) перед технологическими улучшениями, мы считаем, что при сопровождении сделки автоматизированные алгоритмы призваны их сократить уже за счет поступательного развития Индустрии 4.0 и 5.0. В «борьбе за существование» экономические агенты могут доминировать и использовать инструменты оппортунистического поведения, подвергая сомнению идею сотрудничества во благо клиента. Это говорит о том, сотрудничество согласно эволюционной экономической теории, возможно в определенный период до новой точки бифуркации. Если уже сейчас контроллинг и цифровизация позволяют рационализировать потоковые процессы в функциональных областях логистики [37; 100; 103; 379], то проблема их координации обсуждается давно, прежде всего в плане увязки функционирования основных подразделений (снабжение, производство, сбыт и транспорт), а также управления запасами и оперативного регулирования движения материального потока через звенья логистической системы. Происходящая в рамках межгосударственных и национальных программ развития экономических союзов, стран, регионов цифровая транс-

формация логистики, объединяющая усилия по укрупнению, увеличивающая интенсивность потоковых процессов, формирующая инфраструктуру мирового уровня при скоординированной системе управления, призвана обеспечить учет и контроль, планирование, организацию и координацию материальных, сервисных и смарт-процессов в реальном масштабе времени во всех сферах экономики в целях удовлетворения спроса потребителей как традиционными, так и новыми методами на основе современных принципов организации товародвижения. При этом потоковые процессы, согласно их концептуально-категорийному коду, создают условия для взаимодействия между основными сферами экономики, такими как производство, обмен, распределение и потребление.

При тренде на цифровизацию логистики в контексте Индустрии 4.0 и 5.0 *смарт-процессы, выражаемые через цифровые данные, представляющие собой интеллектуальные алгоритмы принятия оперативных решений, массивы данных и технологии их обработки, позволяют отказаться от традиционных способов передачи, анализа и хранения информации.* В итоге конъюнктура и современные рыночные отношения приводят к появлению новых управленческих концепций. Поэтому можно сказать, что логистика стоит на пороге нового этапа своего развития, который обусловлен развитием технологичных логистических систем [89; 104; 115; 119; 120; 126; 131; 139; 152; 168; 191; 203; 222; 232; 253; 267; 316; 354; 366; 485; 513; 534; 629], выходящих за грань привычных материальных потоков. Иными словами, сегодня формируется новая научная парадигма цифровой логистики [26; 31; 41; 46; 80; 94; 135; 173; 182; 323; 379; 430; 457; 494; 532], отличающаяся интегральным характером более широких взаимодействий в современных экосистемах, а также наличием контроля транзакционных издержек, что обусловлено не только переходом экономики и логистики в информационное пространство при децентрализации ресурсов, но и подтверждается необходимостью нивелировать излишние логистические издержки в цепи поставок.

Цифровая логистика представляет собой научное знание в области применения экосистемных информационно-коммуникационных технологий и ресурсов, обеспечивающее унификацию, корректировку действий стейкхолдеров и постоянное их улучшение, а также рациональный выбор способа оптимизации смарт-процессов с целью эффективного использования ресурсов при соответствующем развитии и эксплуатации инфраструктуры [591].

Проблема упорядочения трендов цифровизации, возникшая при интегрированном логистическом подходе, требует особого научного видения, в частности на мезоуровне.

Теория устойчивого развития описывает общие подходы к прогнозированию будущего экономического устройства, учитывает современные тренды цифровизации во всех сферах жизнедеятельности человека, а также инициирует внедрение современных ИКТ для достижения поставленных целей. При этом повышение безопасности, как и улучшение качества жизни населения, и решение социально-экономических и экологических задач, служат основой их формирования. Однако сегодня социально-экономическое развитие в рамках текущей научной парадигмы устойчивого развития исчерпало свой потенциал, и только формирование цифровой экономики способно придать новый импульс решению проблем экономического роста, повысить качество жизни человека, обеспечить «зеленый рост» во всех секторах экономики и помочь человеку совершить эволюционный прорыв в будущее.

Текущие исследования логистики в аспекте концепции устойчивого развития (рис. 1.6) не только фокусируются на информатизации основных потоковых процессов для всех экономических агентов, но и дают оценку перегруженности трафика и требуют оптимизации деятельности предприятий [595].

Решить проблемы взаимодействия с учетом принципов цифровой логистики и ее целей поможет новая наука – «городская логистика», которая является ответвлением региональной логистики (мезологистики) – научного направления логистики, изучающего концентрацию цепей поставок и другие потоки в городе.

Развитие городской логистики сегодня выступает важным инструментом формирования устойчивых, мобильных и эффективных транспортных систем [336; 398; 472; 552; 596; 606]. При этом особо следует отметить исследования по вопросам размещения и функционирования городских складских центров консолидации грузов [344; 411], расширению временных окон их доставки [449], организации работы пунктов выдачи заказов, использованию дронов для поставки товаров [394; 458; 459], альтернативного транспорта [141; 449; 464; 465; 578]; реализуются попытки оптимизации «последней мили» [396; 453; 510; 533; 556; 599; 633; 636; 654], краудшипинга [450; 487; 568]; большое внимание уделяется сокращению выбросов CO_2 в атмосферу, развитию «зеленой» логистики [403;

Таблица 1.13 – Определения городской логистики, принадлежащие российским и зарубежным ученым

Авторы	Определение
Н.А. Гвилия	Задачи сити-логистики чрезвычайно широки и многообразны: от регулирования дорожного движения и автоматизированного управления светофорами, позволяющего распределять транспортные потоки крупного города, до систем управления инфраструктурой товарных рынков, образованием и медицинским обслуживанием [80]
А.А. Кизим, С. Селезнева	Практическая организация процесса функционирования потоков материалов, транспортных средств, людей, энергии, финансов и информации, а также организация работы инфраструктуры (социальной, производственной, транспортно-логистической) в рамках городской агломерации в условиях усиления товарообмена субъектов хозяйствования [150]
Л. Миротин, Е. Лебедев, А. Князев, Е. Чеховская	Комплексный подход, позволяющий увеличивать эффективность управления транспортными потоками, при этом уменьшая негативные последствия [178]
В.М. Самуйлов, А.В. Петров, Е.А. Рахимова	Концепция выработки рациональных логистических решений, нацеленных на оптимизацию управления логистическими потоками в рамках подсистем города и его инфраструктуры [309]
А.Ю. Тюрин	Планирование, организация, контроль и координирование городских грузопотоков и связанных с ними информационных потоков [350]
М.И. Чурилова	Консолидация, координация и оптимизация информационных, финансовых и товарных потоков, согласование их с рыночной конъюнктурой и производственным потенциалом соответствующих отраслей, осуществление перевозок грузов в контуре жизнеобеспечения города, организация совместного менеджмента процессов предоставления услуг и согласование совместимых информационных технологий [365]
Т.В. Якобчук	Комплекс логистических решений, действий, процессов, нацеленных на оптимизацию управленческих решений администрации, потоков материалов, транспортных средств, людей, знаний, энергии, финансов, информации в рамках подсистем города и его инфраструктуры [391]
J. Szoltysek	Совокупность процессов управления перемещением лиц, грузов и информации внутри логистической системы города в соответствии с учетом того, что город – общественная организация, главная цель которой удовлетворить потребности своих пользователей [634]
E. Taniguchi, R.G. Thompson, T. Yamada, J.H.R. Van Duin	Процесс полной оптимизации логистической и транспортной деятельности в городах, учитывающий социальные, экологические, экономические, финансовые и энергетические последствия такой деятельности [447]

Как прикладная наука городская логистика разрабатывает новые, эффективные методы управления потоками в сферах городского хозяйства для комплексно расположенных на территории города предприятий, организаций, учреждений, обслуживающих материальные, культурные и бытовые потребности населения, проживающего в городе или ежесуточно мигрирующего на его территорию. Цель городской логистики – рационализация и оптимизация всех потоковых процессов,

происходящих в черте города, для того, чтобы повысить уровень жизненного удобства и доступности, не противореча и/или не задерживая социальное, экологическое, экономическое или финансовое развитие города [391].

На наш взгляд и согласно теме исследования, *городская логистика – это научное направление Индустрии 4.0 и 5.0 в области управления смарт-процессами, обеспечивающее изучение рационализации динамического функционирования и развития умного города и его компонентов*. Структурно-функциональные характеристики городской логистики представлены в табл. 1.14.

Таблица 1.14 – Структурно-функциональные характеристики городской логистики

Показатель	Структурно-функциональные характеристики
Объекты управления	– информационные потоки; – сервисные потоки (включая транспортные и пассажиропотоки); – материальные потоки; – финансовые потоки; – смарт-процессы
Субъекты управления	На макроуровне: – государственные структуры; – инфраструктура; – производители и стейкхолдеры; – оптовые и розничные компании
	На микроуровне: – транспортные организации; – индивидуальные потребители (домохозяйства)
Потоки по отношению к системе	– входящие; – исходящие; – внутренние
Инструменты регулирования	– планирование и межорганизационная координация; – прочие инструменты государственного регулирования; – инвестирование
Процессы управления	– потоковые; – непотоковые
Результаты эффективности	Для бизнеса: – снижение логистических издержек; – повышение товарооборачиваемости
	Для государства: – снижение издержек на содержание логистической инфраструктуры; – показатели устойчивого развития
	Для индивидуального потребителя: – сокращение времени передвижения; – высокий уровень сервиса
	Общие: – возможность предоставления и получения более качественных логистических услуг; – рост инвестиций на развитие инфраструктуры; – экономия

Необходимо отметить, что в умном городе в управлении потоковыми и непотоковыми процессами участвуют логистические цепи и транспортные потоки как внутренние (внутри города), так и внешние (город–регион–страна и пр.). Одновременно город функционирует и развивается во взаимосвязи со следующими системами: население, экономика, институциональная и природно-ресурсная среда.

В настоящее время городская логистика выступает связующим элементом региональной экономики и управления цепями поставок, главная цель которых – качественное воспроизводство ресурсов и их координация в умном городе, без чего наблюдается усложнение процессов на всех уровнях. Наибольший уровень ее использования достигнут в области управления большим количеством экономических агентов и развития инфраструктуры, в частности транспортно-логистической системы умного города.

Конкретизируем цель городской логистики: по аналогии с [156], это – «нулевые потери, минимальные задержки и неудобства в области управления и организации передвижения (транспортировки)».

В обобщенном виде влияние городской (через расширение предметного поля) и цифровой (через экосистемный подход) логистики на ТЛС умного города представлено на рис. 1.7.

На современном этапе проникновение цифровых технологий в жизнь общества привело к ускорению процессов хозяйственной деятельности и функционирования человека, создало риски управления ресурсами, что потребовало поиска новой парадигмы развития в рамках эволюционной экономической теории. В этой ситуации новая парадигма «мобильность как услуга» [340; 464; 534; 541; 558] и использование полного инструментария городской и цифровой логистики помогут реализовать и дополнить: а) комплексный системный подход, обеспечивающий эффективное управление потоковыми процессами в транспортно-логистической системе умного города; б) спектр услуг в реальном режиме времени как по запросу бизнеса, так и граждан.

Проведенный анализ зарубежных и отечественных источников позволяет утверждать, что научная инновационная парадигма логистики в ходе развития цифровой экономики была сформирована лишь частично [39; 80; 99; 100; 128; 273; 312; 336; 379; 406; 607]. При этом особое значение с позиции системного подхода имеют уровни формирования, эволюции и координации логистических



Рисунок 1.7 – Влияние городской и цифровой логистики на функционирование и развитие транспортно-логистической системы умного города

систем, а также формы видоизменяющихся отношений [34; 82; 368] при использовании информационно-коммуникационных технологий и возрастании роли формальных и неформальных институтов [36; 249–251; 324; 328; 424; 547; 550].

Технологии видоизменяют типичные отношения между основными экономическими агентами – фирмами, домохозяйствами, государством; корректируют традиционные формальные институты логистики: *ERP II*, *CSRP*, *QR*, маркировку и идентификацию грузов, контрактные отношения и пр., системы *C- и E-commerce*, *IoT*, *RFID*, *Big Data*, *Blockchain*, облачные вычисления, сенсорные технологии и пр.; трансформируют институты регулирования государственно-частного партнерства (кластеры, санкционные ограничения), текущую экономическую модель экономического развития.

Развитие любой социально-экономической системы во многом определяется спецификой инновационных процессов, основанных на современных научных концепциях, успешность реализации которых, в свою очередь, зависит от интел-

лектуальных ресурсов, наукоемких и информационных технологий, эффективного использования и качественного совершенствования инфраструктуры. При этом к эволюционному экономическому развитию необходим сбалансированный современный подход, включающий в себя рыночно-государственное регулирование экономических отношений, прикладные исследования, развитие и адаптацию сложных транспортно-логистических систем умного города при внедрении информационно-коммуникационных технологий и использовании городской логистики.

Сегодня любое государство испытывает потребность в разработках собственных теорий, а не копирования пусть и успешного, но чужого опыта в области рационального выбора оптимизации потоковых и непотоковых процессов для снижения риска зависимости и обеспечения национальной безопасности.

Итак, для решения проблемы координации взаимодействия между основными участниками ТЛС умного города необходимо сформировать теоретические основы анализа и использовать современный логистический инструментарий, позволяющий оптимизировать транспортные процессы, в которых данная проблема координации стоит особенно остро по причине роста автомобилизации в мире и усложнения управления в условиях становления Индустрии 4.0 и 5.0. Ответить на эти вопросы поможет теория городской логистики.

1.3. Теоретический базис исследования транспортно-логистической системы умного города

Любая транспортно-логистическая система, существующая в мире, уникальна: имеет свои особенности организации и управления процессами; отличается интенсивностью; характеризуется текущими и перспективными нарастающими проблемами. Как сложная и высокоорганизованная структура ТЛС находится в постоянном движении, демонстрируя сложную динамику; она играет ключевую роль в социальном и экономическом развитии на макро-, мезо- и микроуровне, а также оказывает огромное влияние на окружающую среду.

Актуальность исследования ТЛС объясняется необходимостью формирования логистического каркаса при использовании экологически чистых и возобновляемых источников энергии, при этом сохраняя высокие темпы роста экономической эффективности в рамках эволюционного развития. Отсюда – вопрос о пороговом размере: чем выше порог, тем более критичными, замедляющими

экономический рост становятся проблемы в области функционирования и развития. При этом важно правильно выбрать сбалансированный вектор становления данных систем, обеспечивающий их эволюционное совершенствование.

Значимыми факторами выбора пути развития ТЛС сегодня служат как трансформация экономической модели как под воздействием цифровизации, так и в целом их экономические изменения, обусловленные воздействием санкций, циклов, ограничений, произошедшие в условиях разрушения правил в мировой торговле и усиления напряженности [18; 21; 23; 43; 59; 60; 64; 82; 91; 148; 165; 195; 228; 249; 264; 270; 308; 326; 351; 368; 378; 451; 649].

Ученые активно изучают трансформацию логистики и ее технологий (Д. Бауэрсокс, Д. Клосс [431], Дж. Джонсон, Д. Вордлоу [92], В.В. Дыбская [99], М.Р. Линдерс [176], Е.Р. Абрамова [19], А.У. Альбеков [323], Б.А. Аникин [28], В.В. Борисова [40], А.В. Зырянов [130], Д.А. Карх [102; 143; 146; 427], В.М. Каточков [147], А.А. Кизим [151], Ю.Г. Кузменко [179], В.А. Лазарев [170], Э.А. Мамаев [335], А.В. Парфенов [238], О.Д. Проценко [128], И.О. Проценко [20], А.В. Резер [267], О.В. Рыкалина [273], В.И. Сергеев [100; 312], Т.Г. Шульженко [375], В.В. Щербаков [379; 381] и др.), приводятся доказательства важнейшей роли логистики в становлении конкурентного потенциала любого государства, предприятия и цепей поставок.

Особое внимание к логистике приковано со стороны специалистов по транспорту (М.А. Бажина [30], А.А. Бочкарев [42], Е.М. Волкова [67; 68], А.В. Дмитриев [93], С.В. Жанказиев [115], А.А. Кизим [150], Л.Н. Козлов [156], В.В. Комаров [160], А.А. Косимхужаев [163], А.О. Меренков [199], Л.Б. Миротин [31], Т.И. Михеева [209], Ю.М. Неруш [222], В.Н. Трегубов [348], Ж.С. Чупина [364], Х.-М.Ю. Эльдарханов [388] и др.), которые сфокусировали свои усилия на формировании интеллектуальных транспортных систем.

Такие ученые, как П.Х. Азимов [22], К.А. Годованый [191], Т.П. Егорова [104], В.В. Зырянов [131], С.В. Калентеев [139], В.А. Карасев [142], А.А. Кизим [151], А.С. Кирясов [152], П.В. Куренков [86], Э.А. Мамаев [210], В.П. Миронюк [203], Л.Б. Миротин [168], А.Г. Некрасов [221], Р.С. Николаев [202], И.Ю. Окольников [232], С.М. Резер [268], Т.А. Прокофьева [259], В.М. Самуйлов [309] и др. посвятили свои исследования совершенствованию управления транспортно-логистическими системами.

Интерес к оптимизации и организации транспортных потоков на пассажирском транспорте проявляют Е.М. Волкова [68], Д.Г. Неволин [217; 218], Ю.Е. Жужгова [116], Л.Б. Миротин [178], А.В. Куликов [168], А.С. Кирясов [152], В.А. Подсорин [245], А.А. Цариков [360; 361], Т.Г. Шульженко [375] и др.

Экосистемный подход в логистике анализируют в своих работах ученые Н.А. Гвилия [80], Е.М. Волкова [69], А.В. Дмитриев [95; 98], Т.Е. Евтодиева [103], О.В. Ефимова [107; 110], Ю.В. Малевич [164], А.В. Парфенов [238], В.А. Подсорин [243], Г.Ю. Силкина [317], В.В. Ткач [239], В.В. Щербаков [379], Т.Г. Шульженко [377] и др.

Проблемам координации и интеграции в логистике посвятили свои труды Е.Р. Абрамова [19], Н.А. Гвилия [79], Д.А. Карх [146], А.В. Парфенов [238], О.Д. Проценко [128], В.И. Сергеев [100], В.В. Щербаков [381] и др.

Многие ученые (А.А. Бочкарев [42], В.В. Зотов [126], Н.А. Журавлева [124], В.В. Зырянов [131], А.А. Кизим [150], А.С. Кирясов [152], Э.А. Мамаев [335], Х.-М.Ю. Эльдарханов [389] и др. [140; 168; 253; 338; 366]) фокусируют внимание на информатизации основных потоковых процессов города и региона. Оптимизацию «последней мили» в логистике изучают Е.В. Вирячева [65], С.А. Гусев [88], Г.Г. Левкин [175], В.С. Тарасов [327], Т.Ю. Цеха [363], J. Olsson [556], S.M. Patella [636], S. Schwerdfeger [599], M.D. Simoni [568] и др. [233; 396; 453; 465; 533; 631; 633; 654].

В рамках концепции устойчивого развития экологические тенденции в логистике рассматривают российские ученые А.А. Кизим [149], С.Ф. Иванов [132], А.А. Полуботко [248], О.А. Семенова [310], В.В. Тамбовцева [325], Н.С. Юрах [390] и др. [248; 554], а также их зарубежные коллеги: М. Asghari [688], М.Н. Finewood [477], S. Montresor [543], S. Moore [544], R. Moghdani [638], S.M. Patella [636], R. Ren [403], G. Perboli [562], M. Sotara [624], V. Yadav [664], M. Zhang [495] и др.

Развитие мобильности как компоненты, необходимой для снижения перегруженности, отмечают следующие ученые: А.А. Бочкарев [42], Г.В. Бубнова [51], А.В. Дмитриев [93], В.Ф. Лукиных [186], Е.С. Палкина [137], В.Н. Трегубов [337], Х.-М.Ю. Эльдарханов [388], N.B. Aleta [409], F. Behrendt [421; 422], S. Goumiri [493], A. Kronsell [529], S. Paiva [466], T. Yigitcanlar [667], а также многие другие [400; 402; 412; 415; 426; 435; 443; 464; 475; 482; 500; 536–538; 547; 560; 619].

Роботизацию и внедрение современных информационно-коммуникационных технологий в логистические системы рассматривают: В.В. Борисова [39], В.В. Дыбская [99], Э.А. Мамаев [26; 190], Л.Б. Миротин [168; 204], В.И. Сергеев [312], В.В. Щербаков [127; 379] и др. [97; 101; 133; 235; 247; 271; 357]. Исследуется специфика развития высокоавтоматизированных транспортных средств на дорогах общего пользования [141; 362; 379; 416; 429; 435; 469; 479; 480; 545; 569; 575; 579; 641], выделена необходимость институционального регулирования при становлении Индустрии 4.0 и 5.0 [36; 38; 244; 249–251; 324; 328; 345; 371; 373].

Современные технологии в логистике в своих работах рассматривают большинство перечисленных выше ученых; в частности, развитию распределенного реестра данных уделяют повышенное внимание российские специалисты Г.В. Бубнова [138], О.Н. Ларин [171], О.Д. Проценко [128], Г.Ю. Силкина [317], Т.Г. Шульженко [607], В.В. Щербаков [383], а также зарубежные ученые А. Balasubramaniam [428], N. Elisa [395], Y. Fu [483], H. Guo [569], M.T. Hammi [434], Z. Li [393], D. Lopez [537], M. Naz [399] и др.

Наиболее распространенные методические подходы к оценке ТЛС и смежных направлений исследований сведены в табл. 1.15. Большинство из них рассчитаны по авторским методикам; при этом с помощью одних методов проведена оценка процессов в локальных областях, но не учтен совокупный транспортный поток; другие, наоборот, служат формированию алгоритмов поведения экономических агентов, не учитывая все экзогенные факторы и создавая предпосылки развития негармоничных систем управления процессами в целом.

Таблица 1.15 – Направления методических подходов к оценке ТЛС умного города
(составлено по: [80; 104; 126; 140; 151; 152; 203; 222; 253; 267; 274; 278; 296; 307; 313; 366; 688])

Направление	Методические подходы к оценке
Грузо- и пассажиропотоки	– провозной способности территории по видам транспортировки и направлениям; – процессов перегрузки и пересадки; – загруженности массового пассажирского транспорта
Затраты	– тарифов на перевозку, стоянку, включая повременные тарифы; – затрат на инфраструктуру, на приобретение и содержание транспортных средств; – затрат на логистические цепи поставок
Время	– продолжительности выполнения маршрутов и оптимальных интервалов; – маршрутизации для предприятий и логистических цепей поставок

Направление	Методические подходы к оценке
Сервис	– комплексного транспортного обслуживания
Спрос	– спроса для массового пассажирского транспорта по направлениям, времени, цикличности и прочие маркетинговые исследования
Синхронизация	– взаимодействия транспорта; – плотности транспортного потока; – бизнес-процессов во взаимодействии с транспортом
Инфраструктура	– мест дислокации парковочного пространства; – максимальной пропускной способности полос движения; – новых видов инфраструктуры и корректировка существующей; – размещения складов, площадок кросс-докинга
Энтропия	– неопределенности факторов воздействия на ТЛС города; – влияния случайных факторов в рекуррентном цикле транспортного потока

Зарубежные ученые предполагают использовать следующие подходы к формированию транспортно-логистических систем:

- координация и кооперация – позволяют изменить основы, принципы организации и взаимодействия между экономическими агентами [438; 507; 526; 528; 533; 541; 558; 596; 641; 645; 650];

- проектирование, т.е. процесс целеполагания, конструирования образа модели ожидаемого результата в соответствии с обозначенными временными континуумами, генетико-модулирующий эксперимент; позволяет устранить естественные препятствия (барьеры), влияющие на взаимодействия, за счет развития соответствующей инфраструктуры и информационного пространства [50; 75; 111; 343; 349; 421; 422; 426; 438; 439; 443; 456; 464; 474; 485; 505; 511; 526; 528; 530; 536; 541; 547; 558; 560; 562; 574; 577; 580; 596; 621; 624; 650].

Также общеизвестно, что исследования ТЛС умного города в области построения имитационных моделей – концептуальной, физической, математической и компьютерной – имеют следующие направления: кооперация транспорта [600] и развитие мобильности [541; 558]; организация работы предприятия в цепях поставок [431; 432; 437; 440; 498; 507; 600; 608].

По мнению автора диссертационного исследования, сегодня при проектировании перспективен комплексный подход [31; 507; 596], охватывающий целую, неделимую, равновесную транспортно-логистическую систему умного города и учитывающий в информационной среде все процессы ее функционирования и развития, способный обеспечить эволюционный прорыв при выстраивании ме-

жорганизационной логистической координации между экономическими агентами в цифровой экономике города.

Однако для достижения главной цели необходимо опираться на теорию городской логистики, позволяющую спроектировать единую экосистему с ее инфраструктурой при условии соответствующей разработки норм (правил) взаимодействия экономических агентов.

Нами предложен комплексный подход к оценке транспортно-логистической системы умного города с позиции городской логистики (рис. 1.8).

Текущая необходимость формирования новой теории городской логистики в целях исследования ТЛС умного города продиктована целым рядом социально-экономических предпосылок, и только их реализация позволит описать перспективы развития данных систем в отдаленном будущем.

Главными предпосылками, по мнению автора диссертационного исследования, являются:

- ускорение интеграционных, конкурентных и конфликтных процессов в мире и на Евразийском континенте, что проявляется в развитии и трансформации международных транспортных коридоров, транспортно-логистических центров и современных производств;
- формирование новых информационных технологий (включая Индустрию 4.0 и 5.0) в области проектирования, функционирования и развития сложных транспортно-логистических систем, а также опыт их внедрения;
- ориентация институционально-эволюционной экономической теории на новые качественные характеристики текущей модели развития и smart-процессы в мире, запускающие ее трансформацию;
- необходимость выбора более сбалансированного пути развития посредством прогнозирования нужных технологий, создания инфраструктуры, которые в будущем обеспечат лучший потенциал экономического развития, чем у конкурентов;
- концентрация логистики на интеллектуальных системах, распространяющих ее анализ на проектирование транспортно-логистической системы умного города как целостную «субстанцию» рационального выбора в области управления потоковыми процессами;

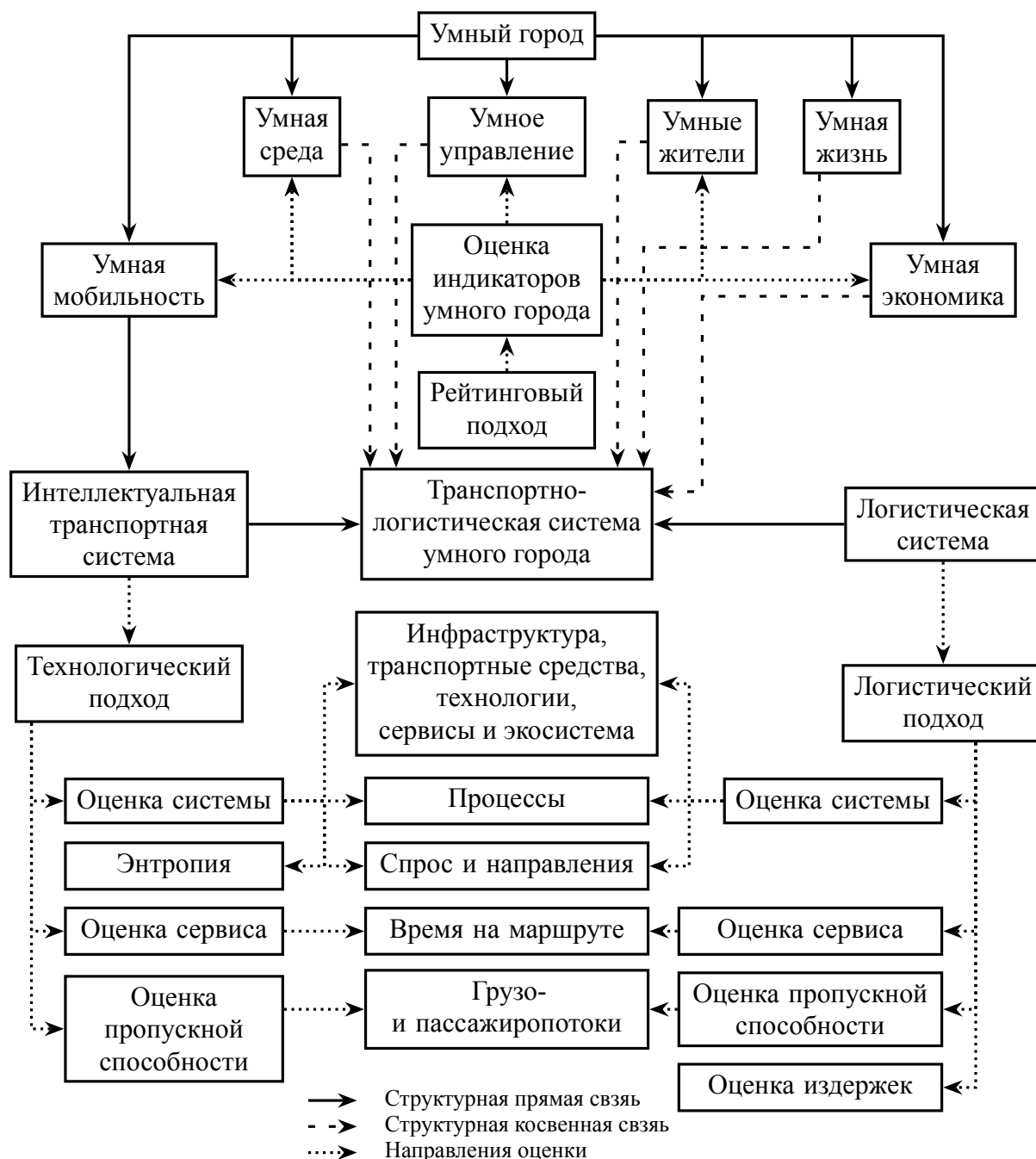


Рисунок 1.8 – Авторский комплексный подход к оценке транспортно-логистической системы умного города с позиции городской логистики [590]

– появление технологий, средств и методик, повышающих качество проектирования сложной системы в качестве ТЛС умного города.

Теории развития городской логистики автор сгруппировал в виде табл. 1.16.

Для понимания будущего развития технологий и определения единой транспортно-логистической системы, ее экосистемы и необходимой инфраструктуры потенциал их использования отождествляется:

Таблица 1.16 – Базовые теории, послужившие основой формирования городской логистики в данном диссертационном исследовании, и авторская их оценка

Теория (основоположники)	Используемые термины	Оценка и использование в диссертационной работе
Эволюционная теория (Ч. Дарвин)	Рациональный выбор способа оптимизации, ограниченная рациональность, кумулятивная причинность, естественный отбор	Оценка цифровой трансформации логистики в городе; выявление смарт-процессов, влияющих на развитие адаптивной логистической координации в городе; определение роли городской логистики в формировании транспортно-логистической системы умного города (§1.2 диссертации)
Теория эволюционного развития (Й. Шумпетер)	Динамическое развитие, инновации, созидательное разрушение, мотивы, максимальная полезность, выгоды, предпринимательство	Концептуально-методологическое представление потоковой модели, закладываемое в системный интегратор ТЛС умного города (§2.2). Многовариантный алгоритм развития ТЛС умного города (§3.2). Направления трансформаций в транспортно-логистической системе (§3.2)
Теория управления транзакциями (О. Уильямсон)	Вовлеченность экономических агентов в процессы установления и модификации правил, наличие механизмов разрешения конфликтов	Формирование механизма достижения критериев трансформации (§3.2). Модель бронирования маршрутов по транспортно-коммуникационным коридорам, модель развития транспортно-логистической системы с использованием токена CITY (§3.3)
Теория институционального моделирования (Д. Норт, В. Тамбовцев)	Нормы взаимодействий, борьба с рутиной, принципы институционального проектирования	Формирование и моделирование института городской логистики (§3.2). Определение норм взаимодействий между экономическими агентами (§5.3)
Общая теория систем (Л. Берталанфи)	Система: ее функционирование, элементы и связи	Структура моделей ТЛС умного города в зависимости от численности населения (§1.2). Функциональные блоки экосистемы транспортно-логистической системы умного города (§3.3)
Теория социального действия (М. Вебер, Г. Зиммель)	Взаимодействие между индивидами	Смарт-процессы ТЛС умного города (§2.1)
Теория ожидаемой полезности (Дж. Нейман, О. Morgenштерн)	Максимальная ожидаемая полезность, выбор индивида	Механизм рационального выбора в ТЛС (§2.3)
Теория рационального выбора (А. Смит, Э. Остром)	Сравнение альтернатив, оптимальность, индивидуальная рациональность, коллективная деятельность	Механизм рационального выбора участниками потоковых процессов в транспортно-логистической системе умного города и система обратной связи (§2.1)

Теория (основоположники)	Используемые термины	Оценка и использование в диссертационной работе
Конституция экономической политики (Дж. Бьюкенен)	Человек экономический, правила и ограничения, ценности интересов. Граждане контролируют социальный порядок	Формирование единой экосистемы транспортно-логистической системы умного города (§3.3). Архитектура ТЛС умного города (§5.1)
Теория доверия и приверженности (Р. Морган, Ш. Хант)	Ключевой параметр обязательства	Принципы кумулятивной причинности ТЛС умного города (§2.1)
Теория сложных систем (Дж. Форрестер)	Самоорганизация, адаптивность	Построение интегрированной потоковой модели транспортно-логистической системы умного города (§1.3) Определение модели развития транспортно-логистической системы умного города (§4.2)
Синкретическая теория ценности (Д. Гребер)	Ценность, превращение чего-либо в желание, коллективизм	Механизм достижения критериев трансформации ТЛС умного города в области адаптивной логистической координации (§3.1)
Теория кумулятивного роста (Г. Мюрдаль)	Принципы кумулятивной причинности	Использование принципов кумулятивной причинности ТЛС умного города под воздействием цифровизации (§2.1)
Теория экономических механизмов (Л. Гурвиц, Р. Майерсон, Э. Маскин)	Экономический механизм, децентрализация, облегчение коммуникаций	Механизмы достижения критериев трансформации и развития транспортно-коммуникационных коридоров ТЛС (§3.1). Модели бронирования маршрутов и развития транспортно-логистической системы (§3.3)
Теория полных контрактов (Коуз Р.Х.)	Верификация данных, ценовая дискриминация	Развитие смарт-контрактов в ТЛС умного города (§3.3; §5.3)
Концепция устойчивого развития (ООН)	Гармоничное развитие, умный город, экономический рост, социальный прогресс и ответственность за состояние окружающей среды	Формирование транспортно-логистической системы умного города (§1.1)
Индустрия 4.0 и 5.0	Искусственный интеллект, киберфизические системы	Машинное обучение (§4.1; §4.3; §5.2)

- с новой организацией взаимоотношений в цифровой среде при вовлечении всех экономических агентов в функционирование при динамическом характере их непостоянства;
- с возможностью подстраивания под нужды и запросы каждого города в целях повышения мобильности ТЛС;
- с системой управления контрактами, снижающей затраты на внедрение и оптимизирующей транзакционные издержки для каждого участника транспортного процесса в городе.

Как отмечают российские ученые И.Д. Афанасенко [406], В.В. Борисова [37; 40], Н.А. Гвилия [80], А.В. Дмитриев [94], Т.Е. Евтодиева [103], А.В. Парфенов [238], О.Д. Проценко [128], В.И. Сергеев [100], В.В. Щербаков [379; 381], Т.Г. Шульженко [375; 377; 607] и др. [321; 331; 347; 386], сегодня эволюционный тренд развития формируется с помощью ИКТ, и текущий этап логистики, который находится в рамках экономического мейнстрима, можно «упрекнуть» в излишней рациональности, стремлении к равновесному состоянию, гедонизму и субъективизму, хотя он в полной мере отражает эволюционный и трансформирующий характер влияния логистики на социально-экономическую систему.

Преобладание математической идиллии в мейнстриме [18; 60; 195; 269; 322], с одной стороны, не всегда позволяет определить сущность развития эволюционной экономической теории при долгосрочном прогнозе, но с другой – без нее сегодня либо вообще невозможно, либо достаточно сложно добиться положительного результата в исследованиях повышения мобильности, поскольку требуется главенство ее максимальной полезности для потребителя. В этом ракурсе при вариации индивидуумами решений, к логистике требуется применить рациональный подход, позволяющий учитывать текущее временное окно, характерное для данного исторического периода.

Как выделяют А.А. Бочкарев [42], А.В. Дмитриев [93], А.А. Кизим [150], Х.-М.Ю. Эльдарханов [389] и др. [138; 422; 443; 466; 529; 547], при всём многообразии экономических агентов, которые характеризуются отчасти цикличностью перевозок, а многие – спонтанностью и хаотичностью, решить задачу комплексной адаптивной координации возможно только создав новый подход к ее формированию, что позволит, опираясь на теорию городской логистики, сформировать самодостаточные «точки роста» мировой экономики, в которых ТЛС

умного города могут выступать фундаментом организации и основой успешного функционирования социально-экономической системы. На эти «точки роста» распространяются все основные принципы логистики при становлении Индустрии 4.0 и 5.0, т.е. расширяется предметное поле, предполагающие с течением времени сквозную организационно-аналитическую оптимизацию потоковых процессов в рамках материальной инфраструктуры и единой экосистемы.

Подчеркнем, что, согласно эволюционной теории Ч. Дарвина [451], современной экономике присущ поиск нового в противовес равновесной парадигме. Транспортно-логистическая система умного города в текущих условиях одновременно выступает основой организации и управления потоковыми процессами, а также механизмом инициации при рациональном выборе постоянных улучшений, и поэтому городская логистика формируется в постоянно изменяющейся внешней среде при обилии непостоянных взаимоотношений между экономическими агентами [587], и, кроме того, она стимулирует их многообразие при рациональном выборе и адаптивную логистическую координацию. Но если постоянное разнообразие контактов выступает некоей формой конкуренции в процессе улучшения качественных показателей, то оно при этом стимулирует инновации, формирует новые комбинации эволюционного развития и способствует «созидательному» разрушению, по Й. Шумпетеру [378], традиционных систем и отношений, методов и механизмов работы. Инновации иницируются внутри цепей поставок и во внешней среде, а также в рамках устойчивого развития; при этом городская логистика, согласно теории управления транзакциями О. Уильямсона [351], вовлекает потребителей в формирование нововведений, которые способствуют улучшению потоковых процессов.

В контексте прямой структурной связи транспортно-логистической и социально-экономической систем умного города инициированные потребителями инновации оказывают всеобъемлющее влияние на смарт-процессы; городская логистика участвует в экономическом развитии при отборе лучших из них с позиции рационального выбора для улучшения качества жизнедеятельности человека. Как итог – небольшое отклонение от рационального выбора без подмены его сущностного, глубинного представления о конкуренции и предпринимательстве.

Основываясь на общей теории систем Л. Бераланфи [425], можно создать «единую модель развития» с заданным уровнем надежности и равновесности

ТЛС умного города. Теория институционального моделирования, которая формируется в рамках теорий институциональных изменений Д. Норта [229] и институционального проектирования В. Тамбовцева [324], позволит сформулировать правила – систему ограничений, побуждений и альтернатив, поддерживающих ее функционирование продолжительное время при новых качественных показателях. В рамках институционально-эволюционной экономической теории городская логистика обеспечит изучение процессов координации экономических агентов при адаптивной оценке эффективности транспортно-логистической системы умного города как единой эволюционирующей системы, а также смоделирует институты в области внедрения информационно-коммуникационных технологий, которые будут определять нормы развития и функционирования экономических агентов.

Опираясь на принципы эволюционной экономики (принципы монизма, синергетики, биологической аналогии и пр.), можно отметить, что городская логистика использует междисциплинарный аппарат исследования сложных развивающихся систем, что важно в аспекте шумпетерианской конкуренции, учитывающей поведение множества экономических агентов и специфику развития соответствующих институтов. В этой связи приоритетом является соблюдение экономических компромиссов на всех уровнях принятия решений при межорганизационной координации, которая затрагивает логистические цепи и экосистему, а также показатели качественной трансформации, т.е. дискретного процесса функционирования, способного изменить структуру, методы и формы деятельности при заданном уровне логистического сервиса и издержек.

Монизм как один из основных принципов эволюционного развития обуславливает единый подход к исследованию социально-экономических систем, в которых логистика выступает основой товародвижения, обеспечивая необходимые потребности потребителей, а также создавая конкурентные преимущества для экономических агентов. Согласно теории социального действия М. Вебера, Г. Зиммеля [63; 125] выигрывает тот, кто может лучше приспособиться и использовать оптимизацию при приоритете удовлетворения потребностей конечных потребителей при изучении их особенностей поведения и мотивов действий, которые рациональны, спонтанны и одновременно зависят от социума на определенной части света, от привычек, рефлексии, когнитивных иллюзий людей и пр.

По теории ожидаемой полезности Дж. Неймана, О. Morgenштерна [220], теории рационального выбора А. Смита, Э. Острома [236; 322] и согласно конституции экономической политики Дж. Бьюкенена [59] мотивы у каждого экономического агента разные, но реализация цепей поставок формирует их общую цель в интересах клиента. Внутри цепи поставок существует конкуренция, которая ориентирована на естественный отбор лучших представителей. Помимо этого, отбор присущ и множеству цепей поставок.

Конкуренция запускает трансформацию в управлении, в подходах и методах получения конкурентных преимуществ; при этом сотрудничество, согласно теории доверия и приверженности Р. Моргана, Ш. Ханта [212], сегодня играет заметную роль и обеспечивает больше экономических выгод для агентов. Их взаимодействие сложно прогнозировать; в случае рационального выбора городская логистика призвана создать информационное пространство и инфраструктуру, которые будут находиться за гранью их поведения и станут определять нормы и правила достижения адаптивной логистической координации.

Естественный отбор инициирует экзогенные и эндогенные кумулятивные факторы запуска смарт-процессов, которые затрагивают все сферы жизнедеятельности человека. При этом экономические агенты при росте их количества должны более прогрессивно использовать новые технологии и механизмы приспособления, чтобы усилить свою конкурентоспособность. Изменение связей и взаимодействий при росте адаптивных свойств экономических агентов, с учетом системной динамики Дж. Форрестера [355], приводит к трансформации социально-экономической модели развития общества. Конечно, любая саморегулируемая система, стремясь к логистическому равновесию и не являясь поэтому постоянно статичной, ориентирована на технологические улучшения и повышение ключевых показателей эффективности. При этом гомеостатичность должна отражаться на качественных показателях ее функционирования. Такая двойственность логистики с учетом ортодоксальной и гетеродоксальной экономических теорий подтверждает возможность перехода логистики в цифровую плоскость, в которой формируется новый – рационально-эволюционный – подход.

По Д. Греберу [84], рационально-эволюционный подход формируется в рамках новой синкретической экономической парадигмы как новая технологическая система при росте ценности взаимодействий. Данному подходу свойственна ра-

циональность, т.е. в определенных состояниях и в исторической ретроспективе допускается жесткая оптимизация системы и одновременно – более гибкое, в разрезе возникающих противоречий между экономическими агентами, отношение к ней. Помимо генерирования инноваций данный подход обеспечивает оценку цикличности развития мировых процессов в референтных точках исторического периода, в которых наблюдаются существенные структурные сдвиги.

От параллельного рассмотрения социально-экономической системы и образующих ее экономических агентов вектор исследования направляется к методологии холизма, в которой система определена как единое целое. Согласимся, что множество экономических агентов, а именно предприятий и домохозяйств, создают трения в области организации потоковых процессов, отчего репрезентативный анализ возможен только при общей оценке товаро- и пассажиродвижения в четко очерченных границах. Городская же логистика призвана сформировать, обеспечить функционирование и предопределить, согласно теории кумулятивного роста Г. Мюрдаля [215], дальнейшее совершенствование данной ТЛС.

При вариации взаимодействий между экономическими агентами возникают связи, которые, будучи первичными в логистической теории, позволяют рассматривать потоковые процессы как последовательность рутинных операций. Обилие фирм на определенном пространстве, выполняющих множество таких операций, как погрузка, разгрузка, производство, транспортировка, создают трения, замедляют оборот экономических ресурсов. Поэтому развитие городской логистики в контексте теории экономических механизмов Л. Гурвица [509], Р. Майерсона [549], Э. Маскина [711] предполагает развитие более прогрессивной системы управления, которая позволит повысить мобильность транспорта в городе.

При выраженном тренде на децентрализацию, а также при ускоренной цифровизации экономики актуальным является моделирование взаимоотношений между экономическими агентами. Особое значение приобретает при этом развитие механизма адаптивной логистической координации потоковых процессов, который формируется под воздействием информационно-коммуникационных технологий с непосредственным внедрением инфраструктурных проектов как транспортно-логистическая система умного города. Исходя из этого важным представляется не полное формирование инфраструктуры, а ее выборочное обновле-

ние, корректировка, развитие перспективных элементов при поэтапном изменении правил и норм поведения экономических агентов.

В дополнение к вышеизложенному, а также согласно теории полных контрактов Р.Х. Коуза [165], сбалансированная децентрализация сулит немалые преимущества в области экономического роста, выравнивания и интенсивности регионального развития, прозрачности трансакций, нивелирования коррупционных схем, справедливого перераспределения рисков в цепях поставок, а также стимулирования предпринимательства как инновационной деятельности. Современные технологии предоставляют широкие возможности для более точной и достоверной передачи информации. Всё это позволяет говорить о возможности распространения изложенного авторского подхода к управлению ограниченными экономическими ресурсами на социально-экономические системы в целом.

Современные взаимоотношения в данных системах, основанные на применении трансакций, которые хранят множество разнородной и сложно анализируемой информации о закупках и поставщиках, производстве, сбыте и клиентах, качестве продукции и сырья, транспортировке, сроках и пр., сегодня переходят в систему информационного взаимодействия, являющуюся ценным ресурсом для логистической координации экономических агентов при сборе и анализе информации в соответствии с потребностями клиентов, мотивами и особенностями их поведения в реальном режиме времени.

При комплексном исследовании потовых процессов в социально-экономических системах особое значение приобретает структура связей, поддерживающих их равновесие. Бесспорно, все ее звенья взаимосвязаны и взаимообусловлены, и каждый элемент не может локально способствовать выполнению задач определенного характера для скоординированного продвижения потоковых процессов – им принадлежит лишь ведущая роль, процесс же достижения целей обеспечивается всей совокупностью функционирующих элементов и звеньев системы. Таким образом, логистическая координация как основная функция управления в логистике при развитии современных информационных технологий сегодня также трансформируется, что позволяет сохранять более высокий уровень межорганизационного взаимодействия и снижать трансакционные издержки.

Формирование транспортно-логистической системы умного города, согласно концепции устойчивого развития [697], является, с позиции городской логи-

стики, оптимизационным видением ее функционирования при текущих интеллектуальных технологиях (включая Индустрию 4.0 и 5.0 [327; 406; 444; 485; 534; 629; 709]), и поэтому авторская потоковая модель транспортно-логистической системы умного города предполагает создание единой архитектуры взаимодействия между всеми экономическими агентами, позволяет достичь повышения безопасности, адаптивной логистической координации и, следовательно, может рассматриваться как основное средство ответа на современные и будущие глобальные вызовы в области организации и управления мобильностью в городе.

В эру существования сетевого интеллекта изменение систем управления, рост автоматизации и роботизации, увеличение количества услуг материального производства обеспечивают наполнение логистики более глубоким содержанием. Подчеркнем, в логистике сегодня расширяется предметное поле исследования при вовлечении потребителей в управление ею, тем самым формируется обратная связь, обеспечиваются адаптивный режим и синергетика в управлении потоковыми процессами с учетом смежных областей знаний. При этом особое значение приобретает межорганизационная логистическая координация, которая, проходя красной нитью, синхронизирует циклы производства, закупки, сбыта, транспортировки при концентрации экономических агентов. И городская логистика формирует более открытые и реалистичные технологические системы, ориентированные на создание инфраструктуры и нового – *интегрированного* – информационного управления при вовлечении домохозяйств и прочих потребителей в принятие решений по управлению потоковыми процессами. Уровень поведения экономических агентов в данных системах, с одной стороны, детерминирован национальными традициями и культурой, распространенными на определенной местности, а с другой – предопределен рациональной составляющей. Как результат, формируются мобильные ТЛС умного города, за основу организации и управления которыми принят новый рационально-эволюционный подход.

Предложенный авторский взгляд на теории, послужившие основой формирования городской логистики, позволит усилить роль координации и рационализации в управлении транспортными процессами, может существенно повлиять на качество жизни, даст возможность изучить многомерность причинно-следственного механизма экономического благополучия, а именно развить цифровые технологии Индустрию 4.0 и 5.0, обеспечит формирование информационных

систем, превосходящих человеческие возможности принимать интеллектуальные решения в области управления потоковыми процессами. Теорию городской логистики в перспективе можно использовать для рационального выбора способа оптимизации транспортно-логистической системы, что позволит, не оторвавшись от реалий жизни, предложить достижимое видение будущего обустройства в области управления и развития мобильности, определить сбалансированные пути ее совершенствования.

Сегодня трудности формирования теории городской логистики, проведения анализа, а также построения адекватной новым социально-экономическим условиям потоковой модели транспортно-логистической системы обусловлены целым рядом факторов [275; 293]:

- сведение теоретических изысканий к экосистемному подходу, развитию сервисов и формированию адаптивных систем управления трафиком;
- главная особенность современной ситуации в мировой экономике – жесткая ограниченность ресурсов (финансовых, материальных, организационных и др.), а также конфронтация и недобросовестная конкуренция между государствами, компаниями и предприятиями;
- в мире только начала выстраивается новая практика развития ТЛС при становлении Индустрии 4.0 и 5.0, и она пока недостаточно изучена и теоретически оформлена;
- существующие в мире ТЛС сформированы с учетом социально-культурных, социально-экономических и технологических особенностей каждой страны, что отчасти затрудняет прямое использование зарубежного опыта;
- современная система управления в целом не меняется и поэтому не соответствует новой социально-экономической ситуации и текущим технологическим инновациям.

Использование городской логистики в доминирующей парадигме социально-экономического развития позволяет рассматривать совершенствование организации и управления потоковыми процессами, или развитие адаптивной логистической координации, в ТЛС умного города как:

- результат переосмысления концепции эволюционного развития, построенной на базе сформированного мобильного общества, основанного на передовых технологиях и необходимой цифровой инфраструктуре;

- новую форму обустройства более совершенной технологической системы, основанной на передовых научно-исследовательских разработках по ее формированию и формализации, а также на решении задач прогнозирования, определения состава современного организационно-экономического механизма организации и управления потоковыми процессами;

- новое видение транспортно-логистического обустройства городов (агломераций, регионов), концептуальной основой которого может выступать потоковая модель ТЛС умного города («цифровой двойник»);

- вектор, определяющий как экосистему, ее структуру, так и прочие характеристики, отражающие ее состояние и концептуальное пространство;

- новые правила и нормы развития и функционирования ТЛС, позволяющие добиваться их опережающего совершенствования, и выступающие как механизм перманентного обновления в интересах экономических агентов.

ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА

2.1. Трансформация понятийного аппарата логистической координации в процессе развития института городской мобильности

Новый рационально-эволюционный подход к анализу городской логистики предполагает использование множества методов ее исследования. При этом с помощью экономико-математического моделирования можно оценить организацию потоковых процессов как имеющую уклон рациональной направленности и формирующую равновесное состояние при одновременном наличии ряда недостатков, действующих как противовес по отношению к эволюционной методологии в аспекте нового и новаторского постоянного улучшения. Это – с одной стороны, а с другой – с позиции логистики – особое значение в быстро меняющемся мире приобретают такие показатели, как:

- время, влияющее на транзакционные издержки;
- неопределенность потоковых процессов и состояния социально-экономической системы, ведущая к трениям, замедляющим эволюционное развитие;
- растущий информационный обмен между экономическими агентами.

Исходя из вышеизложенного можно отметить, что в настоящее время в научном инструментарии логистики приобрели популярность методы системного анализа, машинного обучения и моделирования институтов, используя которые автор данного исследования решает главные научные задачи: 1) обеспечить адаптивную логистическую координацию в целях достижения более высокого уровня межорганизационного взаимодействия; 2) сформировать соответствующие правила (нормы) и инфраструктуру адаптивной логистической координации.

Таким образом, исследуемую проблему можно существенно дополнить новым направлением городской логистики в области формирования норм и правил развития адаптивной логистической координации в транспортно-логистической системе умного города, что объясняется идеологией экономического развития и первичностью его эволюционного отбора из числа прочих альтернатив. При этом логистическая координация потоковых процессов выступает основной идеей, которую возможно воплотить в жизнь с помощью авторского комплекса теоретико-методологических решений.

Сегодня логистическая координация воспринимается как необходимый элемент успешности, который характерен для всех функциональных областей логистики, включая планирование запасов, грузопереработку, транспортировку и пр. Проблемам эффективной межорганизационной координации повышенное внимание уделяют в своих работах такие ученые, как Е.Р. Абрамова [19], Н.А. Гвилия [79], Д.А. Карх [146], Ю.Г. Кузменко [179], В.И. Сергеев [600], В.В. Ткач [239], В.В. Щербаков [379] и многие другие [44; 83; 230; 240; 315; 319; 332].

В силу того, что транспортно-логистическая система умного города, будучи сложной системой, состоит из множества элементов, взаимодействующих между собой, объединенных средой функционирования в рамках административно-территориального деления и взаимно влияющих на социально-экономическую систему, оценка логистической координации предполагает выявление смарт-процессов, протекающих в транспортно-логистической системе умного города (табл. 2.1). Их идентификация позволяет усилить координацию, снизить транзакционные издержки (по поиску информации, проведению переговоров, оппортунистического поведения), избежать перепроизводства и необоснованного поступления благ в экономическую систему. Причины таковы: в рамках устойчивого развития реализуется концепт совершенствования текущей модели, а формирование транспортно-логистической системы умного города характеризуется смарт-процессами, которые изменяют взаимодействия в аспекте концептуально-категорийного кода между секторами экономики, а также в области привычных отношений «производитель – потребитель» и «работодатель – сотрудник», «человек – компьютер», «государство – человек» и пр.

Для совершенствования ТЛС умного города важно развивать их координацию, что, по мнению А.А. Бочкарева [42], Г.В. Бубновой [51], А.В. Дмитриева [93], В.Н. Трегубова [347], Х.-М.Ю. Эльдарханова [388] и других ученых [81; 279; 299; 320; 352; 400; 402; 409; 412; 415; 421; 422; 426; 435; 443; 464; 466; 482; 493; 500; 529; 536–538; 541; 547; 558; 560; 589; 619; 667], также ведет к росту мобильности.

В целях развития координации сегодня областями долгосрочного сотрудничества выступают такие развивающиеся сферы, как:

- информационные системы (мнение М.А. Бажиной [30], В.В. Борисовой [37], С.В. Шайтуры, Ю.П. Кожеева [367], Т.Г. Шульженко, А.Е. Жука [375], В.В. Щербакова, Г.Ю. Силкиной [380], А. Collado [456], А. Lagorio [530] и др.);

Таблица 2.1 – Характеристики смарт-процессов: системные трения, признаки и области координации в транспортно-логистической системе умного города

Смарт-процессы	Системные трения	Признаки координации	Области координации
Эволюционные	– стремление мировой экономики к постоянному экономическому развитию при замедлении роста качества жизни человека; – конкуренция и естественный отбор; – увеличение доли услуг по сравнению с материальным производством; – обилие цифровых технологий и технологических решений при отсутствии механизма рационального выбора, соответствующего потребностям множества потребителей; – социальные и культурные шаблоны, замедляющие внедрение инноваций; – ментальность и отсутствие высокой степени доверия между экономическими агентами, а также нежелание перемен; – отставание развития инфраструктуры от потребностей при цифровизации и неэффективность ее эксплуатации	Согласованность циклов	– НИОКР, инновации, бенчмаркинг и стартапы; – реконструкция, обновление и формирование инфраструктуры и транспортных средств; – формирование единой интегрированной экосистемы
		Системность	– программы и стратегии развития; – инжиниринг консолидированного проекта; – получение запланированного готового продукта; – кибербезопасность; – обучение новым компетенциям
В логистике	– несогласованность циклов закупки, сбыта и производства; – замедление материальных потоков в зонах максимального расселения; – разрушение традиционных методов, подходов и каналов товародвижения; – сложности создания корпоративных информационных систем с распределенными рисками, основанных на открытой архитектуре	Комплексность	– основные бизнес-процессы (закупка–производство–сбыт) на предприятии; – единый сквозной процесс в цепях поставок;
		Обеспеченность	– наличие технологий или доступа к ним; – подготовка и укомплектованность кадрами; – наличие и обновление средств труда, услуг (логистического сервиса)

Смарт-процессы	Системные трения	Признаки координации	Области координации
В области организации дорожного движения	– отсутствие системного подхода в области организации движения	Модельность	– реализация проекта согласно утвержденной модели, включающей технологии, инфраструктуру и кадры
	– реализация проектов, заведомо не в полной мере решающих проблему транспортной перегруженности; – высокие инвестиции на формирование интеллектуальных транспортных систем	Функциональность	– организация перевозки людей и грузов (ежедневные / цикличные); – управление трафиком, инфраструктурой, парком и водителями; – информирование и финансовые платежи; – сертификация и обучение водителей, операторов и пр.
Развитие системы управления в целом	– приоритет безопасности при внедрении информационно-коммуникационных технологий; – нерациональное использование финансовых средств; – незначительная роль государства в стимулировании реализации наукоемких производств полного цикла; – проблемы занятости, получения новых компетенций в цифровой экономике; – сложности координации потоковых процессов при множестве экономических агентов и их мотивов поведения	Наукоемкость	– разработки технологий, решений и готовых продуктов; – обучение новым компетенциям
		Эффективность	– безопасность функционирования; – соответствующий уровень транзакционных издержек

– инфраструктура (по мнению В.А. Благинина, Д.А. Карха [427], Е.М. Волковой [62], А.В. Дмитриева [97], В.В. Борисовой [38], Л.В. Маколовой, Э.А. Мамаева [188], В.И. Сергеева, Т.А. Прокофьевой [258], Т.С. Тасуевой [328], S. Barns [455], M. Kim [523], T.B. Nguyen [531] и др.);

– институциональная среда (по мнению В.В. Борисовой [36; 38], В.Л. Тамбовцева [324], Т.С. Тасуевой [328], В.Н. Трегубова [345], Е.В. Попова [251] и др.).

Данные сферы сотрудничества, согласно экономической теории, могут использоваться независимо от логистических циклов, стадии сотрудничества и степени интеграции.

На уровень оценки, которую дают экономические агенты в области цифровизации и внедрения передовых логистических технологий, заметно влияет тенденция повсеместного внедрения WMS, TMS, CRM и пр., которые обеспечивают сквозную оптимизацию только логистических процессов в цепях поставок.

Внедрение технологий Web 2.0 (3.0), Big Data, Blockchain 2.0 (3.0), CSRP, ERP и ERP II, RFID, EDI, использование социальных сетей, удаленная работа – всё это изменяет текущие модели взаимоотношений и обеспечивает вовлечение потребителей в принятие решений по управлению транспортными процессами. Как результат, транспортно-логистическая система умного города также трансформируется, причем уже вследствие требуемых изменений законодательства, инфраструктуры, инвестиционных и национальных программ развития, роста инициативности стейкхолдеров, реализации новых стратегий и действий множества экономических агентов (фирм, домохозяйств и государства).

Подчеркнем, научный подход к исследованию координации транспортно-логистической системы умного города сегодня не является первостепенным для развития институционально-эволюционной экономической теории. Повсеместное внедрение информационно-коммуникационных технологий требует текущего ее изучения как единой системы с помощью иных методов и на основе новых принципов. Например, при интегральном взаимодействии для наиболее эффективного управления процессами можно предложить принципы кумулятивной причинности (табл. 2.2), позволяющие создать единую систему в целях планирования и координации физического движения материалов, компонентов, готовой продукции и пр. для минимизации общих затрат и обеспечения желаемого уровня сервиса и в целях удовлетворения потребностей клиентов.

Таблица 2.2 – Принципы кумулятивной причинности ТЛС умного города, реализуемые в условиях цифровизации

Принцип	Реализация принципа
Вовлеченности	Совершенствует информационно-коммуникационные технологии, цифровой сервис, обеспечивает рациональный выбор функционирования и развития
Развития доверия	Способствует оптимизации ТЛС, распределяет риски
Сотрудничества	Обеспечивает взаимодействие экономических агентов в соответствии с общими целями развития
Конвергентности	Увеличивает социально-экономический разрыв, а также обеспечивает эволюционный отбор между экономическими агентами
Адаптивной логистической координации	Выстраивает систему управления по оптимизации потоковыми процессами

Сложность применения современных информационно-коммуникационных технологий в ТЛС умного города объясняется отсутствием системного подхода, развитием смарт-процессов, что потребует от участников больше знаний, опыта и инвестиций, позволяющих кардинально трансформировать данные системы. В этой ситуации следует выделить роль смарт-процессов в цепях поставок, а также в контексте развития технологий для обоснования потоковых процессов, которые изнутри запускают эволюционную трансформацию ТЛС умного города (рис. 2.1).

Следует пояснить, что система синхронизированного с потребителями планирования ресурсов (*CSRP*) обеспечивает координацию и вовлеченность потребителей в цепочку поставок, а система управления внутренними ресурсами и внешними связями предприятия (*ERP II*) выходит за ее границы и вовлекает предприятия в виртуальную среду, в которой происходят трансформационные процессы на основе информационно-коммуникационных технологий, что обеспечивает новый уровень координации межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами. Поэтому приоритетная задача сегодня – развивать интеллектуальные системы, которые способны принимать взвешенные решения, ориентированные на адаптивную логистическую координацию, при ограниченной человеческой рациональности не допускать ошибок, обеспечивать наиболее эффективное управление транспортными процессами.

Исследование координации должно отображать необратимые и колебательно обратимые циклы, которые позволяют выделить темпы общей тенденции эволюционного развития данной системы, а также определять смарт-процессы

- предложить авторскую оценку развития инфраструктуры транспортно-логистической системы умного города;
- выработать основы моделирования нового института с целью совершенствования мобильности в городе.

Перевод потоковых и непотоковых процессов в информационное пространство ТЛС умного города позволяет обеспечить гибкое реагирование предприятий на запросы потребителей, способствует оптимизации ограниченных ресурсов, обуславливает эволюцию системы управления в целом. Теоретические основы механизма координации транспортно-логистической системы умного города отражены на рис. 2.2.

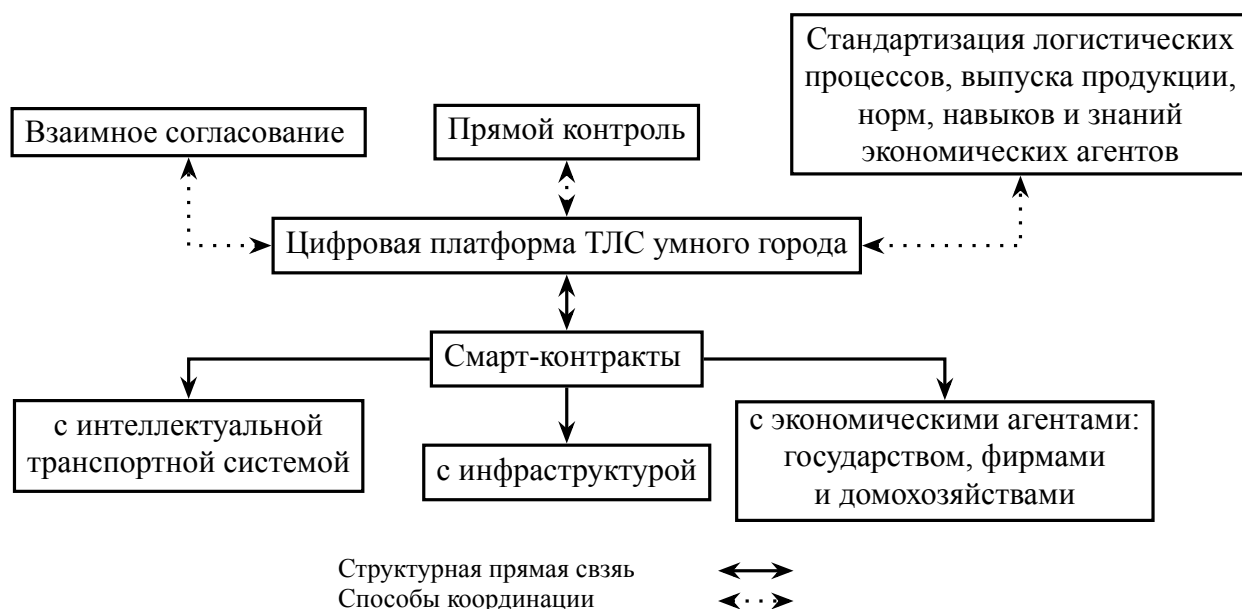


Рисунок 2.2 – Теоретические основы механизма координации ТЛС умного города (составлено по: [201] и согласно экосистемному подходу)

Предлагаемая автором диссертационного исследования цифровая платформа ТЛС умного города: 1) обеспечивает объединение объемов взаимодействий экономических агентов, нивелируя роль фокусной компании; 2) способствует управлению потоковыми процессами в области адаптивной логистической координации; 3) перманентно воздействует на интеллектуальную транспортную систему в пиковые моменты транспортной перегруженности; 4) создает условия для более высокого уровня межорганизационного взаимодействия и его развития.

С учетом изложенного дадим определение **цифровой платформы мобильной транспортно-логистической системы умного города (экосистемы)** как ос-

нованного на архитектуре Индустрии 4.0 и 5.0 механизма обработки, анализа и принятия решений по взаимодействию и координации потоковых и непотоковых процессов, относящихся к технологической составляющей функционирования интеллектуальных транспортных систем вкупе с логистическими, а также как механизма поиска, разработки и внедрения улучшений для данных систем.

Подчеркнем, экосистему ТЛС умного города можно представить как среду эволюционного развития, которое сопровождается конкурентным отбором при ограниченной человеческой рациональности, и как интегрированную интеллектуальную систему управления потоковыми и непотоковыми процессами. Ее непрерывная трансформация идет по пути интеграции логистических и информационно-коммуникационных технологий при развитии соответствующей инфраструктуры и смарт-процессов. Для более четкого представления отразим перечисленные процессы в виде обобщенной схемы взаимодействия между экономическими агентами в ТЛС умного города (рис. 2.3).

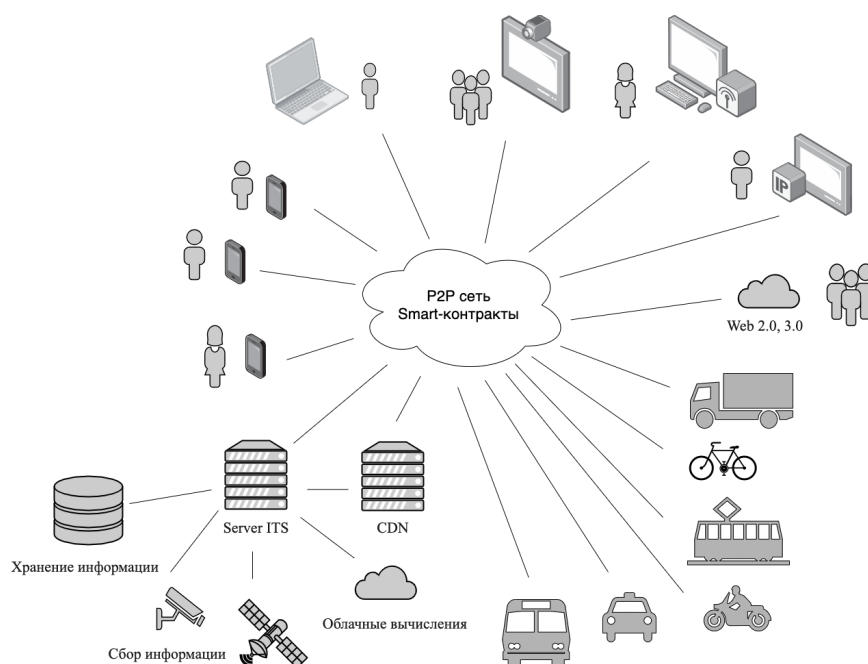


Рисунок 2.3 – Авторская схема взаимодействия основных участников ТЛС умного города [585]

Смарт-контракт (smart-контракт), представляющий собой автоматизированный алгоритм организации и контроля, основанный на технологии Blockchain 2.0, выступает побуждающим элементом внедрения современных технологий и сервисов, формирования инфраструктуры, обучения персонала и обработки соби-

раемой информации для планирования улучшений в интересах экономических агентов, а также позволяет обеспечить рациональный выбор способа оптимизации ограниченных ресурсов. Децентрализованное приложение dApp 2-го типа формирует собственные протоколы и токены (предоставляет доступ, определяет стоимость услуги и совершает транзакции) в защищенной пиринговой сети. Как децентрализованная система смарт-контракт функционирования (dApp 2-го типа) объединяет основных участников потоковых процессов – человека, водителя, перевозчика, муниципалитет, организацию, сервисную компанию – в систему взаимоотношений нового типа на основе протокола P2P, которая формирует текущие парные взаимодействия между ними на следующие виды услуг или предъявляет требования:

- водитель – перевозчик, водитель – человек (время перевозки);
- водитель – государство, организация – государство, сервисная компания – государство, перевозчик – государство (время на маршруте, паркинг, выбросы CO_2 в атмосферу);
- человек – перевозчик (время на маршруте при использовании всего спектра общественного транспорта);
- человек – сервисная компания (доступность такси, каршеринг, велопрокат, доставка и пр.);
- сервисная компания – перевозчик (обслуживание и ремонт); и пр.

В итоге основными показателями адаптивной логистической координации в рамках научной парадигмы устойчивого развития выступают транзакционные издержки при приоритете роста качества жизнедеятельности человека. При этом качество выражено такими показателями, как время, уровень сервиса (разнообразие и виды логистических услуг), не отменяя свободу выбора, которая, в свою очередь, имеет такие характеристики, как кумулятивная причинность и рациональность при выборе альтернатив, и одновременно не подменяет волю и мотивы экономических агентов, находясь в непродолжительном равновесном состоянии до новой точки бифуркации.

Автором диссертационного исследования разработан механизм рационального выбора взаимодействий экономических агентов (рис. 2.4), который в рамках предложенного нового рационально-эволюционного подхода выступает научной идеей адаптивной логистической координации потоковых процессов и обеспе-

чивает гибкое следование принципам оптимизации. Также, благодаря дополнительному набору кумулятивных факторов, он способствует тому, что управлять процессами могут потребители в реальном режиме времени.



Рисунок 2.4 – Механизм рационального способа определения адаптивной эффективности при передвижении (транспортировке) участников потоковых процессов в ТЛС умного города и система обратной связи

В силу того, что в ТЛС, которая имеет дело с экономическими ресурсами, им присвоена категория «ограниченных», как и времени – универсальному ресурсу, снижение транзакционных издержек позволяет уменьшить универсальные ресурсы всех экономических агентов посредством адаптивной логистической координации при развитии соответствующей динамической инфраструктуры (рис. 2.5).

Сегодня, по причине разного уровня развития инфраструктуры, у экономических агентов возникают проблемы с синхронизацией, совместимостью и бесперебойностью взаимодействий. Согласно эволюционной методологии фирмы

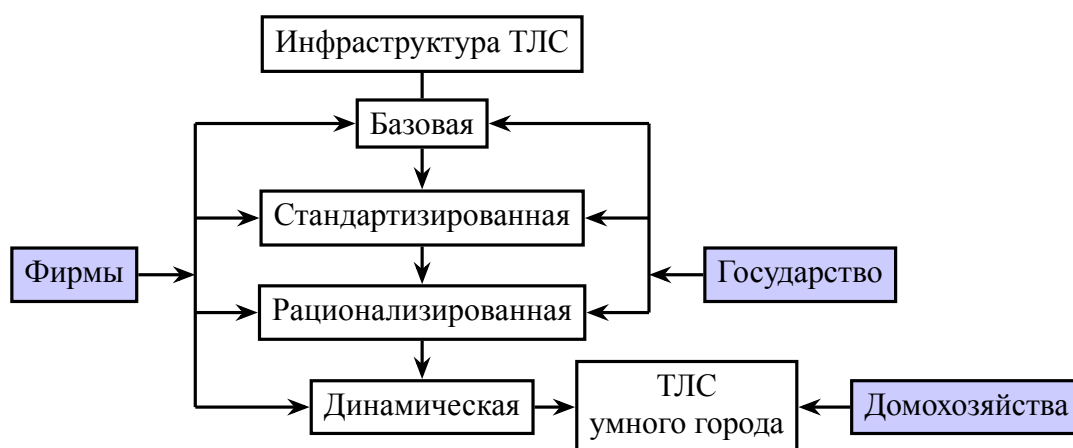


Рисунок 2.5 – Развитие динамической инфраструктуры ТЛС умного города

стремятся реализовать динамический тип развития инфраструктуры, а государство – рационализированный, вследствие чего при формировании мобильной транспортно-логистической системы умного города появляется возможность сформировать интегрированное управление и скоординированность развития инфраструктуры с последующей квазиинтеграцией экономических агентов.

В целях максимальной координации логистических потоков в странах Западной Европы, в США, Канаде, Японии и ряде других государств строятся крупные региональные распределительные центры (РРЦ) транспортно-экспедиционного обслуживания с высоким уровнем качества и широким ассортиментом услуг, оснащенные современными средствами автоматизации и информатики. В их структуру входят региональные транспортно-логистические (РТЛЦ) и информационно-аналитические центры (РИАЦ), которые осуществляют координацию материального потока в системе информационного обеспечения потоковых процессов. При этом в мире создаются индустриально-инновационные комплексы с высокой добавленной стоимостью. Для этих нужд происходит формирование современной транспортно-логистической инфраструктуры макрорегионов по принципу хабов (сети транспортно-логистических центров) и высокотехнологичных производств (в городах и агломерациях, где развиваются информационно-коммуникационные технологии). Зарубежный опыт функционирования подтверждает их экономическую эффективность, что выражается в снижении затрат на транспортировку в среднем на 7–20 %, на погрузо-разгрузочные работы и хранение материальных ресурсов и готовой продукции – на 15–30 %, общих логистических издержек – на 12–35 %, а также в ускорении оборачиваемости материальных ресурсов на 20–40 % и снижении их запасов в среднем более чем на 50 %.

В России современный логистический комплекс рассматривается изолированно, а разработки в сфере логистики сконцентрированы на проектировании бизнес-процессов, цепей поставок и на формировании логистической инфраструктуры [25; 37; 51; 97; 153; 183; 185; 188; 213; 258; 328; 369; 427; 546], а также механизмов аккумуляции инвестиций для их развития (кластеров) [79].

На основе результатов анализа использования элементов инфраструктуры в транспортных и логистических системах предложен авторский подход к формированию транспортно-логистической инфраструктуры с целью развития адаптивной логистической координации в цепях поставок. Разработанный подход предполагает развертывание транспортно-коммуникационных коридоров (ТТК), которые формируются от городского ядра через соответствующие зоны функционирования (ЗФ) и транспортно-логистические центры (городской – ГТЛЦ, территориальный – ТТЛЦ, региональный – РТЛЦ), а также в хордовых направлениях как модели цифровой дороги (рис. 2.6). Такое размещение транспортно-логистических центров позволит расширить контроль при распределении товаров и аккумуляции грузов в условиях превышения производства над потреблением. Все уровни размещения ТЛЦ имеют автоматизированные потоковые процессы между экономическими агентами.

Динамический характер инфраструктуры определяется цифровой и интеллектуальной компонентами: к цифровой (базовой) относятся беспроводные и высокоскоростные оптоволоконные сети, системы сбора информации (датчики, сенсоры, системы фиксации, измерения и пр.) и информирования (экраны, знаки, приложения, сервисы и пр.), к интеллектуальной инфраструктуре – информационно-коммуникационные технологии (большие данные, блокчейн, облачные технологии, цифровые платформы, умный город, интернет вещей и пр.), а также алгоритмы принятия решений, мультиагентные системы, нейросети, искусственный интеллект и пр.

Формируемая динамическая инфраструктура, основанная на выделении транспортно-коммуникационных коридоров, выступает не только логистическим каркасом, но и основой адаптивной логистической координации при построении передовой системы управления потоковыми и непотоковыми логистическими процессами.

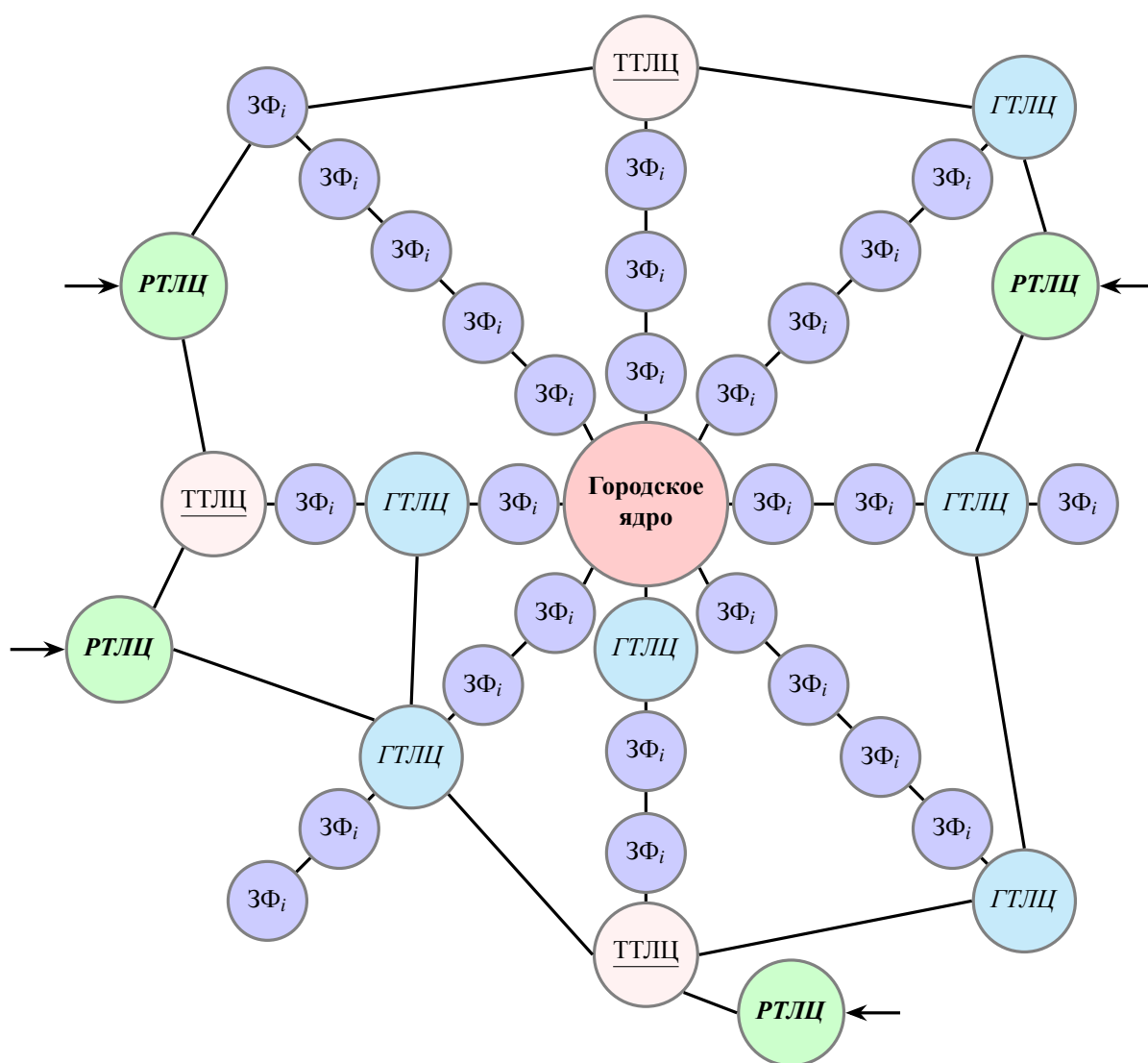


Рисунок 2.6 – Схема организации транспортно-коммуникационных коридоров ТЛС умного города[592]

Кроме того, в наши дни также остро стоят такие проблемы, как формирование и развитие инфраструктуры ТЛС умного города, способной обеспечить экономический рост, эффективное использование ресурсов, снизить стоимость владения ею, применение компаративно-генетического подхода, позволяющего выбрать лучшие ее воплощения и сформировать пул оптимальных решений и усовершенствований в зависимости от моделей развития интеллектуальных транспортных систем при учете текущих проблем организации и управления логистическими процессами.

Осознание значимости информации и наличие полного доступа к ней в реальном режиме времени дают возможность выстраивать соответствующую политику для обеспечения адаптивной логистической координации процессов в перспективе. Для этого важно привлекать лучшие практики управления инфраструктурой

турой: ITIL (описывает инфраструктуру информационных технологий), BSMIL (используется для управления информацией), ASL (для сопровождения информационных систем и приложений), COBIT (для управления информационными технологиями) и пр. с полным или частичным использованием разработанных стандартов ИСО, учитывающих масштабируемость транспортно-логистической, цифровой и интеллектуальной инфраструктуры ТЛС умного города.

Автор предлагает не только расширить представление о транспортно-логистической инфраструктуре в части развития региональных (территориальных, городских) транспортно-логистических центров, но и дополнить их таким инфраструктурным связующим элементом, как транспортно-коммуникационный коридор, что вкуче позволит запустить процесс взаимодействия, сотрудничества и обеспечит формирование транспортно-логистической системы нового типа в будущем. Для поддержания ее высокой конкурентоспособности необходимо разработать способ определения следующих параметров: насколько качественно функционируют и развиваются основные потоковые процессы; в каком направлении следует их усовершенствовать; насколько успешно происходит их обновление в выбранном направлении; наконец, как следует произвести оценку самой системы (уровень развития соответствующей инфраструктуры, технологий); как формируется информационное пространство.

В будущем изменится структура потребления, и свое развитие получают интеллектуальные системы, что позволит выйти на новый уровень координации в логистических цепочках при транспортировке, пересадке и т.д. Некоторые функции человека выйдут за границы структуры потребления. При этом уже сейчас в информационном пространстве ТЛС умного города возрастает роль единой цифровой платформы, которая призвана обеспечить организацию и управление всеми процессами, а также способна сформировать информационную среду для развития инноваций с последующим внедрением решений при их эволюционном отборе, что будет способствовать формированию систем полного цикла (разработка, производство, внедрение) и их перманентному совершенствованию.

Результатом адаптивной логистической координации может стать развитие мобильности при достижении следующего показателя для экономических агентов, таких как домохозяйства и фирмы, – «снижение затрат времени при транспортировке грузов и передвижении людей».

Цифровая платформа позволяет бороться с «трениями», сократить транзакционные издержки ТЛС умного города. Возникает вопрос о государственном контроле за цифровой платформой в плане кибербезопасности и справедливости распределения рисков в ТЛС умного города, ответы на который весьма значимы для экономической безопасности, функционирования системы, сотрудничества и координации действий экономических агентов. Однако, по мнению автора, данной системе не требуется излишний контроль по причине необходимости снижения транзакционных издержек как основы более совершенной системы.

Приверженность идее адаптивной логистической координации при ограниченности экономических ресурсов, шумпетерианская конкуренция, дарвинистская экономика и другие теории, приведенные в § 1.3 (табл. 1.16), призваны уточнить ее сущностное содержание в рамках нового рационально-эволюционного подхода. Взаимодействия же между экономическими агентами реализуются, с одной стороны, в рамках институциональной среды, создающей правила и нормы их деятельности, а с другой – ее необходимо трансформировать в рамках естественного отбора под свои потребности: для экономических агентов – в разрезе «борьбы за существование» или сотрудничество, для домохозяйств – в вопросах экономии или получения товаров и услуг в соответствии с критериями «цена – качество – доступность», для государства – в аспекте контроля, безопасности, экономии средств на содержание инфраструктуры и пр. Как итог, адаптивная логистическая координация между экономическими агентами возможна в рамках нового института при развитии информационно-коммуникационных технологий Индустрии 4.0 и 5.0.

Институциональную среду мобильной транспортно-логистической системы умного города можно интерпретировать в виде таких пространственных измерений, как институт среды регулирования, институт среды организации, институт среды обеспечения, институт среды рационального выбора (рис. 2.7).

Существующие институты логистики не в полной мере контролируют взаимодействия между экономическими агентами на мезоуровне. При этом использование информационно-коммуникационных технологий создает условия для начала разработки правил и норм организации управления процессами, которые сегодня еще не описаны.

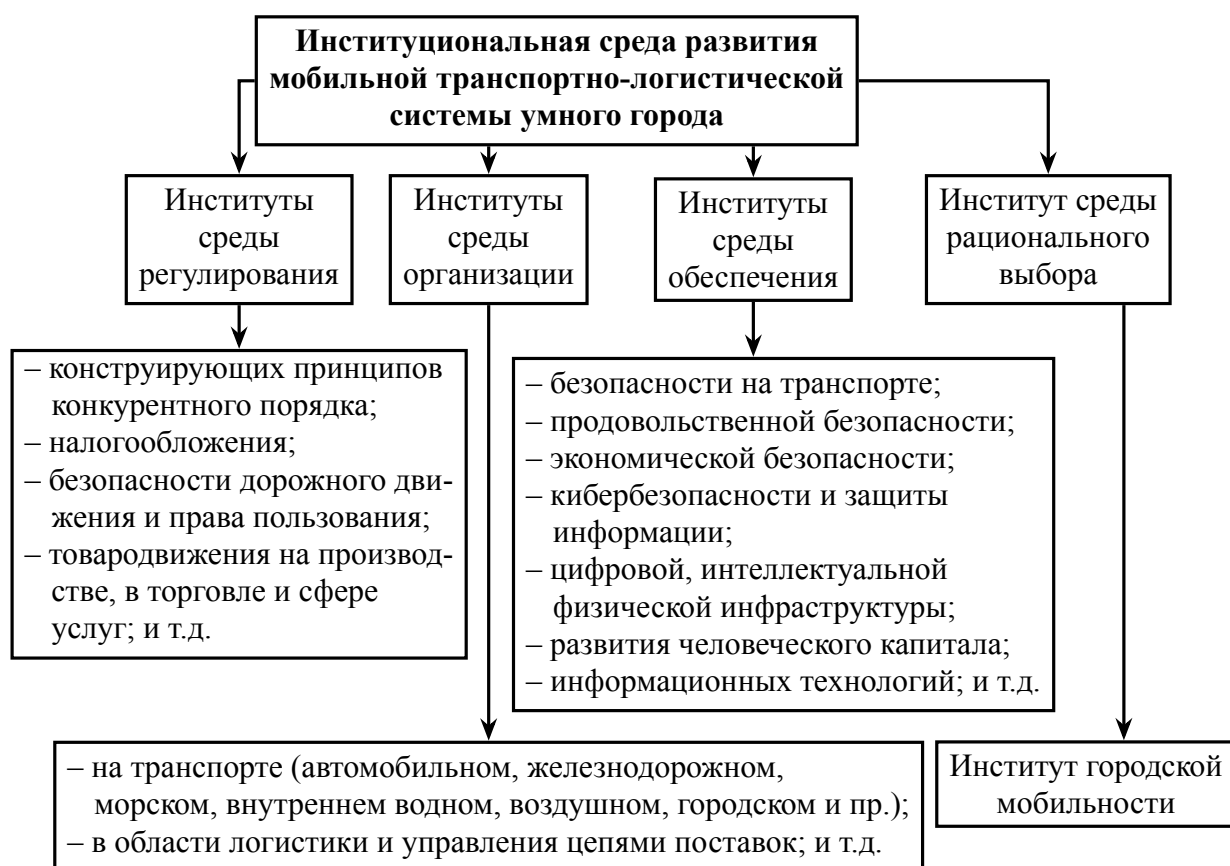


Рисунок 2.7 – Институциональная среда мобильной транспортно-логистической системы умного города
(составлено по: [99; 250; 290; 312; 376; 379; 406])

На основании вышеизложенного можно сделать следующий вывод: для ТЛС умного города необходим формальный институт нового типа, который в современных условиях не сформирован – институт городской мобильности. По мнению автора, именно он выступает основным элементом Индустрии 4.0 и 5.0, без которого невозможно эффективно планировать потоки экономических агентов для достижения более высокого уровня адаптивной логистической координации в городе. Выделение института городской мобильности в области адаптивной координации потоковых процессов в ТЛС умного города позволит разграничить систему управления между экономическими агентами в области вовлеченности, доверия и сотрудничества, сделать основной упор на рыночной составляющей взаимодействия.

Причины данного феномена следующие:

во-первых, организация передвижения фирм регулируется потребностями рынка, а индивидуального пассажирского транспорта (ИПТ) – волей и мотивами потребителей;

во-вторых, маршруты перевозки массового пассажирского транспорта (МПТ) определяются «сверху» по причине необходимости связанности пространства, а в области организации – частично регулируются рынком и спросом потребителей (в зависимости от вида транспорта).

Вовлечение потребителей в единую экосистему ТЛС умного города позволяет изменить административно-командную систему и сформировать новый подход к управлению ею, в котором субсидиарность занимает главенствующую роль с учетом динамического характера ценообразования в реальном режиме времени. При этом обеспечивается более эффективное использование инфраструктуры, транспортных средств и прочих активов.

В завершение констатируем следующее. Именно взаимодействия в современном мире формируют мобильную транспортно-логистическую систему умного города в форме институциональных возможностей, призванных изменить традиционную организацию и управление процессами независимо от существующих формальных и неформальных институтов. Подобные системы будут дифференцироваться по уровню кумулятивных факторов взаимодействия экономических агентов (по особым принципам и методам организации управления данными системами, моделям поведения, инфраструктуре и пр.), но формируемый институт городской мобильности призван способствовать адаптивной логистической координации экономических агентов мобильной ТЛС умного города.

2.2. Влияние цифровизации на транспортно-логистическую систему умного города

Реализуемый в современном мире концепт устойчивого развития в контексте Индустрии 4.0 и 5.0 связан с формированием новых инфраструктур, продуктов и технологий, интеллектуальных транспортных систем и внедрением высокоавтоматизированных средств на дорогах общего пользования. При этом некоторые функции человека при текущих трендах цифровизации существенно сократятся, в частности появятся самоорганизующиеся роботизированные комплексы, проектируемые киберсистемы, такие как умные города, а также гибкие производственные системы (рис. 2.8).

Подчеркнем, ТЛС умного города относятся к наиболее сложным системам, что предполагает наличие множества связей и близость к конечному потребителю результатов деятельности – человеку, участие которого приводит к формирова-



Рисунок 2.8 – Текущие тренды цифровизации [679]

нию коллективного поведения. Перечислим проблемы, с которыми сталкиваются данные системы в современных городах мира:

- 1) ускоренные тренды цифровизации, слабое развитие цифровой инфраструктуры и неэффективность ее использования;
- 2) недостаточная кооперации крупных игроков и стейкхолдеров на рынке по причине низкого уровня доверия;
- 3) скудность разработанных эффективных механизмов организации управленческих, транспортных и логистических процессов между экономическими агентами и финансовыми организациями.

Также сегодня уделяется недостаточное внимание исследованию транспортно-логистической системы умного города в разрезе:

- а) альтернативных вариантов развития в области организации и управления потоковыми и непотоковыми процессами;
- б) адаптивной логистической координации и скоординированного внедрения современных технологий;

в) определения экономии финансовых средств при организации деятельности экономических агентов на мезоуровне.

Рассмотрим подробнее существующие подходы к оценке ТЛС умного города в области цифровизации.

Текущие исследования транспортно-логистических систем в аспекте парадигмы устойчивого развития связаны с оценкой таких направлений, как «умная экономика», «умная среда», «умное управление», «умная мобильность», «умные жители», «умная жизнь», проявляющихся в рамках мейнстримовской идеи рационального выбора способа обеспечения полезности для экономических агентов, которая достигается посредством автоматизации, популяризации информационно-коммуникационных технологий, а также сокращения рутинных процессов.

Существующие индексы оценки (*IESE Cities in Motion Index, Global Power City Index, The Global Cities Index, The Global Cities Outlook, Juniper Research, EasyPark Smart City Index, Innovation Cities Index, City Index*) позволяют определить уровень умности города. При этом каждый индекс отличается направлениями исследований и методикой расчета (табл. 2.3).

Приведенные в табл. 2.3 рейтинги отражают множество схожих показателей, поэтому их можно отнести к любому современному городу, чтобы отразить динамику его развития в сферах экономики, мобильности и транспорта, социального и человеческого капитала, управления, окружающей среды, технологий и пр. Различия заключаются только в наборе индикаторов и методик расчета по конкретным укрупненным группам (табл. 2.4).

Кроме указанных критериев на цифровизацию города и его развитие влияют также: скорость в сети Интернет (мобильный и широкополосный доступ [684]), трафик, уровень автомобилизации, обеспеченность и степень удовлетворения информационно-коммуникационными технологиями, опыт использования и потенциальные направления применения [682], готовность страны к внедрению высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) [681], уровень развития Индустрии 4.0 и 5.0; и пр. На ТЛС умного города всевозрастающее влияние оказывают отрицательные внешние эффекты, вызванные фактом активного «потребления», а также функционированием производственных предприятий и жизнедеятельностью населения и, наконец, обостряющимися экологическими проблемами и пр. (табл. 2.5).

Таблица 2.3 – Основные индексы оценки умного города с учетом мобильности и взаимозависимых категорий

Индекс оценки	Оценка	Количество городов
IESE Cities in Motion Index [706]	<i>Человеческий капитал</i> (доля населения, имеющего среднее и высшее образование; количество бизнес-школ, входящих в топ-100 вузов, государственных или частных школ; и пр.). <i>Экономика</i> (производительность труда; ВВП в ценах 2016 г. на душу населения; оценочный годовой рост; количество штаб-квартир публично торгующих компаний; число календарных дней легальной работы предприятия; и пр.). <i>Управление</i> (общий объем резервов, в том числе на душу населения; наличие сертификата ISO 37120; уровень коррупции; количество научно-исследовательских и технологических центров; и пр.). <i>Окружающая среда</i> (выбросы CO₂, метана; общий объем возобновляемых источников воды на душу населения; доля населения (%), имеющего разумный доступ к соответствующему количеству воды; и пр.). <i>Мобильность и транспорт</i> (учет времени, затраченного на трафик; неэффективность трафика; время, затрачиваемое на поездки до работы; и пр.). <i>Городское планирование</i> (доля городского населения (%), которое пользуется по крайней мере базовыми санитарными услугами; количество человек, приходящихся на одно домохозяйство; и пр.). <i>Международный охват</i> (количество перевезенных пассажиров в аэропорты; и пр.). <i>Технологии</i> (количество абонентских линий на 100 жителей и точек беспроводного доступа; число абонентов широкополосной связи на 100 жителей и количество мобильных телефонов в городе) ИТОГО – 114 индикаторов	183
Global Power City Index (GPCI) [704]	<i>Экономика</i> (ВВП номинальный и на душу населения; темпы роста; занятость; уровень заработной платы; ставка корпоративного налога; и пр.). <i>НИОКР</i> (расходы на исследования и разработки; количество иностранных студентов; число патентов; и пр.). <i>Благоустроенность</i> (ожидаемая продолжительность жизни; готовность к ИКТ; и пр.). <i>Окружающая среда</i> (скорость рециркуляции отходов; выбросы CO₂; качество воды; и пр.). <i>Доступность</i> (международные грузопотоки; количество авиапассажиров, использование общественного транспорта; заторы; и пр.) ИТОГО – 70 индикаторов	48
The Global Cities Index (GCI) [703]	<i>Деловая активность</i> (движение капитала; динамика рынка и присутствие крупных компаний). <i>Человеческий капитал</i> (уровень образования). <i>Обмен информацией</i> (доступ к информации через сеть Интернет и другие средства массовой информации). <i>Культурный опыт</i> (доступ к основным видам спорта; культурно-массовые мероприятия; посещение музеев и различных экспозиций) ИТОГО – 29 индикаторов	158

Окончание табл. 2.3

Индекс оценки	Оценка	Количество городов
The Global Cities Outlook (GCO) [703]	<i>Личное благополучие</i> (безопасность; здравоохранение; экологические показатели). <i>Экономика</i> (долгосрочные инвестиции и ВВП). <i>Инновации</i> (предпринимательство через патенты; частные инвестиции и инкубаторы). <i>Управление</i> (прозрачность; уровень бюрократии и простота ведения бизнеса) ИТОГО – 13 индикаторов	158
Juniper Research [710]	<i>Мобильность</i> (средняя скорость транспортного средства; частные транспортные средства (количество на душу населения); плата за перегруженность; уровень травматизма (на душу населения); качество воздуха; число поездок на общественном транспорте (на душу населения); и пр.). <i>Здоровье</i> (количество больничных коек на душу населения; доля населения с высшим образованием; и пр.). <i>Безопасность</i> (уровень насильственных преступлений). <i>Производительность</i> (легкость ведения бизнеса; и пр.) ИТОГО – 75 индикаторов	20
EasyPark Smart City Index (EPSI) [718]	<i>Транспорт и мобильность</i> (доступность парковочных приложений и мест в городе; количество услуг каршеринга; уровень перегруженности; процент людей, удовлетворенных услугами общественного транспорта; и пр.). <i>Устойчивость</i> (процент от общего объема производства энергии, которая является возобновляемой; доля перерабатываемых отходов (т/день, т/год); выбросы парниковых газов; и пр.). <i>Управление</i> (рейтинг цифровой инфраструктуры; и пр.). <i>Инновационная экономика</i> (национальный глобальный инновационный рейтинг; объем ВВП на душу населения по каждой стране). <i>Оцифровка</i> (средняя скорость загрузки 4G; средняя скорость загрузки интернета по стране и городу; и пр.) ИТОГО – 40 индикаторов	100
Innovation Cities Index (I) [707]	<i>Инфраструктура</i> (надежность текущего электроснабжения; продовольственная безопасность; управление отходами; объем ВВП на душу населения; и пр.). <i>Сетевой рынок</i> (объем внутреннего рынка; интеллектуальные устройства и мобильная инфраструктура для создания технологий; и пр.) ИТОГО – 162 индикатора	500
City Index (CI) [693]	<i>Структура</i> (здоровье; мобильность; управление городом; оценка загрязнений воздуха, воды; и пр.). <i>Технологии</i> (камеры; сервисы; возможность покупки билетов онлайн; скорость сети Интернет; и пр.) ИТОГО – 39 индикаторов	146

Таблица 2.4 – Использование основных индексов оценки умного города для анализа показателя «транспорт и мобильность» и взаимозависимых категорий

Показатель	IESE	GPCI	GCI	GCO	JP	EPCI	I	CI
Транспорт и мобильность	v	v			v	v		
Технологии, НИОКР, инновации	v	v		v		v		
Цифровая инфраструктура (управление), обмен информацией, сетевой рынок, оцифровка			v			v	v	v

Таблица 2.5 – Классификация индексов качества жизни населения умного города (составлено по: [712])

Индексы качества жизни	
по критерию «выше–лучше»	по критерию «ниже–лучше»
– покупательная способность (E_p); – безопасность (E_s); – уровень развития здравоохранения (E_{hc})	– стоимость жизни (E_{cl}); – стоимость жилья к доходу (E_{ih}); – уровень загрязнений (P_{all}); – сводный индекс трафика (I_t); – конгестия (перегруженность) (μ); и пр.

Приведенные в табл. 2.4 рейтинги *IESE*, *EPCI*, а также индексы качества жизни по критериям из табл. 2.5 в большей степени позволяют оценить уровень адаптивной логистической координации в области организации и управления процессами: учитываются технологии, уровень жизни, степень развития инфраструктуры и города в целом. Подчеркнем, при текущей кардинальной цифровой трансформации взаимоотношений также видоизменяется экономико-математическая модель процессов. В этой ситуации важно, не увлекаясь «математической идиллией», фокусироваться не на математическом представлении потоковых процессов, а сконцентрировать внимание на определении наиболее значимых показателей, влияющих на адаптивную логистическую координацию и позволяющих произвести оценку экономии для экономических агентов.

В области технологий и цифровой инфраструктуры, помимо перечисленных, исследуется множество других направлений (табл. 2.6).

Размытость области анализа позволяет говорить об отсутствии объективных и всеобъемлющих показателей оценки системы. При этом близкое по содержанию и имеющее прямые структурные связи направление технологического подхода оценки транспорта и мобильности характеризуется условными функциональными областями и показателями оценки движения воздушного, индиви-

Таблица 2.6 – Направления развития технологий и инфраструктуры ТЛС умного города (составлено по: [662; 681])

Технология	Цифровая инфраструктура	ИТС и ВАТС
– искусственный интеллект; – интернет вещей; – мобильная связь; – широкополосная связь; – безопасность программного обеспечения; – ИКТ патенты; - и пр.	– пропускная способность международного интернета; – волоконнооптические сети; – облачная инфраструктура; – телекоммуникации; – сети 4G и 5G; – защищенные интернет-серверы; – системы электронных платежей; - и пр.	– видеонаблюдение; – специальные знаки с изменяемыми сообщениями; – информирование для водителей; – система взимания платы за проезд; – управление автопарком; – система сбора информации о заполняемости общественного транспорта; – система движения и управления светофорами; – система оценки перегрузки и взвешивания в движении; - и пр.

дуального, велосипедного, высокоскоростного, общественного транспорта и пр. В данной области анализируют: время, проведенное в пробках; среднее время движения от дома до работы; стоимость проезда на такси; количество парковочных мест; доступность соответствующих приложений и точек электронной зарядки автомобилей; интеллектуальные транспортные инициативы (интеллектуальная фазировка светофоров, стратегии сокращения (увеличения) использования автотранспортных средств, общественного транспорта, межведомственное сотрудничество, безопасность дорожного движения); и пр.

Приращение научного знания в области новых форм взаимодействий экономических агентов при динамичном характере развития цепей поставок и наличии множества кумулятивных факторов влияния в мобильной транспортно-логистической системе умного города невозможно без укрепления сотрудничества и роста доверия между экономическими агентами в процессе развития инфраструктуры и расширения применения корпоративных информационных систем в цепях поставок и кооперации с транспортными системами.

При текущем тренде, влияющем на развитие долевой и/или сетевой экономики, возникает необходимость более детально определить направления исследования мобильной ТЛС умного города в информационном пространстве Индустрии 4.0 и 5.0 – в областях контроля, трансформации и более эффективного взаимодействия между экономическими агентами, а также сервисной поддержки, процесса транспортировки, генерации знаний и их внедрения (табл. 2.7).

Таблица 2.7 – Направления развития цифровизации в мобильной ТЛС умного города в условиях Индустрии 4.0 и 5.0

Направление	Пояснение	Индустрия 4.0	Индустрия 5.0
Контроль	Обеспечивает исполнение норм и правил взаимодействия экономических агентов в информационном пространстве, справедливое распределение рисков, экономическую, информационную и кибербезопасность, а также организует функционирование цифровой платформы ТЛС умного города и достижение экономии экономическим агентам (минимизации транзакционных издержек)	Цифровые двойники, искусственный интеллект, Blockchain	Гибкая, устойчивая, интегрированная и экологическая экосистема
Сервисная поддержка	Обеспечивает динамичный характер долевого использования (развития) инфраструктуры и транспортных средств, а также подготовку необходимых кадров	Цифровые двойники, Big Data, машинное обучение, искусственный интеллект, Blockchain, IoT	Новые материалы, компетенции работников
Трансформация и взаимодействия	Формирует информационное пространство, функционирующее по принципу смарт-контрактов (самоисполняемых алгоритмов) в области рационального выбора способа передвижения или транспортировки в ТЛС умного города при организации доступа и динамическом ценообразовании в реальном режиме времени, а также стимулирует инновации в области совершенствования процессов координации, роста доверия, сотрудничества и вовлечённости экономических агентов в управление		Сотрудничество, взаимодействие, доверие, адаптация к требованиям окружающей среды
Генерация знаний и их внедрение	Определяет текущие проблемы в области организации передвижения по запросам потребителей в режиме реального времени, предлагает способы их достижения, сокращает сроки апробации и внедрения с учетом «регуляторных песочниц»		
Процесс транспортировки	Интеллектуально управляет процессом передвижения и адаптивной логистической координации потоковых процессов; обеспечивает снижение системных трений в области управления и организации движения	Роботы, ВАС, искусственный интеллект, машинное обучение, мультиагентные системы, Blockchain, IoT	Адаптация к требованиям клиентов и окружающей среде

Если экстраполировать результаты исследования в области цифровизации на транспортно-логистическую систему умного города, то можно видеть, что они сегодня затрагивают корпоративные структуры (Е.Р. Абрамова [19], Н.А. Гвилия

[80], В.И. Сергеев [312]), экологизацию (А.А. Кизим [149], Э.А. Мамаев [188], А.А. Полуботко [248], Н.С. Юрах [390]), функционирование системных агрегаторов (А.В. Дмитриев [94; 95]) и экосистем (В.В. Борисова [39; 329], А.В. Парфенов [239], С.В. Шайтура [367], Т.Г. Шульженко [607]), распределенный реестр данных и смарт-контракты (Г.В. Зубаков [128], О.Д. Проценко [260], В.И. Сергеев [311], В.Н. Трегубов [342], В.В. Щербаков, Г.Ю. Силкина, Т.Г. Шульженко [383]), искусственный интеллект и системы (И.Д. Афансенко, В.В. Борисова [406], М.А. Бажина [30], Г.В. Бубнова [56], В.В. Зырянов [262], А.А. Косимхужаев [163], В.С. Тарасов [327]), «цифровых двойников» (Г.Ю. Силкина, В.В. Щербаков [318]) и пр. Также большое внимание уделяется процессному подходу (Д.А. Карх [146], В.К. Козлов [155], Ю.Г. Кузменко [179], Л.Б. Миротин [173], В.В. Щербаков [381]) и маршрутизации (А.П. Гарнов [78], В.И. Колесников [157], П.В. Куренков [257], К.Г. Протасова, О.Н. Зуева [570], Т.Р. Терешина [333]).

Зарубежные исследователи также анализируют экосистемный подход в области развития ТЛС умного города (А. Collado, С. Но [541], С. Kakderi, N. Komninos [456], M. Sotarauta [624], D. Pahwa [558], S. Pekkarinen [577], A. Longo [536], A. Lagorio, R. Pinto [530]), а также технологии распределенного реестра данных (D. Lopez, B. Farooq [537], Z. Li, Y. Rong [393], H. Guo [569], Y. Fu [483], A. Balasubramaniam, G.M.J. Jami [428], M. Naz [399], M.T. Hammi [434], N. Elisa [395]), цифровую оптимизацию процессов на транспорте (K. Aljohani [411], A. Ceder [443], D. Cinar [446], V. Gatta [487], T.J. Scarlett [517], E. Johansson [470], S. Sultana [628]), оптимизацию «последней мили» (R. Bandeira [465], A. Devari [453], S.F.W.T. Lim [533], C.M.d. Oliveira [633], J. Olsson [556], S.M. Patella [636], L. Ranieri [396], S. Schwerdfeger [599], M.D. Simoni [568], M. Viu [654]) и др.

Основной будущий эволюционный тренд таков: нет необходимости владеть транспортным средством, но у экономического агента есть право рационально выбирать способ передвижения с учетом своей воли и мотивов. Таким образом можно получить доступ к интегрированной, интеллектуальной, информационной системе – экосистеме ТЛС умного города, системный интегратор которой будет обеспечивать доступ и организовывать любое перемещение нужного количества грузов и людей в нужное время и место. Вовлечение потребителей в управление позволяет выстроить систему, включающую в себя потоковые процессы привлечения ресурсов (краудфандинг, фандрайзинг) под новые идеи в области устой-

чивого развития, а также их пожелания. И чем большее число экономических агентов смогут иметь доступ к интегрированной системе управления, тем значительнее будет пул инноваций, ориентированных на совершенствование процесса транспортировки и самой системы в реальном режиме времени и повышающих качество жизнедеятельности человека.

По нашему мнению, транспортно-логистическая система умного города как новое научное направление еще не в полной мере сформирована, и поэтому комплексную цифровизацию связей между экономическими агентами в ТЛС умного города на мезоуровне необходимо проводить по вышеуказанным направлениям в целях повышения мобильности и скоординированности улучшений ТЛС с учетом разработанной критериальной системы оценки в рамках научной парадигмы устойчивого развития (табл. 2.8).

Таблица 2.8 – Направления повышения мобильности транспортно-логистической системы умного города

Критерий	Тип умного города		
	1.0	2.0	3.0
К ₁ – Замена рутинных операций в области межфункционального и межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами	ERP, TMS, WMS, RFID	ERP II	Семантические сети, облачные вычисления, предсказанная аналитика
К ₂ – Достоверность, точность и безопасность передаваемой цифровой информации в реальном режиме времени	EDI	IoT, Big Data, сенсорные технологии	Blockchain 2.0, смарт-контракты, децентрализация
К ₃ – Вовлечение потребителей в управление потоковыми процессами	CSRP в цепях поставок	CSRP домохозяйств	CSRP всех процессов
К ₄ – Интеллектуальные автоматизированные алгоритмы принятия решений	Информационная система на предприятии	Корпоративная информационная система в цепях поставок	Интегрированная система управления (экосистема)
К ₅ – Адаптивная эффективность	Интеллектуальная транспортная система	В цепях поставок	Все потоки, гибкость системы
К ₆ – Комплексность взаимодействия	Участники потоковых процессов: массовый общественный транспорт, цепи поставок	Все циклические потоковые процессы	Все процессы функционирования и развития

Критерий	Тип умного города		
	1.0	2.0	3.0
К ₇ – Открытая архитектура	Web 1.0 (2.0)	Web 2.0 (3.0)	Web 3.0
К ₈ – Динамический характер развития инфраструктуры	Для цепей поставок	Для массового общественного и личного транспорта	Для всего города

Перечисленные в табл. 2.8 критерии, отражающие степень их сформированности в ТЛС умного города, постоянно развиваются и совершенствуются, что зафиксировано при компаративном анализе и выявлении лучших практик, их селекции и внедрении. В цепях поставок большую роль играет зрелость экономических агентов, занятых автоматизацией основных рутинных операций; это говорит о том, что участники потоковых процессов должны обладать соответствующими компетенциями и единым видением процесса развития корпоративных систем управления при соответствующем развитии инфраструктуры.

В итоге, чтобы оптимизировать структуру, рационализировать потоковые процессы и повысить мобильность, освоить новые технологии, расширить и реконструировать имеющиеся транспортные линии, а также построить новые и обеспечить развитие не только транспортной и складской, но и цифровой инфраструктуры, создать более мощный экономический потенциал, необходимы огромные ресурсы – значительные государственные и частные капиталовложения, а также координация усилий всех заинтересованных сторон. Создание потоковой модели мобильной ТЛС умного города позволит определить, какие показатели следует закладывать в ее обустройство и что именно обеспечит достижение более высокого уровня межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами и наиболее эффективную реализацию и будущее функционирование ТЛС умного города. Выбранный путь развития может отличаться от общепринятых и характеризоваться более точными целями, отражающими прогнозирование необходимых технологий и моделей социально-экономического развития, а это, в свою очередь, позволит реализовать новые возможности экономии как временных, так и транзакционных затрат на улучшение качества жизни человека на мезоуровне. Формирование «идеальной» модели развития позволит отойти от той предпосылки, что все процессы должны обладать вариативным уровнем

организованности, и обратиться к изучению заданного уровня транзакционных издержек. Уже при проектировании данной модели могут возникнуть новые идеи организации и управления потоковыми процессами, новые черты необходимой инфраструктуры в зависимости от этапов ее становления и новые способы выделения ключевых показателей ее эффективности, учитывающие уровень развития города.

Можно утверждать, что изучение мобильной ТЛС умного города как средство достижения цели диссертационного исследования способствует решению проблем рационализации логистики, но только в том случае, когда применяется единый подход ко всем процессам; однако, отчасти, ТЛС отличается концентрацией экономических агентов, что приводит к появлению проблем, не свойственных отдельным элементам системы, находящимся в связях друг с другом и со средой, характеризующейся определенной целостностью и единством. В зависимости от уровня анализа можно представить ТЛС как совокупность отдельных подсистем, а саму систему – как подсистему другой, более крупной системы. Можно выделить ряд основных методологий их проектирования. Соотнесем их с Индустрией 4.0 и 5.0 при формировании мобильной ТЛС умного города (табл. 2.9).

Применение психологических методологий к проектированию транспортно-логистической системы вызывают интерес у исследователей по той причине, что человек является одним из факторов, непосредственно влияющих на функционирование самой системы; кибернетические применяются ограниченно из-за наличия ряда проблем, прежде всего из-за отсутствия современных разработок и системного подхода к методологии проектирования, а также поскольку разрабатываемые программы, текущие проекты и планы мероприятий носят временный характер в заданной области, что приводит к субъективным решениям без учета воздействия кумулятивных факторов и, в целом, – к снижению эффективности данного процесса.

Изложенный в диссертационной работе авторский подход к проектированию ТЛС умного города основан на системном подходе к смарт-процессам как основе развития ИКТ, предусматривает учет различных интересов стейкхолдеров при дивергенции, трансформации и конвергенции предметного поля исследования, что позволяет осуществить рациональный выбор способа оптимизации потоковых процессов при создании потоковой модели ТЛС умного города.

Таблица 2.9 – Основные методологические подходы к анализу и проектированию системы «человек–машина» как ТЛС умного города

Группы подходов	Методология	Основное содержание	Индустрия	
			4.0	5.0
Психологические	Деятельностного подхода	Определение правил (норм), организация и контроль взаимодействий	±	+
	Проектирования деятельности	Формирование модели, которая включает в себя все типовые операции взаимодействий экономических агентов	±	+
	Структурно-психологическая	Формирование ощущений кумулятивной причинности в дополнение к рациональности у экономических агентов	±	+
	Психологического обеспечения	Развитие системы подготовки специалистов при развитии ИКТ	+	+
	Идеализированных структур деятельности	Моделирование взаимодействий экономических агентов в различных ситуациях	+	+
	Полуавтоматическая	Выявление отклонений от действий автоматизированных алгоритмов и человека	±	+
Кибернетические	Функционально-структурная	Выделение типовых функциональных структур и единиц, направленных на улучшение качества взаимодействий	+	+
	Обеспечения качества	Становление контроля над агрегатором	+	+
	Организмическая	Формирование системы автоматического управления при интеграции с человеком	±	+
	Системная	Формирование потоковой модели в процессе реализации подготовительных и контрольных мероприятий	+	+
	Системно-лингвистическая	Развитие системы информирования	+	±
	Процессная	Формирование сквозных процессов и их оптимизация	+	±
	Совместимости	Обеспечение информационной системы и единых стандартов работы	+	+
	Автоматизированная, массового обслуживания	Обеспечение максимальной пропускной способности обработки информации для выполнения экономическими агентами взаимодействий заданного уровня качества	±	+

Научная идея представленного автором исследования заключается в том, что спроектированная транспортно-логистическая система умного города должна исключать рутинные операции, обеспечивать более высокий уровень логистической координации, не отменяя соперничества и сотрудничества участников логистических процессов. При этом реализуется более оперативное принятие решений с помощью автоматизированных алгоритмов в режиме реального времени, согласованных с потребителями в рамках сетевого и/или долевого взаимодействия,

а также формируются экосистема и динамическая инфраструктура ТЛС умного города. Успешная имплементация этой идеи подразумевает разработку определенных норм и правил взаимодействия, которые воплощаются в формировании института городской мобильности.

В наши дни необходимо выстраивать скоординированные потоковые процессы, разрабатывать единые стандарты для реализации всех подготовительных мероприятий с целью бесперебойного и безопасного функционирования системного агрегатора. Данный подход позволит: развить сетевое и/или долевое взаимодействие как между экономическими агентами, так и с внешней средой ТЛС умного города, с получением экономии от использования динамической инфраструктуры; снизить транспортные затраты, что даст экономию участникам потоковых процессов и, как результат, оптимизирует транзакционные издержки для системы в целом.

Потоковая модель мобильной ТЛС умного города формируется под воздействием представлений об идеальных структурах, которые при текущем уровне цифровизации возможно реализовать, а также с учетом прогнозов основных выявленных смарт-процессов, не подменяя ими традиционные подходы эволюционного развития. Подчеркнем, модели поведения экономических агентов ограничены существующими институтами и инфраструктурой. При принятии управленческих решений ограниченная человеческая рациональность принуждает нас не в полной мере заниматься экономическими агентами, а отдать приоритет моделям их поведения, внедряя интеллектуальные решения и обеспечивая эволюционный характер экономической системы.

Формируемая потоковая модель мобильной транспортно-логистической системы умного города учитывает необратимые и колебательно обратимые циклы, что позволяет описать темпы развития общих тенденций на большом временном интервале и определить смарт-процессы, запускающие кардинальную ее трансформацию. Потоковая модель универсальна: ее возможно применить для сложной социально-экономической системы любого города; она должна включать в себя множество подэлементов (мини-моделей), которые будут характеризовать все процессы, связанные с функционированием ТЛС умного города и ее развитием, а также всех экономических агентов с учетом выделенных и необходимых критериев цифровизации (рис. 2.9); $K_1 - K_8$ см. пояснения в табл. 2.8.

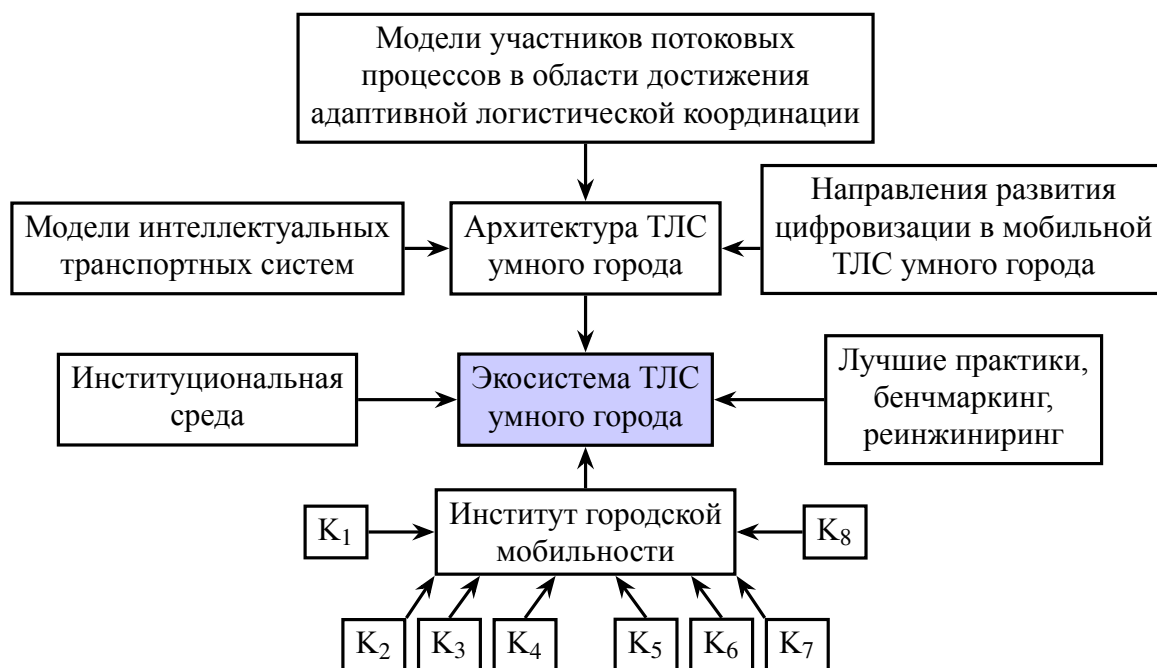


Рисунок 2.9 – Схема концептуально-методологического представления потоковой модели, закладываемого в системный интегратор ТЛС умного города

Каждый экономический агент, действуя по своим законам, в первую очередь особо выделяет процессы транспортировки. Следует отметить, что они замедляются при увеличении их количества. Любое предприятие, формируя цепь поставок, проходит свой жизненный цикл развития, и его сложно назвать непродолжительным идеальным равновесным состоянием: присутствуют стадии роста, спада, трансформации, сотрудничества и заката. В погоне за прибылью в рамках естественного отбора выигрывают лучшие их представители; при этом сами предприятия изменяют стратегии развития, механизмы и методы взаимодействий, происходит передача прав собственности, формируются союзы, реализуются механизмы сетевого и/или долевого взаимодействия. Вместе с тем относительно неизменной сферой, отвечающей нуждам потребителей, остается инфраструктура, свойственная каждому историческому периоду, наделенная своей компонентной структурой. При этом основными технологиями, формирующими рациональный способ оптимизации транспортно-логистической системы умного города, выступают реинжиниринг, бенчмаркинг и использование лучших практик при развитии интегрированных систем управления в аспекте Индустрии 4.0 и 5.0, а также критерии цифровизации, выделенные автором.

Следует подчеркнуть, что для эволюционной экономики характерен поиск нового в противовес равновесной парадигме. Экосистема мобильной ТЛС умного

города в новых условиях не просто организует и управляет процессами, но одновременно инициирует нововведения при рациональном их выборе в постоянно изменяющейся внешней среде, при обилии непостоянных взаимоотношений между экономическими агентами в информационном пространстве, а также стимулирует адаптивную логистическую координацию. Но если постоянное разнообразие взаимодействий выступает некой формой конкуренции при улучшении качественных показателей, то данное многообразие стимулирует инновации, формирует новые комбинации взаимодействий и способствует «созидательному» разрушению традиционных систем и отношений, методов и механизмов работы.

Инновации инициируются как внутри цепей поставок, так и во внешней среде, как в бурные времена, так и в рамках устойчивого развития; при этом экосистема мобильной ТЛС умного города вовлекает потребителей в формирование нововведений, которые, в свою очередь, способствуют улучшению процессов.

Инновации должны соответствовать тем задачам, которые стоят перед экосистемой ТЛС умного города; их выбор осуществляется в ходе оценки положительных или отрицательных преимуществ из множества альтернатив, обеспечивая тем самым более прогрессивное предпринимательство, представляющее собой реализацию нового рационально-эволюционного подхода на стыке ортодоксальной и гетеродоксальной экономических теорий. Как итог наблюдается небольшое отклонение от рационального выбора, что не заменяет его сущностного, глубинного представления о конкуренции и предпринимательстве.

В границах эволюционного развития всегда существует условная точка выбора, в каком направлении продолжать движение – возможно двинуться за преуспевающими новаторами или выбрать альтернативный путь. Сравнение представлений об экономическом развитии позволяет во взаимозависимом мире большинству людей принимать решения в пользу первого, одновременно попадая в ловушку никогда не приблизиться до необходимого результата. В этой ситуации институт городской мобильности призван не допустить монополизации рынка; от него требуется создать условия и механизмы взаимодействия между экономическими агентами, обеспечить в ходе организации потоковых процессов выбор наиболее прогрессивного альтернативного пути развития и рост качества жизни человека.

Стратегия развития мобильной ТЛС умного города должна предполагать период планирования на десятилетия вперед, с учетом заделов на новые технологические уклады. Поэтому разработанные автором направления и критерии цифровизации ТЛС умного города должны быть достижимы при ускоряющихся тенденциях развития в науке и технологиях. Если учесть, что сегодня мировая экономика находится в понижательной стадии своего развития, которая характеризуется вялой экономической активностью, на нее приходится начало замены инфраструктуры и средств производства, то выход из такого состояния возможен после внедрения высокоэффективных и высокоинтегрированных инфраструктурных проектов, таких как ТЛС умного города, при использовании института городской мобильности. Все изложенное призвано способствовать формированию потоковой модели мобильной ТЛС умного города (рис. 2.10).

В современном мире распространена практика внедрения или копирования успешных проектов. Возникает вопрос о конструктивности и необходимости реализации собственных проектов. Причина – трансформации, которые кардинально меняют структуру функционирования системы и позволяют получить наибольший экономический эффект или экономию. В целях обеспечения адаптивной логистической координации процессов в рамках устойчивого развития необходимо создать автономную интеллектуальную транспортную систему в составе единой экосистемы, решения и алгоритмы которой должны быть прозрачны и безопасны, а риски справедливо распределены между участниками. В настоящее время очевиден рост значимости мобильной ТЛС умного города при формировании единого субнационального логистического пространства, когда моделирование института городской мобильности остается недостаточно исследованной проблемой, которой отдается право приоритета взаимодействий Web 2.0 (3.0). В условиях бурного внедрения информационно-коммуникационных технологий Индустрии 4.0 и 5.0 необходимо упорядочить развитие ТЛС умного города, что гарантирует всем участникам получение большой экономии при росте транспортной мобильности.

Динамическое развитие инфраструктуры ТЛС умного города необходимо выстраивать с помощью нового рационально-эволюционного подхода, согласно которому институт городской мобильности представляет собой инструмент достижения адаптивной логистической координации.

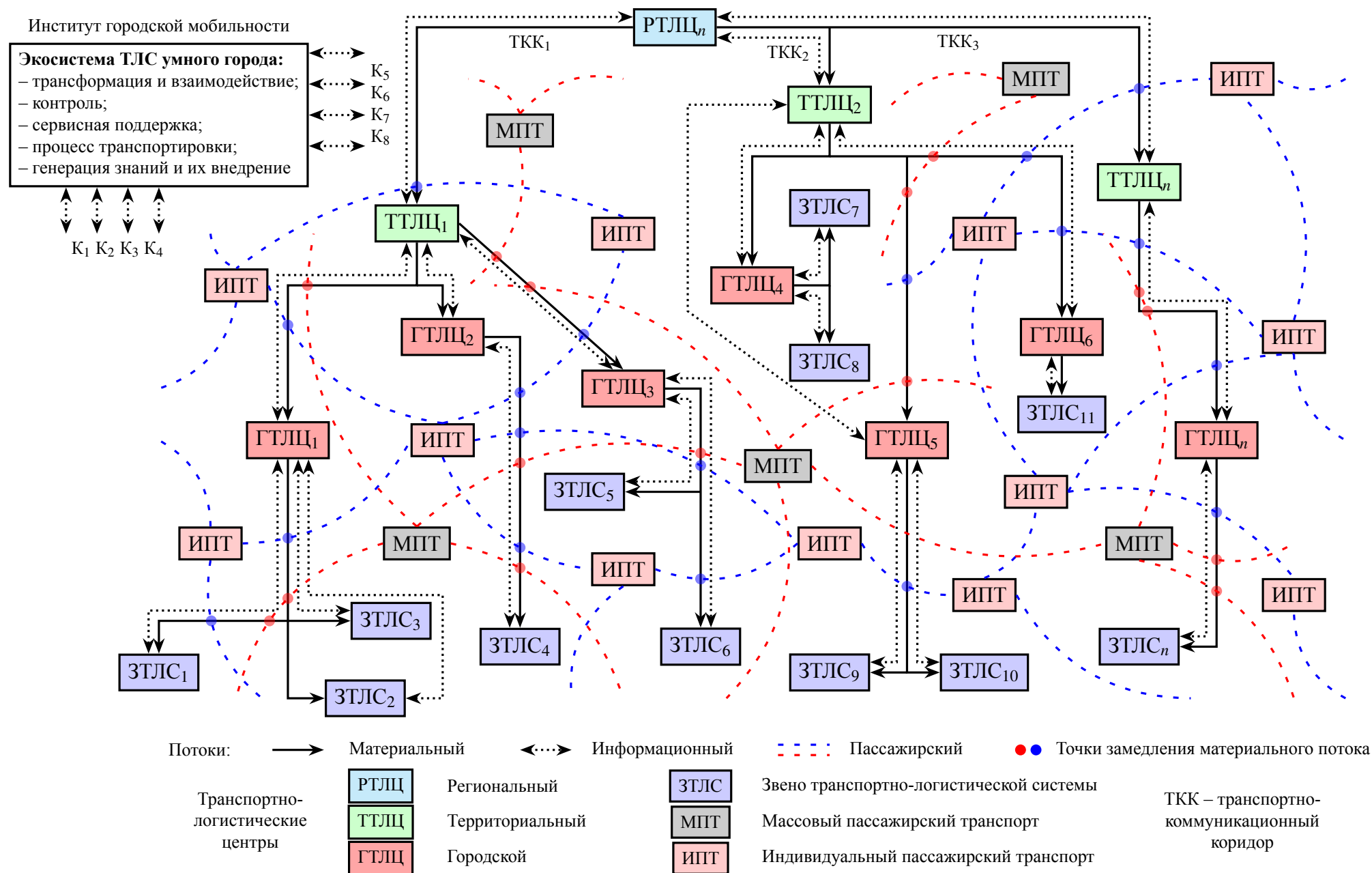


Рисунок 2.10 – Поточковая модель ТЛС умного города [295]

Потоковая модель позволяет не концентрироваться на развитии новой инфраструктуры, а использовать текущие ресурсы экономических агентов при условии ее модернизации и доработки. При этом особое значение приобретают выстраиваемые транспортно-коммуникационные коридоры, обеспечивающие скоординированность транспортных процессов с деятельностью центров управления, что позволяет сформировать интегрированную экосистему мобильной ТЛС умного города, функционирующую в реальном режиме времени.

Данная модель ТЛС умного города при формировании института городской мобильности в области развития адаптивной координации потоковых процессов в авторской интерпретации позволяет решить ряд социальных проблем, а именно: снизить перегруженность системы; повысить отклик на пожелания потребителей; трансформировать управление в условиях цифровизации Индустрии 4.0 и 5.0, используя современный инструментарий городской логистики и распределяя его на всю систему со множеством экономических агентов, отличающихся волей, мотивами и прочими кумулятивными факторами. Она изменяет систему взаимодействия между экономическими агентами – каждый из них теперь может определять способ организации передвижения: инициирует социальные инновации; участвует в апробации и реализации проектов, улучшающих организацию потоковых процессов в городе; инвестирует в развитие, обеспечивая постоянное обновление ТЛС умного города под эндогенные и экзогенные запросы.

Учитывая эффект масштаба института городской мобильности, можно сказать, что он позволяет выработать концептуальные подходы к формированию транспортно-логистической системы умного города, способной оптимизировать рациональный выбор и обеспечить максимальную оперативную мобилизацию резервов технологических, инновационных, социально-экономических и прочих факторов, а также синхронизировать взаимодействия с целью достижения адаптивной логистической координации согласно приведенным автором направлениям и критериям цифровизации ТЛС умного города. При этом она, транспортно-логистическая система, предстает как оптимальная платформа для внедрения передовых логистических моделей, выработанных с помощью современного научного теоретико-методологического аппарата исследований, и ее развитие должно строиться на базе оценки и научного проектирования с учетом текущей и будущей инфраструктуры. В настоящее время необходимо, переформатировав некоторые

ее элементы, обеспечить внедрение новых технологий в коллективную организацию функционирования и развития данных систем, а также уделять больше внимания информационному обмену, экосистемному подходу и расширению экологических производств.

Для формирования децентрализованной системы как ТЛС умного города посредством развития институциональной среды нужен более гибкий подход, обеспечивающий снижение системных трений и скоординированное взаимодействие экономических агентов. Экономические агенты должны иметь связи с внешней средой из-за подверженности колебательным процессам, обусловленным множеством кумулятивных факторов. Также им свойственны различные жизненные циклы. Инфраструктура и информационное пространство должны обеспечивать новый уровень взаимодействия, обуславливающий качественное улучшение мобильности в городе. При этом важно обеспечить системность и достоверность собираемой информации, которая в условиях современной цифровизации экономики предоставляется в виде постоянного потока в реальном режиме времени.

Исходя из вышеизложенного, автор следующим образом сформулировал научную гипотезу данного исследования: ***использование нового рационально-эволюционного подхода к городской логистике в процессе развития динамической инфраструктуры и интегрированной экосистемы обеспечит более эффективную адаптивную логистическую координацию и рост мобильности транспортно-логистической системы умного города, что гарантирует получение экономии всеми экономическими агентами.***

Авторский подход с помощью математического аппарата позволяет экономически обосновать рекомендации автора относительно степени развития соответствующей инфраструктуры и построения экосистемы ТЛС умного города при выделении ключевых показателей (например, времени и транзакционных издержек), характеризующих адаптивную логистическую координацию при развитии информационно-коммуникационных технологий Индустрии 4.0 и 5.0.

Для определения перечисленных взаимосвязей не требуется формировать матрицы корреспонденций, однако нужно понимать и правильно использовать методы исследования экономических процессов. Моделирование позволит прогнозировать потоковые процессы и их метрики, выявить принципиальные индикаторы институциональной среды, произвести оценку ее потоковой модели.

Изложенный авторский подход обеспечивает эффективное использование транспортной инфраструктуры, снижение транспортных издержек, получение экономии участниками потоковых процессов и, как результат, оптимизирует трансакционные издержки для ТЛС в целом.

2.3. Построение интегрированной потоковой модели мобильной транспортно-логистической системы умного города

В эпоху развития цифровой экономики роль человека сужается, институты логистики видоизменяются, и человек при организации функционирования социально-экономической системы в меньшей степени влияет на новую рациональность – он лишь задает экономическим агентам правила и нормы, которые носят рекомендательный характер. К тому же хаотичные действия экономических агентов увеличивают затраченное время, неопределенность потоковых процессов и замедляют информационный обмен.

При текущем тренде развития информационно-коммуникационных технологий в аспекте Индустрии 4.0 и 5.0 нормы и правила могут образовываться самостоятельно, без участия человека, что дает возможность сформировать самоорганизованные и самообучающиеся системы, с помощью которых городская логистика определяет баланс в разрезе оптимизации рационального выбора при эволюционном развитии, а также в области взаимодействия между экономическими агентами при функционировании системы. Как результат формируется мобильная ТЛС умного города, призванная обеспечить оптимизацию, организацию и развитие потоковых процессов в реальном режиме времени под запросы потребителей, которая, однако, выходит за привычные рамки управления материальными потоками и связана с «созидательным разрушением».

Формирующийся новый рационально-эволюционный подход, расширяя предметное поле исследования сложных и динамичных систем, вместе с тем фокусируется на исследованиях специфики взаимодействия экономических агентов. При этом прежде всего важен системный подход, который затрагивает все уровни – микро-, макро-, мезо- и метауровень их взаимодействия [281].

Трансформационные процессы, наблюдаемые в мировой экономике, и выделение городской логистики диктуют необходимость разработки нового взгляда на методологию исследования процессов в ТЛС умного города, который должен учитывать множество моделей и индикаторов адаптивной логистической коор-

динации, и, наконец, сформировать свой механизм рационального выбора для экономических агентов.

В методологическом плане городскую логистику требуется рассмотреть как новый инструмент оценки и побуждающей силы трансформации транспортно-логистической системы умного города, т.е. как необратимый эволюционный процесс, по ряду причин.

Во-первых, глобальная экономическая система сегодня все же обеспечивает доступ к информационным ресурсам и технологиям Индустрии 4.0 и 5.0, а также к успешным мировым практикам развития транспортно-логистической системы умного города. Исследовательские институты, лаборатории и экономические акторы в контексте ограниченной человеческой рациональности непрерывно предлагают идеи только в рамках своих компетенций, что при текущей цифровой трансформации создает предпосылки для формирования убывающей эффективности совершенствования системы в будущем.

Во-вторых, изменение традиционных экономических отношений в контексте развития долевой и/или сетевой экономики позволяет выделить экосистему мобильной ТЛС умного города, которая обеспечивает «поток инноваций» под нужды ее перманентного совершенствования с учетом географического ландшафта и непостоянства поведения человека, зависящего от его воли, мотивов, а также от общественных норм и правил.

В-третьих, исследование потоковых процессов в ТЛС умного города при использовании компаративно-генетического подхода позволяет сформировать вектор ее развития на долгосрочную перспективу, сконцентрировав внимание на рациональном выборе способа оптимизации потоковых процессов.

В-четвертых, научный инструментарий и показатели оценки ТЛС умного города, обеспечивающие выполнение ключевых процессов, позволяют выбрать наиболее сбалансированный путь ее становления, обеспечив в рамках устойчивого развития более эффективные показатели (включая экологичность и развитие общества), влияющие на качество жизнедеятельности человека.

В-пятых, разработанные критерии цифровизации адаптивной логистической координации и мобильности на мезоуровне позволяют сформировать потоковую модель ТЛС умного города, а также прогнозировать и продлить жизненный цикл функционирования института городской мобильности.

В целом можно сформулировать основу проектирования мобильной транспортно-логистической системы умного города как клиентоориентированность, т.е. клиентами выступают потребители, организации (логистические цепи) и власть, которые имеют свои, не взаимосвязанные друг с другом целевые установки. Формирование мобильной транспортно-логистической системы умного города – это новый ответ на современные вызовы организации и управления потоковыми процессами при формировании норм и правил взаимодействий между экономическими агентами, обеспечивающий их адаптивную логистическую координацию и развитие мобильности [284]. На основе вышеизложенного интегрированную потоковую модель мобильной транспортно-логистической системы умного города можно представить в том виде, в каком она приведена в табл. 2.10.

Рассмотрим интегрированную потоковую модель транспортно-логистической системы при выделенных критериях и направлениях цифровизации с позиции участия экономических агентов более подробно.

Замена рутинных операций в области межфункционального и межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами (K_1) сопровождается современными тенденциями цифровизации в мире и инвестициями в перспективные направления: в облачную инфраструктуру (Inv_{cloud}), в информационно-коммуникационные технологии (Inv_{ict}), в телекоммуникации (Inv_{tc}), в безопасность программного обеспечения (Inv_{ss}), в развитие законодательства (D_{low}), в патенты (S_p) и расходы на НИОКР (N) (формулы 2.1–2.4):

$$Inv_{cloud} = \sum_{f=0}^{\infty} (Inv_{cloud}^{tif} + Inv_{cloud}^{trf} + Inv_{cloud}^{sf} + Inv_{cloud}^{kgif} + Inv_{cloud}^{cf}) + \sum (Inv_{cloud}^{tig} + Inv_{cloud}^{trg} + Inv_{cloud}^{sg} + Inv_{cloud}^{kgig} + Inv_{cloud}^{cg}); \quad (2.1)$$

$$Inv_{ict} = \sum_{f=0}^{\infty} (Inv_{ict}^{tif} + Inv_{ict}^{trf} + Inv_{ict}^{sf} + Inv_{ict}^{kgif} + Inv_{ict}^{cf}) + \sum (Inv_{ict}^{tig} + Inv_{ict}^{trg} + Inv_{ict}^{sg} + Inv_{ict}^{kgig} + Inv_{ict}^{cg}); \quad (2.2)$$

$$Inv_{tc} = \sum_{f=0}^{\infty} (Inv_{tc}^{tif} + Inv_{tc}^{trf} + Inv_{tc}^{sf} + Inv_{tc}^{kgif} + Inv_{tc}^{cf}) + \sum (Inv_{tc}^{tig} + Inv_{tc}^{trg} + Inv_{tc}^{sg} + Inv_{tc}^{kgig} + Inv_{tc}^{cg}); \quad (2.3)$$

Таблица 2.10 – Интегрированная потоковая модель мобильной ТЛС умного города

	K_1 – Замена рутинных операций в области межфункционального и межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами	K_2 – Достоверность, точность и безопасность передаваемой цифровой информации в реальном режиме времени	K_3 – Вовлечение потребителей в управление потоковыми процессами	K_4 – Интеллектуальные автоматизированные алгоритмы принятия решений	K_5 – Адаптивная эффективность	K_6 – Комплексность взаимодействия	K_7 – Открытая архитектура	K_8 – Динамический характер развития инфраструктуры
Контроль	$Inv_{cloud},$ $Inv_{ict},$ $Inv_{tc},$ $Inv_{ss},$ $D_{low}, S_p,$ N	$D_{opt},$ $D_{4,5G},$ $P_{sh},$ $P_{bb}, P_s,$ $S_s,$ $P_{cloud},$ S_{ct}	$Ex_i, Ex_{eg},$ $Ex_{tc},$ $Ex_{cloud}, C_{sh},$ $V_{sh}, C_m, V_m,$ $A_s, App_m,$ $P_h, E,$ Y_{tr}, A_c	$B_{ict}, S_{up}, A_{IoT},$ $M,$ $R_a, V_{ac},$ $A_{ac}^p, A_{ac}^t,$ $A_{ac}^i, A_{ac}^a,$ $Mob, SS, IoT,$ $AI, Cloud$	$AE =$ $= f(E_{sav},$ $E_{e(max)},$ $E_{e(min)})$	$R_{smart},$ R_{mob}	$Inv_{iot},$ P_{iot}	$Inv_{ai},$ $Inv_{aip},$ $M_{ai},$ X_s
Процесс транспортировки								
Сервисная поддержка								
Трансформация и взаимодействие								
Генерация знаний и их внедрение								

$$Inv_{ss} = \sum_{n=0}^{\infty} (Inv_s^{tif} + Inv_s^{trf} + Inv_s^{sf} + Inv_s^{kgif} + Inv_s^{cf}) + \sum (Inv_s^{tig} + Inv_s^{trg} + Inv_s^{sg} + Inv_s^{kgig} + Inv_s^{cg}), \quad (2.4)$$

где ti – область трансформации и взаимодействия; tr – процесс транспортировки; s – сервисная поддержка; kgi – генерация знаний и их внедрение; c – контроль; f – фирмы; g – государство; h – домохозяйства.

Сегодня для России существуют ограничения доступа к перспективным технологиям. Наиболее значимым представляется взаимовлияние технологий Индустрии 4.0 и 5.0, биотехнологий и когнитивной науки (NBIC-конвергенция).

Достоверность, точность и безопасность цифровой информации в реальном режиме времени (K_2) обеспечивается развитием волоконно-оптических сетей (D_{opt}), сетей 4G и 5G ($D_{4,5G}$), доступом потребителей к фиксированной широкополосной сети (P_{sh}), мобильным широкополосным доступом (P_{bb}), проникновением смартфонов (P_s), наличием защищенных интернет-серверов (S_s) и облачным программным обеспечением (P_{cloud}). Помимо этого перспективной технологией сегодня выступает распределенный реестр данных, обеспечивающий целостность и непротиворечивость, организацию и синхронизацию, а также создание и исполнение децентрализованных приложений и смарт-контрактов (S_{ct} , формула 2.5):

$$\begin{aligned} S_{ct} &\in \{S_{ct}^{ti}, S_{ct}^{tr}, S_{ct}^s, S_{ct}^{kgi}, S_{ct}^c\}, \\ S_{ct}^{ti} &\in \{S_{ct}^{iot}, S_{ct}^{bd}, S_{ct}^{its}, S_{ct}^{csrpf}, S_{ct}^{csrph}, S_{ct}^{traf}, S_{ct}^{fin}\}, \\ S_{ct}^{tr} &\in \{S_{ct}^{trfc}, S_{ct}^{trfp}, S_{ct}^{trgc}, S_{ct}^{trgp}, S_{ct}^{trh}\}, \\ S_{ct}^{kgi} &\in \{S_{ct}^{res}, S_{ct}^{impr}, S_{ct}^{impl}, S_{ct}^{edu}\}, \end{aligned} \quad (2.5)$$

где iot – интернет вещей; bd – большие данные; its – ИТС; $csrpf$ – область взаимоотношений с клиентами и их вовлечения; $traf$ – оценка трафика; fin – финансовые операции; res – исследования в области формирования и развития ТЛС и ее элементов; $impr$ – проектирование ТЛС; $impl$ – реализация проекта; edu – обучение и подготовка необходимых кадров; fc , gc – цикличные процессы фирм и государственных предприятий; fp , gp – приоритетные процессы фирм и государственных предприятий.

В наше время смарт-контракты внедряются в финансовую и страховую деятельность, международную логистику и транспорт, в государственное управление, в здравоохранение и пр. Данные технологии также реализуются в аспекте концептуально-категорийного кода и создают взаимодействия между основными

сферами экономики, такими как производство, обмен, распределение и потребление. При этом важным аспектом развития ТЛС умного города является не только создание обеспечивающей инфраструктуры, высокоскоростного интернета, но и формирование мультиагентной системы управления по технологии Blockchain 2.0 и 3.0.

Однако, отметим, что данный комплексный блок исследований в мире не в полной мере реализован.

Современные взаимоотношения в указанных системах, основанных на транзакциях, которые хранят множество разнородной и сложно анализируемой информации о закупках и поставщиках, производстве, сбыте и клиентах, качестве продукции и сырья, транспортировке, сроках и пр., переходят в систему информационного взаимодействия. Последняя является ценным ресурсом для логистической координации между экономическими агентами при сборе и анализе информации по потребностям клиентов, мотивам и особенностям поведения в реальном режиме времени.

Вовлечение потребителей в управление потоковыми процессами (K_3) основано: на опыте пользования сетью Интернет (Ex_i), услугами электронного правительства Ex_{eg} , услугами телекоммуникаций (Ex_{tc}) и облачными сервисами (Ex_{cloud}); на оценке доступности цены широкополосной (C_{sh}) и мобильной (C_m) сети; на скорости скачивания информации по сетям (V_{sh} и V_m); на уровне осведомленности граждан по вопросам кибербезопасности (A_s); на учете загрузки новых мобильных приложений (App_m); на данных о покрытии компьютерами домохозяйств (P_h); на результатах проведения операций электронной коммерции (E); на вовлечении основных участников к единой интегрированной экосистеме ТЛС умного города (Y_{tr} , формула 2.6):

$$Y_{tr} = \sum_{k=0}^{limit} (T_{lsc}^f, T_{mpt}^f, T_{mpt}^g, T_o^g, T^h), \quad (2.6)$$

где $T_{lsc}^f, T_{mpt}^f, T_{mpt}^g, T_o^g, T^h$ – транспорт фирм (ЛЦ, МПТ), государственных структур (МПТ и пр.) и домохозяйств (ИПТ) соответственно.

и их доступе к экосистеме в исследуемых направлениях развития цифровизации (A_c , формула 2.7) :

$$A_c = \sum_{n=0}^{\infty} (f^{ti}, f^s, f^{kgi}, f^c, h^{ti}, h^{ss}, h^{kgi}, h^c, g^{ti}, g^s, g^{kgi}, g^c). \quad (2.7)$$

Интеллектуальные автоматизированные алгоритмы принятия решений (K_4) реализуются с помощью развития экосистемного подхода, воплотившись во множестве сервисов – от покупки билетов, информирования и поиска попутчиков до систем адаптивного управления дорожным движением и высокоавтоматизированных транспортных средств. Способствуют этому разрабатываемые технологии и решения:

- технология $V2V$ в области стандартов $IEEE802.bd$ и $NR - V2X$ и технология $DSRC$ по $IEEE802.11p$, обеспечивающие взаимодействия транспортных средств, а также технология $V2I$, обеспечивающая взаимодействие транспортного средства со стационарной инфраструктурой;
- система $ADAS$ ($LDWS$ – предупреждение выезда из полосы движения, $LKAS$ – ее удержание); и пр.;
- сверточные (CNN) и рекуррентные (RNN) нейронные сети как компоненты искусственного интеллекта, определяющие дороги и их параметры;
- системы глубокого изучения и обучения с подкреплением DRL с целью машинного обучения;
- компьютерное зрение;
- адаптивная система управления трафиком в реальном режиме времени ($RTCC$).

При этом особенно важны: формирование новых бизнес-моделей ИКТ (B_{ict}); поддержка разработчиков программного обеспечения (S_{up}); аналитика IoT (A_{IoT}); развернутые элементы интеллектуальных транспортных систем (M); рейтинг готовности стран к внедрению на дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств (R_a); прогнозный показатель использования ВАС (V_{ac}) на дорогах общего пользования. Также следует акцентировать внимание: на уровне законодательства (A_{ac}^p); наличии полного спектра технологий и инноваций (A_{ac}^t); готовности инфраструктуры (A_{ac}^i); принятии потребителями инноваций (A_{ac}^a); активном развитии мобильной связи (Mob), широкополосной связи (SS), интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (AI) и облачных технологий ($Cloud$).

Адаптивная эффективность (*adaptive efficiency*, AE , K_5) позволяет обеспечить контроль транзакционных издержек согласно установленным нормам взаи-

модействий, что приводит в контексте парадигмы устойчивого развития к новому качеству жизни человека в городе (формула 2.8):

$$AE = f(E_{sav}, E_{e(max)}, E_{e(min)}), \quad (2.8)$$

где E_{sav} – общая экономия от взаимодействий и трансакций; $E_{e(max)}$ – рост экономических показателей ТЛС умного города; $E_{e(min)}$ – снижение негативных факторов системы в аспекте устойчивого развития.

При этом обеспечивается экономия (E_{sav}), получаемая вследствие реализации направлений и выделенных критериев цифровизации для всех экономических агентов (формулы 2.9):

$$E_{sav} = \sum_{f=0}^{\max} (E_{sav}^f), \sum_{h=0}^{\max} (E_{sav}^h), E_{sav}^g \rightarrow \mathbb{Q}(I) \geq \mathbb{Q}(I)^{n-1}, \quad (2.9)$$

$$E_{sav}^f = \sum_{f=0}^{\max} (E_{sav}^{tif}, E_{sav}^{trf}, E_{sav}^{sf}, E_{sav}^{kgif}, E_{sav}^{cf}),$$

$$E_{sav}^g = \sum_{g=0}^{\max} (E_{sav}^{tig}, E_{sav}^{trg}, E_{sav}^{sg}, E_{sav}^{kgig}, E_{sav}^{cg}),$$

$$E_{sav}^h = \sum_{h=0}^{\max} (E_{sav}^{tih}, E_{sav}^{trh}, E_{sav}^{sh}, E_{sav}^{kgh}, E_{sav}^{ch}),$$

$$E_{sav}^{trf}, E_{sav}^{trh}, AE_{sav}^{trg} \rightarrow AE_{tr} = f(t_i, t, t_{min}, I_{min}, \mu, \varphi) \rightarrow \mathbb{Q}(I_{tr}),$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{sav}^{tif}, E_{sav}^{sf}, E_{sav}^{kgif}, E_{sav}^{cf} \\ E_{sav}^{tig}, E_{sav}^{sg}, E_{sav}^{kgig}, E_{sav}^{cg} \\ E_{sav}^{tih}, E_{sav}^{sh}, E_{sav}^{kgh}, E_{sav}^{ch} \end{array} \right\} \rightarrow AE_p = f(t_i, t, t_{min}, I_{min}, U_c) \rightarrow \mathbb{Q}(I_p),$$

где I – издержки; $(n - 1)$ – предыдущий период.

Показатель E_{sav} для всей ТЛС умного города – это рациональное число, определяемое как сумма экономии максимального количества экономических агентов – фирм, домохозяйств и государства – в исследуемых направлениях цифровизации (в области трансформации и взаимодействия, в процессе транспортировки, сервисной поддержки, при генерации знаний и их внедрении, а также контроле). В свою очередь, согласно разработанному автором механизму рационального выбора участниками потоковых процессов, в транспортно-логистической системе умного города (см. рис. 2.4) все процессы стремятся к адаптивной логистической координации.

Качество жизнедеятельности человека (формулы 2.10–2.11) определяется: ростом покупательной способности (E_p); ростом безопасности (E_s); повышением уровня развития здравоохранения (E_{hc}); снижением стоимости жизни (E_{cl}) при уменьшении стоимости жилья к располагаемым доходам населения (E_{ih}); улучшением экологической обстановки в целом (P_{all}); понижением уровня загрязнения воды (P_w), сокращением содержания вредных веществ в воздухе (P_{air}); ростом уровня чистоты (P_{du}); эффективностью вывоза мусора (P_{gar}); повышением мобильности (сокращается время передвижения (Tr_t), и снижается конгестия, или перегруженность системы (μ)):

$$E_{e(max)} = \xi \{E_p, E_s, E_{hc}\} \rightarrow Q_{max} \geq Q_{max}^{n-1}; \quad (2.10)$$

$$E_{e(min)} = \xi \{E_{cl}, E_{ih}, P_{all}, P_w, P_{air}, P_{du}, P_{gar}, Tr_t, \mu\} \rightarrow Q_{min} \geq Q_{min}^{n-1}, \quad (2.11)$$

где Q_{max} , Q_{min} – рациональные показатели качества.

К важнейшим показателям, влияющим на адаптивную эффективность, относятся транспортная перегруженность города и уровень загрузки массового пассажирского транспорта (табл. 2.11). Чем лучше они сбалансированы, тем выше уровень адаптивной логистической координации и выше качество жизни человека на мезоуровне.

Таблица 2.11 – Индикаторы транспортной перегруженности

Значение	Транспортная перегруженность города (μ)	Уровень загрузки массового пассажирского транспорта (φ)
100	Дороги свободны	Комфортное размещение на сиденьях
150	Дороги частично загружены	Плечи соприкасаются, но удобно читать
180	Дороги частично загружены, но есть участки интенсивного движения	Плечи соприкасаются, но можно читать
200	Дороги интенсивного движения, но есть участки долгого ожидания	Тела соприкасаются, но еще можно читать
250	Дороги долгого ожидания	Давка, невозможно передвигаться

Управление мобильной ТЛС умного города основывается на принципах кибернетики, которая призвана обеспечить связи между экономическими агентами. Возникает вопрос: как меняются правила взаимоотношений между ними? Пусть принцип индивидуализма применим к экономическим агентам, которые имеют

волю, мотивы и особенности поведения, но их действия рациональны или их возможно привести к данному состоянию. Вместе с тем присутствует рациональность в области оптимизации транзакционных издержек как на предприятиях, так и в цепях поставок. В обоих случаях выбор выступает в качестве определения ценности, не подменяя рациональность. Следовательно, проблема замедления или неэффективности взаимодействий между экономическими агентами сегодня лежит в плоскости *комплексности взаимодействия* (K_6) всех экономических агентов транспортно-логистической системы умного города, что можно объяснить структурой интегрированного рейтинга в области умных городов (R_{smart}) и картой мобильности (R_{mob}) на мезоуровне по *IESE Cities in Motion Index, Global Power City Index, The Global Cities Index, The Global Cities Outlook, Juniper Research, EasyPark Smart City Index, Innovation Cities Index, City Index*.

Согласимся, что затраты на поиск информации, на подготовку и оформление сделки, на защиту спецификации и прав собственности, на сокращение рисков от оппортунистического поведения при ограниченной рациональности выступают критериями оценки транзакционных издержек, но предположим, что системный интегратор, который автоматически контролирует потоковые процессы и издержки, стремится к минимальному значению в создаваемой потоковой модели мобильной ТЛС умного города. Причины таковы: информационная асимметрия несущественна в силу полного доступа к информации в цепях поставок при *открытой архитектуре* (K_7); значение оппортунистического поведения также минимально вследствие авторского видения инфраструктуры, экосистемы и правил взаимодействия между экономическими агентами.

Определенные трудности обусловлены хаотичными действиями многочисленных агентов, но при вовлечении потребителей в управление потоковыми процессами, а также при использовании технологии Web 2.0 и выше данный показатель нивелируется. В итоге открытую архитектуру можно оценить по инвестициям в интернет вещей (Inv_{iot} , формула 2.12):

$$Inv_{iot} = \sum_{f=0}^{\infty} (Inv_{iot}^{ti_f}, Inv_{iot}^{tr_f}, Inv_{iot}^{sf}, Inv_{iot}^{kgif}, Inv_{iot}^{cf}) + \sum (Inv_{iot}^{ti_g}, Inv_{iot}^{tr_g}, Inv_{iot}^{sg}, Inv_{iot}^{kgig}, Inv_{iot}^{cg}), \quad (2.12)$$

а также по общей установленной базе устройств (P_{iot} , формула 2.13):

$$P_{iot} = \sum_{f=0}^{\infty} (P_{iot}^{tif}, P_{iot}^{trf}, P_{iot}^{sf}, P_{iot}^{kgif}, P_{iot}^{cf}) + \sum (P_{iot}^{tig}, P_{iot}^{trg}, P_{iot}^{sg}, P_{iot}^{kgig}, P_{iot}^{cg}) + \quad (2.13)$$

$$+ \sum_{h=0}^{\infty} (P_{iot}^{tih}, P_{iot}^{trh}, P_{iot}^{sh}, P_{iot}^{kgh}, P_{iot}^{ch}),$$

Развитие динамической (конвергентной) инфраструктуры (K_8) позволяет максимально использовать мощности, увеличить ресурс, обеспечить наиболее эффективную обработку информации.

Авторский подход к изучению развития транспортно-коммуникационных коридоров и формированию управляемого трафика позволяет выработать систему бронирования временных интервалов движения, что при использовании технологий Индустрии 4.0 и 5.0 способствует увеличению объемов грузоперевозки и пассажиропотока, обеспечивает переход к рыночно-редистрибутивной системе управления пассажирским транспортом, дает возможность оптимизировать трафик, достигать адаптивной логистической координации процессов, снизить транзакционные издержки для предприятий цепей поставок, в частности на этапе «последней мили», а также для других экономических агентов.

Важными показателями, влияющими на развитие динамической инфраструктуры, являются инвестиции в искусственный интеллект (Inv_{ai} , формула 2.14), связанное с ним программное обеспечение (Inv_{aip} , формула 2.15), а также масштабируемость (M_{ai}) и уровень обеспеченности умной инфраструктурой (X_s , формула 2.16):

$$Inv_{ai} = \sum_{f=0}^{\infty} (Inv_{ai}^{tif}, Inv_{ai}^{trf}, Inv_{ai}^{sf}, Inv_{ai}^{kgif}, Inv_{ai}^{cf}) + \quad (2.14)$$

$$+ \sum (Inv_{ai}^{tig}, Inv_{ai}^{trg}, Inv_{ai}^{sg}, Inv_{ai}^{kgig}, Inv_{ai}^{cg});$$

$$Inv_{aip} = \sum_{f=0}^{\infty} (Inv_{aip}^{tif}, Inv_{aip}^{trf}, Inv_{aip}^{sf}, Inv_{aip}^{kgif}, Inv_{aip}^{cf}) + \quad (2.15)$$

$$+ \sum (Inv_{aip}^{tig}, Inv_{aip}^{trg}, Inv_{aip}^{sg}, Inv_{aip}^{kgig}, Inv_{aip}^{cg}) +$$

$$+ \sum_{h=0}^{\infty} (Inv_{aip}^{tih}, Inv_{aip}^{trh}, Inv_{aip}^{sh}, Inv_{aip}^{kgh}, Inv_{aip}^{ch});$$

$$\forall X_s \in \left\{ \sum_{f=0}^{\infty} (I^f), \sum_{g=0}^{\infty} (I^g), \sum_{h=0}^{\infty} J^h, \sum_{n=0}^{\infty} (Q_n) \right\}; \quad (2.16)$$

$$I^f = \sum_{f=0}^{\infty} (I_f^{ti}, I_f^{tr}, I_f^s, I_f^{kgi}, I_f^c); \quad I^g = \sum_{g=0}^{\infty} (I_g^{ti}, I_g^{tr}, I_g^s, I_g^{kgi}, I_g^c),$$

$$J^h = \sum_{h=0}^{\infty} (J_h^{ti}, J_h^{tr}, J_h^s, J_h^{kgi}),$$

где I – инфраструктура; J – стационарные и мобильные устройства; Q – информационные сервисы.

Подчеркнем, интегрированная модель мобильной ТЛС умного города в условиях постоянного потока информации и определения бифуркаций систематически рассматривает альтернативы развития с учетом уровня качества жизнедеятельности человека при транзакционных издержках, что позволяет формировать долгосрочные, более приемлемые прогнозы эволюционного развития.

В рамках нового институционализма городская логистика предлагает свои правила взаимодействия между экономическими агентами, выраженные в виде системы взаимоотношений – институциональных соглашений между предприятиями (*ERP II*, *CSRP*, *QR*, кодирования, маркировки и идентификации грузов, контрактных отношений, упаковки, транспорта и пр.), в которых присутствует «человек контрактный». Совершенно очевидно, что в этой ситуации фигурирует рациональный подход, в соответствии с которым выделяются «трения» общества и государства, региона и центра, поколений, чиновников и бизнеса, сотрудников организации, предприятий цепи поставок, имеющие разные целевые установки, и реализуется новая рациональность, которая, будучи справедливой, всё же зависит от воли и мотивов поведения человека. Отметим ускоренный тренд на перевод транзакций в информационное пространство при децентрализации экономических ресурсов, характеризуемый отсутствием внятных правил по выстраиванию отношений нового типа [520].

Нормы и правила формируют привычки, транслируемые на взаимодействия, которые определяются формальными и неформальными институтами в области ограничений, побуждений и альтернатив выбора. Институт городской мобильности как формальный институт ориентирован на поэтапное изменение мотивов поведения и взаимодействий посредством формирования соответствующей

инфраструктуры [584]. Неформальные институты, характеризующиеся ценностными мотивами, создаются под частичным его воздействием, создавая «иллюзорность» свободного выбора, который заведомо рационален при адаптивной логистической координации потоковых процессов.

Множество элементов – от инфраструктуры, информационных сервисов и сетей до адаптивных систем управления трафиком фирм, государственных структур и домохозяйств – должны функционировать в совокупности, ориентируясь на общий результат адаптивной эффективности мобильной ТЛС умного города (AE) в области трансформации и взаимодействия, транспортировки, сервисной поддержки, генерации знаний и внедрения достижений, а также на контроль, находясь при этом в зависимости от инвестиций и бюджетов разных уровней (формулы 2.17–2.18):

Сейчас:

$$\forall \{ \text{часть } M, \text{ часть } A_c, \text{ часть } X_s, \text{ рост } Inv, \text{ рост } B \} \rightarrow \lim AE, \quad (2.17)$$

$$\text{сценарий 1: } Q_{max} \geq Q_{max}^{n-1}, Q_{min} \approx Q_{min}^{n-1}, \mu_1 \geq \mu_{plan},$$

$$\text{сценарий 2: } Q_{max} \geq Q_{max}^{n-1}, Q_{min} \leq Q_{min}^{n-1}, \mu_2 < \mu_{plan}.$$

Предложение:

$$\forall \{ \text{часть } M, A_c, (\text{часть} + \text{расширение}) X_s, S_{ct}, Y_{tr}, \quad (2.18)$$

$$\text{рационализация } Inv, \text{ рационализация } B \} \rightarrow AE,$$

$$\text{сценарий A: } Q_{max} \geq Q_{max}^{n-1}, Q_{min} \approx Q_{min}^{n-1}, \mu_a \leq \mu_{plan} \rightarrow \min, Inv \rightarrow Q_{inv},$$

$$\text{сценарий B: } Q_{max} > Q_{max}^{n-1}, Q_{min} \leq Q_{min}^{n-1}, \mu_b < \mu_a \rightarrow \min, Inv \rightarrow Q_{inv}, B \rightarrow Q_b,$$

$$\text{сценарий C: } Q_{max} > Q_{max}^{n-1}, Q_{min} < Q_{min}^{n-1}, \mu_c < \mu_b \rightarrow 0, Inv \rightarrow Q_{inv}, B \rightarrow Q_b,$$

где M – развернутые элементы интеллектуальных транспортных систем; A_c – доступ потребителей к единой интегрированной экосистеме ТЛС умного города; X_s – уровень обеспеченности умной инфраструктурой; Inv – инвестиции в развитие; B – расходные части бюджетов разных уровней; S_{ct} – уровень применения смарт-контрактов; Y_{tr} – вовлеченность участников в процесс транспортировки в разрезе ТКК.

Современный тренд развития ТЛС умного города ориентирован на частичное использование элементов предлагаемой экосистемы: развиваются сервисы информирования, система оплаты, управление чрезвычайными ситуациями и пр.; частично имплементируются элементы адаптивных систем управления трафиком. При этом требуются постоянные инвестиции в ее совершенствование, обслужива-

ние и функционирование, что отражается на расходной части бюджетов. Однако адаптивная эффективность недостаточна по причине ограниченности пропускной способности инфраструктуры. Растут качественные показатели Q_{max} ; часть показателей Q_{min} снижаются, но перегруженность ТЛС μ_1 больше референтных значений аналогичного города μ_{plan} . Если происходит внедрение адаптивных систем управления трафиком ($RTCC$) и появляются ВАС (V_{ac}), то μ_2 , по предварительным эмпирическим данным, снизится на $\sim 25\text{--}35\%$.

Развитие транспортно-коммуникационных коридоров позволит обеспечить поэтапное снижение μ_a , а затем – ее минимизирование; при этом не обязательны значительные инвестиции в развитие адаптивных систем управления трафиком в реальном режиме времени. В последующем рационализация бюджетов и инвестиций на $RTCC$ и V^{ac} , а также развитие полного спектра элементов экосистемы ТЛС умного города помогут снизить перегруженность μ_b , сократить время передвижения для всех экономических агентов и, как итог, повысить качество жизнедеятельности человека. В последующем можно получить $\mu_c = 0$, что позволит решить проблему с пробками на дорогах и построить инновационную систему управления, обеспечивающую развитие мобильности и человека, и предприятий.

Акцентируем внимание на том, что сбалансированная децентрализация сулит немалые преимущества в области экономического роста, выравнивания и интенсификации регионального развития, обеспечивает прозрачность транзакций, нивелирование коррупционных схем, справедливое перераспределение рисков в цепях поставок и, наконец, стимулирует развитие предпринимательства как инновационной деятельности. При этом современные технологии Индустрии 4.0 и 5.0 предоставляют возможности более точной и достоверной передачи информации.

Итак, по мнению автора диссертационного исследования, в логистике назрела необходимость разработки иного подхода к управлению имеющимися (ограниченными) экономическими ресурсами и мобильными транспортно-логистическими системами умного города. Нами предложен свой подход к управлению данными системами, обеспечивающий рост мобильности и одновременно снижающий уровень экономических потерь всех участников.

В реальном режиме времени мобильная ТЛС умного города: служит созданию обратной связи с экономическими агентами в области организации,

управления и совершенствования потоковых процессов с целью рационализировать рутину в их взаимоотношениях; предлагает экономическим агентам правила рационального взаимодействия с целью снижения ключевых показателей (времени, издержек и пр.); учитывает ценность взаимоотношений, при которых рациональность адаптивна; генерирует коллективный доступ к знаниям и лучшим практикам для всех экономических агентов; обеспечивает формирование информационных систем, превосходящих человеческие возможности принимать интеллектуальные решения; служит базой для прогнозирования и планирования необходимых объединенных объемов транспортировки (перевозки) грузов и людей; перманентно воздействует на интеллектуальную транспортную систему и обеспечивает более высокий уровень межорганизационного взаимодействия в пиковые значения перегруженности; учитывает особенности развития человеческого капитала, социальную сплоченность, специфику современного управления, особенности охраны окружающей среды, повышение деловой активности экономических агентов и пр.; создает условия для развития инноваций в рамках предпринимательства и инвестиционных программ в области внедрения информационно-коммуникационных технологий для экономических агентов; способствует формированию множества потоковых процессов в социально-экономической системе, что проявляется в росте потребления, расширении ассортимента, в большей интенсивности взаимодействий. Также мобильная ТЛС призвана учитывать циклы потоковых процессов и снижать влияние «трений» в аспекте ее эволюционного развития и функционирования; она ориентирована на создание и эксплуатацию необходимой умной инфраструктуры, учитывающей как реальные показатели экономических агентов, так и прогноз роста качества жизнедеятельности человека на долгосрочную перспективу.

Как видим, мобильная транспортно-логистическая система умного города только еще формируется как самостоятельная, полноценная область научного знания вследствие развития экономики и расширения логистического пространства, усложнения цепей поставок и функций на мезоуровне. В наше время заметно усиливается роль ТЛС в формировании субнационального логистического пространства, что обусловлено развитием цифровой экономики в аспекте Индустрии 4.0 и 5.0. По мнению автора, мобильная ТЛС умного города сегодня недооценена и находится на первом этапе своего становления. В современных условиях при

существующей локализации, уровне информатизации и бурном развитии технологий назрела необходимость упорядочить и направить потоковые процессы ТЛС в новое русло развития, используя перспективный рационально-эволюционный подход к изучению городской логистики.

В заключение отметим, что теорию городской логистики в вопросах развития адаптивной логистической координации и мобильности на мезоуровне дополняют методологические исследования, раскрывающие трансформационные признаки экономических отношений и позволяющие сформировать интегрированную потоковую модель мобильной транспортно-логистической системы умного города, которая в рамках теории устойчивого развития обуславливает рост качества жизни человека и достижение его экономического благополучия. Всё изложенное выше позволяет сделать **следующие выводы** [286; 298; 305; 306; 583]:

- существующие «трения», конкурентная борьба, шумпетерианская конкуренция обеспечивают эволюционный отбор экономических агентов, а их «созидательное разрушение» может привести к видоизменению традиционных и текущих моделей отношений;
- экзогенные и эндогенные кумулятивные факторы запускают эволюционные процессы цифровой трансформации повсеместно, где требуется замена рутинных операций и традиционных отношений на новый концептуально-категорийный код взаимосвязей между основными сферами экономики;
- развитие новой синкретической парадигмы в логистике под влиянием развития Индустрии 4.0 и 5.0 позволяет утверждать, что значительно выросшая ценность сотрудничества экономических агентов дает им возможность получить долгосрочные преимущества по сравнению с конкурентами;
- формирование городской логистики в контексте расширенного системного подхода способствует выделению в особую категорию адаптивной логистической координации потоковых процессов, способствующей наиболее эффективному обороту экономических ограниченных ресурсов;
- современные технологии Индустрии 4.0 и 5.0, трансформирующие городскую логистику в информационное пространство, для которого определена роль смарт-процессов в целях развития адаптивной логистической координации,

призваны обеспечить скоординированность выявленных системных «трений» в ТЛС умного города, влияющих на развитие мобильности;

- определены научные задачи развития мобильной ТЛС умного города, в частности такие, как проектирование экосистемы, развитие инфраструктуры и формирование интегрированной потоковой модели;

- при ограниченной человеческой рациональности совершенствование логистики возможно только при условии развития интеллектуальных систем, что позволит получить показатели, в большой мере влияющие на транзакционные издержки;

- разработана теоретическая основа реализации механизма координации с целью эффективного управления ТЛС умного города посредством использования единой цифровой платформы, функционирующей в пиринговой сети смарт-контрактов и поддерживающей развитие динамической инфраструктуры;

- выработано научное представление об определяющих нормах и правилах взаимодействий экономических агентов, что позволило сформировать модели и предложить механизм рационального выбора адаптивной эффективности с учетом стохастических факторов замедления транспортных процессов в городе;

- схематизирована организация транспортно-коммуникационных коридоров мобильной ТЛС умного города;

- предложен институт городской мобильности, который призван активно способствовать развитию адаптивной эффективности взаимоотношений между экономическими агентами в рамках рационально-эволюционного подхода к логистике через призму формирования соответствующей инфраструктуры мирового уровня и единой цифровой платформы ТЛС умного города;

- дана оценка перспективности основных методов совершенствования направлений и критериев оценки цифровизации в ТЛС умного города в аспекте Индустрии 4.0 и 5.0, позволяющих на основе результатов качественного анализа достичь более эффективной организации и управления потоковыми процессами на мезоуровне;

- классифицированы основные свойства развития транспортной системы города и цифровизации в целом, в рамках которых необходимо сформировать интегрированную потоковую модель транспортно-логистической системы умного

города; на базе теоретического анализа предложен вектор развития инфраструктуры и экосистемы;

- сформулирован системный подход к проектированию потоковой модели на основе концептуально-методологического представления, закладываемого в системный интегратор ТЛС умного города;

- дана оценка развития динамической инфраструктуры ТЛС умного города с позиций нового исследовательского подхода, что позволило сформировать интегрированную систему управления потоковыми процессами для обеспечения квазиинтеграции в виде долевого и/или сетевого взаимодействия, и в этом контексте выдвинута авторская научная гипотеза исследования;

- определены стратегические цели участников мобильной ТЛС умного города в области логистической координации потоковых процессов, рекомендованы показатели их оценки;

- сформирована интегрированная модель мобильной ТЛС умного города, ориентированная на определение сущностной природы отношений экономических агентов при видоизменениях моделей их поведения и модификации роли городской логистики в скоординированном управлении потоковыми процессами.

На основе полученных выводов автором диссертационного исследования изложено новое видение процессов функционирования и развития современных мобильных ТЛС городов, позволяющее повысить качество жизнедеятельности человека на мезоуровне, а также обеспечить прозрачность транзакций, гибкость, устойчивость, конкурентоспособность, инновационность и экологичность транспортно-логистической системы умного города, выстраиваемой на основе доверия и сотрудничества экономических агентов, адаптации ТЛС к требованиям как окружающей среды, так и клиентов.

В последующих главах будет проведен анализ показателей интегрированной потоковой модели мобильной ТЛС умного города на примере крупных городов мира, что позволит оценить соответствие разработанной автором инфраструктуры (элементов интеллектуальных транспортных систем и прочих сервисов) и существующих технологий показателям адаптивной эффективности и текущему уровню качества жизнедеятельности человека.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ АДАПТИВНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ И МОБИЛЬНОСТИ НА МЕЗОУРОВНЕ

3.1. Анализ цифровизации и мобильности в транспортно-логистической системе умного города

В наши дни концепция умного города принята как крупнейшими экономика-ми мира, так и развивающимися странами, выбравшими интенсивный путь разви-тия. Их программы – национальные, региональные и городские – нацеливают на улучшение экономических, социальных и экологических показателей и в целом на формирование комфортной среды для человека, повышение производи-тельности труда, создание условий для творческих, научных и предпринимательских инициатив.

Большинство существующих в мире муниципалитетов претендуют на зва-ние «умный город». При этом многочисленные зарубежные рейтинги их оценки отражают внедрение современных информационно-коммуникационных техноло-гий в жизнедеятельность человека с целью улучшения ее качества при развитии городской среды. Рейтинги *IESE Cities in Motion Index*, *Global Power City Index*, *The Global Cities Index*, *The Global Cities Outlook*, *Juniper Research*, *EasyPark Smart City Index* приводят достаточные и всеобъемлющие показатели для «присвоения» такого звания.

Отметим также появление нового тренда – «умности», для подтверждения которого современные города мира идут на риски улучшения экономических, со-циальных и экологических характеристик с целью устойчивого развития. Однако очевидна разница категории «умный город» и его стремления к данному званию, которое может быть отчасти не достижимо в силу экономических и прочих субъ-ективных факторов. Исходя из этого констатируем, что города находятся в начале пути к званию «умный город».

Рейтинг *EasyPark Smart City Index* как один из основных, оценивающих данную категорию, учитывает более 150 городов мира, из которых можно отнести к «умным» не более 50, делающих акцент не только на технологии, но и на человеческом и социальном капитале. Остальные – это города, которые идут по пути улучшений и внедряют современные информационно-коммуникационные технологии в сферы экономики, управления, в окружающую среду, в разные направления развития, включая мобильность.

По числу городов, которые развивают данный тренд, лидируют Европа (90 городов) и Северная Америка (30 городов) (рис. 3.1). В Европе комплексно развивают концепцию «умного» города такие страны, как Германия (15 городов), а также Великобритания (9 городов), Финляндия (9 городов) и Франция (8 городов), а в Азии и Океании – Китай (7 городов) и Австралия (5 городов) (рис. 3.2).

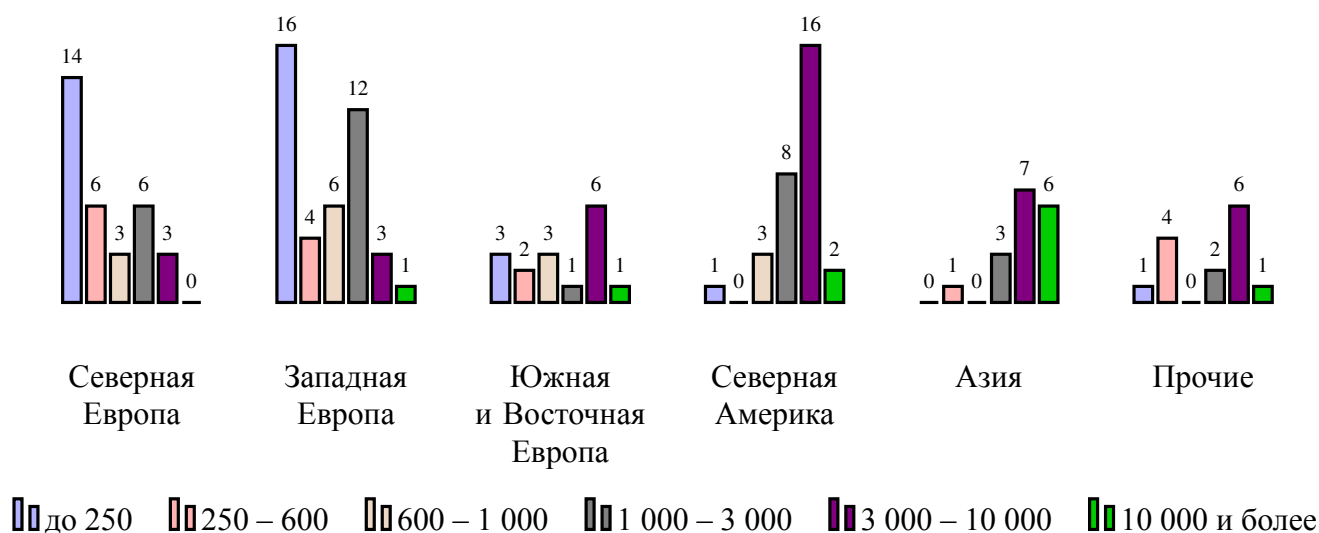


Рисунок 3.1 – Распределение «умных городов» по регионам мира в зависимости от численности населения города, 2025 г., тыс. чел.

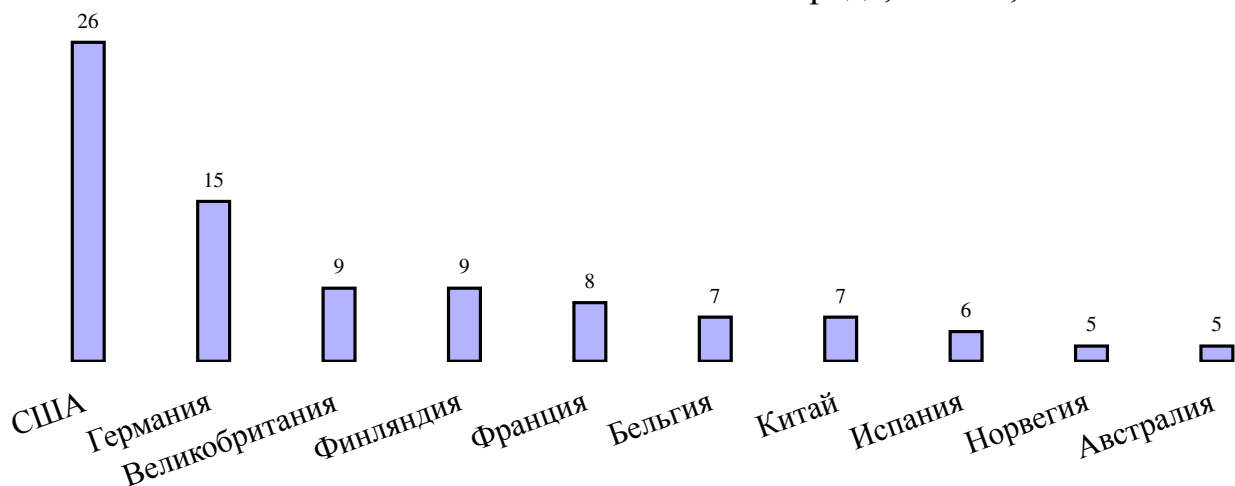


Рисунок 3.2 – Страны-лидеры по количеству умных городов, 2025 г.

Сегодня умными городами-лидерами признаны города с населением свыше 3 млн чел. – Лондон, Нью-Йорк; от 6 тыс. до 3,0 млн чел. – Копенгаген, Стокгольм; менее 6 тыс. чел. – Лунд (Швеция) и Ставангер (Норвегия).

Особо отметим, что на развитие умных городов оказывают влияние макроэкономические и факторы цифровизации (табл. 3.1; прил. К–Л). При этом во всех названных странах, согласно статистике, в текущем периоде у существующей эко-

Таблица 3.1 – Показатели экономического развития стран, где развиваются умные города, 2025 г.
(составлено по: [720; 721; 728])

Страна	ВВП по ППС, трлн у.е.	ВВП, трлн у.е.	Рост ВВП, %	Инвестиции в транспортную инфраструктуру, млрд у.е.	Население, млн чел.	Продолжи- тельность жизни, лет	% от ВВП			Выбросы CO ₂ на чел., т	Автомоби- лизация, ед. на 1 тыс. чел.
							Урбани- зация	Безрабо- тица	НИОКР		
Китай	41,015	19,40	4,8	620,0	1 416,1	78,1	64,7	5,1	2,7	8,9	262
США	30,615	30,62	2,0	280,0	347,3	79,4	83,1	4,4	3,5	14,2	911
Бразилия	4,973	2,26	2,4	37,0	212,8	76,4	87,8	8,0	1,2	2,3	462
Россия	7,143	2,54	0,6	16,0	146,2	73,6	74,9	2,8	1,1	12,0	415
Япония	6,758	4,28	1,1	98,0	123,1	84,7	91,9	2,4	3,4	8,0	669
Германия	6,154	5,01	0,2	58,0	84,1	81,3	77,8	3,5	3,2	7,5	635
Франция	4,533	3,36	0,7	52,0	66,7	82,7	81,5	7,3	2,3	4,1	671
Великобритания	4,454	3,96	1,3	41,0	69,5	81,5	84,4	4,3	2,4	4,2	512
Италия	3,720	2,54	0,5	29,0	59,1	83,9	71,7	7,6	1,6	4,9	760
Южная Корея	3,363	1,86	0,9	36,0	51,7	83,6	81,5	2,8	5,2	11,5	540
Испания	2,828	1,89	2,9	32,0	47,9	83,8	81,4	11,2	1,5	4,8	512
Канада	2,722	2,28	1,2	28,0	40,1	82,6	81,6	6,2	1,8	14,8	799
Малайзия	1,478	0,47	4,5	35,5	36,0	76,4	78,2	3,4	1,2	8,0	565
Австралия	1,981	1,83	1,8	25,0	27,0	83,4	86,4	4,4	1,9	14,5	801
Чили	0,713	0,35	2,5	14,5	19,9	80,4	88,0	8,2	0,4	4,2	428
Нидерланды	1,516	1,32	1,4	28,0	18,3	82,2	92,5	3,8	2,3	7,3	529
Бельгия	0,900	0,72	1,1	13,8	11,8	81,8	98,1	5,5	3,5	7,2	599
Чехия	0,652	0,38	2,3	10,9	10,6	79,4	74,3	2,8	2,1	8,3	571
Португалия	0,535	0,34	1,9	11,4	10,4	81,9	66,7	6,4	1,7	3,6	559
Швеция	0,718	0,66	0,7	16,5	10,7	82,8	88,2	8,4	3,6	3,1	561
ОАЭ	0,935	0,57	4,8	12,7	11,3	78,7	87,4	2,6	1,5	20,8	332
Израиль	0,568	0,61	2,5	9,2	9,5	83,0	92,8	3,7	5,6	6,1	402

Окончание табл. 3.1

Страна	ВВП по ППС, трлн у.е.	ВВП, трлн у.е.	Рост ВВП, %	Инвестиции в транспортную инфраструктуру, млрд у.е.	Население, млн чел.	Продолжи- тельность жизни, лет	% от ВВП			Выбросы CO ₂ на чел., т	Автомоби- лизация, ед. на 1 тыс. чел.
							Урбани- зация	Безрабо- тица	НИОКР		
Австрия	0,687	0,57	0,3	9,8	9,1	81,6	59,0	5,1	3,3	6,4	801
Швейцария	0,881	1,00	0,9	8,9	9,0	83,6	74,1	4,1	3,5	3,7	615
Дания	0,508	0,46	1,8	7,6	6,0	81,4	88,2	5,0	3,1	4,4	551
Словакия	0,258	0,16	0,9	7,4	5,5	77,8	53,9	5,4	1,0	5,6	611
Сингапур	0,953	0,57	2,2	7,3	5,9	84,1	100,0	1,9	2,8	8,5	167
Финляндия	0,373	0,31	0,5	6,8	5,6	82,0	85,8	7,8	3,2	5,8	660
Норвегия	0,517	0,52	1,2	6,5	5,6	83,2	83,2	3,9	2,2	6,2	635
Н.Зеландия	0,297	0,26	0,8	4,8	5,3	82,5	87,0	4,9	1,5	6,1	1 091
Ирландия	0,812	0,71	9,1	5,9	5,3	82,3	64,0	4,5	1,0	6,5	535
Эстония	0,067	0,05	0,5	1,6	1,3	78,8	69,5	7,0	1,8	7,9	423

номической модели отмечались относительный экономический рост, низкая безработица и высокая производительность труда.

Выделим четыре страны – США, Германия, Швейцария и Канада, в которых ВВП по показателю ППС на душу населения составляет более \$ 48 000, и где комплексно развивается концепция «умных городов». Важным атрибутом их развития выступают затраты на НИОКР – 1,5–5,6 % от ВВП. По этому показателю выделяются Израиль (5,6 %), Южная Корея (5,2 %), Швеция (3,6 %), Швейцария (3,5 %), США (3,5 %), Япония (3,4 %), Австрия (3,3 %), Финляндия (3,2 %), Дания (3,1 %) и др. В России результат 2025 г. составил 1,1 %. Большинство стран, в которых развивается данная концепция, идут по пути внедрения новых технологий, снижения воздействия промышленных предприятий и транспорта, а также выбросов CO_2 в окружающую среду на основе рационального использования ресурсов, повышения компетенций и жизненного потенциала человека.

Справедливо будет отметить, что инвестиции в транспортную инфраструктуру также являются одними из важнейших. К примеру, Китай вкладывает более € 900 млрд в развитие инфраструктуры по стране и в мире, включая железнодорожный, морской и прочие виды транспорта, тем самым развивая национальные и международные транспортные коридоры, что стимулирует развитие и рост городов в мире.

Усиление конкуренции между странами сегодня происходит именно за счет так называемых мягких факторов – институтов, нормативной базы и т.п. Также наблюдается концентрация усилий властей на реализации инфраструктурных проектов (с учетом государственно-частного партнерства), повышения информатизации и внедрения современных технологий Индустрии 4.0 и 5.0. Безусловно, в текущей экономической обстановке развитие любого государства зависит от темпов экономического роста, внедренческих технологических инициатив, инвестиций в инфраструктуру и в совершенствование собственных национальных компаний и производств.

В области мобильности при общей цифровизации сегодня выделяют два глобальных тренда в мире: внедрение интеллектуальных транспортных систем и развитие высокоавтоматизированных транспортных средств.

Приведем в качестве примера первого тренда опыт внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в России и мире (табл. 3.2). Подчеркнем, что

Таблица 3.2 – Развитие интеллектуальных транспортных систем в России и мире

Россия	США	Страны Евросоюза	Япония
Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. Результат – развитие систем контроля и надзора за транспортными средствами, взимания платы за проезд на федеральных трассах, за экстренное реагирование при авариях	– закон об эффективном интермодальном транспортном комплексе (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, ISTEA); – закон о транспортном комплексе XXI века (Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21); – закон о безопасном, контролируемом, гибком, эффективном транспортном процессе: законодательство для пользователей (SAFETEA – LU); – закон о достижении прогресса в XXI веке (Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act, MAP-21); – проекты: FAST – управление движением на скоростных дорогах, CARAT – выявление заторов и ограничение объемов движения при заторах и пр. Результат – Национальная архитектура ИТС (версия 8.3), стандарты (более 100), Стратегический план развития на период 2020–2025 гг.	– Директива 2010/40/EU Парламента и Совета Европы от 7 июля 2010 г. по основам внедрения интеллектуальных транспортных систем в области автодорожного транспорта и сопряжений разных средств транспорта; – рабочая программа выполнения Директивы; – проекты KAREN, FRAME-S, FRAME-NET, E-FRAME; – Национальные системы – КСС (Нидерланды), ACTIF (Франция), ARTIST (Италия), TEAM (Чехия), TTS-A-NITS (Австрия), NARITS (Румыния), BELGRADE (Сербия), SITSA-C (Словения), LONDON (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии), TELEMARC (Финляндия) и пр.; – развитие в рамках проекта FRAME кооперативных систем COOPERS (CO-Operative SystEms for Intelligent Road Safety), CVIS (Cooperative Vehicle Infrastructure Systems), SAFESPOT Результат – Европейская рамочная архитектура ИТС (Архитектура FRAME)	– проект комплексной системы автомобильного контроля (Comprehensive Automobile Control System CACS); – проект развития дорожно-автомобильной коммуникационной системы (Road / Automobile Communication System RACS); – образование научного совета VeRi; – ETC (Electronic Tool Collection) – система сбора платы; – VICS (Vehicle Information and Communication Systems) – развитие технологии информирования о пробках Результат – ITS Safety, Smartway (Intelligent Transport System)
Целевая группа ЕС–США: координация научно-исследовательских действий			

Окончание табл. 3.2

Австралия	Сингапур	Китай	Южная Корея
– Генеральный план ИТС; – система управления движением коммерческого транспорта; – информационные системы путешественников; – система электронного сбора платы Результат – Стратегический план развития на 5 лет	– Генеральный план ИТС; – система сбора информации о дорожном движении в режиме реального времени (EMAS); – использование зондирующих транспортных средств для сбора информации о дорожном движении; – система использования электронного ценообразования на дорогах, т.е. взимания платы за перегруженность, ERP II; – общенациональное развертывание адаптивных компьютеризированных дорожных сигналов; – приложения для управления дорожным движением (IMTI и пр.); – система управления парковкой Результат – Intelligent Transport System	– Китайский национальный технический комитет по стандартизации ИТС; – стратегия развития ИТС Китая; – экспрессная система перевозок грузов с автоматизированным центром управления, системой электронного документооборота EDI, навигационной системой на базе GPS, системой управления перевозками; – система сбора платы за проезд (ETC); – система управления движением на скоростных магистралях и выявления мест совершения дорожно-транспортных происшествий и системой электронной оплаты за проезд Результат – Стратегический план развития на 5 лет	– Генеральный план ИТС; – система сбора информации о дорожном движении в режиме реального времени по всей стране (ETMS); – национальный рекламный сервис – управление дорожным движением, электронные платежи (T-Money), интеграция и распространение информации, совершенствование качества обслуживания общественного транспорта, повышение безопасности и автоматизированное вождение, эффективные коммерческие транспортные средства, борьба с загрязнением окружающей среды; – разработки стандартов для архитектуры и внедрения через обеспечение: адаптивного управления сигналами, сбора информации о дорожном движении в реальном времени, управления общественным транспортом и контроля скорости Результат – Intelligent Transport System

лидерами в этой области сегодня признаны Япония, Сингапур, Южная Корея с их сформированными интеллектуальными транспортными системами, которые включают в себя самые современные технологии и разработки. Для сравнения: в США координированную и детальную работу в области развития ИТС сегодня можно оценить как развивающуюся, подкрепленную крупными ассигнованиями на их формирование; в области строительства и распределения по территории страны датчиков, сенсоров, а также для выполнения патентной работы формируются системы интеллектуальной обработки данных. В данном аспекте заслуживает внимания и опыт Евросоюза, накопленный в каждой стране обособленно и фрагментарно, характеризующийся нескоординированной работой по развитию европейской рамочной архитектуры, но вместе с тем активно развивающимися подходами и методами организации движения в условиях плотной застройки.

В России сегодня хотя и нет четких критериев и плана развития аналогичных систем, но реализуется национальный проект «Инфраструктура для жизни» по внедрению интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях с городами, имеющими население свыше 300 тыс. чел. Он затрагивает только часть комплексного плана работ, позволяющих отнести создаваемые системы к интеллектуальным.

Второй тренд в мире – развитие и становление высокоавтоматизированных транспортных средств, когда исследуются и практикуются модели машинного обучения в контексте взаимодействия с пешеходами, стационарными объектами, моделями решений и пр.

Сегодня общепринятыми рейтингами оценки умного города, помимо *IESE Cities in Motion Index*, выступают индексы *Global Power City Index*, *The Global Cities Index*, *The Global Cities Outlook*, *Juniper Research*, *EasyPark Smart City Index*, *Innovation Cities Index*, *City Index*.

Умные города, кроме информационно-коммуникационных технологий и мобильности, развивают также экологичные технологии, городскую среду и человеческий капитал.

Интегрированный рейтинг умных городов мира приведен в табл. 3.3; прочие города в категориях от 600 тыс. до 3 млн чел. и менее 600 тыс. чел. по данному показателю приведены в прил. М.

Таблица 3.3 – Интегрированный рейтинг умных городов мира с населением более 3 млн чел., 2025 г. (номер позиции) (составлено по: [693; 703; 704; 706; 718])

Агломерация	Население, тыс. чел.	EPSI ¹	GPCI ²	GCI ³	GCO ⁴	IESE ⁵	CI ⁶	R _{smart} ⁷
Лондон	9 524	1	1	2	13	1	6	1
Сингапур	6 033	4	5	5	3	9	9	2
Нью-Йорк	18 867	2	3	1	7	2	49	3
Париж	11 132	13	4	3	15	3	71	4
Сеул	9 974	8	6	12	2	11	13	5
Берлин	3 570	5	10	21	33	5	37	6
Токио	37 274	11	2	4	6	4	108	7
Торонто	6 304	12	8	13	24	26	63	8
Сан-Франциско	3 317	3	27	14	4	10	82	9
Сидней	5 047	30	15	20	23	19	32	10
Лос-Анджелес	12 483	18	25	9	39	36	91	11
Мадрид	6 707	26	14	11	44	24	38	12
Мельбурн	5 138	27	13	16	30	16	44	13
Пекин	21 333	38	12	6	37	21	14	14
Чикаго	8 897	14	29	10	45	13	79	15
Вашингтон	5 425	9	39	15	46	6	62	16
Атланта	5 998	15	–	36	32	–	–	17
Сиэтл	3 484	7	–	52	48	39	56	18
Дубай	3 007	39	9	23	25	44	4	19
Барселона	5 653	24	23	22	41	34	92	20
Гонконг	7 563	19	22	7	81	33	19	21
Миннеаполис	3 690	16	–	64	42	–	–	22
Форт-Уэрт	7 539	35	–	–	–	–	–	23
Шанхай	28 413	41	8	13	59	27	15	24
Хьюстон	6 586	32	–	32	52	48	–	25
Москва	12 634	–	35	39	140	74	–	41
Санкт-Петербург	5 531	47	–	98	146	115	–	46

Примечания: ¹EasyPark Smart City Index. ²Global Power City Index. ³The Global Cities Index. ⁴The Global Cities Outlook. ⁵IESE Cities in Motion Index. ⁶Smart City Index. ⁷Интегрированный рейтинг в области умных городов по ключевым рейтинговым оценкам.

Инициативы формирования умности komponуют по функциональным блокам в зависимости от решаемых проблем и некоторых аспектов развития мобильности (табл. 3.4–3.5; прочие города – прил. Н).

Таблица 3.4 – Функциональные блоки оценки умных городов с населением более 3 млн чел. по *EasyPark Smart City Index*, 2025 г., баллы (составлено по: [718])

Агломерация	Адаптация граждан	Гибкость управления	Техническое образование	Развитие паркинга	Управление трафиком	Экологичный транспорт	Инновации бизнеса	Электронная система оплаты	Доступ к интернету	Управление отходами
Лондон	87,8	77,0	90,9	100,0	73,6	91,9	83,1	81,6	70,7	73,4
Сингапур	89,0	94,4	79,5	65,5	77,9	94,8	73,8	84,5	72,7	76,1
Нью-Йорк	93,6	100,0	79,8	75,6	78,8	89,7	87,8	73,3	77,7	67,9
Париж	78,5	70,0	75,2	91,3	76,3	86,9	67,8	81,8	66,3	70,5
Сеул	91,3	96,4	87,7	76,1	73,8	82,6	61,3	82,8	71,4	81,9
Берлин	89,8	86,4	63,1	92,4	77,3	94,5	73,4	80,6	71,3	80,0
Токио	81,7	79,1	73,5	87,3	66,4	96,8	63,5	68,9	71,4	71,1
Торонто	88,7	80,8	75,9	72,3	78,1	73,2	68,6	86,1	72,7	71,0
Сан-Франциско	100,0	98,9	73,8	85,6	75,1	67,3	100,0	73,3	74,2	67,9
Сидней	78,0	76,2	82,5	53,6	70,3	73,4	63,0	82,2	71,5	73,2
Лос-Анджелес	88,4	93,5	82,8	69,9	53,8	50,8	74,9	73,3	74,1	67,9
Мадрид	80,9	68,1	60,3	84,3	92,3	79,4	57,3	68,5	76,8	69,0
Мельбурн	76,5	72,8	82,9	62,4	81,3	74,3	59,7	82,2	71,8	73,2
Пекин	62,6	53,9	100,0	81,0	78,2	74,5	76,2	58,3	67,6	50,0
Чикаго	86,7	98,3	67,6	77,2	85,8	69,5	72,5	73,3	71,8	67,9
Вашингтон	90,9	100,0	65,6	75,3	89,2	70,5	80,4	73,3	74,3	67,9
Сиэтл	89,6	97,3	66,8	82,3	87,1	69,4	79,9	73,3	75,3	67,9
Дубай	84,8	77,0	52,4	81,5	82,0	57,9	62,8	71,5	70,6	72,9
Барселона	84,8	69,9	50,0	85,0	87,8	95,8	61,9	68,5	76,2	69,0
Гонконг	85,1	88,2	64,5	65,1	74,0	100,0	62,2	71,2	100,0	77,7

Таблица 3.5 – Функциональные блоки оценки умных городов с населением более 3 млн чел. по *IESE Cities in Motion Index*, 2025 г., баллы, (составлено по: [706])

Город	«Умная экономика»	«Умный человек»	«Умная окружающая среда»	«Умное управление»	Городское планирование	«Умные технологии»	Мобильность и транспорт
Лондон	95,63	98,91	90,16	98,36	98,91	89,62	97,27
Сингапур	88,52	77,60	56,83	86,34	85,25	97,27	67,76
Нью-Йорк	98,91	97,81	42,08	93,99	98,36	96,17	98,91
Париж	94,54	96,72	72,68	90,16	80,87	84,70	97,81
Сеул	87,98	95,08	57,92	96,17	87,43	85,79	77,05
Берлин	48,09	95,63	87,98	97,81	96,72	78,14	95,63
Токио	98,36	93,99	85,79	94,54	38,25	94,54	65,57
Торонто	73,22	79,78	63,93	79,78	97,81	73,77	37,70
Сан-Франциско	96,72	84,15	27,32	74,32	91,80	96,72	33,33
Сидней	71,04	89,07	71,04	89,62	34,43	75,96	29,51
Лос-Анджелес	97,27	96,17	11,48	92,90	79,78	95,08	1,64
Мадрид	55,74	71,58	62,30	85,79	74,32	77,60	96,17
Мельбурн	66,12	90,71	61,20	92,35	54,64	75,41	33,88
Пекин	84,15	79,23	4,92	62,30	81,97	72,13	98,36
Чикаго	93,99	92,35	34,97	80,87	85,79	92,35	68,85
Вашингтон	93,44	97,27	27,87	95,08	94,54	95,63	79,23
Сиэтл	95,08	62,30	43,72	81,97	90,16	92,90	55,19
Дубай	44,81	21,31	14,21	66,67	95,63	98,36	45,90
Барселона	39,89	81,42	62,84	84,15	91,26	73,22	93,99
Гонконг	86,34	86,89	44,26	84,70	84,70	98,91	61,75

Проведем также оценку в баллах данных городов по качеству жизни в рамках концепции устойчивого развития по индексному методу [285] (критерий «выше–лучше», рис. 3.3, прил. П).

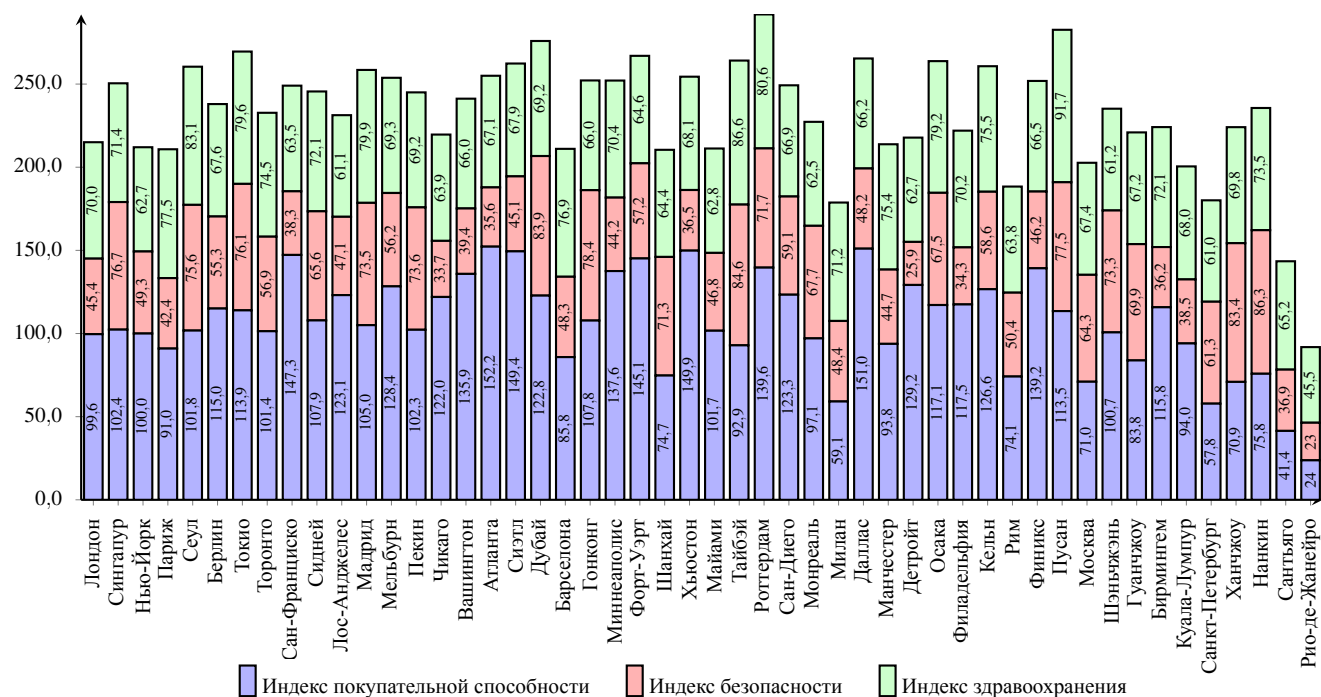


Рисунок 3.3 – Показатели качества жизни по городам мира с населением более 3 млн чел., 2025 г., баллы (критерий «выше–лучше») (составлено по: [712])

Приведенные на рис. 3.3 показатели, которые учитываются для присвоения городу категории «умный», отражают экспертные оценки (значение до 40 – низкий уровень, 40–60 – умеренный, более 60 – высокий): индекс покупательной способности, т.е. оценка ежемесячных расходов семьи из четырех человек на бытовые услуги, питание, транспорт, обучение детей, спорт и пр.; индекс безопасности – характеристика уровня преступности (ограбления, угоны и пр.); индекс здравоохранения – удовлетворенность медицинским обслуживанием с учетом стоимости, квалификации и компетентности медицинского персонала, наличия оборудования, скорости обслуживания; и пр.

Помимо индексов «стоимость жизни» и «уровень стоимости жилья к доходу», другими показателями, которые отражают качество жизни населения городов мира, являются:

– среднее значение сводного индекса трафика: для городов до 600 тыс. чел. – 96,7; от 600 тыс. до 3 млн чел. – 131,8; более 3 млн чел. – 171,6 ед., что говорит о такой проблеме, как транспортная перегруженность в любом городе мира (рис. 3.4, прил. П);

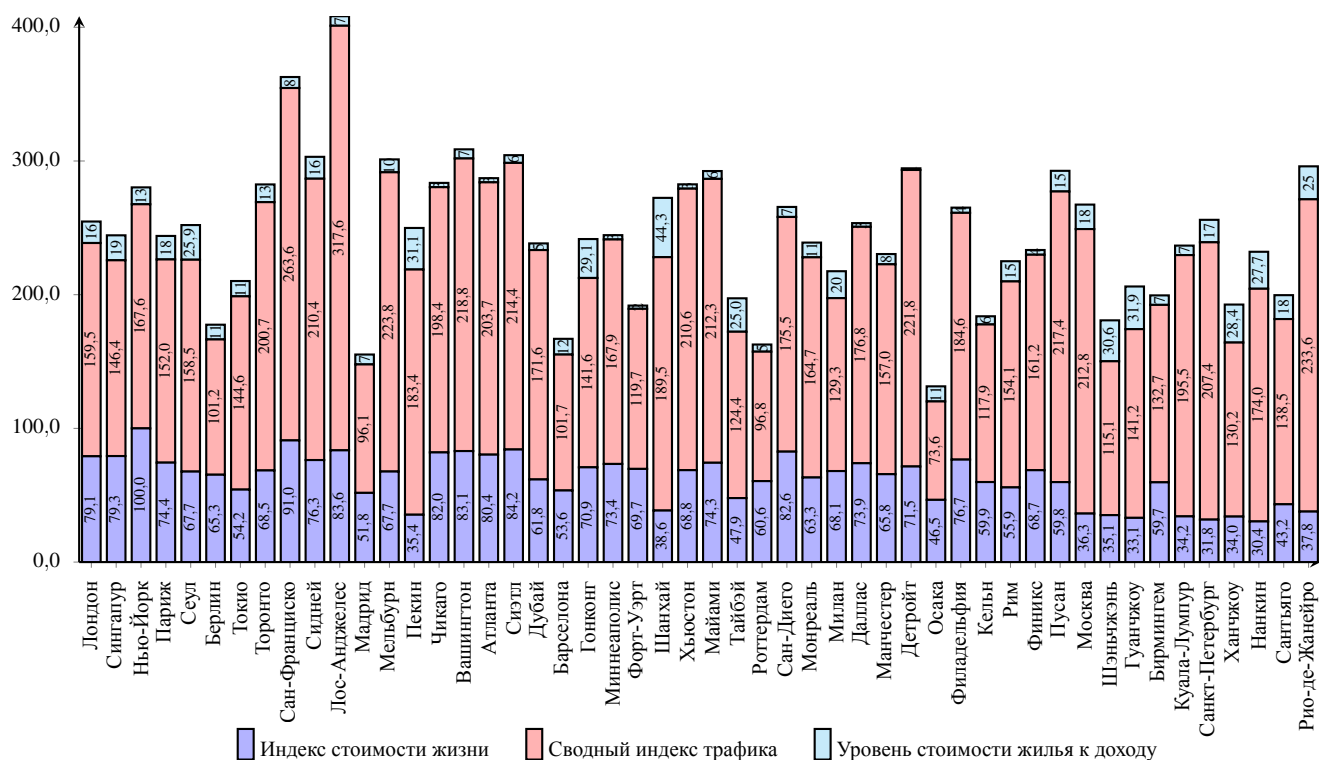


Рисунок 3.4 – Показатели качества жизни по городам мира с населением более 3 млн чел., 2025 г., баллы (критерий «ниже–лучше») (составлено по: [712])

– показатели экологичности: индексы загрязнения воздуха, воды и пр. в контексте концепции устойчивого развития по исследуемым умным городам (рис. 3.5, прил. Р); и пр.

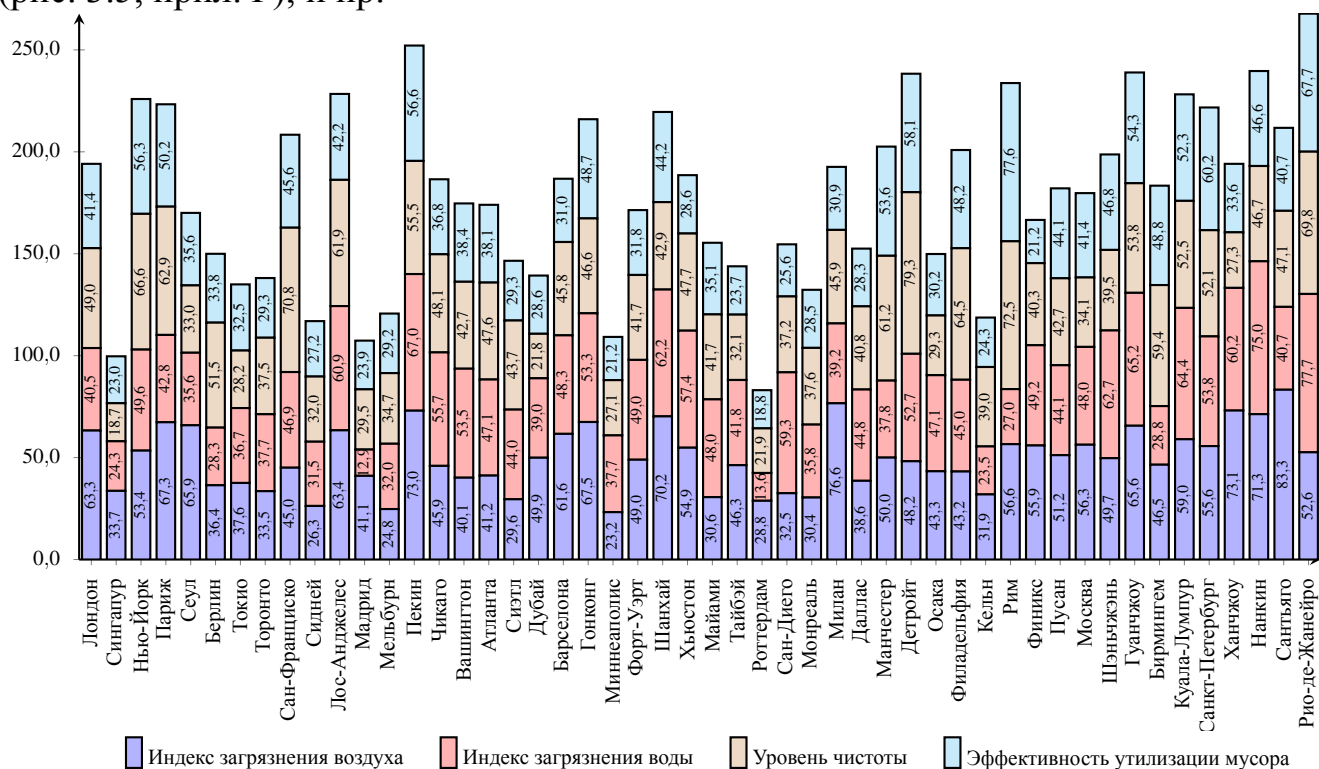


Рисунок 3.5 – Показатели экологичности городов мира с населением более 3 млн чел., 2025 г., баллы (критерий «ниже–лучше») (составлено по: [712])

Так, недовольство качеством воздуха отмечается во многих городах мира; при этом самые высокие показатели в Лондоне, Париже, Сеуле, Мадриде, Пекине, Гонконге и пр., т.е. в крупных промышленных центрах мира. Следует признать положительные усилия Токио, Сиднея, Мельбурна, Сан-Диего, Вены и пр. в решении вопросов экологического характера. Качество воды, в основном, отстает от нормативных значений для большинства крупных городов. По показателям «эффективность утилизации мусора» и «уровень чистоты» в городе выделим города Сингапур, Токио, Торонто, Миннеаполис, Роттердам и пр.

Кроме того, в связи с урбанизацией и ростом численности населения в мире практически повсеместно продолжают расти заторы при движении транспортных средств, что снижает уровень качества жизнедеятельности человека, приводит к загрязнению воздуха, потерям времени и гибели людей на дорогах.

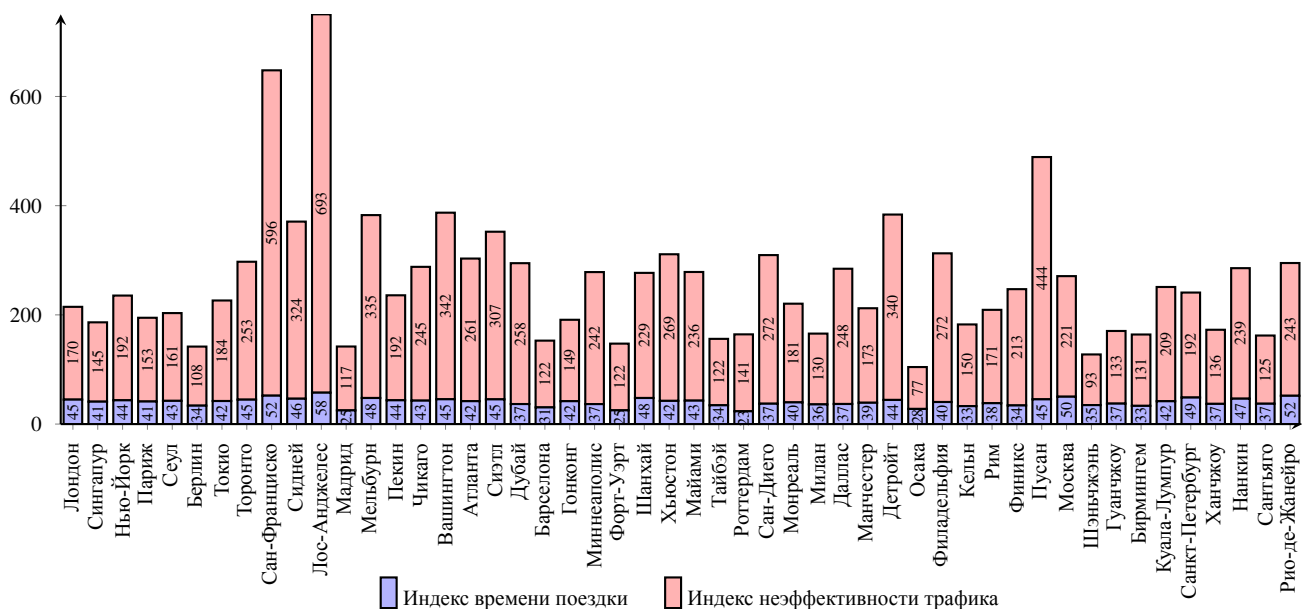
Сегодня эволюционный анализ транспортно-логистической системы умного города в рамках научной парадигмы устойчивого развития сводится именно к оценке мобильности посредством сводного индекса трафика, отражающего среднее время поездки, неэффективность использования автотранспорта (преимущественное использование личного либо общественного автомобильного транспорта), неудовлетворенность поездкой в городе и выбросы CO_2 при поездке [593].

Проблема мобильности как наиболее острая в каждом городе мира составляет предмет дальнейшего нашего исследования (рис. 3.6, прил. С).

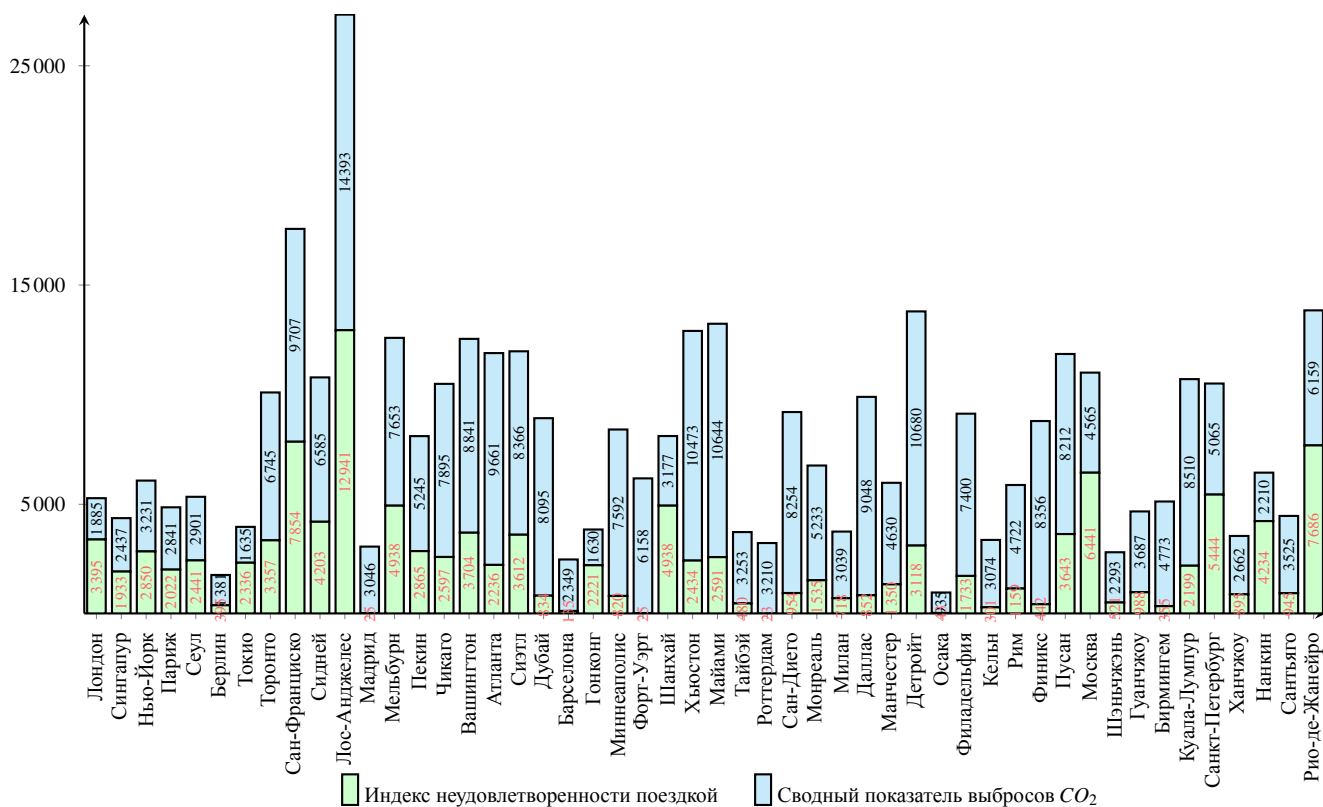
Среднее время передвижения в одну сторону в городах с населением более 3 млн чел. составляет от 23 до 58 мин (в среднем – 29,7 мин), с населением от 600 тыс. до 3 млн чел. – от 22 до 44 мин (в среднем – 33,4 мин) и менее 600 тыс. чел. – от 7 до 53 мин (в среднем – 41,9 мин).

Для городов с населением более 3 млн чел. показатель неудовлетворенности слишком длительной поездкой составляет 2 220,5 баллов; от 600 тыс. до 3 млн чел. – 354,5 баллов и менее 600 тыс. чел. – 97,4 баллов.

Оценка неэффективности трафика свидетельствует о том, что с большей степенью вероятности житель выберет общественный транспорт при наименьших значениях данного показателя: для городов с населением более 3 млн чел. в среднем – 192,3 баллов; от 600 тыс. до 3 млн чел. – 143,4 баллов. и менее 600 тыс. чел. – 117,9 баллов.



а) длительность поездки и эффективность трафика



б) неудовлетворенность поездкой и объем выбросов CO₂

Рисунок 3.6 – Показатели транспортной эффективности по городам мира с населением более 3 млн чел., 2025 г., баллы (критерий «ниже–лучше») (составлено по: [712])

Выбор в пользу общественного транспорта свойственен для населения городов-лидеров в каждой категории – Лондона, Сингапура, Нью-Йорка, Амстердама, Копенгагена, Лунда и пр.; также существенны усилия в этом аспекте

следующих городов: Мадрид, Ганновер, Вена, Берген, Лозанна и пр. Для городов-лидеров характерны такие низкие показатели, как «выбросы CO_2 при транспортировке» и «неудовлетворенность поездкой». Всё это отражает разные подходы, инициативы и проекты по организации движения в городах, что также подтверждается картой мобильности по каждому из выделенных умных городов (табл. 3.6, прил. Т).

Таблица 3.6 – Карта мобильности для умных городов с населением более 3 млн чел., 2025 г., % (составлено по: [712])

Город	Работа дома	Прогоуллка	Авто	Велосипед	Мотоцикл	Автобус	Метро (трамвай)	Среднее расстояние, км
Лондон	6,85	19,76	9,68	12,50	1,61	9,27	40,32	14,26
Сингапур	3,41	10,61	19,32	1,89	3,79	27,65	33,34	14,40
Нью-Йорк	6,80	20,41	21,77	4,08	–	5,44	41,50	15,88
Париж	4,05	17,57	18,24	10,81	3,38	7,43	38,52	14,15
Сеул	3,45	18,10	19,83	3,45	1,72	14,66	38,79	15,80
Берлин	5,85	23,40	11,17	23,94	0,53	5,32	29,79	9,54
Токио	4,63	18,52	12,04	6,48	–	5,56	52,78	16,88
Торонто	5,93	12,89	49,23	6,44	0,26	6,70	18,56	22,36
Сан-Франциско	2,31	16,92	55,38	6,15	0,77	7,69	10,77	42,54
Сидней	4,07	10,86	44,80	4,07	5,88	15,38	14,93	26,43
Лос-Анджелес	3,72	2,66	87,23	1,60	1,60	2,13	1,06	53,68
Мадрид	4,07	13,12	38,91	19,46	4,07	7,69	12,67	12,65
Мельбурн	2,69	9,14	51,61	6,45	6,45	6,45	17,20	28,92
Пекин	4,44	13,33	35,56	8,89	4,44	10,00	23,33	14,95
Чикаго	6,25	11,81	58,33	3,47	–	5,56	14,58	24,41
Вашингтон	3,49	8,14	63,95	6,98	1,16	5,81	10,47	30,10
Атланта	4,19	3,59	82,63	1,20	–	2,40	5,99	28,75
Сиэтл	3,40	6,38	63,40	3,40	4,26	17,45	1,70	26,70
Дубай	2,43	3,95	81,76	0,91	0,91	4,56	5,47	27,35
Барселона	3,97	27,15	16,56	9,93	13,91	7,28	21,19	9,47
Гонконг	3,52	19,10	12,06	1,01	0,50	30,65	33,17	15,31
Миннеаполис	3,19	5,32	76,60	4,26	1,06	8,51	1,06	25,68
Форт-Уэрт	7,14	3,57	85,71	–	3,57	–	–	22,41
Шанхай	4,88	19,51	21,95	8,54	1,22	4,88	39,02	16,24
Хьюстон	1,96	1,47	90,69	0,49	0,49	4,90	–	31,36
Москва	6,89	17,46	28,33	2,91	0,92	6,89	36,60	17,89
Санкт-Петербург	9,68	21,86	37,99	2,51	–	7,89	20,07	16,03

В небольших городах почти не используется удаленная работа, вместе с тем при увеличении численности населения данный показатель растет: для городов с населением от 600 тыс. до 3 млн чел. в среднем – 3,5 %; для городов с населением более 3 млн чел. – 4,1 %. При организации движения до работы и обратно учитывается, что пешком добираются 13,3 % респондентов городов с населением более 3 млн чел., 14,3 % – от 600 тыс. до 3 млн чел. и 17,9 % – менее 600 тыс. чел.

Показатели использования индивидуального пассажирского и массового общественного транспорта в данных категориях городов таковы: до 600 тыс. чел. – 30,0 % и 15,4 %; от 600 тыс. до 3 млн чел. – 37,1 % и 21,7 %; более 3 млн чел. – 38,9 % и 24,1 % соответственно.

Для транспортно-логистических систем городов-лидеров с населением более 3 млн чел. характерны приоритетное использование метро или трамвая (не менее 30 %) и небольшая доля использования индивидуального пассажирского транспорта (не более 21 %), а также развитие движения велосипедистов и прочих способов индивидуальной мобильности.

В городах с населением от 600 тыс. до 3,0 млн чел. приоритет использования отдается двум основным стратегиям развития:

- альтернативный общественный транспорт: велосипедное движение (Амстердам – 47,55 %; Копенгаген – 41,18 %; Хельсинки – 28,45 %), трамвай или метро (Прага – 46 %; Ганновер – 37 %; Стокгольм – 36 %; Вена – 35 %; Цюрих – 31 %; Мюнхен – 31 % и др.);
- личный автомобильный транспорт (Дарем – 91 %; Остин – 90 %; Портленд – 79 %; Бостон – 66 % и др.).

В данной парадигме многие страны, да и муниципалитеты, осознали необходимость решения такой проблемы, как перегруженность трафика, что при развитии технологий Индустрии 4.0 и 5.0 подтолкнуло их к действиям в области стандартизации и разработки общей архитектуры управления движением. К примеру, развивается концепция «15-минутного города» (Берлин, Барселона, Шэньчжэнь, Вена и пр.), которая способствует изменению карты мобильности.

Показатель мобильности также отражает способы организации передвижения, среднее расстояние и время поездки, основные комбинации и альтернативный транспорт при поездке, уровень развития паркинга. Ведется учет физической доступности инфраструктуры, оцениваются степень ее развитости, оптимальная

цена, удобства транспорта и безопасность для пассажиров, производится определение уровня автомобилизации и перегруженности. Важными показателями выступают потери времени и денежные траты населения в год.

Кроме перечисленных моментов, отражающих текущие процессы организации движения в городах в реальном режиме времени, существуют недельные и дневные циклы перегруженности, влияющие на денежные и временные потери экономических агентов [294] (табл. 3.7, прил. У).

Таблица 3.7 – Перегруженность умных городов с численностью населения более 3 млн чел., 2025 г. (составлено по: [722])

Город	R_{mob}	μ , %	V_{av}	Задержка ¹ , мин		Потери из-за пробок в год	
				утром	вечером	времени, ч	денежные, у.е.
Лондон	1	45,0	14,0	19,0	19,0	148,0	243,0
Сингапур	2	38,0	29,0	6,0	6,0	65,0	189,0
Нью-Йорк	3	43,0	20,0	12,0	12,0	112,0	107,0
Париж	4	46,0	18,0	13,0	13,0	120,0	310,0
Сеул	5	46,2	22,1	11,8	11,8	103,0	156,7
Берлин	6	32,0	24,0	7,0	7,0	64,0	138,0
Токио	7	35,0	21,0	8,0	8,0	76,0	103,0
Торонто	8	42,0	18,0	11,0	11,0	98,0	83,0
Сан-Франциско	9	38,0	25,0	9,0	9,0	75,0	70,0
Сидней	10	36,0	23,0	11,0	11,0	83,0	115,0
Лос-Анджелес	11	53,0	29,0	9,0	9,0	89,0	74,0
Мадрид	12	25,0	29,0	8,0	8,0	51,0	134,0
Мельбурн	13	42,0	23,0	11,0	11,0	92,0	135,0
Пекин	14	41,5	24,3	9,9	9,9	90,4	111,4
Чикаго	15	38,0	26,0	7,0	7,0	86,0	105,0
Вашингтон	16	36,0	23,0	9,0	9,0	86,0	84,0
Атланта	17	37,0	37,0	5,0	5,0	58,0	58,0
Сиэтл	18	34,0	32,0	6,0	6,0	55,0	93,0
Дубай	19	31,6	29,9	7,3	7,3	63,0	98,7
Барселона	20	29,0	27,0	7,0	7,0	59,0	175,0
Гонконг	21	34,0	29,0	6,0	6,0	57,0	194,0
Миннеаполис	22	19,0	42,0	3,0	3,0	32,0	42,0
Форт-Уэрт	23	31,0	39,0	6,0	6,0	51,0	40,0
Шанхай	24	40,5	23,7	9,7	9,7	88,1	108,6
Хьюстон	25	34,0	37,0	5,0	5,0	58,0	34,0
Москва	41	40,7	19,5	10,4	10,4	90,7	138,1
Санкт-Петербург	46	24,0	22,7	5,5	5,5	47,7	74,8

Примечания: R_{mob} – интегрированный рейтинг мобильности ТЛС умного города. μ – перегруженность ТЛС.

V_{av} – средняя скорость передвижения в городе, км/ч. ¹ На каждые 10 км пробега транспортного средства.

Конгестия (перегруженность) как характеристика эффективности организации потоковых процессов позволяет отразить задержки при передвижении, в основу расчетов которых заложен временной интервал 30 мин, другими словами – на сколько участник движения тратит больше времени из-за неэффективной организации трафика. Во всех транспортно-логистических системах с населением более 3 млн чел. преобладает рост перегруженности $\sim$ до 53 %, средняя скорость $\sim$ 28,61 км/ч, утренние и вечерние задержки $\sim$ до 19 мин, средние годовые потери (в часах на 10 км в год) $\sim$ 75,23 ч, или 114,16 у.е. в год. Для городов от 600 тыс. до 3 млн чел. (менее 600 тыс. чел.) перегруженность $\sim$ до 66 % (39 %), средняя скорость $\sim$ 29,47 (33,16) км/ч, утренние и вечерние задержки $\sim$ до 21 мин (11 мин), годовые потери (в часах на 10 км в год) $\sim$ 62,84 (47,01) ч, или 119,04 (102,2) у.е. в год соответственно [294].

Перечисленные усредненные данные учитывают демографические циклы, характеризуются ростом трафика в утреннее и вечернее время, а также схожестью всех ТЛС. Эти данные также позволяют отразить пики показаний в зависимости от дня недели. Увеличение конгестии характерно для рабочей недели (с понедельника по пятницу): до полудня (минимум на 18 % с 6:00 до 7:00; на 41 % с 7:00 до 8:00; на 51% с 8:00 до 9:00); после полудня (минимум на 50 % с 16:00 до 17:00; на 57–72 % с 17:00 до 18:00; на 47–58 % с 18:00 до 19:00). Пики приходятся на пятницу – от 16:00 до 18:00; в выходные дни – с 11:00 до 19:00.

Особо отметим, что для ТЛС умного города характерно несущественное снижение высоких показателей конгестии как одного из основных показателей эффективности организации движения, которая проявляется на пиках в зависимости от времени суток и дня недели: при дневном и недельном циклах в транспортно-логистических системах конгестия (μ) достигает 165 %, для наиболее перегруженных систем – 191 %.

При $\mu > 10$ % влияние фактора уже является существенным. Максимальное значение при недельно-месячном цикле для исследуемых ТЛС с населением до 600 тыс. чел. – до 72 %, от 3 млн чел – до 77 %, что объясняется небольшой степенью транспортных проблем для городов малой людности, а также комплексным развитием альтернативных способов передвижения. Стандартные значения конгестии – от 30 % до 50 % независимо от численности населения городов во временной интервал с 8:00 по 18:00.

Приведенные данные говорят о перегруженности всех транспортно-логистических систем. Однако появление новых технологий Индустрии 4.0 и 5.0, рост числа людей, предпочитающих ходить пешком, ездить на велосипеде, как и на иных средствах индивидуальной мобильности, и пользоваться общественным транспортом, приводят к быстрому изменению ландшафта мобильности.

В итоге развитие транспортно-логистической системы умного города зависит от инициатив муниципалитетов, крупных организаций и населения; оно невозможно без значительного повышения эффективности и качества управления на всех уровнях в городе, что ориентировано на его продвижение на новые позиции, на принципиальные качественные изменения, обеспечивающие повышение его конкурентоспособности, и на устойчивость функционирования ТЛС умного города. При условии бурного развития информационных технологий для ТЛС умного города необходима адаптация теории городской логистики, которая позволит выйти на новый уровень развития умной мобильности.

3.2. Конвергенция направлений развития городской логистики в аспекте изучения мобильности

Сегодня ТЛС умного города, представляющую собой новую систему управления процессами в цифровой экономике, необходимо рассматривать в контексте становления Индустрии 4.0 и 5.0. Это позволит говорить о развитии в зависимости от специфики кумулятивных факторов, информационно-коммуникационных технологий, высокоавтоматизированных транспортных средств и информационного пространства и, безусловно, учитывать целевые ориентиры транспортно-логистической стратегии страны в контексте устойчивого развития на долгосрочную перспективу (табл. 3.8).

В условиях общей и глобальной цифровизации, когда происходит тотальный контроль и трансформация экономических систем, существуют барьеры, негативно сказывающиеся на формировании ТЛС умного города (табл. 3.9).

Цифровизация меняет привычные модели взаимодействий и рассматривает экономических агентов как равноправных участников, а система управления перетекает в информационное пространство, в котором при адаптивных интеллектуальных системах появляется возможность более высокой степени контроля в области организации и управления процессами. Важно, чтобы их оптимизация происходила на основе принципов кумулятивной причинности, ко-

Таблица 3.8 – Целевые ориентиры развития транспортно-логистической системы умного города

Направления развития	Целевые ориентиры
Общесоциальные	– полный комплект транспортно-логистических услуг для всех категорий потребителей; – нулевая аварийность, отсутствие рисков и угроз безопасности
Общэкономические	– рост мобильности, более высокий уровень координации в городе; – постоянное совершенствование транспортно-логистической инфраструктуры; – использование Индустрии 4.0 и 5.0 для развития экономической конкурентной среды
Транспортно-логистические	– развитие интероперабельной транспортной сети и единой экосистемы; – полная автоматизация и роботизация всех процессов

Таблица 3.9 – Барьеры, сдерживающие развитие транспортно-логистической системы умного города

Барьер	Пояснение
Организационно-административный	Напрямую обусловлен устаревшими техническими стандартами, сложностью и сроками их обновления или замены, а также проблемой отчуждения собственности в муниципальном образовании
Координационный	Не учитывает никакие другие виды координирования, кроме административного
Коммуникационный	Отсутствует согласованная политика взаимодействия между основными участниками
Кадровый	Характеризуется неуккомплектованностью кадрами, слабым развитием цифровых компетенций
Финансовый	Финансирование осуществляется на основании стратегического планирования развития, которое не учитывает другие факторы

торые позволяют рассмотреть проблему адаптивной логистической координации комплексно, с учетом внедряемых в социально-экономические системы информационно-коммуникационных технологий, развивая сервис, доверие, сотрудничество и вовлеченность всех участников.

В такой ситуации рост мобильности в ТЛС умного города требует проработки нового подхода к достижению скоординированности взаимодействий экономических агентов на мезоуровне, что объясняется рядом причин:

1) существующие методы к координации не позволяют построить систему достижения ключевых показателей, обеспечивающую более высокие темпы экономического роста и повышение качества жизнедеятельности человека на мезоуровне;

2) назрела необходимость предложить новый научный подход к анализу роста мобильности в рамках теории городской логистики, что обеспечит снижение транзакционных издержек и рост качества жизнедеятельности человека при меньшем уровне инвестиций.

Однако, анализ мобильности невозможен без оценки текущей инфраструктуры, сформированной экосистемы и существующих норм (правил) взаимодействий между экономическими агентами. В этом плане многие российские ученые (В.В. Щербаков [379], В.И. Сергеев [312], И.Д. Афанасенко [406], В.В. Борисова [37], Г.Ю. Силкина [380], Т.Г. Шульженко [375] и др.), анализируя логистические системы, определяют их как разные типы: платформенные, кластерные, цифровые, адаптивные сетевые, модели экономики замкнутого цикла и т.п.; выстраивают ценностно-ориентированный подход при их формировании, рассматривают современные информационные технологии Индустрии 4.0 и 5.0 как основу их трансформации. При этом многие из перечисленных ученых, а также М.А. Бажина [30], А.А. Бочкарев [42], Е.М. Волкова [62], А.В. Дмитриев [93], В.В. Зырянов [131], Л.Б. Миротин [168], Х.-М.Ю. Эльдарханов [388], В.В. Щербаков [382] и пр., придают особое значение интеллектуализации транспортных процессов, которые формируют экосистемы по принципу «платформы платформ».

Выходом из этой ситуации является разработанная автором теоретико-методологическая основа диссертационного исследования в целях обеспечения роста мобильности, которая позволяет предложить более сбалансированный вектор распределения ограниченных экономических ресурсов, что выражено в развитии интеллектуальных систем, обеспечивающих адаптивную логистическую координацию при формировании соответствующих современным реалиям норм и правил взаимодействий экономических агентов.

Опираясь на теоретический базис городской логистики, автор диссертационного исследования предлагает свой подход к изучению и анализу мобильности в рамках ТЛС умного города, сконцентрированный на росте качества жизни человека при оптимизации использования ограниченных ресурсов и использовании технологий Индустрии 4.0 и 5.0 (рис. 3.7), что позволит определить параметры интегрированной потоковой модели, в которой минимальны потери для каждого экономического агента.

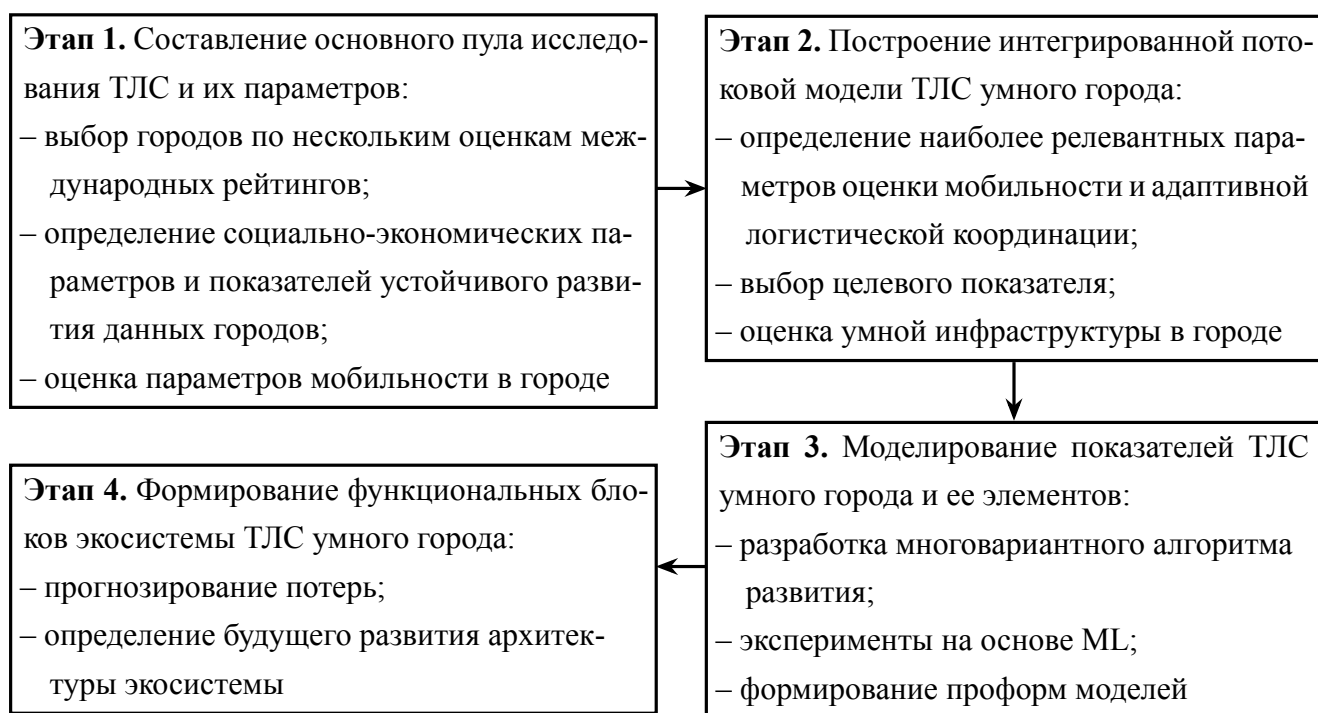


Рисунок 3.7 – Поэтапная схема авторского подхода к исследованию мобильности ТЛС умного города и обеспечению ее роста [594]

Согласно § 2.1 и § 3.1 диссертационной работы городская логистика призвана изменить вектор развития ТЛС умного города, сократив сроки имплементации инфраструктуры и единой экосистемы, повысив мобильность через развитие адаптивной логистической координации и уменьшив транзакционные издержки и потери для бизнеса, государства и граждан. Это позволит экономическим агентам выйти на более высокий уровень взаимодействия и обеспечить социально-экономический рост, повышение уровня жизни человека и нивелирование экологических рисков на мезоуровне.

Современные ТЛС мира совершенствуются по традиционной схеме, которая в рамках устойчивого развития использует ИКТ с целью придания нового импульса росту экономики (рис. 3.8).

С учетом вышеизложенного цифровизация сегодня рассматривается экономистами как единственный возможный путь оптимизации и рационального выбора. Замена рутинных операций происходит повсеместно, включая транспортно-логистические системы.

Для прогноза развития технологий в области Индустрии 4.0 и 5.0, которые могут кардинально изменить взаимодействие экономических агентов, можно выбрать другой, альтернативный, путь достижения желаемого или превосходящего

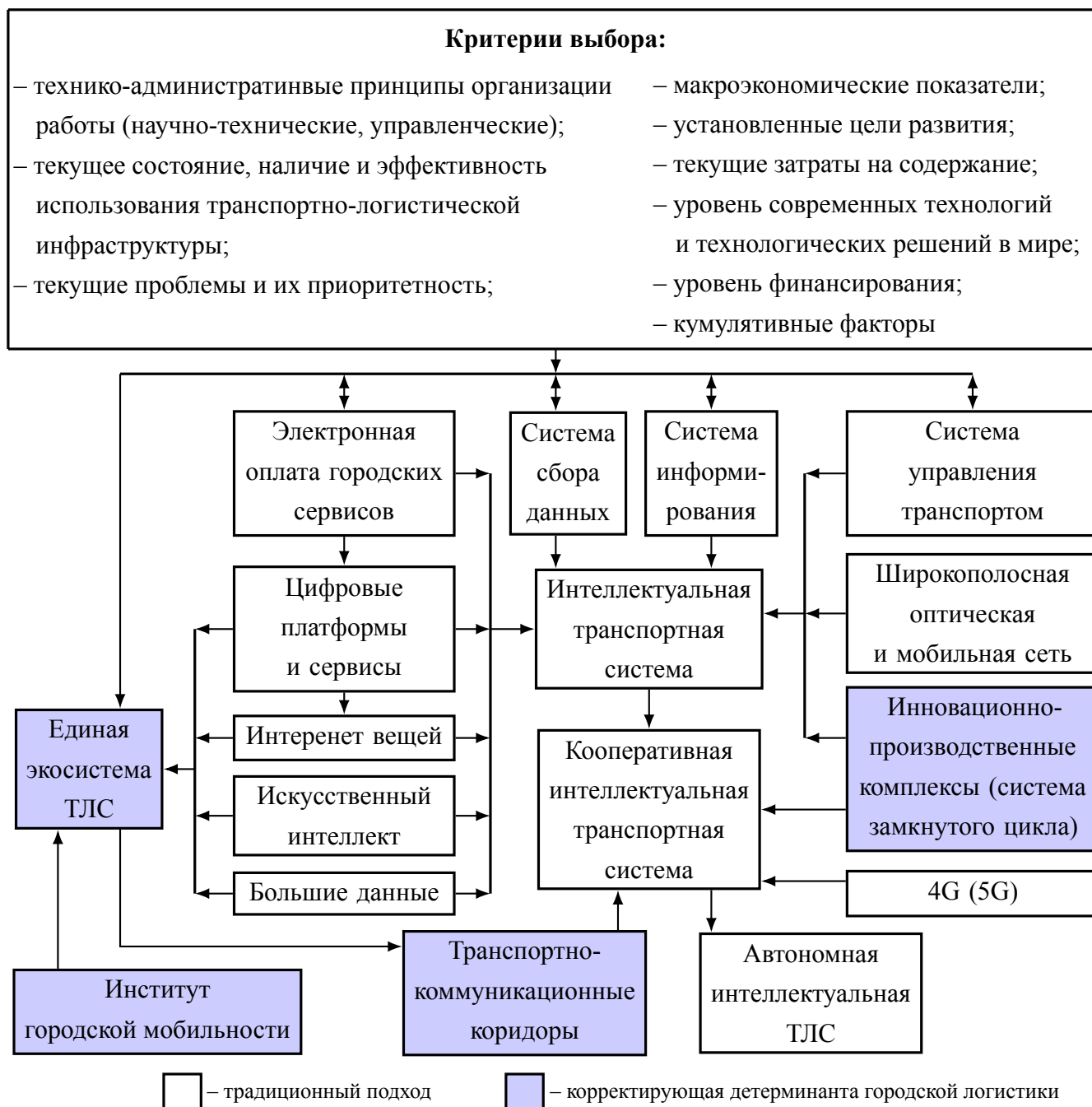


Рисунок 3.8 – Городская логистика в разрезе многовариантного алгоритма развития ТЛС умного города

необходимый уровень будущего экономического эффекта. Авторский подход при учете корректирующей детерминанты городской логистики позволяет ускоренно получить данный результат, снизить системные трения и обеспечить экономию экономическим агентам. Многовариантный алгоритм развития и показатели оценки мобильности ТЛС умного города выступают основой для учета множества критериев выбора с целью выработки сбалансированных показателей интегрированной потоковой модели, которая ориентирована на решение текущих и будущих проблем в области адаптивной координации потоковых процессов.

Таким образом, ведущей целью городской логистики является не только снижение пиковых значений конгестии в транспортно-коммуникационных коридорах, влияющих на экономию для экономических агентов, способствующих повышению качества жизнедеятельности человека и росту мобильности, но и достижение нулевых транзакционных издержек в единой экосистеме ТЛС умного города при меньшем уровне инвестиций, но с большим экономическим эффектом. Этому способствует также развитие долевой и сетевой экономик, призванных трансформировать привычные взаимодействия между экономическими агентами, обеспечив наиболее эффективное использование активов и точечное развитие инновационно-производственных комплексов при меньшем уровне транзакционных издержек. Как итог – экономический рост на базе лучших экономических результатов, что выражено в более прочных отношениях и взаимодействиях при развитии предпринимательства и стимулировании инноваций в рамках шумпетерианской конкуренции.

Сегодня большинство инициатив в транспортно-логистических системах вызваны развитием цифровых платформ, предоставляющих к ним более удобный доступ и обеспечивающих высокий уровень сервиса. При этом развитие бизнес-моделей в области транспорта и логистики по принципу долевой экономики позволяет снизить транзакционные издержки для экономических агентов. Тот же эффект в цепях поставок реализуется за счет внедрения ERP II, CSRP и прочих технологий Индустрии 4.0 и 5.0.

Для всех инициатив должны быть характерны: высокая скорость передачи информации, ее достоверность; механизмы оценки, учета, хранения и ее распределения. Сенсорные технологии, облачные вычисления, бесконтактный сбор информации, интернет вещей, интеллектуальные системы необходимы в качестве основы формирования транспортно-логистической системы умного города.

Возникает вопрос: как сегодня достичь улучшения ключевых показателей логистической координации потоковых процессов для всей системы, используя теорию городской логистики? Первый вариант ответа: изменить текущие нормы и правила взаимодействия экономических агентов, что пока не в полной мере разработано. Вариант второй: воспользоваться уже разработанными моделями и внедрить их в текущую транспортно-логистическую систему, произведя необходимые корректировки. Вариант третий: по результатам проведенного компаративно-

генетического анализа выбрать, адаптировать, усовершенствовать и внедрить под текущую специфику новую модель с целью адаптивной логистической координации потоковых процессов, а также наполнить ее новыми институтами развития (институтом городской мобильности). Все варианты (типы) действий жизнеспособны, однако требуют пояснений при выборе пути развития (рис. 3.9).

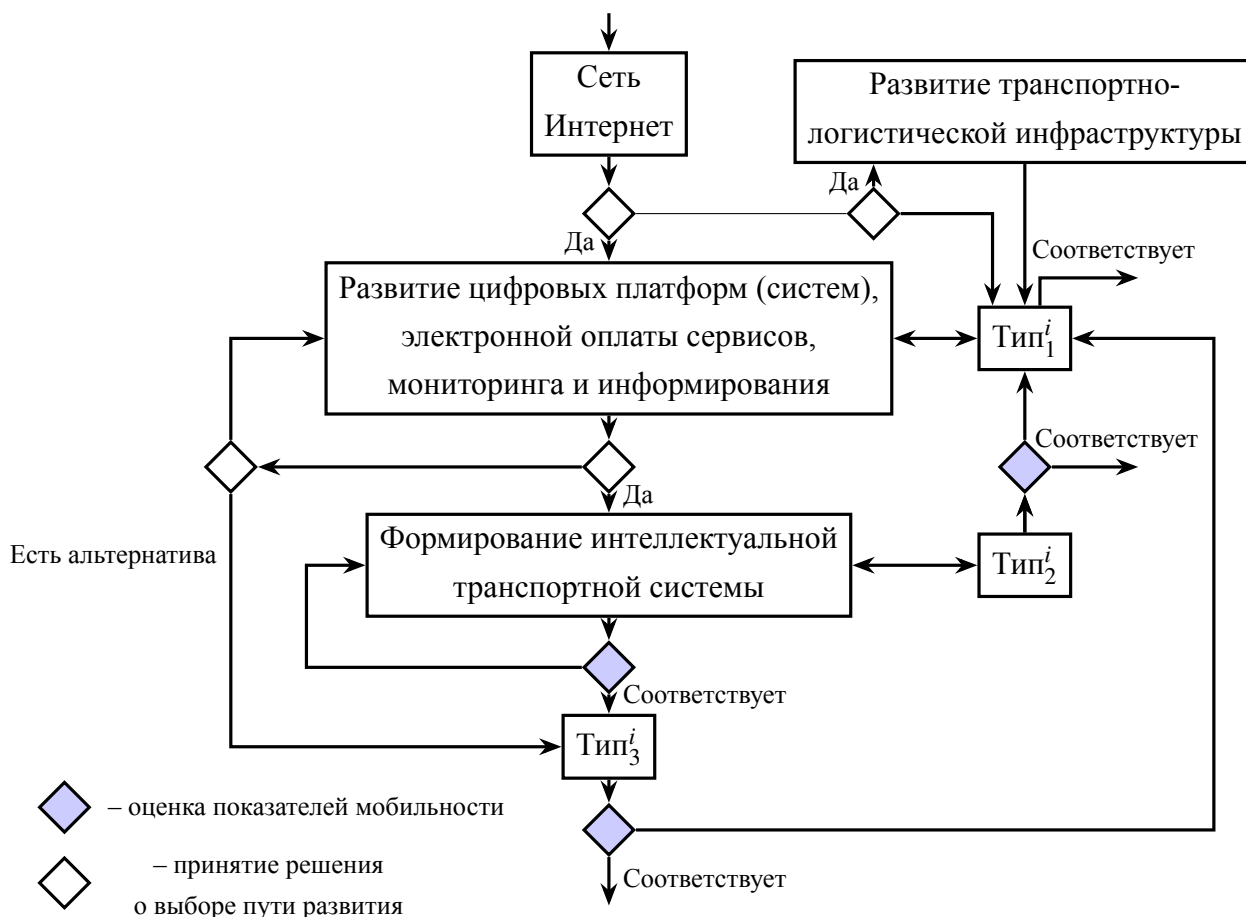


Рисунок 3.9 – Авторский механизм выбора пути развития транспортно-логистической системы умного города при использовании теории городской логистики [299]

Основой выбора решения выступает потребность в умной инфраструктуре, способной обеспечивать заданную скорость передачи информации под потребности экономических агентов и развитие ТЛС умного города в области адаптивной логистической координации потоковых процессов при поэтапном внедрении цифровых платформ и сервисов, формируя интегрированную систему управления (единую экосистему). Каждый вариант характеризуется наличием множества вариаций исходя из текущих кумулятивных факторов (личностных, психофизиологических, эмоционального мышления, дорожной среды, состояния транспортных средств, подготовки кадров и пр.) и критериев развития (численность населения,

макроэкономические факторы, текущие проблемы, способы организации, базовые сектора экономики и текущий уровень транзакционных издержек). Их выбор потребует корректировки норм и правил взаимодействий экономических агентов, что, в свою очередь, позволит их настроить под потребности, учитываемые при оценке мобильности в городе.

Для формирования интегрированной потоковой модели ТЛС умного города требуется глубоко изучить текущие изменения в организации и управлении потоковыми процессами, а также определиться с выбором новых норм и правил взаимодействия экономических агентов в рамках единой экосистемы. Поскольку системный интегратор экосистемы обеспечивает адаптивную логистическую координацию экономических агентов, данный подход реализуется на основе протокола P2P при децентрализации dApp 2-го типа.

Формирование правил и норм взаимодействий обеспечивается формальными институтами, которые при долевогой экономике и сетевых взаимодействиях видоизменяются. Транзакционные издержки как базовая категория институциональной экономики сегодня растут из-за системных трений в области организации и управления процессами. Причины кроются в отсутствии системного подхода и бездействии городской логистики, которые, будучи задействованными вместе, могли бы обеспечить усиление логистической координации.

Выделим текущие нормы взаимодействий в зависимости от этапа развития ТЛС умного города, которые выражены институциональной средой ТЛС в области регулирования, организации и обеспечения (табл.3.10).

Таблица 3.10 – Ключевые нормы взаимодействий ТЛС умного города в Российской Федерации

Тип	Основные документы, регламентирующие нормы взаимодействий	Пояснение
1 ^а	– ФЗ от 20.12.2017 № 443-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 08.08.2024); – ФЗ от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (ред. от 08.08.2024); – ФЗ от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» (ред. от 08.08.2024); и пр.	Формируют основную нормативную базу по транспортной инфраструктуре и организации дорожного движения

Тип	Основные документы, регламентирующие нормы взаимодействий	Пояснение
1 ^b	– Международный пакт о гражданских и политических правах и Конвенция о защите прав человека и основных свобод; – Конституция РФ и ГК РФ, Ст.141.1 «Цифровые права»; – Закон РФ от 27.12.1991 № 2124-1 «О средствах массовой информации» (ред. от 11.03.2024); – ФЗ от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (ред. от 11.03.2024); – ФЗ от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (ред. от 08.08.2024); – ГОСТ Р 55387-2012. «Качество услуги ”Доступ в Интернет”» и пр.	Регулируют взаимодействия между экономическими агентами в сети Интернет; обеспечивают правовое регулирование, ответственность, защиту, контроль скорости и качество передаваемой информации; уточняют правовой статус смарт-контрактов, краудфайдинга, биометрической информации
1 ^c	– ГК РФ, глава 40 «Перевозка»; – ФЗ от 30.06.2003 № 87-ФЗ «О транспортно-экспедиционной деятельности» (ред. от 18.03.2020); – ФЗ от 08.11.2007 № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта» (ред. от 19.10.2023); – Постановление Правительства РФ от 15.04.2011 № 272 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом»; – Распоряжение Правительства РФ от 25.03.2020 № 724-р «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования»; и пр.	Регулируют процесс перевозки грузов и пассажиров
2 ^a	– договорные требования по взаимодействию между экономическими агентами в рамках информационных систем предприятий	На уровне предприятия и цепи поставок обеспечивают правила взаимодействия
2 ^b	– ИСО по интеллектуальным транспортным системам в области архитектуры, обмена информацией, гармонизации данных, внедрения, развертывания, развития кооперационной ИТС; – рекомендации по компонентному составу развития интеллектуальных транспортных систем; – ГОСТ Р 56294–2014. «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем»; и пр.	Обеспечивают управление трафиком, сбором, анализом, хранением, распределением информации; предлагают необходимые элементы для формирования ИТС
3 ^a	– правила адаптивной координации в ТЛС умного города при развитии единой экосистемы	Формируют новый институт городской мобильности в рамках теории городской логистики

Следует акцентировать внимание на том, что в области транзакций при транспортировке высока значимость конфликтов между экономическими агентами, таких как замедление потоковых процессов или полная (частичная) блокиров-

ка. С целью нивелирования данных рисков альтернативой традиционному подходу при развитии ТЛС умного города выступает корректирующая детерминанта городской логистики, обеспечивающая развитие транспортно-коммуникационных коридоров, формирование признаков гибридности в кооперативных (автономных) транспортно-логистических системах, сочетающих централизацию, децентрализацию и самоорганизацию потоковых процессов. Это поможет установить баланс в управлении потоковыми процессами при использовании мультиагентных систем (МАС), которые позволяют самостоятельно принимать решения в границах своих компетенций при различных уровнях вариативности моделей.

Согласно теории городской логистики росту логистической координации способствуют рассмотренные выше критерии ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$), которые необходимо согласованно и планомерно развивать, а также контролировать в рамках таких механизмов, как адаптивная логистическая координация (рис. 3.10) и транспортно-коммуникационные коридоры (рис. 3.11).

Как результат, формируется ТЛС умного города, которая обеспечивает экономию участникам потоковых процессов при рациональном выборе способа передвижения и вовлечении потребителей в управление экосистемой.

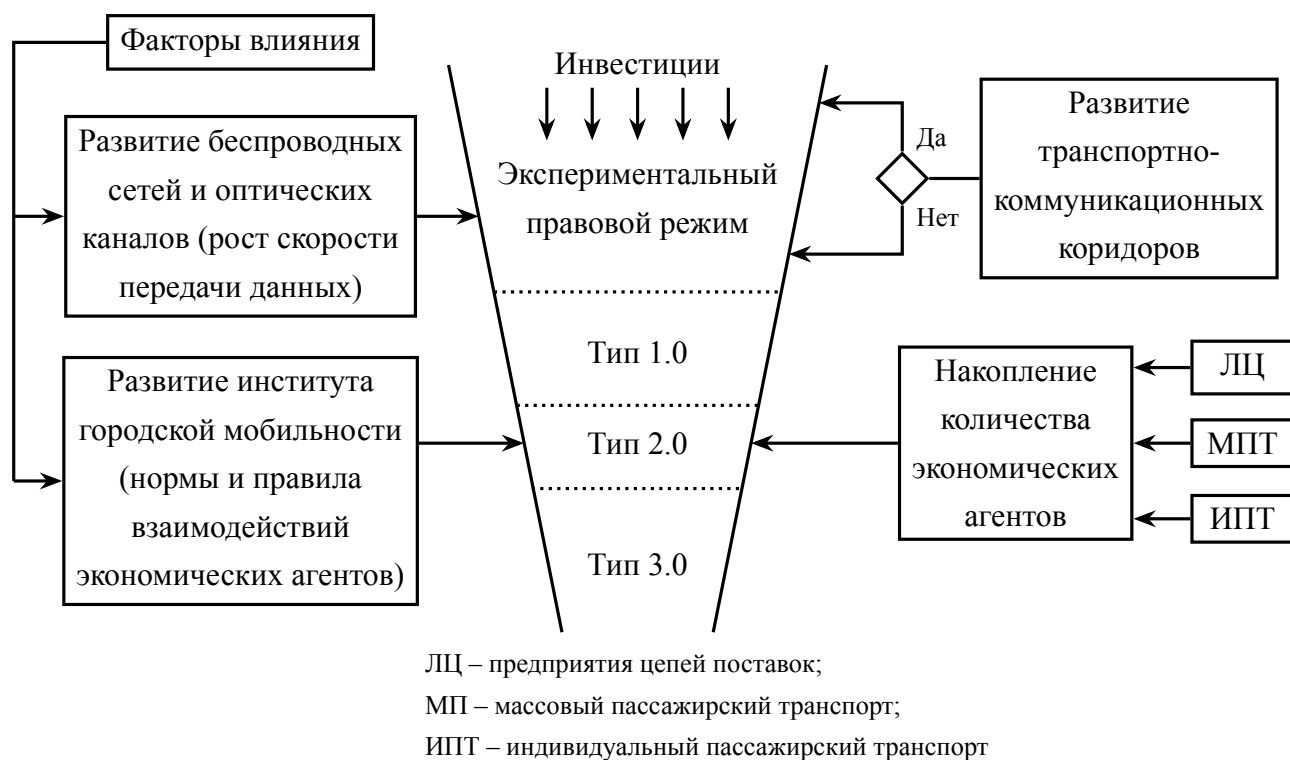


Рисунок 3.10 – Механизм достижения критериев трансформации ТЛС умного города в области адаптивной логистической координации

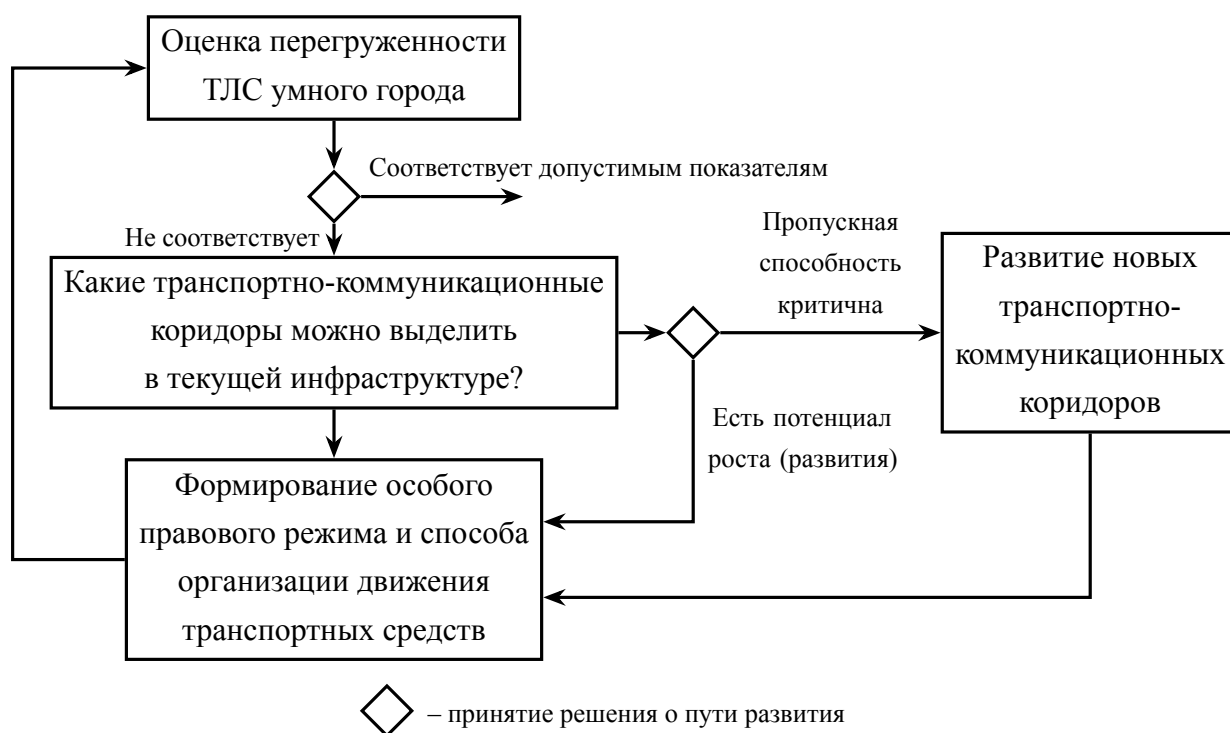


Рисунок 3.11 – Оценка перегруженности и механизм развития транспортно-коммуникационных коридоров в ТЛС умного города

Авторское видение комплексности для большинства экономических агентов позволит обеспечить рост согласованности транзакций, но не в полной мере ответит на вопрос о сотрудничестве и доверии, что должно определяться соответствующими институтами, позволяющими снизить уровень транзакционных издержек. Как известно, что на объем издержек влияют количество и эволюционный отбор экономических агентов, отличающихся критериями и качеством функционирования; при этом происходит формирование критериев оценки ТЛС умного города, которые можно назвать «устоявшимся большинством» (по количеству агентов). Данное утверждение позволяет говорить о приближении соответствующего уровня адаптивной логистической координации и снижении транзакционных издержек.

Можно согласиться с Ф.А. Хайеком [356], считающим, что минимизация издержек на ресурсах и материалах несущественна, а доминируют те системы, в которых уровень транзакционных издержек минимален. Достижение данного показателя возможно только при скоординированности функционирования всех экономических агентов, при этом экономия будет выступать категорией достижения эффективности при переходе к новым современным институтам развития.

Как указано выше, необходимо учитывать качество передачи информации в процессе развития сетей при росте скорости по оптическим каналам и беспроводным сетям передачи данных (3G, 4G, 5G). Создание «правил игры» требует инвестиций или трансформационных издержек, которые существенны, но эффект от внедрения в ретроспективе их окупит.

Формирование института городской мобильности имеет прямую структурную связь с количественным показателем, или множеством, экономических агентов при росте доверия и сотрудничества, что реализуется с помощью CSRP в экосистеме ТЛС умного города. Сформулируем принципы моделирования института городской мобильности, а также их научную идею и применение (табл. 3.11).

Авторское предложение позволяет существенно дополнить моделирование нового направления городской логистики в области формирования норм и правил адаптивной логистической координации, выстраиваемой на основе идеологии экономического развития и объясняемой первичностью его эволюционного отбора из прочих альтернатив. При этом логистическая координация процессов выступает основной идеей, которую возможно реализовать с помощью авторского комплекса теоретико-методологических решений.

Применение авторского подхода позволит спроектировать единую интегрированную систему управления транспортно-логистической системой умного города [287; 519] и всеми процессами ее функционирования, постоянного обновления и совершенствования; сама же структура должна определяться доминантными и комплементарными элементами института городской мобильности (табл. 3.12).

Приведенные элементы должны обеспечивать все взаимодействия в области развития ТЛС умного города. Сегодня они трансформируются путем создания инфраструктуры мирового уровня, обеспечивая потребности собственными софтом, оборудованием, кадрами, замещая функции человека автоматизированными алгоритмами при новой системе хозяйствования. В итоге это поможет достичь более высокого уровня межорганизационного взаимодействия и сотрудничества между экономическими агентами и более высоких показателей адаптивной логистической координации, а также предоставит возможность изменить структуру, методы и формы цифровой трансформации при заданном уровне транзакционных издержек в рассматриваемых системах.

Таблица 3.11 – Моделирование института городской мобильности с целью развития адаптивной логистической координации (составлено по: [324])

Уровень	Научный принцип	Научная идея	Применение
Проектирование	– основано на классификации потоковых процессов, выделении трений, а также на определении ценности взаимодействий; – учитывает рост качества жизнедеятельности человека как социально-экономическую цель эволюционного развития	– разделение институтов логистики по сферам функционирования с учетом их роли в социально-экономическом развитии и процессах логистической координации	– определение целесообразности подстраивания развития инфраструктуры мирового уровня под потребности экономических агентов
Распределение	– фокусируется на будущей потоковой модели организации и управления процессами; реализуется с помощью теорий социального действия, рационального выбора, «конституции экономической политики» и с учетом норм (правил) поведения экономических агентов; – формирование правил и норм выступает некоей категорией выбора между ценностью действия и экономией согласно теории ожидаемой полезности и синкретической теории	– скоординированность процессов возможна только при внедрении Индустрии 4.0 и 5.0, а также при развитии интеллектуальной инфраструктуры, превосходящей возможности человека принимать решения; – адаптивная логистическая координация между экономическими агентами достижима при формировании единой экосистемы ТЛС умного города	– формирование децентрализованной системы управления
Измерение	– реализуется с помощью оценки транзакций на функционирование и развитие системы управления процессами	– институциональная структура оценивается уровнем перегруженности ТЛС и экономией для экономических агентов	– оценка при выделении индикаторов функционирования и развитии социально-экономической системы; – измерение институциональной среды ТЛС умного города институциональной матрицей
Эволюция	– формируется с позиции теории транзакционных издержек и оптимального контракта	– моделирование института городской мобильности	– используется как механизм развития адаптивной логистической координации

Таблица 3.12 – Элементы института городской мобильности транспортно-логистической системы умного города

Элементы института городской мобильности	
Доминантные	Комплементарные
– развитие транспортно-логистической, цифровой и интеллектуальной инфраструктуры; – формирование единой экосистемы	– развитие человеческого капитала; – становление высокотехнологичных и ресурсосберегающих производств полного цикла; – развитие информационно-коммуникативных технологий Индустрии 4.0 и 5.0

Следует подчеркнуть, что государство, влиятельные группы могут, однако, сдерживать изменения, но смарт-процессы все же способствуют преобразованиям, и трансформационные издержки входят в перечень затрат бизнеса, для которого критично внедрение инноваций по получению преимуществ, но оптимизация потоковых процессов не может быть осуществлена только за его счет. Именно поэтому сегодня необходим комплексный альтернативный подход, учитывающий интересы всех сторон и обеспечивающий экономию и планомерное развитие ТЛС умного города.

Полагаем, что, с одной стороны, сотрудничество экономических агентов выступает как альтернатива и необходимый этап взаимодействия для достижения конкурентных преимуществ в целях совместного развития. С другой стороны, ограничителем вовлеченности, доверия и сотрудничества является институциональная матрица, для каждой ТЛС своя по причине различающихся механизмов хозяйствования:

- для стран с развитой рыночной системой – это институты рынка, конкуренции, обмена, частной собственности, субсидиарности и пр.;
- для развивающихся стран – институты общественно-служебной собственности, раздачи, сдачи, служебной организации труда, административных жалоб и пр.

Достигнутая субсидиарность, которая со временем меняется в зависимости от воли и мотивов экономических агентов, обеспечивает рост качества жизни человека и позволяет влиять на потоковые процессы, а также формирует запросы на инновации, улучшающие организацию последних. Роста доверия можно достичь с помощью открытой архитектуры, обратной связи, справедливого распределения рисков, а также ограничив оппортунистическое поведение потребителей при развитии социальных инноваций, которые сегодня существенно влияют на

технологические улучшения. Благодаря сотрудничеству экономических агентов в рамках ТЛС умного города можно выделить идеализированное представление об ожидаемом эффекте от адаптивной логистической координации потоковых процессов, при которой в рамках естественного отбора и эволюционного развития замещаются те агенты, которые проиграли конкурентную борьбу. Победители приобретают все преимущества взаимного развития, обеспечивая рост клиентов, получение прибыли, обновление активов при активизации инновационных и наукоемких секторов экономики и пр. Подчеркнем: экономические агенты, получившие заданные преимущества на определенном отрезке времени в рамках эволюционного отбора, однако, могут утратить свои позиции или завершить свой жизненный цикл функционирования.

В транспортно-логистической системе умного города сочетаются все приведенные выше элементы института городской мобильности, формирующие институциональную матрицу ТЛС умного города (рис. 3.12).

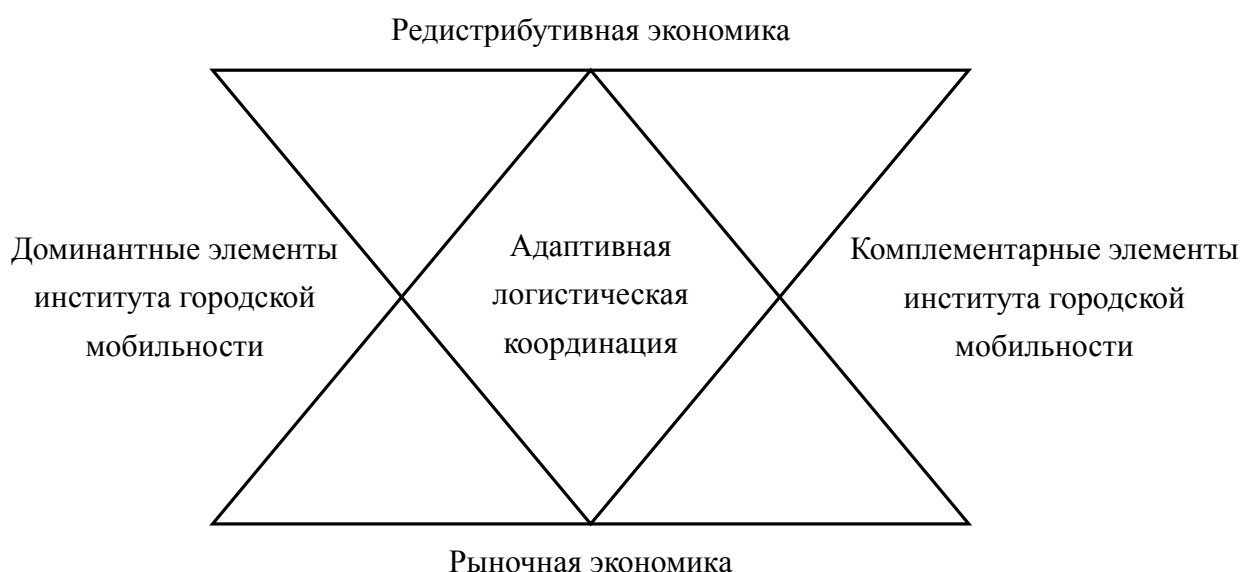


Рисунок 3.12 – Институциональная матрица ТЛС умного города

Уместно повторить, что социально-экономическое развитие любого города, уровень зрелости и имплементации технологических решений, покупательная способность, управление, безопасность, человеческий капитал, охрана окружающей среды и деловая активность экономических агентов оказывают необходимое потоковое воздействие на «умность» ТЛС умного города.

Предпринимательство и инвестиционные программы также влияют на развитие информационно-коммуникационных технологий на всех уровнях управления и взаимодействия, обеспечивая интенсивные контрактные отношения. И в этой ситуации институциональная матрица описывает координацию взаимодействий экономических агентов по двум принципам – «Я – Мы» и «Мы – Я», что позволяет принимать взвешенные решения по проблемам функционирования и развития экосистемы ТЛС умного города: не отменяются воля и экономические мотивы человека, но предлагается вариативность решений, которые обеспечивают адаптивную логистическую координацию. Гибкость в вопросах обеспечения мобильности и ее развития, улучшения текущих процессов – прерогатива человека, а рутина, вариативность, прогностика, контрактные отношения, контроль и прозрачность – приоритеты технологий Индустрии 4.0 и 5.0. И всё это – атрибуты единой экосистемы ТЛС умного города и теории городской логистики.

Рассмотрим, как влияют институциональные отношения и смарт-процессы на научную основу городской логистики [301].

1. Технологии Индустрии 4.0 и 5.0 как основа конкурентных преимуществ для любой системы обеспечивают замену рутинных операций в области межфункционального и межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами, позволяют определить перспективные направления развития и высвободить экономические ресурсы для достижения цели, создать систему управления с минимальными транзакционными издержками. Технологии машинного обучения, нейросети, искусственный интеллект и большие данные позволяют, учитывая множество показателей не одномоментно, а в реальном режиме времени, обеспечить предикативную аналитику в области развития адаптивной логистической координации между экономическими агентами. Использование распределенного реестра данных гарантирует достоверность, точность, безопасность, надежность, сохранность записей, а также высокую масштабируемость решений и качественное выполнение контрактных обязательств.

2. Единая экосистема ТЛС умного города позволяет рассматривать все потоковые и непотоковые процессы не изолированно, а в совокупности. Интеллектуальная транспортная система сконцентрирована на развитии адаптивных систем управления трафиком; сегодня она не способна полностью ликвидировать городские пробки. Внедрение высокоавтоматизированных транспортных средств на до-

рогах общего пользования требует весомых инвестиций. При этом для достижения лучшего результата необходим комплексный, альтернативный подход, учитывающий не только ограниченное пространство транспортной сети, но и правила и механизмы взаимодействия при текущем тренде цифровизации. Кроме того, существующая система развития городских систем не является гибкой, она ориентирована на редистрибутивно-рыночный подход и не может учитывать постоянно изменяющиеся волю, экономические мотивы и пожелания населения и бизнеса. Следовательно, развитие единой экосистемы в области контроля, сервисной поддержки, трансформации, взаимодействия, генерации знаний, внедрения и обеспечения процесса транспортировки для снижения системных трений весьма востребовано и актуально.

3. Наличие автоматизированных алгоритмов с высокой степенью достоверности, а также рост вовлеченности, доверия, сотрудничества, дивергентности, адаптивной логистической координации и расширение обратной связи позволяют сформировать конкурентные отношения, ориентированные на устойчивое развитие ТЛС умного города. Межорганизационная координация, наблюдаемая в процессе транспортировки, зависит от рационального выбора маршрута передвижения, но в других аспектах и смарт-процессах она, подвергаясь влиянию стохастических факторов, замедляется и испытывает системные трения. Учесть и предсказать это возможно только при вовлечении человека в принятие решений о функционировании и развитии ТЛС, что должно реализовываться в рамках принципов кумулятивной причинности, CSRP-системы и экосистемного подхода.

4. Создание условий эффективной конкуренции и т.н. естественный отбор инициируют социальное предпринимательство и развитие новых идей, реализация которых повышает качество жизни человека в городе. Поиск идей сейчас происходит через социальные сети, коллаборации. Однако часть их не доходят до адресата. Поэтому необходим компаративно-аналитический анализ технологий, реализуемых в умных городах мира, ориентированных на рост мобильности и качество жизни человека. Генерация знаний и их внедрение также должны проходить отбор на перспективность, а процессы имплементации и запуска их реализации должны быть минимальными в силу того, что воля, экономические мотивы и желания человека непостоянны.

5. Децентрализация, наблюдаемая в транспортно-логистических системах, позволяет снизить риски бесперебойного функционирования экосистемы, обеспечить ее гиперконвергентность и динамический характер. Инфраструктура ТЛС умного города – это своеобразный симбиоз коммерческого, государственного и потребительского компонентов. При постоянном развитии технологий, внедрении инноваций она подвержена устареванию. Использование лучших практик управления инфраструктурой (таких, как *ITIL*, *BISML*, *ASL*, *COBIT*), а также применение децентрализованной системы (*Hadoop Distributed File System*) позволяет автоматизировать вычисления и хранение информации, снизить совокупную стоимость владения и ее развертывания.

6. Открытая архитектура экосистемы ТЛС умного города гарантирует высокую степень ее прозрачности, синхронность процессов, безотказность самой системы, а также единый подход к обеспечению информационной безопасности и удобство пользовательского интерфейса. Помимо этого, проектирование и развертывание такой системы более экономично и менее затратно; при этом системный агрегатор является важнейшим звеном, к которому предъявляются самые жесткие требования.

7. Развитие мобильности как услуги позволяет сформировать любое перемещение в границах муниципального образования по принципу адаптивной эффективности, главными показателями которой выступают время и затраты, а показателем эффективности всей ТЛС умного города – экономия времени и денег для каждого экономического агента в год. Развитие систем доставки, в том числе, использование дронов, каршеринга, средств малой мобильности и пр., реализуемых бизнесом как параллельные направления, происходит во взаимодействии с единой экосистемой при принятии решения о способе передвижения с учетом требований потребителей, ограничений и альтернатив самой системы.

8. Формирование института городской мобильности – один из главных элементов управления в условиях становления Индустрии 4.0 и 5.0, когда необходимы новые правила взаимодействия экономических агентов в городе. Если сейчас текущие нормы отражают интеллектуальные транспортные системы, контрактные отношения между хозяйствующими субъектами, правила перевозки, технические стандарты, принятые модели и пр., то сформированная система замкнутого цикла, такая как ТЛС умного города, позволит обеспечить не только выполнение потоко-

вых и непотоковых процессов, но и прогнозировать и сокращенно имплементировать улучшения в реальном режиме времени. Посредством смарт-контрактов в этой ситуации можно сформировать децентрализованную транзакционную экосистему ТЛС умного города, включающую в себя все элементы (ИТС, ВАТС, «сквозные технологии» и пр.). Моделируя институт городской мобильности, можно выделить научные принципы, идеи и область его применения на всех уровнях – при проектировании, распределении, измерении и эволюции.

9. Развитие транспортно-коммуникационных коридоров как один из элементов корректирующей детерминанты городской логистики позволит в текущих условиях ускоренно трансформировать транспортные системы и снизить их пиковую перегруженность; это, в свою очередь, приведет к снижению затрат экономических агентов и повышению качества сервиса. Организация транспортного процесса в системе бронирования позволит нивелировать пики перегруженности, обеспечит межорганизационную логистическую координацию для бизнеса, снизит для всех участников эксплуатационные затраты, сократит время в пути товаров и пассажиров.

10. Транспортно-логистическая система умного города трансформируется в зависимости от количества вовлеченных экономических агентов, которые на своем уровне должны пройти оцифровку в системе управления (для предприятия) и иметь доступ к сети. Совершенно очевидно, что выбор пути развития ТЛС умного города зависит от механизма достижения критериев ее трансформации, развития транспортно-коммуникационных коридоров; с целью роста мобильности для человека создаются условия, когда он волен сам принимать решения и влиять на изменение сервиса и прочие характеристики ТЛС умного города.

Сегодня технологические улучшения иницируются в основном бизнесом, который хочет иметь оптимальные условия и сроки возврата инвестиций. Транспортно-логистическая система умного города, формируемая на базе существующей инфраструктуры и с учетом текущих программ развития и участия стейкхолдеров, нуждается в корректировке управления процессами и во внедрении некоторых новых организационно-технологических решений, что позволит обеспечить ее перманентное обновление.

3.3. Построение единой распределенной экосистемы ТЛС умного города

Цифровизацию ТЛС умного города в текущем периоде можно охарактеризовать как комплексную. Почти в каждом умном городе имеются: система видеонаблюдения (*Closed Circuit TV cameras, CCTV*); специальные знаки с изменяемыми сообщениями (*Variable message signs, VMS*) и ограничениями скорости (*Variable Speed Limit Signs, VSL*); система информирования для водителей (*Advanced Passenger Information City System, APIS*), которая призвана влиять на поведение водителя, предоставляя информацию о времени поездки по различным вариантам маршрута; система взимания платы за проезд (*Electronic Toll Collection, ETC*); система информирования жителей о движении общественного транспорта через информационные табло на остановках, в транспорте и через специальные сервисы и приложения; система управления автопарком (*Fleet management systems, FMS*), которая позволяет контролировать дислокацию, маршрут, расход топлива автомобиля, выбросы CO_2 и проводить диагностику транспортных средств для определения проблем и предлагать их возможные решения.

Также интегрированы адаптивные системы движения и управления трафиком (*Urban Traffic Control, UTC*), *Area Traffic Control, ATC*) или их аналоги. Внедряются интеллектуальные системы (*Intelligent Traffic Management System, ITMS*), которые осуществляют сбор информации в реальном режиме времени, используя камеры *J-Eye (Junction Electronic Eyes)*, зондирующие транспортные средства (в основном, такси) для сбора информации о дорожных условиях (*TrafficScan*), и систему мониторинга скоростных автомагистралей (*EMAS*) и пр.

Во многих умных городах получили развитие системы управления общественным транспортом и реагирования на аварийные ситуации (*Public Transport Information and Priority System PIPT*); грузовой транспорт не допускается в дневное время в центральную часть города; внедрена система оценки перегрузки и взвешивания автомобилей в движении (*Weigh In Motion System, WMS*), а также система оплаты штрафов за перегрузку грузового транспорта (*Congestion charging, CC*).

В значительном числе умных городов вводятся системы административных ограничений (запрет на въезд, плата за проезд) для выхода из сложной экологической ситуации, решения проблем с пробками, к примеру – это система управления перегрузками и качеством воздуха (*Congestion Management and Air Quality*,

CMAQ) или ее аналоги; создаются зоны сверхнизких выбросов (*Low-Emission Zone, LEZ*); поощряется использование велосипедного движения (*Bike*). Применяются системы обнаружения тумана, мониторинга обледенения и влажности дороги и пр. Устанавливаются системы автоматического обнаружения пешеходов, пересекающих дорогу; при необходимости выделяют дополнительное время для фазы ходьбы (в зависимости от возраста человека), к примеру – система *Pedestrian User Friendly Intelligent, PUFFIN*.

Примеры интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для ТЛС умного города приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.13 – Подсистемы интеллектуальных транспортных систем для умных городов мира

Город	Автоматизированная система управления дорожным движением и ее подсистемы	Грузовой транспорт	Платежи	Среда
Лондон	SCOOT, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ
Нью-Йорк	S. I. College, CMAQ, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Амстердам	KCC, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ, Bike
Париж	PC Lutèce, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	Bike
Рейкьявик	SCATS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Токио	VICS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	Bike
Сингапур	GLIDE, J-Eye, I-Transport, TrafficScan, EMAS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ
Копенгаген	CITS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ, Bike
Берлин	Balance, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ, Bike
Вена	C-ITS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Гонконг	SCATS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	Octopus, CC	
Сеул	ETMS CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	T-Money, CC	
Стокгольм	IBM, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ
Осло	SCOOT, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ
Цюрих	SCOOT, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	LEZ

Город	Автоматизированная система управления дорожным движением и ее подсистемы	Грузовой транспорт	Платежи	Среда
Лос-Анджелес	LADOT, ATSC, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Чикаго	OPAC, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Торонто	SCOOT, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Сидней	SCATS, PUFFIN, Safe-T-CamTM, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	+
Мельбурн	SCRAM, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	+
Сан-Франциско	SCATS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	
Хельсинки	SCOOT, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	+
Вашингтон	OPAC, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	+
Мадрид	ITACA, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	+
Бостон	SCATS, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	ETC, CC	+
Москва	SCOOT, CCTV, VMS, VSL, APIS, FMS, PIPT, WMS	+	«Стрелка», «Тройка», CC	+

Развиваются сервисы каршеринга: *Car2Go, GoGet, Zipcar, DriveNow, Communauto, Car4away, Autonapul, LetsGo, GreenMobility, Autolib, GoCar, Enjoy, XXIimo, Bluemove, Sunfleet, Mobility Carsharing and Flinkster*, а также другие сервисы и услуги (индивидуальная мобильность, электронная коммерция и пр.).

При всей развитости цифровой инфраструктуры в городе сегодня наметилась тенденция ухода от централизации управления – налицо переход от парадигмы C_3 («управление, вычисление и связь») к парадигме C_5 («управление, вычисление, связь, стоимость на протяжении всего жизненного цикла»), что снижает транзакционные издержки. Основные условия их определения следующие:

- меньший объем затрат на развитие умной инфраструктуры;
- единая экосистема, включая динамическую систему ценообразования, зависящая от времени суток, условий движения, возможных альтернатив; при этом размер издержек в каждом варианте – величина постоянная, обусловленная информированием потребителей и стимулированием рационального выбора способа передвижения;

– снижение системных трений при внедрении цифровых технологий Индустрии 4.0 и 5.0, превосходящих человеческие возможности, приводит к росту доверия и стимулирует сотрудничество между основными участниками.

Отметим весомый вклад в исследование проблемы децентрализации в логистике следующих ученых-логистов: В.В. Щербаков, Г.Ю. Силкина [383], Т.Г. Шульженко [607], Г.В. Зубаков, О.Д. Проценко, И.О. Проценко [128], К.А. Ксенофонта [166], В.И. Сергеев [311], В.Н. Трегубов [342] и др., большое внимание уделяющих именно технологиям, правовой сфере, алгоритмам консенсусов (способам обработки информации), архитектуре и интеграции различных приложений смарт-контрактов и пр.

Существует множество универсальных платформ, на которых развиваются смарт-контракты (табл. 3.14).

Таблица 3.14 – Универсальные платформы развития смарт-контрактов и их характеристики (составлено по: [585; 673])

Платформа	Алгоритм консенсуса	Количество транзакций, ед./с	Публичная сеть	Центр компетенций	Контрибьюторы, ед.
EOS	D-PoS	до 1 275	Есть	–	192
Ergo	PoW	–	–	Есть	20
Ethereum	PoW	15	–	–	430
Exonum	BFT	–	5 000	Есть	46
Hashgraph Hedera	DAG	10	Есть	–	11
Hyperledger Fabric	PBFT	20 000	–	Есть	187
ICON	BFT	9 000	Есть	–	11
IOTA	DAG	–	Есть	–	38
MultiChain	BFT	2,5	Есть	–	4
NEM	BFT	4 000	Есть	–	4
OpenChain	BFT	1 000	Есть	–	1
R3 Corda	BFT	6 300	Есть	–	151
Tezos	PoS	4 000	Есть	–	1
Vostok	Various	–	–	Есть	–
Waves	PoS	1000	Есть	Есть	54

Развертывание контракта на данных платформах является платным (от \$ 40 до \$ 422), но за исполнение контракта существуют как платные (до \$ 27), так

и бесплатные транзакции. В первую очередь в мире востребованы платформы *Ethereum, Hyperledger Fabric, RSK, EOS, TRON, Stellar*; на российском рынке заслуживают внимания разработки *Waves* и *Exonum* при аналогичной системе реализации смарт-контрактов. Сделаем акцент: наличие публичной сети является одним из важных факторов исполнения смарт-контрактов, так как доверительного центра компетенций, обеспечивающего инициацию развития в виде платформы. Также огромную роль играет количество контрибьюторов, занимающихся разработкой и совершенствованием системы.

Помимо этого, сегодня в условиях децентрализации активно развиваются цифровые платформы по предоставлению транспортных услуг – *Analytics, BlaBlaCar, Mindsphere, Predix, Rio, Skywise, Yandex, Uber* и пр., которые в будущем станут ориентироваться на беспилотные автомобильные перевозки, на применение дронов, искусственного интеллекта, на оптимизацию «последней мили» и пр.

Развитие транспортно-логистической системы умного города в рамках существующей инфраструктуры при использовании теории городской логистики позволит решить проблемы перегруженности на кратко- и среднесрочную перспективу, а также организовать в рамках децентрализации сбор, анализ, хранение и распределение информации для эффективной логистической координации [586].

По долгосрочным прогнозам, интеллектуальная транспортная система и приведенные платформы будут реализованы согласно общей концепции цифровизации Индустрии 4.0 и 5.0, замещая рутину. Результат – снижение транзакционных издержек. Их совместное развитие призвано способствовать формированию в информационном пространстве открытой, единой экосистемы ТЛС умного города, способствующей предоставлению услуг транспортировки в реальном режиме времени под запросы любого экономического агента. При этом рост трансформационных издержек продиктован целями и задачами устойчивого развития, связан с выделенными критериями, влияющими на методы, подходы и способы оптимизации при соответствующем уровне финансовых затрат.

Используя децентрализацию, можно понизить уровень трансформационных издержек, поскольку они распределяются на всех участников экосистемы транспортно-логистической системы умного города, но для реализации этой цели необходимо соблюдать правила (нормы) обеспечения адаптивной логистической

координации в рамках единой системы управления. Поэтому функциональные блоки экосистемы ТЛС умного города (рис. 3.13) должны включать в себя как открытые, так и закрытые смарт-контракты; основные же усилия необходимо направить на формирование открытой архитектуры, способной привлечь большее количество потребителей для ее поддержки и развития.

Формируемая экосистема управления потоковыми процессами функционирует в сетях P2P в виде последующего этапа развития современных информационных сетей. Используемые смарт-контракты и CDN обеспечивают достоверность информации и снижают потребности в постоянном обновлении инфраструктуры. Развитие равноправных узлов, включая смартфоны, персональные компьютеры, АСУ и пр., позволяет перераспределить нагрузку на сети и снизить инвестиции в формирование систем обработки данных, поскольку вычислительные мощности объединены.

Экономические агенты подключаются к пиринговой сети с помощью идентификатора, который соотносится с выбранным узлом сети, и получают доступ к услугам и сервисам в области транспортировки. Возможно использование коммуникационного и прочего оборудования стейкхолдеров, исследователей, разработчиков, стартаперов, производителей и др., которые подключены в текущий момент к общей сети.

Следует подчеркнуть, что ноды (узлы, компьютеры-серверы) предоставляют участникам своей группы определенный набор сервисов, и это позволяет, их ограничив, снизить нагрузку на умную инфраструктуру. Количество узлов можно определить с учетом уровня безопасности и вида экономического агента в рамках транспортно-коммуникационных коридоров, создаваемых на мезоуровне. Экономические агенты могут выстраивать отношения, не используя серверное оборудование, а напрямую – по пайпам, тем самым обеспечив более высокую степень координации и взаимодействия.

Домохозяйства и фирмы через средства коммуникации имеют возможность заключить сделку на передвижение при/без использования высокоавтоматизированных автотранспортных средств по транспортно-коммуникационным коридорам. Помимо этого они обеспечивают сбор информации, инициируют разработки по улучшению взаимодействий между экономическими агентами, способствуют достижению роста мобильности и оптимизации текущих процессов.

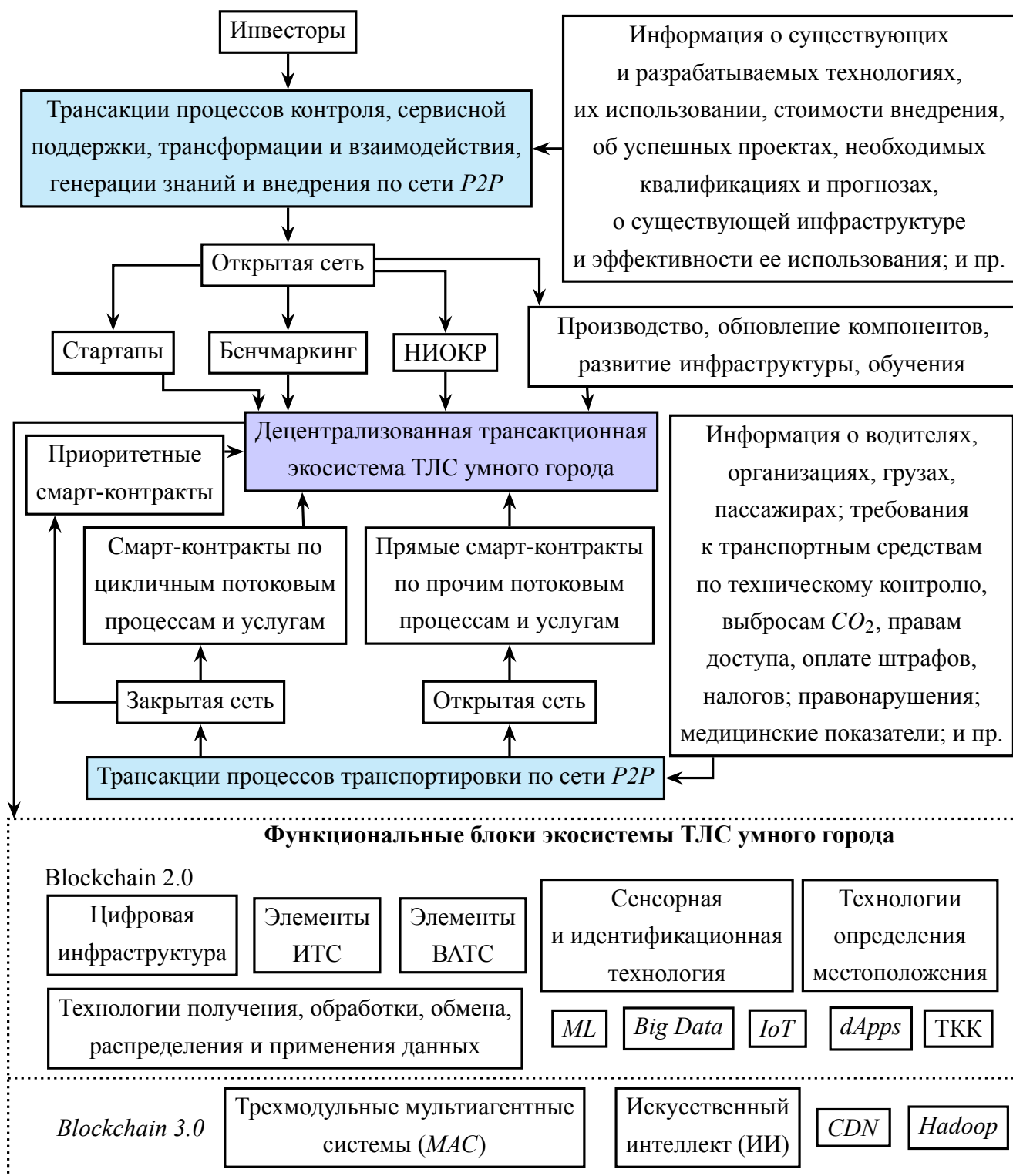


Рисунок 3.13 – Функциональные блоки экосистемы транспортно-логистической системы умного города [300]

Серверное оборудование и CDN, используемые для балансировки нагрузки, необходимы для сбора, структурирования и анализа информации о ситуации на дорогах общего пользования; также их применяют для принятия оперативных решений в рамках развития интеллектуальных транспортных систем и функционирования ТЛС умного города.

Предлагаемые компоненты экосистемы ТЛС умного города, функционирующие по технологии *Blockchain 2.0* с перспективой развития до *Blockchain 3.0*, позволяют в ускоренном режиме осуществить переход к кооперативным и автономным интеллектуальным системам.

Авторский вариант децентрализованной транзакционной экосистемы ТЛС умного города представляет собой гиперконвергентную и трейдинговую систему, которая обеспечивает перманентную логистическую координацию потоковых процессов, а именно: контроль выполнения контрактов на транспортировку (передвижение) с учетом перегрузки (пересадки); проведение ремонта, обслуживание транспортно-логистической, цифровой и интеллектуальной инфраструктуры; предоставление дополнительных услуг; укомплектованность кадрами; более эффективное использование общественного транспорта.

Разделение деятельности экосистемы ТЛС умного города, прежде всего в социально-экономическом аспекте, на две группы процессов – функционирования и развития – при объединении разрозненных баз данных позволяет сконцентрироваться на эволюционной составляющей ее формирования. В рамках институционально-эволюционной экономической теории это инициирует развитие и организует функционирование механизмов совершенствования системы под запросы потребителей при активизации стартапов, бенчмаркинга и НИОКР, а также трансформирует текущие нормы и правила взаимодействия между экономическими агентами в реальном режиме времени.

Большое значение имеет компаративно-генетический подход к анализу существующих технологий, реализованных проектов, к достигнутым эффектам и стоимости их внедрения. Его результат – формируются модели развития ТЛС умного города в контексте эффективного использования существующей, а также в области формирования новой умной инфраструктуры.

Цифровизация экономики, и в частности ТЛС, стимулирует появление новых специалистов, способных прогнозировать тенденции экономического развития. Изменение пула необходимых работников и улучшение качественных компетенций позволят рассматривать эту сферу как будущий инфраструктурный проект транспортно-логистической системы умного города.

Для снижения рисков информационной и кибербезопасности, риска зависимости и, наконец, для обеспечения национальной безопасности необходимы

собственные интеллектуальные решения, и экосистема ТЛС умного города иницирует и формирует цепочку «Обучение – НИОКР – Высокотехнологичное производство» с целью развития умной инфраструктуры, транспортных средств, технологий, отечественной архитектуры, позволяющих улучшить качество жизни человека.

Для исполнения смарт-контрактов в предлагаемой экосистеме ТЛС умного города управление информацией в реальном режиме времени требует: консолидированного использования баз данных о техническом состоянии транспортного средства; соблюдения экологических стандартов; оценки правонарушений, состояния здоровья; и пр. При этом смарт-контракт выступает в качестве элемента, сопровождающего внедрение современных технологий и сервисов, формирование инфраструктуры, обучение персонала и обработку собираемой информации для планирования улучшений в интересах экономических агентов и других участников потоковых процессов, а также позволяет обеспечить рациональный выбор способа оптимизации ограниченных ресурсов.

В цепях поставок заключение сделки по смарт-контракту позволит отследить происхождение товара, выделить время и место его погрузки/доставки; сам процесс транспортировки будет осуществлен согласно заданному алгоритму, с учетом рационализации движения (при минимизации простоев и остановок), а также с гарантированным финансовым обеспечением.

При использовании массового пассажирского транспорта каждая поездка должна быть заблаговременно финансово обеспечена, запрограммирована под запросы и планирование потребителя. При этом уровень конгестии массового пассажирского транспорта в контексте логистического сервиса варьируется в системе динамического ценообразования.

Смарт-контракт использования индивидуального пассажирского транспорта регулирует прохождение маршрута в заданное время. Следовательно, смарт-контракт в ТЛС умного города создает условия для планомерного и эффективного использования существующей транспортно-логистической инфраструктуры и транспортных средств, что позволяет добиться адаптивной логистической координации потоковых процессов. Помимо этого он может выступить механизмом привлечения от инвесторов капитала для развития и обновления транспортно-логистической системы.

При современном уровне развития интеллектуальной транспортной системы, в которой взаимодействуют транспортные средства и стационарная инфраструктура с целью обеспечения безопасности и эффективности трафика, выделяется сильное влияние человеческого фактора на процесс транспортировки. При этом рациональный выбор способа передвижения осуществляется в момент взаимодействия водителя, перевозчика и участника движения.

Смарт-контракт закрепляет сделку, для реализации которой необходимы «оракулы» – механизмы принятия решений, системные агрегаторы, а также оборудование для сбора данных и доступа к ним. В этой ситуации структура ТЛС умного города будет представлять собой многоуровневую конструкцию, в которой формируются смарт-контракты участников потоковых процессов, что, судя по технологии распределенного реестра данных, будет способствовать более эффективному адаптивному взаимодействию экономических агентов.

Модель бронирования маршрутов по транспортно-коммуникационным коридорам сделает возможным бесплатную эмиссию токенов CITY в том количестве, которое покрывает максимальную загруженность ТЛС умного города на определенный временной цикл (рис. 3.14).

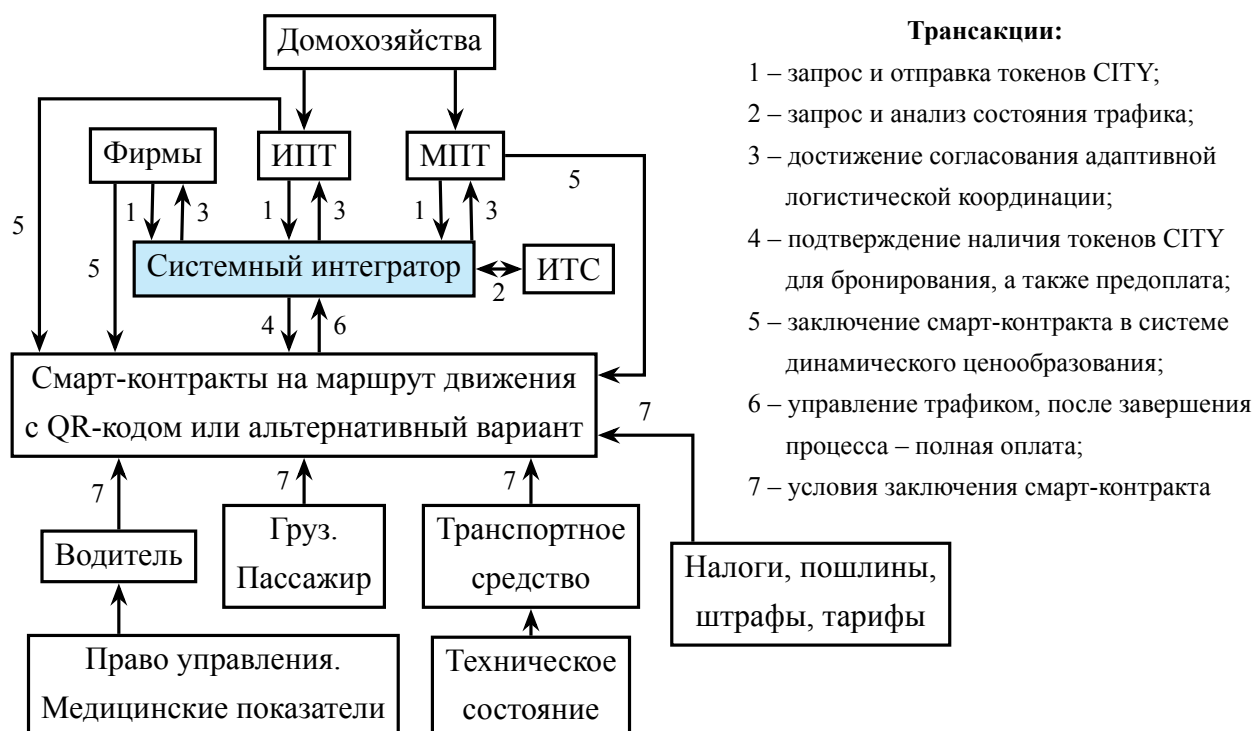


Рисунок 3.14 – Модель бронирования маршрутов по транспортно-коммуникационным коридорам в ТЛС умного города с использованием токена CITY

После запроса предлагаемых решений по перемещению, выбору и их оценке с помощью системного интегратора конгестии формируется смарт-контракт, учитывающий запросы аналогичных экономических агентов. Таким образом, у фирм появляется возможность реализовать сборный характер перемещения грузов, для МПТ формируются гибкие маршруты, для ИПТ – система попутчиков.

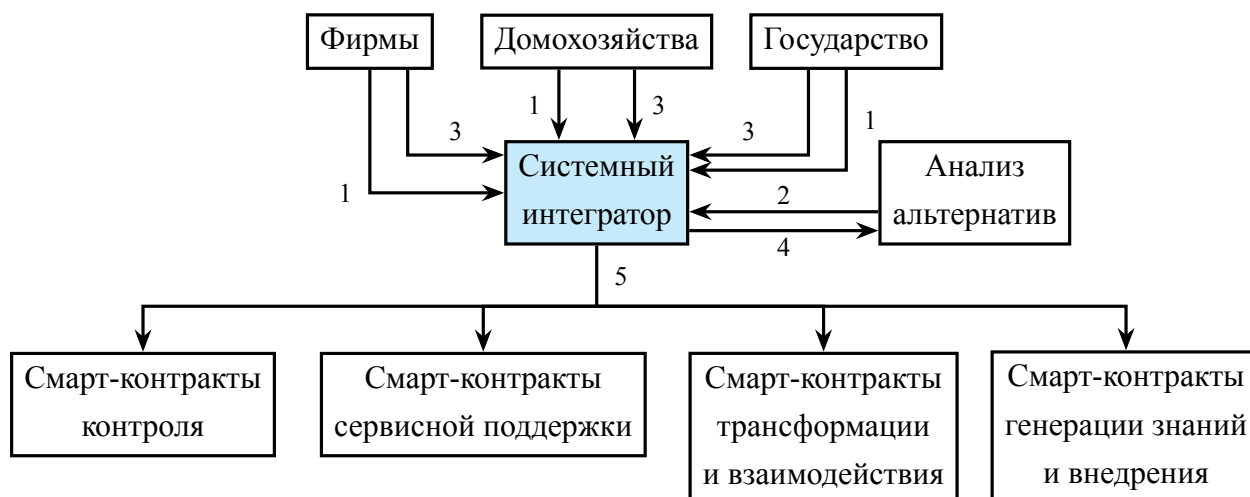
QR-код обеспечивает идентификацию экономического агента на доступ к экосистеме, а также на оплачиваемые услуги (Wi-Fi, паркинг, смена транспортного средства и пр.). Данный подход позволит использовать наиболее эффективно транспортно-коммуникационные коридоры, а альтернативой им в процессе развития технологий и использования различных схем передвижения могут выступать дроны, велосипед, такси, каршеринг, а также их комбинация.

По мнению автора диссертационного исследования, существуют следующие пути выбора управления трафиком в ТЛС умного города:

- автоматизация потоковых процессов только по транспортно-коммуникационным коридорам;
- возложение операционных функций управления транспортным средством на человека. При этом предсказательной аналитикой занимаются с помощью автоматизированных алгоритмов центры обработки данных;
- полная автоматизация ТЛС умного города.

Помимо ранее рассмотренного бронирования маршрутов необходимо создать условия для реализации смарт-контрактов, идентификации экономического агента и работы транспортного средства. Если для создания токенов CITY требуется предварительная оценка факторов, обеспечивающих доступ к экосистеме транспортно-логистической системы умного города, то при функционировании и развитии, кроме вышеназванных, существуют смарт-контракты на обеспечение согласования маршрута с муниципалитетом, с сервисной компанией, на улучшение сервиса для пользователей, на формирование умной инфраструктуры мирового уровня и инвестирование (рис. 3.15).

Экономические агенты, занятые в экосистеме ТЛС умного города, осуществляют запросы на улучшение потоковых процессов в области организации движения, которые ориентированы на изменения текущих схем и корректировку взаимодействий. Затем, в процессе анализа совокупного пула улучшений, осуществляется рациональный выбор наилучшего решения, и разрабатываются смарт-контракты.



Транзакции:

1 – рекомендация и регистрация токена CITY;	4 – выбор и оценка исполнителя проекта;
2 – запрос, анализ стоимости и выбор наилучшего варианта;	5 – инициация смарт-контрактов
3 – обратная связь с потребителями;	

Рисунок 3.15 – Модель развития транспортно-логистической системы умного города с использованием токена CITY

тракты в области контроля, сервисной поддержки, трансформации, взаимодействия, генерации знаний и их внедрения. Данная модель позволяет с помощью ранее рассмотренного компаративно-генетического подхода получить отклик на изменения моделей социально-экономического роста, постоянно находящихся в диссонансе с волей и мотивами потребителей. Как итог, смарт-контракт содержит множество показателей «Если ... (условие), то ... (действие)», которые минимизируют транзакционные издержки в области адаптивной логистической координации потоковых процессов. В целом они позволяют:

- перейти в области организации трафика от командно-административной к рыночно-редистрибутивной системе;
- сформировать единую экосистему ТЛС умного города в соответствии с запросами потребителей;
- обеспечить перманентное совершенствование, развитие системы и активизировать социальные инновации;
- оптимизировать «последнюю милю» в городе;
- гарантировать подлинность информации и качество продукции;
- обеспечить перманентное обновление активов сообразно приоритетам социально-экономического развития.

Дополним вышеизложенное следующим фактом: развитие технологии *Blockchain* в логистике позволяет отслеживать движение товаров от производителя до потребителя, оптимизировать цепочки поставок в городе, избежать неточностей и дублирования в области сбора, анализа и распределения информации. Развитие транспортно-логистической системы умного города и перевод фирм на технологию *Blockchain* даст возможность не только заменить рутинные операции межорганизационного взаимодействия экономических агентов, но и сократить их, и в целом гарантирует достоверность передаваемой цифровой информации и ускорит трансформацию системы до архитектуры Web 2.0 (3.0).

Токен CITY можно также использовать как цифровой ключ доступа к экосистеме ТЛС умного города и инициации рекомендаций по ее совершенствованию, а также для бронирования маршрутов по транспортно-коммуникационным коридорам (UC) и как механизм обновления активов.

Таким образом, системный агрегатор как главный «оракул» ТЛС умного города имеет несколько смарт-контрактов при использовании токена CITY. Все они для удобства восприятия сведены в табл. 3.15.

Таблица 3.15 – Смарт-контракты системного агрегатора в ТЛС умного города

Смарт-контракты	Пояснение
Urban corridor (UC)	Принимает заявки и формирует по заданным коридорам пул движения участника потоковых процессов. Состоит из смарт-контрактов на маршрут с участниками потоковых процессов
Internet of Things (IoT)	Осуществляет запрос на сбор информации, производит ее анализ; участвует в принятии решений из off-chain-ресурсов (вне системы Blockchain)
Intelligent Transportation System (ITS)	Запрашивает информацию о состоянии трафика в реальном режиме времени из off-chain-ресурсов
Big Data (BD)	Приводит запрос на аналитику информации к виду, позволяющему принимать решения. Формирует варианты движения, обеспечивающие достижение экономии экономическими агентами при динамическом ценообразовании
Traffic (Tr)	Обеспечивает автоматизацию потока от точки отправления до точки назначения, а также исполнение UC
Customer Synchronized Resource Planning (CSRP)	Обеспечивает согласование рекомендаций по улучшению потоковых процессов
Education (Edu)	Обеспечивает подготовку необходимых компетенций будущих специалистов

Смарт-контракты	Пояснение
Service (Serv)	Контролирует допуск и ремонт транспортного средства, софта, оборудования. Обеспечивает плановое техническое обслуживание
Finance (Fin)	Обеспечивает сбор финансовых средств от экономических агентов. Выплачивает проценты от инвестиций. Контролирует трансакции
Improvement (Impr)	Иницирует процесс улучшения и проектирования
Research (Res)	Иницирует отбор и компаративно-генетический анализ технологий и технологических решений
Implementation (Impl)	Отслеживает процесс закупки. Определяет качество материалов, работ и экспертизы
Contesting (Con)	Способствует страхованию рисков. Обеспечивает оспаривание финансовых трансакций
Oracular (Orl)	Выступает арбитром при принятии решений с помощью автоматизированных алгоритмов. Запускает процессы аудита системы

Для обеспечения экономической и кибербезопасности системы смарт-контрактов ТЛС умного города необходимо предусмотреть на первом этапе их формирования фиксированную стоимость токена CITY, чтобы избежать резких скачков курса и спекулятивной составляющей. Помимо этого требуется обеспечить компьютерам-серверам (от 33 % до 51 % количества), участвующим в консенсус-алгоритме, более высокую степень защиты. Однако проблема выбора универсальной платформы находится в плоскости не только кибербезопасности, но и использования отечественных продуктов или доработки зарубежных платформ под национальные стандарты.

Важные моменты в свете изложенного – формирование доверительного центра компетенций, наличие *Software Development Kit (SDK*, набора средств разработки), развитие субтехнологий в области распределенного реестра данных, а именно обеспечения целостности и непротиворечивости информации, ее организации, синхронизации, создания и исполнения децентрализованных приложений и смарт-контрактов.

Недостаточная пропускная способность универсальных платформ, наблюдаемая в процессе развития смарт-контрактов на корпоративных и потребительских рынках, являлась проблемой, ограничивающей их использование, но применение шардинга в 2025 г. обеспечило рост их производительности (увеличение количества трансакций до 100 тыс./с) [675], что кардинально изменило ситуацию

и позволило активизировать усилия по внедрению инноваций на перечисленные выше рынки, а также в области перехода к рыночно-дистрибутивной системе – при организации движения и оптимизации «последней мили» в логистике.

Технологии распределенного реестра данных, позволяющие автоматизировать процессы обработки заказов и управления запасами, тендеры (закупку), и минимизировать фальсификацию, сегодня также внедряются в области отслеживания грузов. Их внедрение в ТЛС умного города поможет добиться прозрачности, достоверности информации и сократить операционные затраты транспортных предприятий и потребителей.

Смарт-контракты связаны и получают информацию из *off-chain*-ресурсов или *blockchain* (из внешних источников и сети распределенного реестра данных), поэтому при их выполнении важно выбрать оптимальный способ определения адаптивной эффективности (рассмотрен автором ранее, см. гл. 2, рис. 2.4).

Адаптивная эффективность смарт-контрактов по транспортно-коммуникационным коридорам достигается в случае обратной связи с потребителем по времени транспортировки, цене и прочим метрикам выбора. Динамическое ценообразование выступает частью данного алгоритма при согласовании маршрута; при этом критичным является соблюдение времени передвижения по ТКК, а сервис в области предоставления дополнительных услуг служит обязательным элементом смарт-контракта.

IoT, Big Data, ITS, CSRP развиваются параллельно, но технологии распределенного реестра данных, имеющие статус «сквозных» цифровых технологий, дают возможность сегодня объединить эти сферы в области функционирования и прогнозирования рационального выбора оптимизации потоковых процессов, например:

а) смарт-контракт *Traffic*. Позволяет инициировать автоматизацию в разрезе научных изысканий, которые сегодня проводятся как ведущими научными центрами и технологическими компаниями, так и стейкхолдерами. Каждая инновация проходит периоды тестирования и апробации; предпринимаются попытки имплементации высокоавтоматизированных транспортных средств по выделенным полосам на дорогах общего пользования;

б) смарт-контракты *Oracular*. Носят обеспечивающий характер, влияют на функционирование и развитие ТЛС умного города.

Автором диссертационной работы определены и добавлены в рамках доверительного центра компетенций новые особенности системного агрегатора, а именно аудит и оценка нод с целью контроля и обеспечения кибербезопасности всей экосистемы. Перевод информации в *blockchain*-систему потребует много времени для формирования достоверных, неизменяемых и прозрачных данных. Поэтому огромное значение приобретают «оракулы», а том числе программное обеспечение, позволяющее общаться с внешними системами как с частью системного агрегатора.

Развитие смарт-контрактов – необходимый элемент наиболее эффективной транспортировки грузов и людей для достижения более высокого уровня межорганизационного взаимодействия экономических агентов. Как итог, основными правилами взаимодействия в предлагаемой пиринговой сети должны выступать разработанные автором диссертационного исследования нормы взаимодействия экономических агентов в рамках института городской мобильности (табл. 3.16).

Таблица 3.16 – Нормы взаимодействия экономических агентов в сети равноправных узлов ТЛС умного города

Носитель	Хранение информации	Смарт-контракты	Максимальное количество транзакций в секунду, ед.	Лимиты транзакций, на ноду в час, ед.
Смартфоны		UC	5	10
Компьютеры (ноутбуки, планшеты)	+	UC, IoT, BD, CSRP, Tr, Edu, Serv	50	25
Сервера, публичные и частные облака	+	IoT, BD, Res, Impr, Fin, Impl, Con, Orl	1 000	100
Инфраструктура интернета вещей (умные товары)	+	IoT, Res, Fin	30	50
Автомобили, СИМ, прочие транспортные средства	+	UC, ITS, Tr	10	50
Стационарные объекты в рамках ИТС	+	UC, ITS, Tr	10	50

Для оценки выполнения процессов с помощью теоретико-методологического инструментария городской логистики необходим специальный механизм развития децентрализации экосистемы ТЛС умного города, который включает в себя все процессы – от разработки до внедрения (табл. 3.17).

Таблица 3.17 – Механизм развития децентрализации экосистемы ТЛС умного города

Этап	Необходимые технологии и направления (комплексы задач)
0	– формирование законодательной базы; – развитие архитектуры интеллектуальной информационной системы с учетом принципов смарт-контрактов; – создание пула развития инновационных предприятий, разработчиков программного обеспечения, стейкхолдеров и прочих заинтересованных сторон; – определение модели развития
1	– автоматизация складского хозяйства; – выстраивание системы ТКК под потребности и координацию ЛЦ; – развертывание нод, оракулов; – создание сервисов и служб смарт-контрактов; – обеспечение основ новых компетенций и обучения
2	– координация МПТ; – внедрение технологии автоматизации управления (L1–L2); – координация с адаптивными системами управления дорожным движением
3	– запуск автомобилей с возобновляемыми источникам энергии и электромобилей; – корректировка координации моделей ЛЦ и МПТ; – роботизация ЛЦ с применением альтернативных способов доставки грузов
4	– имплементация технологий автономных автомобилей (L3–L5); – модификация логистического сервиса ЛЦ и МПТ; – улучшение координации домохозяйств по дорогам общего пользования и с применением альтернативы и различных схем движения
5	– организация экосистемы ТЛС умного города при определенном уровне транзакционных издержек

Использование децентрализации при построении единой экосистемы ТЛС умного города открывает перспективы гармонизации потоковых процессов. В частности, на муниципальном уровне:

1) позволит перейти к распределенной системе хранения, обработки и анализа информации, а значит – снизить объем инвестиций в постоянное развитие и обновление цифровой инфраструктуры. Ее содержание будет распределяться на всех участников экосистемы, что несущественно на мезоуровне, но потребности развития и ее обновления будут сформированы самой экосистемой;

2) обеспечит формирование гибкой, устойчивой, масштабируемой и адаптивной системы управления всеми процессами, гарантирующей достоверность и надежность передаваемой информации. Запросы экономических агентов зависят от стохастических факторов, и поэтому постоянно меняются. В такой ситуации обеспечить безопасность информации – первостепенная задача, стоящая перед любой экономической системой;

3) совместное использование ресурсов позволит аккумулировать их и контролировать перманентное улучшение экосистемы по принципу «здесь и сейчас».

Способность определять перспективность проблемы, обеспечивать прозрачность и последовательность выполнения работы при постоянном контроле ресурсов – это главные достоинства распределенных систем.

По завершении анализа ключевых показателей ТЛС умного города, информационного пространства можно сделать следующие умозаключения [275; 289; 293; 297]:

- в наше время инфраструктура ТЛС умного города развивается в мире не комплексно, что обусловлено, с одной стороны, разнообразием технологий и обилием прикладных реализованных решений, а с другой – их ограничением для некоторых стран;

- большинство ТЛС умного города реализуют стратегию формирования интеллектуальных систем, параллельно происходит развитие моделей использования высокоавтоматизированных транспортных средств;

- низкий уровень перегруженности (например, Токио – 76 ч/год; Сингапур – 65 ч/год; Мадрид – 51 ч/год), а также незначительные объемы выбросов CO_2 ряда успешных ТЛС можно принять за эталон развития. Вместе с тем эти показатели можно существенно снизить, используя альтернативный подход, изложенный в данном диссертационном исследовании;

- для снижения издержек всех экономических агентов необходимо создать институт городской мобильности, который позволит определить целесообразность развития инфраструктуры, обеспечит формирование децентрализованной системы управления, поможет установить наиболее значимые индикаторы, влияющие на рост мобильности в городе, а также поможет разработать структурированный механизм развития адаптивной логистической координации;

- авторская схема взаимодействия равноправных узлов ТЛС умного города в пиринговой сети с использованием мобильных, стационарных объектов при вариативном выборе десяти участников для подтверждения подлинности смарт-контактов позволяет достичь более высокой адаптивной логистической координации между экономическими агентами;

- развивая единую распределенную экосистему ТЛС умного города, в управление которой вовлечено максимальное количество экономических аген-

тов, через систему CSRP можно обеспечить при меньшем уровне инвестиций развитие в таких областях, как контроль, сервисная поддержка, трансформация и взаимодействие, генерация знаний и их внедрение, а также транспортировка грузов и людей.

Как итог констатируем, что внедрение режима «регуляторных песочниц» является общей тенденцией тестирования готовых решений в области развития таких сложных систем, как транспортно-логистическая система умного города. Данный подход хотя и позволяет обеспечить более высокий уровень надежности умной инфраструктуры и единой экосистемы, рост мобильности и снижение потерь для экономических агентов, но не для бизнеса, стейкхолдеров и инвесторов, которым нужны именно институциональная основа и видение перспектив развития; именно они воплощены в разработанном автором диссертационного исследования институте городской мобильности.

ГЛАВА 4. ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ МОБИЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УМНОГО ГОРОДА

4.1. Проектирование компонентной структуры транспортно-логистической системы умного города

В настоящее время ТЛС на мезоуровне оцениваются по рейтинговым системам (*Technological Readiness Ranking, Environmental Performance Index, IESE Cities in Motion Index, EasyPark Smart City Index* и пр.); также осуществляется мониторинг их перегруженности в реальном режиме времени. Пул исследования – это крупные города мира, которые отличаются по кумулятивным факторам, приведенным критериям оценки, различным механизмам хозяйствования. Существуют положительные и отрицательные характеристики, которые влияют на организацию потоковых процессов в ТЛС умного города. Однако огромное разнообразие оценок не позволяет составить полную и достоверную картину того, как оценивать данные системы и сформировать единую интегрированную потоковую модель транспортно-логистической системы умного города, которая определяла бы ключевые критерии мобильности и давала прогноз потерь экономических агентов, а также способствовала бы их снижению.

В формировании ТЛС умного города сегодня участвует множество технологий и решений, которые воплощаются в готовые проекты. Но это лишь начальный этап. Для построения эффективной и мобильной транспортно-логистической системы умного города необходимо:

- оптимизировать взаимодействие экономических агентов в области адаптивной логистической координации и развития мобильности при построении единой системы управления (экосистемы ТЛС умного города);
- стимулировать развитие транспортно-коммуникационных коридоров (цифровой модели дороги), что поможет решить проблему перегруженности крупных городов здесь и сейчас;
- обеспечить массовое тестирование использования высокоавтоматизированных транспортных средств с помощью подходов, повышающих мобильность и апробацию на густонаселенных территориях.

Формирование гибкой системы замкнутого цикла как ТЛС умного города позволит решить перечисленные задачи, обеспечит экономический рост в рамках теории устойчивого развития, улучшит экологическую обстановку.

Сегодня с этой целью активно развиваются бизнес-модели, информационно-коммуникационные технологии, большое внимание уделяется подготовке кадров, патентной работе и НИОКР. При общей цифровизации выделяют два пути становления интеллектуальных транспортных систем и развития мобильности в рамках Индустрии 4.0 и 5.0:

1) машинное обучение (*ML*) транспортного средства навыкам взаимодействия с пешеходами, стационарными объектами, принятия решений по эксплуатации в экосистемах и при функционировании агрегаторов и пр.;

2) наполнение инфраструктуры современными системами учета и информирования при объединении с интеллектуальной транспортной системой, поскольку она отстает в развитии из-за несоответствия стандартам мирового уровня и высокой стоимости приведения ее в нормативный вид.

Создание «идеальной модели развития» транспортно-логистической системы умного города позволит отойти от той предпосылки, что все процессы обладают различным уровнем организованности, и прийти к одному заданному уровню, определяющему надежность и равновесность ТЛС умного города и уровень мобильности. Ее проектирование с использованием сформированной системы ограничителей, побуждений и альтернатив, позволяющих функционировать «идеальной модели» продолжительное время при новых качественных показателях, обеспечивает более высокий уровень логистической координации при меньшем уровне транзакционных издержек.

В процессе расчетов автором использована выборка ТЛС 150 умных городов; выделено 59 признаков. В табл. 4.1 приведены следующие признаки мобильности и критерии, ее определяющие – максимальные, средние и медианные значения выборки по ТЛС умных городов. Анализ показал, что на развитие мобильности и сокращение затрат для каждого экономического агента в первую очередь влияют факторы умной среды – человек, экономика, управление и городское планирование, на рост скорости – инвестиции в ИКТ, сокращение времени поездки граждан. Предлагаемая автором интеллектуальная транспортно-логистическая система умного города призвана изменить текущие подходы к модели, которые способны оптимизировать время передвижения, повысить скорость, снизить транзакционные издержки и обеспечить экономию для всех участников потоковых процессов.

Таблица 4.1 – Признаки мобильности транспортно-логистической системы умного города и критерии, ее определяющие

Признак	Критерии мобилизации					
	Среднее значение	Min	25%	50%	75%	Max
K1	44,4	26,0	37,3	43,5	58,0	58,0
K2	51,2	38,0	45,3	54,0	56,3	63,0
K3	80,4	68,0	78,0	80,5	86,0	93,0
K4	48,0	35,0	44,5	49,5	54,0	59,0
K5aa: Индекс покупательной способности (E_p)	113,6	85,8	102,1	110,4	122,2	153,3
K5ab: Индекс безопасности (E_s)	60,2	33,7	48,0	58,3	74,5	83,9
K5ac: Индекс здравоохранения (E_{hc})	71,5	61,1	67,0	70,7	77,1	83,1
K5ba: Индекс стоимости жизни (E_{cl})	73,1	35,4	67,1	73,0	80,8	107,7
K5bb: Уровень стоимости жилья к доходу (E_{ih})	12,7	3,1	8,0	11,2	15,9	31,1
K5bc: Сводный индекс загрязнения (P_{all})	42,5	12,4	29,2	40,4	58,0	77,5
K5bd: Загрязнение воды (P_w)	36,2	12,9	23,4	37,2	47,4	67,0
K5be: Индекс загрязнения воздуха (P_{air})	40,3	9,6	24,3	38,9	55,5	73,0
K5bf: Эффективность утилизации мусора (P_{gar})	32,6	10,0	23,7	30,2	39,2	56,6
K5bg: Уровень чистоты (P_{du})	38,7	16,5	27,9	33,8	48,4	70,8
K5bh: Сводный индекс трафика (I_t)	162,0	75,6	107,9	159,0	201,4	317,6
K5bi: Индекс выбросов CO_2 транспорта (P_{CO_2})	4811	1323	1936	3139	7714	14393
K6aa: Население, млн чел.	7,3	0,7	2,4	5,5	9,1	37,3
K6ab: Рост ВВП, %	2,7	0,8	1,9	2,8	2,9	6,6
K6ac: ВВП по ППС, тыс. \$	53,0	18,1	45,8	53,1	62,8	101,5
K6ad: Безработица, %	5,2	2,1	3,8	3,9	5,4	15,3
K6ae: НИОКР, % от ВВП	2,4	1,2	2,1	2,6	2,8	4,0
K6af: Адаптация граждан	87,0	62,6	83,0	88,1	91,0	100,0
K6ag: Гибкость управления	86,3	53,9	77,0	90,0	96,5	100,0
K6ah: Техническое образование	72,7	50,0	63,1	73,7	80,5	100,0
K6ai: Развитие паркинга	80,4	53,6	75,2	78,9	88,3	100,0
K6aj: Управление трафиком	74,6	53,8	69,7	74,6	79,5	92,3
K6ak: Экологичный транспорт	79,0	50,8	70,2	78,8	90,3	100,0
K6al: Инновации бизнеса	73,5	57,3	63,4	73,0	79,3	100,0
K6am: Электронная система оплаты	78,7	58,3	72,8	80,5	83,3	100,0
K6an: Доступ к интернету	75,3	66,3	71,3	72,6	76,2	100,0
K6ao: Управление отходами	70,6	50,0	67,9	70,5	73,3	81,9
K6ap: «Умная экономика»	76,9	0,0	69,8	85,0	93,6	98,9
K6aq: «Умный человек»	80,0	0,0	76,9	86,3	95,2	98,9
K6ar: «Умная окружающая среда»	59,3	0,0	34,7	62,6	87,6	98,4
K6as: «Умное управление»	82,4	0,0	80,6	88,3	93,0	98,4
K6at: Городское планирование	77,8	0,0	72,5	85,5	92,5	98,9
K6au: «Умные технологии»	82,5	0,0	75,8	86,3	94,7	98,9

Признак	Критерии мобилизации					
	Среднее значение	Min	25%	50%	75%	Max
K6av: Мобильность и транспорт	66,4	0,0	44,4	74,6	90,3	98,9
K6ba: Время поездки, мин	20,8	12,7	17,1	20,7	23,5	37,3
K6bb: Перегруженность, %	37,2	22,0	33,5	37,5	42,0	53,0
K6bc: Скорость, км/ч	25,2	14,0	22,1	25,0	29,0	37,0
K6bd: Задержка утром, мин	9,0	5,0	7,0	8,5	11,0	19,0
K6be: Задержка вечером, мин	9,0	5,0	7,0	8,5	11,0	19,0
K6bf: Потери в год, ч	79,5	51,0	58,8	79,5	90,1	148,0
K6bg: Потери в год, \$	132,6	58,0	101,9	122,0	159,5	310,0
K6c: Автомобилизация, ед. на тыс. чел.	654,1	149,0	543,8	648,0	819,5	908,0
K6da: Уровень работы на дому, %	3,9	0,0	3,2	4,0	4,7	6,9
K6db: Уровень пешей прогулки ¹ , %	14,1	2,7	10,8	13,4	18,0	27,2
K6dc: Уровень использования авто, %	36,3	9,7	17,3	24,3	52,6	87,2
K6dd: Уровень использования велосипеда, %	11,1	0,9	3,9	6,7	12,8	47,6
K6de: Уровень использования мотоцикла, %	2,1	0,0	0,4	0,9	3,3	13,9
K6df: Уровень использования автобуса, %	10,6	2,1	5,5	7,6	13,8	30,7
K6dg: Уровень использования трамвая/метро, %	21,8	1,1	12,2	16,8	33,2	52,8
K6dh: Средняя дистанция, км	20,0	9,5	13,8	15,8	24,9	53,7
K6ea: Индекс времени поездки	39,6	24,0	34,0	41,9	44,5	57,5
K6eb: Индекс времени ожидания	2498,7	24,0	428,1	2228,3	3273,8	12941
K6ec: Индекс неэффективности поездки	223,5	70,3	136,8	188,0	255,3	693,0
K7	8,5	5,0	7,8	9,0	10,0	12,0
K8	9,9	5,0	7,8	10,0	11,8	14,0

Примечание. ¹ Удельный вес граждан, которые ходят пешком до места работы и обратно.

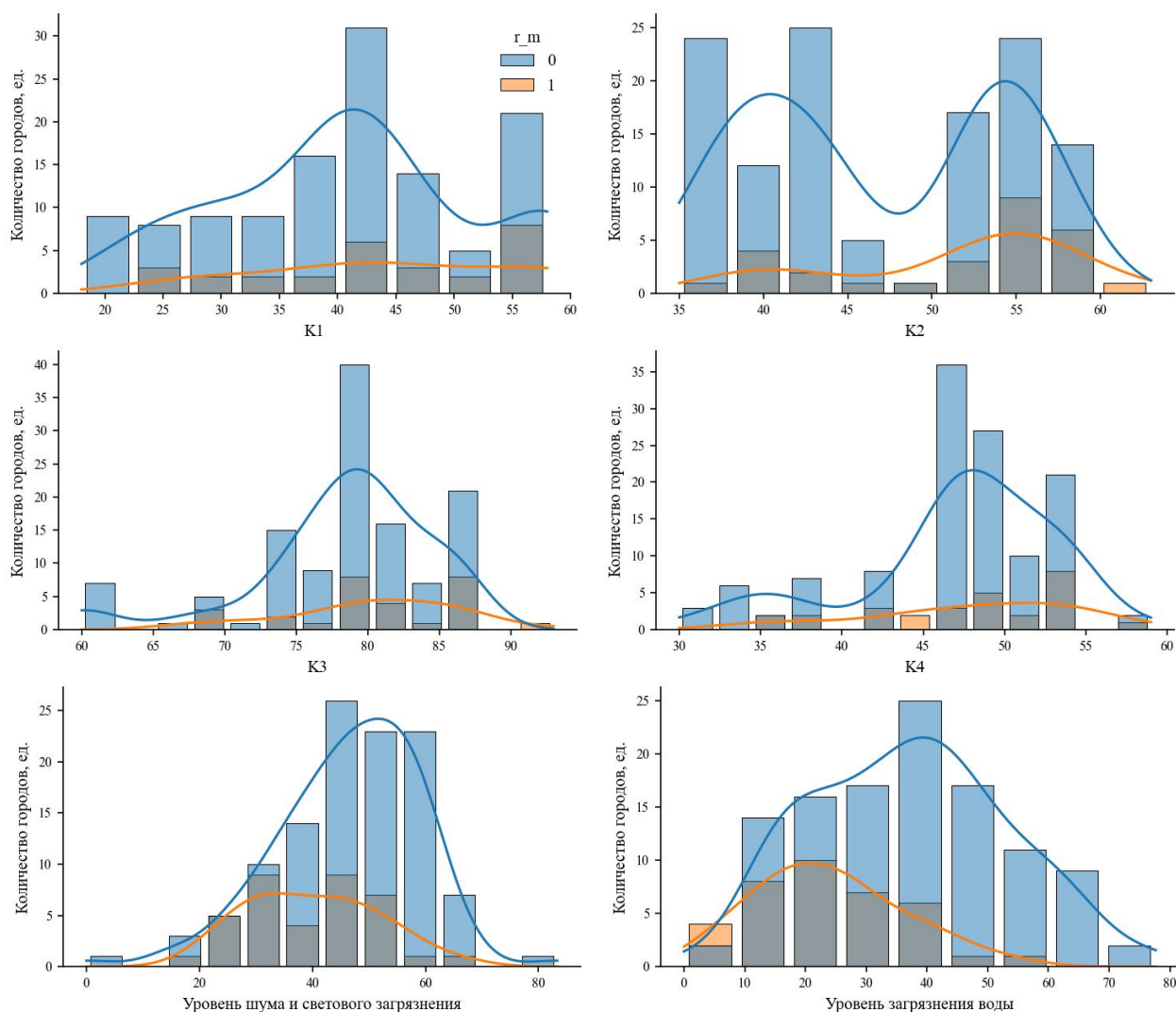
Проведем анализ мобильности на основе машинного обучения. Технология проведения анализа следующая:

- производим предобработку показателей авторской интегрированной потоковой модели ТЛС умного города при генерации целевого признака (R_m); разделяем на тренировочные, валидационные и тестовые выборки. Переводим количественные данные технологией прямого (*One-Hot Encoding*) и порядкового кодирования (*Ordinal Encoding*); масштабируем данные с помощью стандартизации и добавляем полиномиальные признаки некоторых количественных данных;
- проводим исследование с учетом корреляции признаков модели ТЛС умного города;
- решаем задачу классификации с учетом кросс-валидации: выбираем несколько моделей («случайный лес», «логистическая регрессия», «дерево реше-

ний», градиентный бустинг CatBoostClassifier и LGBMClassifier); перебираем гиперпараметры, рассчитываем долю правильных ответов (*accuracy*), ликвидируем дисбаланс, доводим метрику качества модели $AUC-ROC \geq 0,85$;

- тестируем лучшую модель и сравниваем ее с «необученной» копией.

Процесс анализа в разрезе выделенных критериев $K_1, K_2, K_3, K_4, K_7, K_8$ и целевого признака мобильности приведен на рис. 4.1; критерии K_5, K_6 будут рассмотрены далее.



r_m : 1 – «мобильный» город; 0 – город, не относящийся к категории «мобильный»

Рисунок 4.1 – Влияние критериев цифровизации $K_1, K_2, K_3, K_4, K_7, K_8$ на мобильность ТЛС умных городов

Критерии цифровизации умных городов $K_1, K_2, K_3, K_4, K_7, K_8$ характеризуются законодательскими инициативами, инвестициями в ИКТ, в облачную инфраструктуру, телекоммуникации и безопасность программного обеспечения,

а также высокими затратами на НИОКР. Помимо этого для них важны: развитие сетей 4G и 5G, волоконно-оптических сетей, защищенных интернет-серверов; развитие мобильного широкополосного доступа; высокая степень проникновения смартфонов; популяризация среди населения сети Интернет; формирование новых бизнес-моделей; и пр.

Оценка с позиции адаптивной эффективности K_5 учитывает критерии, приведенные графически на рис. 4.2 (прил. Ф).

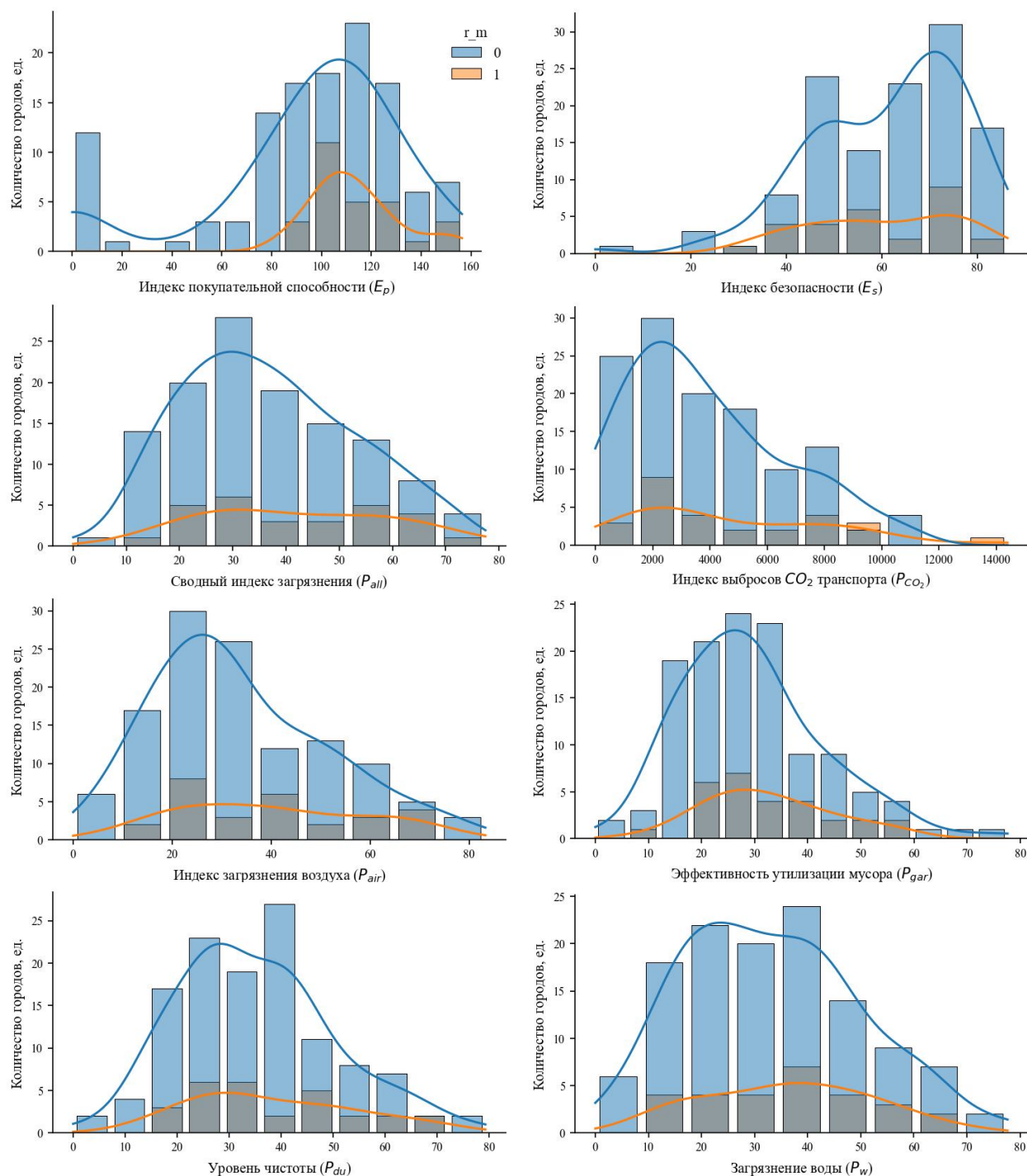


Рисунок 4.2 – Влияние комплексного критерия цифровизации K_5 на мобильность городов

Умная мобильность характерна для безопасных ТЛС, с их высокой покупательной способностью, работой по экологизации городской среды. Уровень временного трафика в них остается все же высоким по причине увеличения численности городского населения при текущем тренде урбанизации.

Для критерия K_6 выделим две основные линии направлений исследования с позиции «умности» и трендов устойчивого развития города (рис. 4.3), частных показателей мобильности (рис. 4.4), а также в прил. Ф.

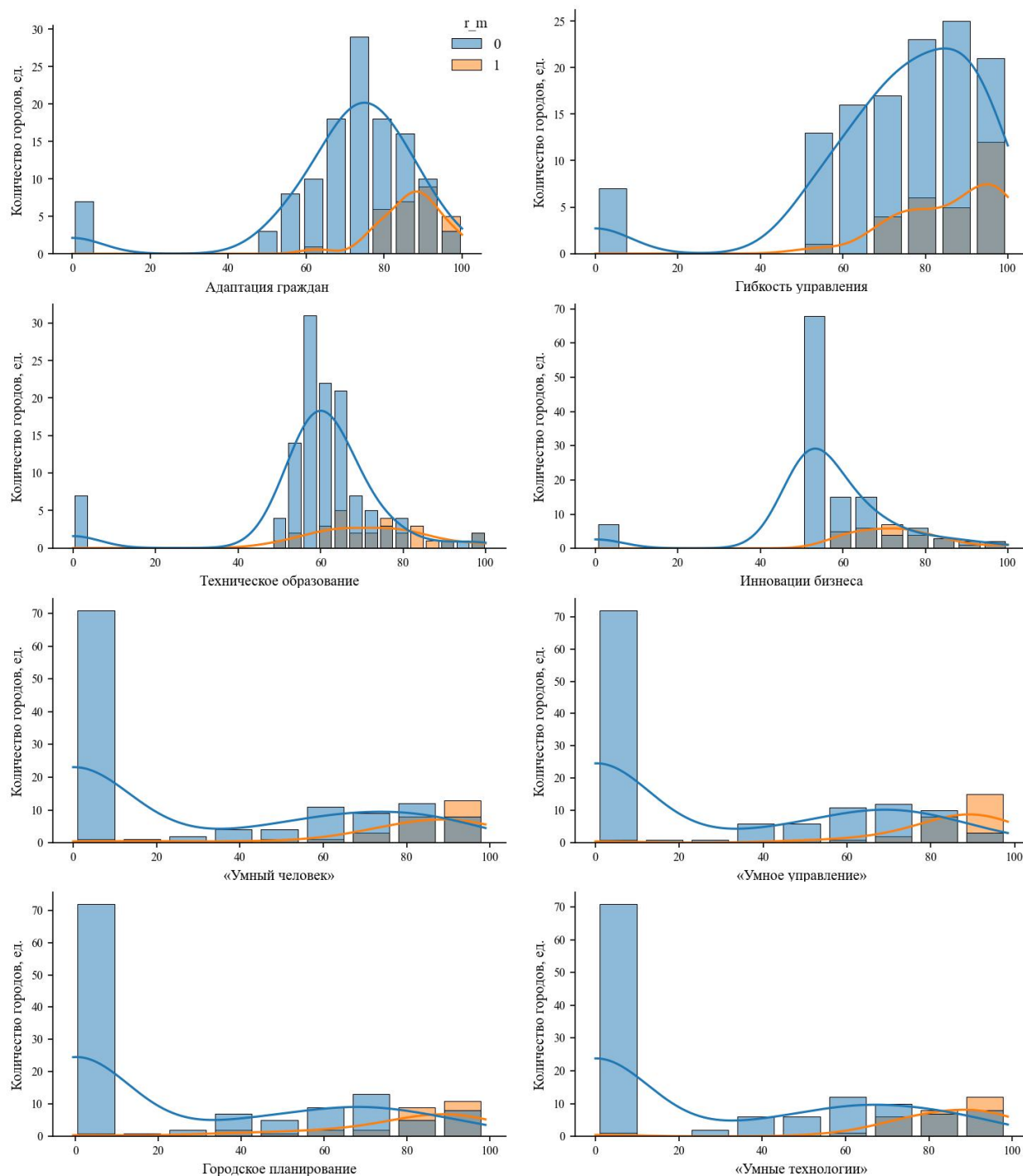


Рисунок 4.3 – Влияние комплексного критерия цифровизации K_6 на мобильность городов с позиции «умности» и трендов устойчивого развития

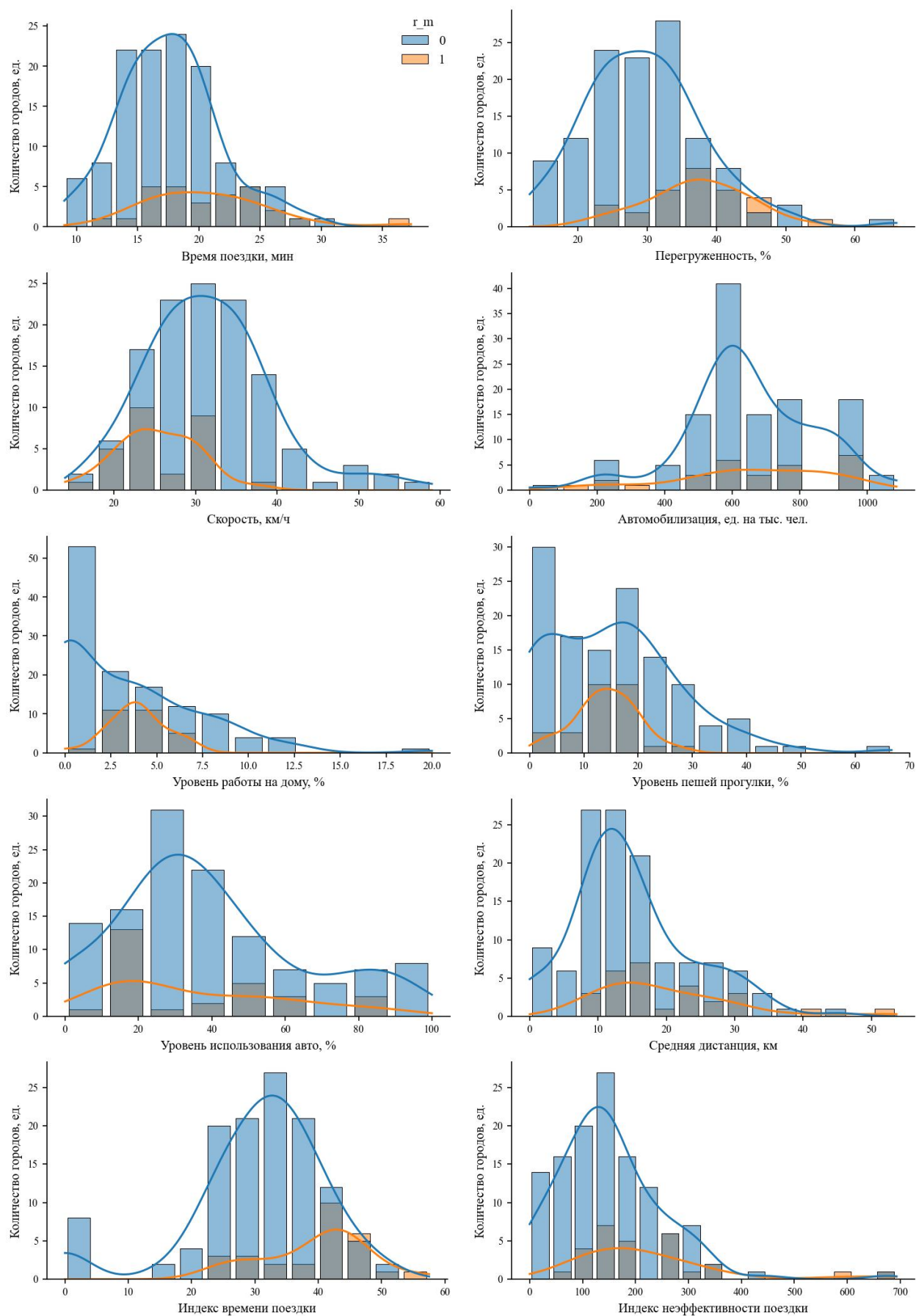


Рисунок 4.4 – Влияние комплексного критерия цифровизации K_6 на мобильность городов с позиции частных показателей мобильности

Для городов с высоким показателем мобильности характерен высокий уровень ВВП по паритету покупательной способности и исследований. В основу ТЛС умного города с позиции частных показателей мобильности заложены: принципы «умный человек»; гибкая и технологичная система управления всеми процессами и приспособляемость человека к нововведениям; грамотное городское планирование. Весомыми характеристиками выступают: развитие систем паркинга и управления трафиком; показатель экологичности транспорта; уровень поощрения и стимулирования инновационной активности; принципы развития и совершенствования электронных систем оплаты; направленность стимулирования мобильности граждан.

Время поездки в одном направлении – важнейший показатель оценки развития мобильности. Превалируют ТЛС умного города, в которых данный показатель незначителен (до 30 мин), а также невысока скорость передвижения (до 30 км/ч). Важными показателями отнесения города к мобильной категории также выступают стимулирование работы на дому, пешие прогулки, более низкий показатель использования личного автотранспорта, а также наиболее интенсивное использование СИМ. В умных и мобильных городах для общественного транспорта критичны такие показатели, как время ожидания и длительность поездки.

Характеристики предлагаемых моделей *ML* и полученных результатов приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Модели классификации для оценки мобильности ТЛС умного города и их гиперпараметры

Гиперпараметры	«Случайный лес»	«Дерево решений»	CatBoost Classifier	LGBM Classifier	«Логистическая регрессия»
Глубина (<i>max depth</i>)	1–200				–
Минимальный размер выборки (<i>min samples leaf</i>)	–	1–105	–	–	–
Минимальное количество выборок для разделения конечного узла (<i>min samples split</i>)	–	1–105	–	–	–
Количество деревьев (<i>n estimators</i>)	1–105	–	–	1–105	–
Количество повышающих итераций (<i>iterations</i>)	–	–	1–105	–	–
Балансировка классов	Да	Да	–	Да	Да
Функция смещения	–	–	–	–	Да

Гиперпараметры	«Случай- ный лес»	«Дерево решений»	CatBoost Classifier	LGBM Classifier	«Логистическая регрессия»
Результаты обучения моделей					
<i>AUC–ROC</i>	0,940	0,916	0,912	0,945	0,909
<i>Accuracy</i>	0,920	0,900	0,915	0,985	0,867
Гиперпараметры «лучшей» модели					
<i>Max depth</i>	200	200	1	200	–
<i>Min samples leaf</i>	–	10	–	–	–
<i>Min samples split</i>	–	10	–	–	–
<i>N estimators</i>	105	–	–	10	–
<i>Iterations</i>	–	–	5	–	–

Основной результат, полученный для LGBM Classifier модели на тренировочной и валидационной выборках, определен с точностью 99,0 %; лучший результат $AUC–ROC = 98,5 \%$. Автором была применена технология борьбы с дисбалансом; получены следующие показатели: качество данной модели на тестовой выборке: $AUC–ROC = 92,12 \%$ (рис. 4.5), $accuracy = 89,0 \%$; качество константной модели на тестовой выборке: $AUC–ROC = 62,0 \%$, $accuracy = 79,0 \%$.

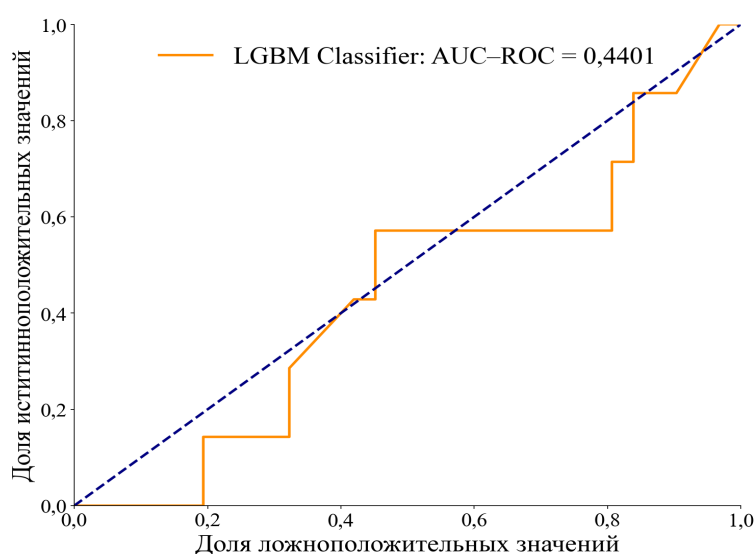


Рисунок 4.5 – ROC-кривая LGBM модели, относящей ТЛС умного города к категории «мобильных»

В данную модель со значением 0 (ноль) вошли: некоторые компоненты интегрированной потоковой модели, связанные с созданием и исполнением децентрализованных приложений и смарт-контрактов (S_{ct}), а также следующие показатели: вовлечение (I_n^{tr}) и доступ (A_c) к единой интегрированной экосистеме; рейтинг готовности стран к высокоавтоматизированным транспортным средствам (R_a);

прогнозный показатель использования ВАТС (V^{ac}) на дорогах общего пользования; уровень законодательства (A_p^{ac}); наличие полного спектра технологий и инноваций (A_t^{ac}); готовность инфраструктуры (A_i^{ac}); уровень принятия потребителями (A_a^{ac}); обеспеченность умной инфраструктурой (X_s). Развернутые элементы интеллектуальных транспортных систем (M) для приведенных ТЛС умного города из табл. 3.13 приравнены к 100 ед.

Результаты расчетов и выбранные категории «умности» выступают общепринятым трендом в мировой практике. Предложен авторский критерий – «стандартизированная перегруженность» ТЛС умного города, на основании которого ее можно отнести к категории «мобильных».

Раскроем различия и рассчитаем силу влияния критериев цифровизации $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$ на мобильность в ТЛС умного города на основе авторского критерия (рис. 4.6–4.9).

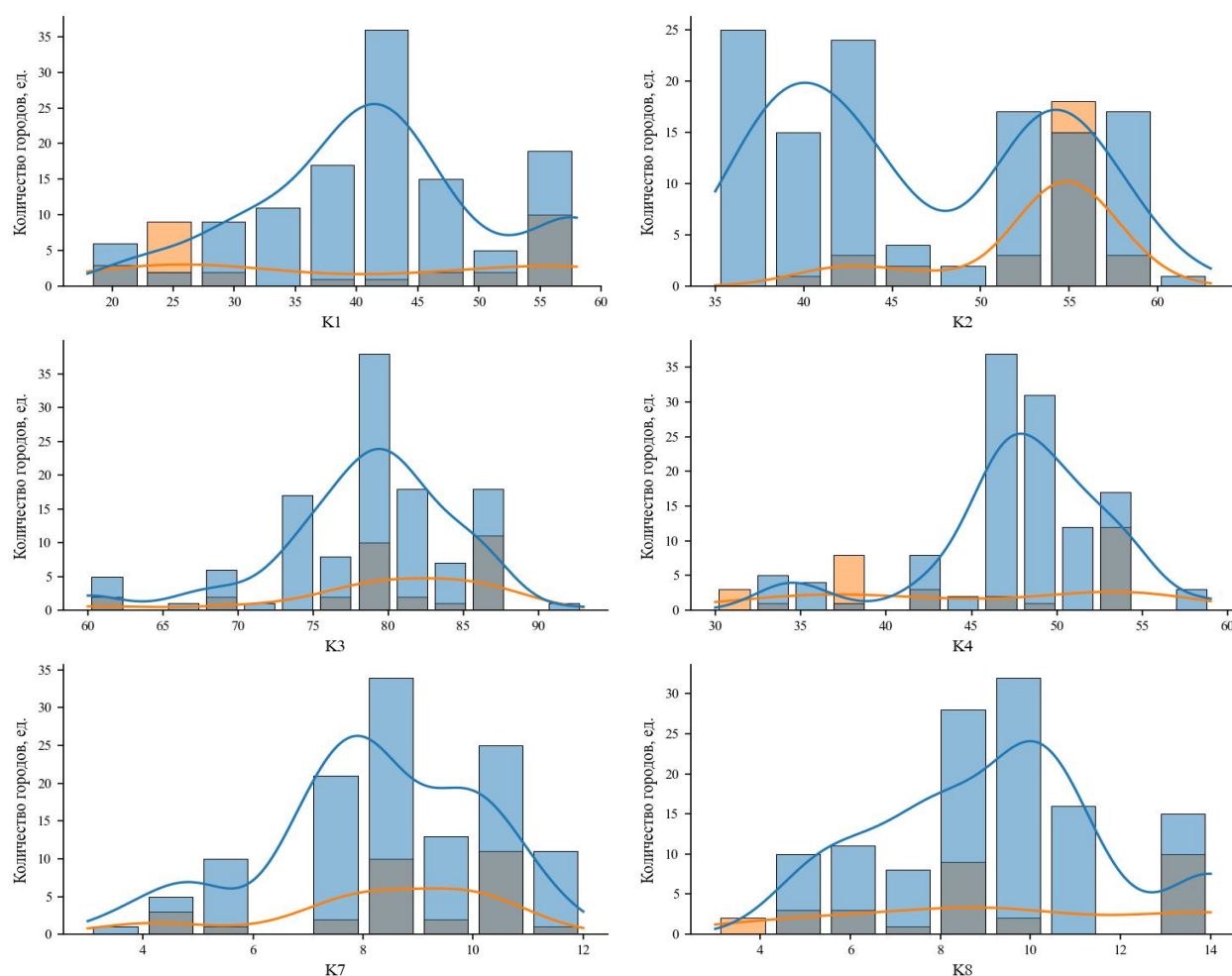


Рисунок 4.6 – Влияние ключевых критериев цифровизации $K_1, K_2, K_3, K_4, K_7, K_8$ на мобильность ТЛС умного города по авторскому критерию «стандартизированная перегруженность»

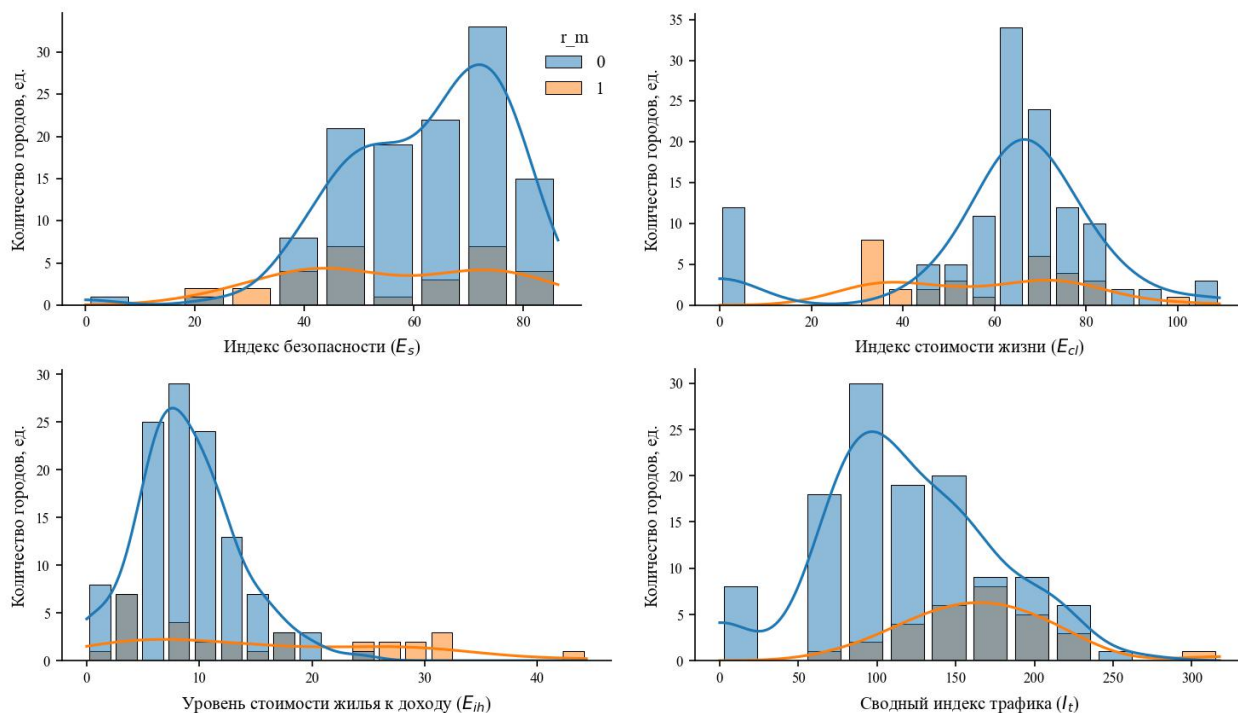


Рисунок 4.7 – Влияние ключевых элементов комплексного критерия цифровизации K_5 на мобильность ТЛС умного города по авторскому критерию

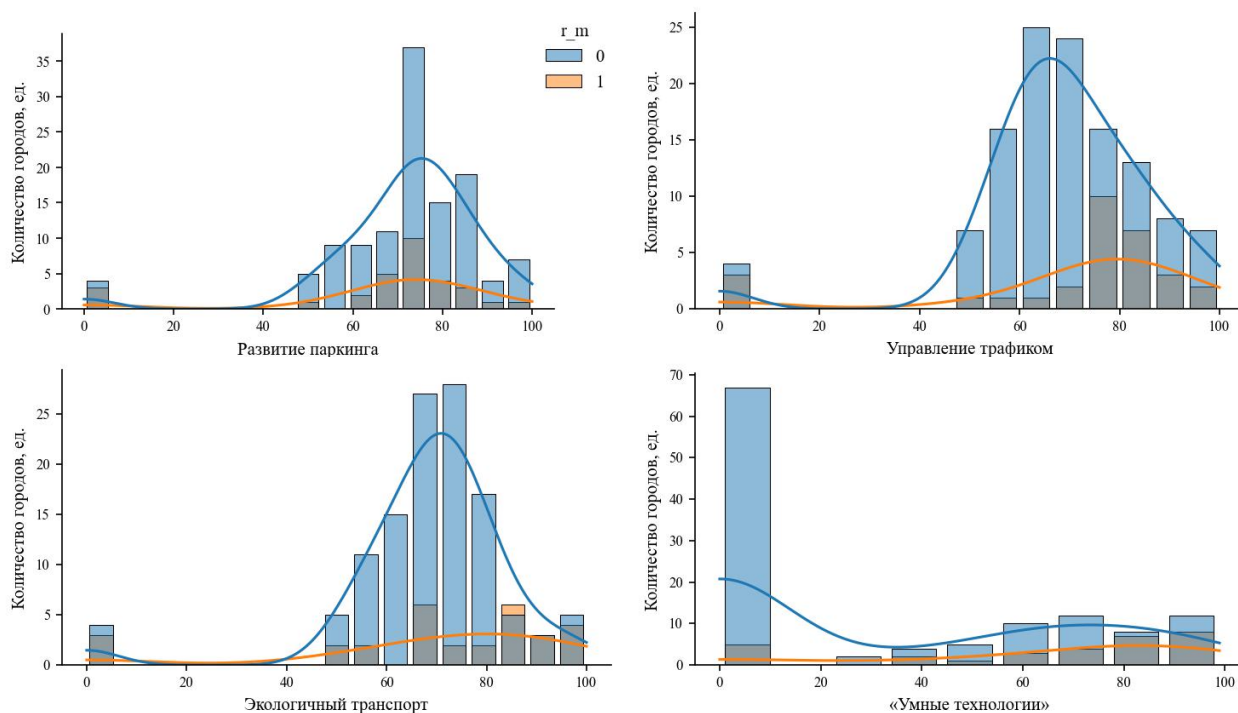


Рисунок 4.8 – Влияние ключевых элементов комплексного критерия цифровизации K_6 на мобильность ТЛС умного города с позиции «умности» и трендов устойчивого развития по авторскому критерию

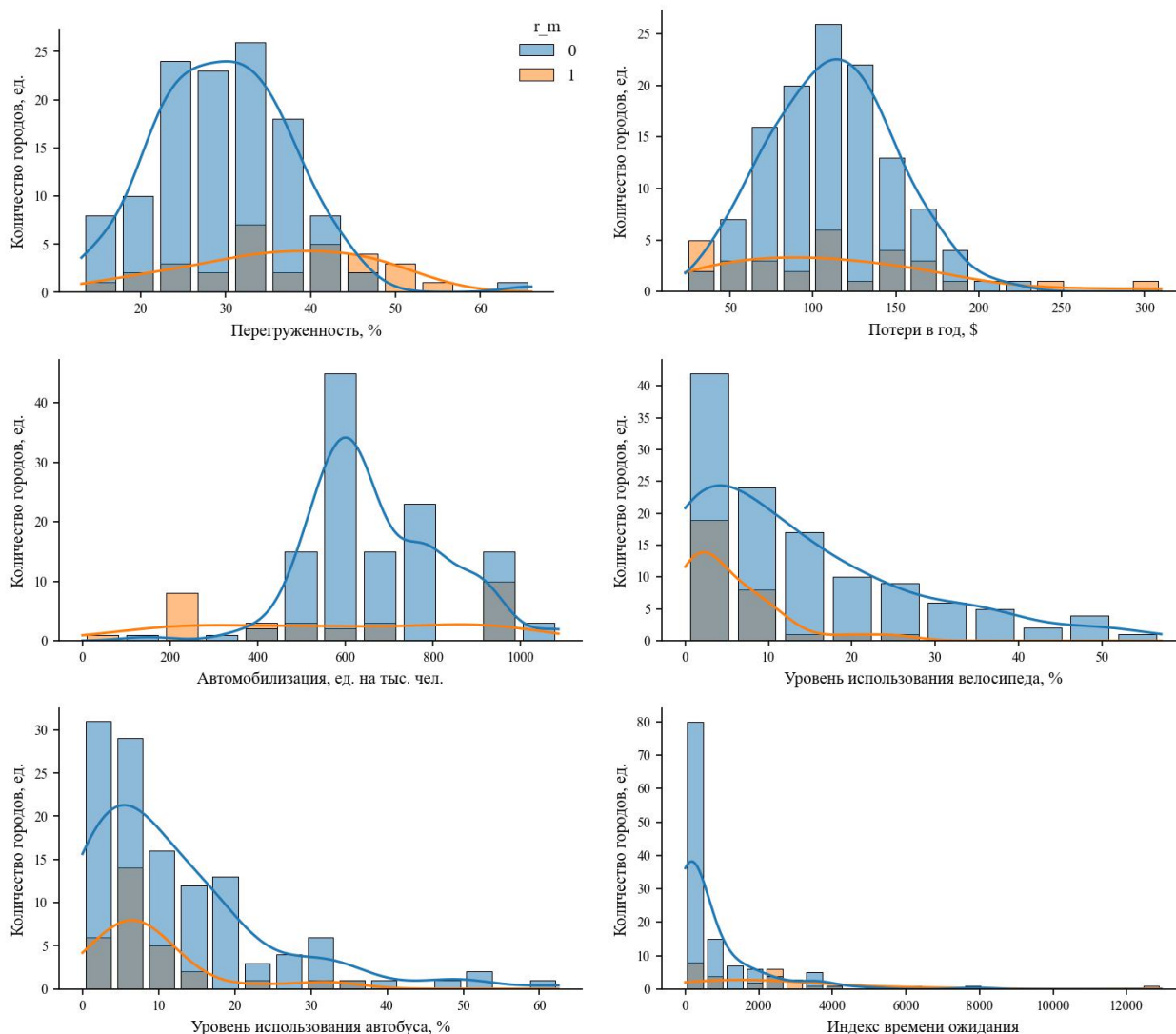


Рисунок 4.9 – Влияние ключевых элементов комплексного критерия цифровизации K_6 на мобильность ТЛС умного города по авторскому критерию частных показателей

По расчетам автора, самые значительные различия существуют при передаче данных в реальном режиме времени, развитии новых технологий, интеллектуальных систем управления в городах, где особое внимание уделяется экологии, сокращению дистанции передвижения без пробок, а также в городах, где уровень доходов горожан существенно выше среднего уровня доходов по стране; наконец, важны показатели комплексности взаимодействия и контролируемого развития, такие как СИМ.

Также автором проведена классификация по мобильности ТЛС умных городов, в которых существенно меньше экономические потери для каждого экономического агента в год (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Модели классификации для оценки мобильности ТЛС умного города, в которых уровень экономических потерь для каждого экономического агента меньше, и их гиперпараметры

Гиперпараметры	«Случайный лес»	«Дерево решений»	CatBoost Classifier	LGBM Classifier	«Логистическая регрессия»
Результаты обучения моделей					
AUC–ROC	0,920	0,950	0,983	0,982	0,824
Accuracy	0,967	0,972	0,989	0,978	0,811

На основании полученных результатов охарактеризуем модель CatBoost Classifier по тренировочной и валидационной выборке, определяющей с точностью 97,8 % лучший результат: AUC–ROC = 98,2 %. Используем технологию борьбы с дисбалансом. Оценим качество данной модели на тестовой выборке: AUC–ROC = 95,0 % (рис. 4.10); accuracy = 100,0 %; качество константной модели на тестовой выборке: AUC–ROC = 57,0 %; accuracy = 66,0 %.

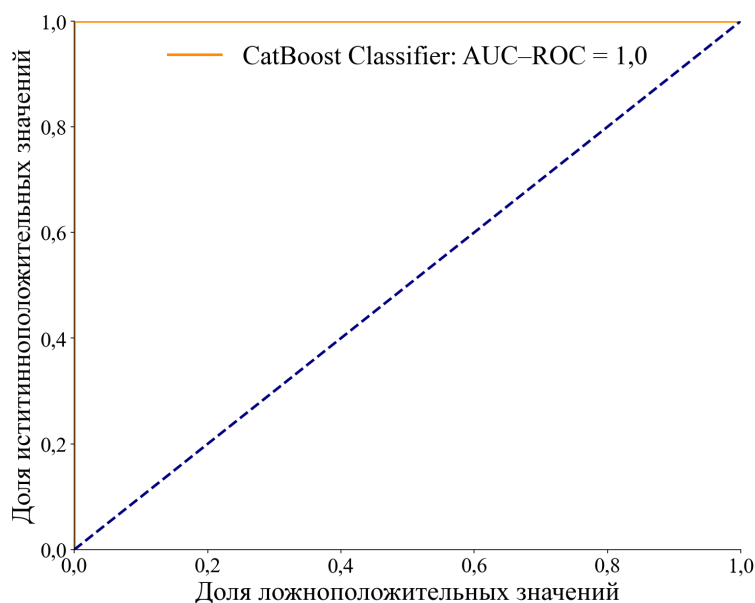


Рисунок 4.10 – ROC-кривая CatBoost Classifier модели, относящей ТЛС умного города к категории «мобильных» и более экономичных

Проведенный анализ данных по крупным городам мира в области устойчивого развития и формирования интеллектуальных транспортных систем с целью обеспечения роста мобильности позволяет констатировать, что сегодня в мире принята рейтинговая оценка, которая относит существующую ТЛС к категории «мобильных». Автором диссертационной работы предпринята попытка расширить представление о целевом признаке мобильности путем использования пока-

зателя стандартизированной перегруженности ТЛС умного города, отражающего как реальные заделы деятельности по изменению карты мобильности в городе, так и снижение затрат на передвижение каждого участника потоковых процессов в год. Остальные критерии также важны – выпутают признаками, которые воздействуют на умный город в определенной корреляционной зависимости.

С целью объяснения возможной нелинейной связи и для усиления модели ТЛС умного города были добавлены полиномиальные признаки к частным показателям мобильности и, как результат:

- при традиционной оценке мобильности отмечается влияние всех факторов цифровизации ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$) на развитие мобильности, и выигрывает модель градиентного бустинга LGBM Classifier (глубина – 200, количество деревьев – 105), которая с точностью 89,00 % предложит лучший прогнозный результат AUC–ROC = 92,12 % для международных рейтингов;

- для получения лучшего текущего экономического результата необходимо заниматься признаками, которые существенно влияют на затраты каждого экономического агента. Ключевыми признаками развития мобильности интегрированной потоковой модели ТЛС умного города выступают интеллектуальные алгоритмы, которые обеспечат движение любого транспортного средства без задержек из заданной точки до пункта назначения. При этом важны достоверность, точность и безопасность цифровой информации, передаваемой в реальном режиме времени. Перспективой развития мобильной ТЛС умного города в силу ограниченности городского пространства являются умная экономика, ВАС и предлагаемая единая экосистема по ТКК.

Таким образом, лучшей для прогнозирования категории мобильности и экономичности ТЛС умного города выступает модель градиентного бустинга CatBoost Classifier, которая с точностью 95,00 % способна обеспечить лучшее качество прогноза AUC–ROC – 100,00 % (глубина – 1; количество итераций – 105); вместе с тем, по мнению автора, предлагаемые модели транспортно-логистической системы умного города позволяют определить как компонентную структуру в области интенсификации усилий, так и основные направления развития мобильности и обеспечения экономии для всех участников [288].

4.2. Определение модели развития транспортно-логистической системы умного города

В организации движения на мезоуровне участвуют различные группы экономических агентов. *Первая группа* – это агенты, участвующие в логистических цепях поставок (ЛЦ); они представляют собой сложную систему, состоящую из множества организаций и предприятий, которые осуществляют деятельность в ТЛС умного города. К данной группе можно отнести градообразующие организации, сетевые и прочие магазины, а также предприятия сферы услуг, при транспортировке товаров и услуг которых будут учитываться такие важные показатели, как характеристики товара (оказывают влияние на погрузо-разгрузочные процессы, на грузоподъемность и вместимость транспортного средства), а также вид транспорта. Сегодня наметилась тенденция перехода многих предприятий промышленности от железнодорожного на использование автомобильного транспорта, что существенно повышает нагрузку на городскую транспортную сеть и влияет на ее качество. *Вторая группа* экономических агентов – массовый пассажирский транспорт (МПТ), работа которого прогнозируема, регулируема расписанием и определяет транспортную доступность отдельных частей города. *Третья группа* – индивидуальный пассажирский транспорт граждан (ИПТ).

Правила поведения всех групп экономических агентов в основном регламентируются установленными маршрутами, но также находятся под влиянием их социального поведения.

С учетом системной динамики в организации движения ТЛС умного города представляет собой совокупность потоковых процессов (с существующими агрегатами состояний пути следования) и самих участников потоковых процессов (погрузка – посадка, разгрузка – высадка и движение). Неопределенность и вероятностный режим движения создают высокую перегруженность, что приводит к потерям времени и высоким стоимостным затратам перечисленных групп экономических агентов. В итоге совокупность состояний потокового процесса формирует показатель времени, в зависимости от которого «управляемая критичность» учитывает будущие факторы воздействия и различные варианты развития Индустрии 4.0 и 5.0.

Многие города также отличаются друг от друга структурой ВРП, темпами его прироста, бюджетами, особенностями формирования транспортных процес-

сов, географическим положением и климатом. При этом показатели «управляемой критичности» у них разные – отражают показатели экономических агентов (их характеристики, правила поведения, память, особенности принятия решения, а также алгоритм изменения правил поведения). К примеру, для исследуемого пула городов медианный уровень использования мотоцикла при передвижении составляет: 0,6–3,0 млн чел. – 0,9 %; 3,0–10,0 млн чел. – 1,7 % и более 10,0 млн чел. – 1,1 %. Также ТЛС отличаются по другим критериям (рис. 4.11), индексам мобильности (рис. 4.12) и схемам организации массового пассажирского транспорта.

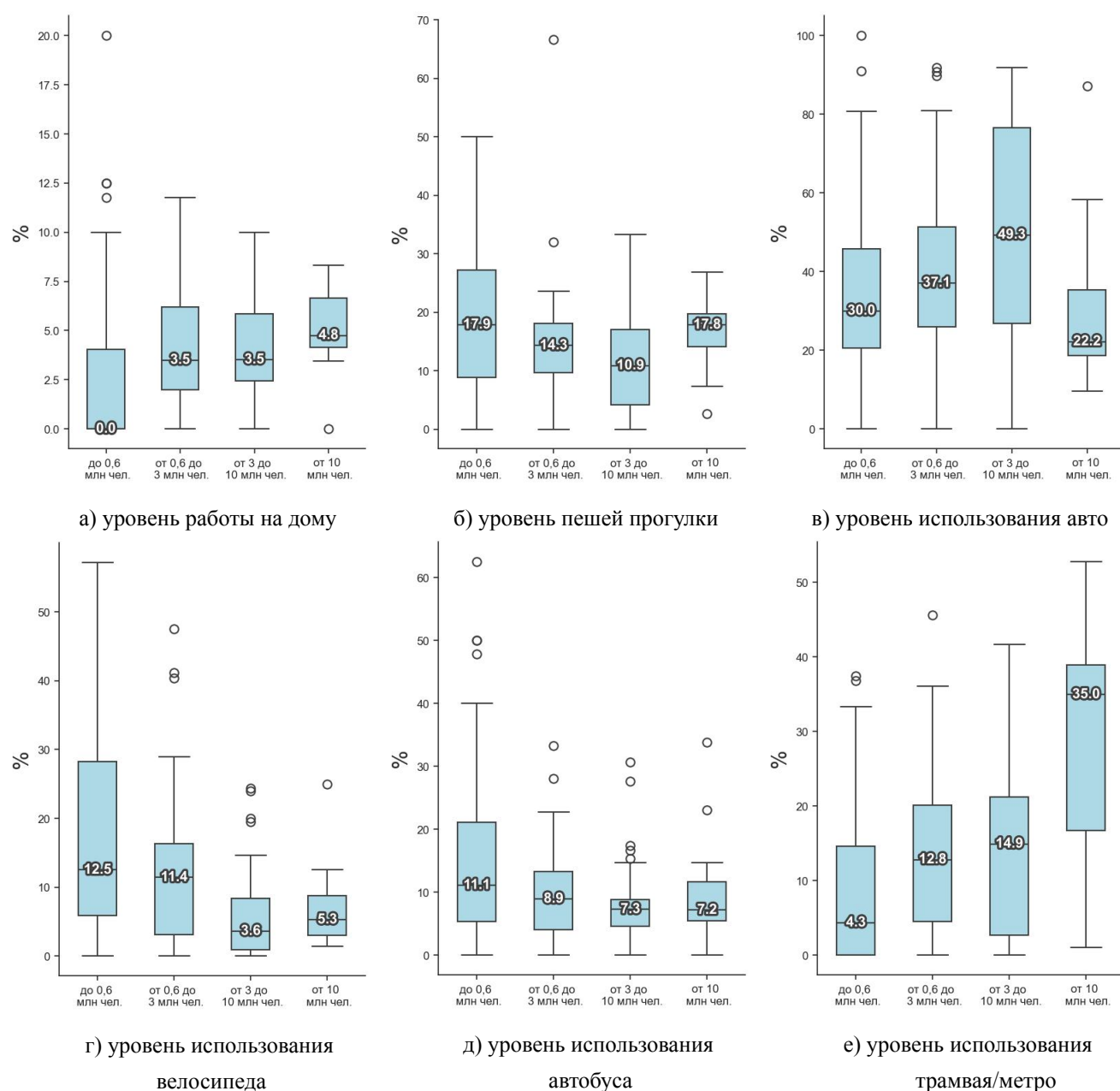
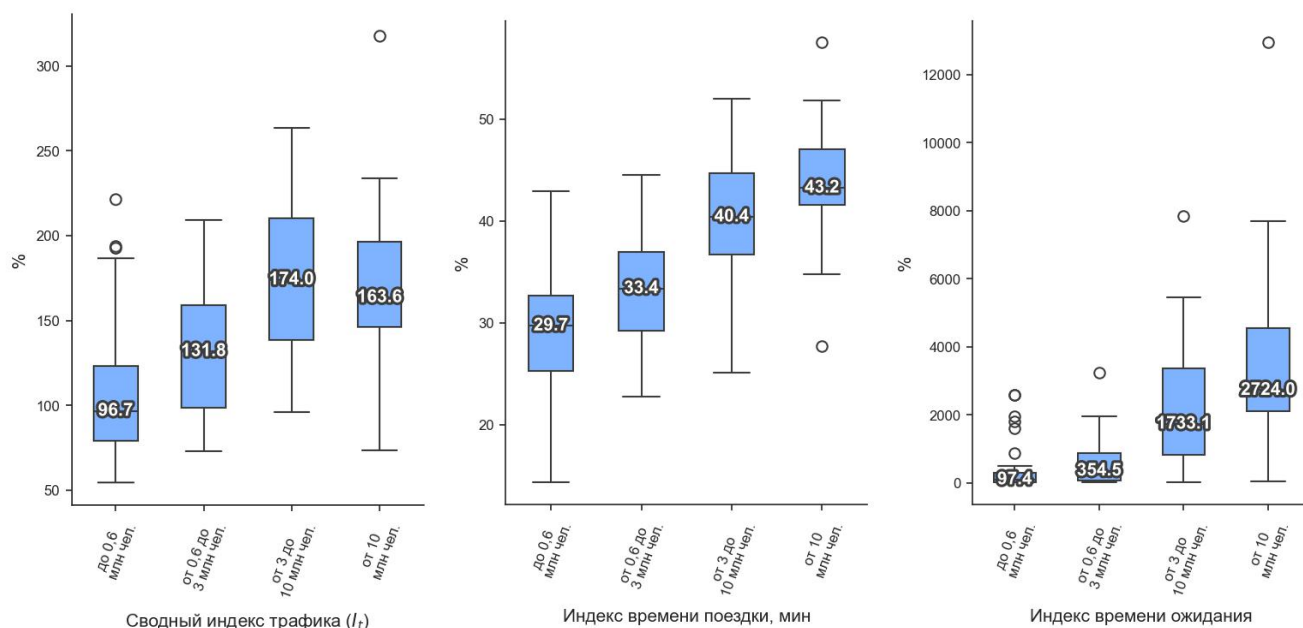


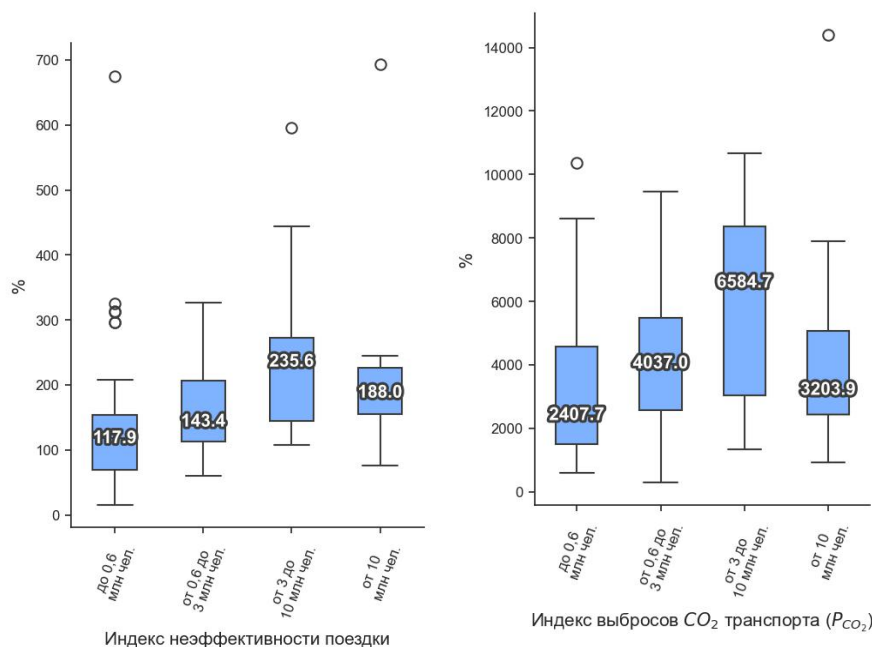
Рисунок 4.11 – Карта мобильности и межквартильный диапазон в разрезе исследуемых ТЛС умного города [302]



а) сводный индекс трафика (I_t)

б) индекс времени поездки

в) индекс времени ожидания



г) индекс неэффективности поездки

д) индекс выбросов CO_2 транспорта (PCO_2)

Рисунок 4.12 – Оценка исследуемых ТЛС умного города по индексу мобильности и межквартильному диапазону [303]

При росте населения схем организации движения становится меньше, преобладают пешие прогулки и использование средств индивидуальной мобильности (табл. 4.4).

В связи с тем, что синергетика присутствует в открытых системах и в условиях конкуренции при интенсивном уровне потоковых процессов, транспортно-логистические системы можно считать системами самопроизвольного характера,

Таблица 4.4 – Основные схемы организации движения по исследуемым городам мира

Численность населения города, млн чел.	Основной вид организации движения					
	Пешие прогулки	Авто	Велосипед	Автобус	Трамвай	Трамвай/метро
	Дополнительные комбинации организации движения к основному					
До 0,6	1. Трамвай/метро 2. Велосипед – Трамвай/метро 3. Велосипед – Автобус – Трамвай/метро 4. Велосипед – Авто – Трамвай/метро 5. Автобус – Трамвай/метро 6. Авто – Трамвай/метро 7. Авто – Автобус – Трамвай/метро 8. Авто – Велосипед – Автобус – Трамвай/метро	Метро	–	1. Авто 2. Авто – Велосипед 3. Трамвай	Автобус	1. Авто – Автобус 2. Авто – Автобус 3. Велосипед – Автобус
0,6 – 3,0	1. Велосипед – Авто/Мото/Автобус – Трамвай/метро 2. Велосипед – Автобус – Трамвай/метро 3. Велосипед – Мото – Трамвай/метро 4. Мото – Автобус – Трамвай/метро 5. Автобус – Трамвай/метро 6. Авто 7. Авто – Велосипед – Автобус – Трамвай/метро 8. Авто – Автобус – Трамвай/метро	Мото	Авто – Автобус – Метро	1. Трамвай 2. Авто 3. Авто – Трамвай	Авто	Авто
3,0 – 10,0	1. Велосипед – Автобус – Трамвай/метро 2. Автобус – Трамвай/метро 3. Авто 4. Авто – Автобус – Трамвай/метро; 5. Авто – Велосипед – Автобус – Трамвай/метро 6. Авто – Мото – Автобус – Трамвай/метро	Метро	Авто – Автобус – Метро	Авто	Автобус	Автобус
Более 10,0	Автобус – Метро	–	–	–	–	Автобус

ориентированными на снижение неопределенности при росте надежности; результатом их развития будет диапазон устойчивости равновесного состояния при соответствующем уровне потерь для всех экономических агентов.

С точки зрения автора, перспективное развитие транспортно-логистической системы умного города должно строиться на научном проектировании с учетом текущего и будущего состояния инфраструктуры при одновременном «переформатировании» некоторых ее элементов, внедрении новых технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в коллективную организацию синергетического функционирования самой системы, а также в координацию всех субъектов логистики; наконец, следует уделять больше внимания совершенствованию единой экосистемы ТЛС умного города и становлению института городской мобильности [283].

В наши дни изменения в ТЛС умного города зависят от оперативности ликвидации текущих проблем, замедляющих устойчивое развитие любого города (рис. 4.13), и выработки решений при имеющихся возможностях муниципалитетов.



Рисунок 4.13 – Блоки основных проблем транспортно-логистической системы умного города

Следует подчеркнуть, развитие любой ТЛС умного города осуществляется не всегда комплексно по той причине, что в этом процессе в рамках утвержденных

бюджетов участвует множество заинтересованных организаций (стейкхолдеров) и муниципалитетов. Решение выявленных проблем сегодня происходит в основном путем внедрения интеллектуальных и автоматизированных систем или их компонентов, что позволяет повысить эффективность потоковых процессов. Причем в условиях цифрового общества нет необходимости копировать проекты, которые имеют длительный период окупаемости, и поэтому появляется возможность разумно расходовать привлекаемые и ассигнованные средства на развитие инновационных проектов, которые приносят наибольший эффект.

Опираясь на факторы развития и одновременно учитывая барьеры, влияющие на формирование транспортно-логистической системы умного города, можно выделить следующие эмпирические приоритетные предпосылки ее развития:

- 1) *для материального потока:*
 - а) внедрение современных информационных технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в транспортно-логистический процесс;
 - б) автоматизация и роботизация потоковых процессов;
- 2) *для пассажиропотока:*
 - а) приоритет развития «удобного» общественного транспорта по сравнению с личным автотранспортом; платная парковка в «городском ядре», которая будет поощрять пользование общественным транспортом; высокие штрафы за нарушения правил парковки, несанкционированный въезд в центр города; популяризация велосипедного движения, средств индивидуальной мобильности и пр.;
 - б) приоритет движения личного транспорта, развитие магистралей, транспортных развязок и пр.;
 - в) создание единого транспортно-логистического пространства с выделенными зонами и автоматизацией основных его участников;
- 3) *для совокупных потоковых процессов* – межфункциональная и межорганизационная логистическая координация на основе развития высокоавтоматизированных транспортных средств и технологий искусственного интеллекта.

Основой популяризации данных приоритетов выступают широко распространенные идеи ученых и практиков в области развития транспортных систем (М.А. Бажина [30], Г.В. Бубнова [49], А.А. Бочкарев [42], Е.М. Волкова [68], А.В. Дмитриев [96], О.В. Ефимова [106], С.В. Жанказиев [115], Н.А. Журавлева [122], В.В. Зырянов [131], А.А. Кизим [150], А.А. Косимхужаев [163], А.О. Мерен-

ков [198], Л.Б. Миротин [177], Е.С. Палкина [237], О.М. Писарева [263], О.Д. Покровская [272], В.Н. Трегубов [346], Х.-М.Ю. Эльдарханов [389] и др. Перечислим эти возможности:

- снижение количества автомобилей на улицах городов при условии предоставления населению альтернатив в виде качественных услуг общественного транспорта и развитой городской среды;
- линия общественного транспорта безубыточна, если он обслуживает пассажиропоток численностью свыше 2 тыс. пасс./ч, работает четко по расписанию и со скоростью доставки выше, чем на личном автомобиле;
- организация выделенных линий, уменьшающих заторы, для общественного транспорта;
- введение системы платного паркирования (снижает пробки в городе);
- строительство плавно действующей магистрали, способной удвоить или утроить свою пропускную способность, устранив при этом дорожные заторы.

Все перечисленные приоритеты сконцентрированы в области массового общественного и индивидуального транспорта, что существенно влияет на транспортные процессы на мезоуровне. Конечно, также рассматриваются идеи развития альтернативного транспорта, включая дроны, высокоавтоматизированные транспортные средства, лонгборды, электроскейты, моносайклы, сегвеи, скрузеры и другие подобные устройства.

Поскольку большинство приведенных выше подходов являются затратными и длительными по срокам исполнения, их развитие должно быть обусловлено экономической целесообразностью внедрения каждому городу. Для этого разрабатываются различные прогнозы. Помимо формирования прогноза текущей ситуации, поведения агентов и вектора развития ТЛС умного города, необходимо прогнозировать технологическое развитие в области высокоавтоматизированных транспортных средств и технологий Индустрии 4.0 и 5.0 в городской логистике.

Предложенная автором интегрированная потоковая модель может быть описана посредством следующих показателей, отображающих технологические тенденции: рейтинг готовности страны к внедрению высокоавтоматизированных транспортных средств (R_a); прогнозный показатель использования ВАТС (V_{ac}) на дорогах общего пользования; уровень разработанности законодательства (A_{ac}^p) в этой области; наличие полного спектра технологий и инноваций (A_{ac}^t); готов-

ность инфраструктуры (A_{ac}^i) и уровень обеспеченности умной инфраструктурой (X_s). Для наглядности отразим их влияние на инфраструктуру, транспортные средства и прочие элементы транспортно-логистической системы умного города, согласно факторным целям экономических агентов потоковых процессов и в целом по ТЛС умного города, в нижеследующей табл. 4.5.

Таблица 4.5 – Факторные цели и обозначения потоковых процессов ТЛС умного города

Факторная цель	Доля использования	Обозначение
Технологическая	– полуавтономных МПТ, ИПТ и ЛЦ	MT_1, IT_1, O_1
	– автономных МПТ, ИПТ и ЛЦ	MT_2, IT_2, O_2
	– предприятий в системе координации искусственным интеллектом	MT_3, IT_3, O_3
	– роботизированных складов	R_1
	– автоматизированных складов	A_1
	– роботизированных ЛЦ	R_2
	– автоматизированных ЛЦ	A_2
Экономико-экологическая	– доля электромобилей или автомобилей на возобновляемых источниках энергии	MT_4, IT_4, O_4
	– виртуальных рабочих мест	B_1
	– виртуальной среды для развлечений и покупок	B_2
	– инновационных предприятий полного цикла	IN

Для реализации технологической факторной цели координации предприятий предполагается развивать новые технологии, которые должны быть сконцентрированы на проблемах функционирования ТЛС умного города; при этом искусственный интеллект и участники единой экосистемы умного города смогут генерировать новые идеи на основании имеющейся информации для рационализации логистической координации потоковых процессов.

Достижение экономико-экологической факторной цели позволит решить проблемы экологии в ТЛС умного города, а также снизить себестоимость перевозок. Выделим весовые коэффициенты факторных целей экономических агентов и всей ТЛС умного города с прогнозом до 2050 г. (табл. 4.6).

Отметим, что полуавтономные автомобили могут автоматически набирать и поддерживать заданную скорость, экстренно и автоматически тормозить для поддержания безопасной дистанции, контролировать движение в полосе, автоматически перестраиваться и осуществлять контроль дорожных знаков и светофоров, но все же присутствие человека необходимо. В автономных автомобилях решены проблемы определения скорости соседних участников и действия

Таблица 4.6 – Весовые коэффициенты факторных целей агентов (МПТ, ИПТ, ЛЦ) в ТЛС умного города

Экономический агент (система)	Цель ¹	Прогноз					
		2026	2030	2035	2040	2045	2050
МПТ, ИПТ	MT_1, IT_1	0,65	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20
	MT_2, IT_2	0,05	0,05	0,15	0,20	0,30	0,40
	MT_3, IT_3	–	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10
	MT_4, IT_4	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
ЛЦ	O_1	0,50	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20
	O_2	–	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10
	O_3	–	–	0,05	0,10	0,10	0,10
	O_4	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20	0,20
	A_1	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
	R_1	–	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10
	A_2	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15
	R_2	–	–	–	–	–	0,05
ТЛС	B_1	–	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20
	B_2	0,10	0,10	0,15	0,20	0,20	0,25
	IN	0,40	0,40	0,35	0,35	0,30	0,30
	T	0,50	0,40	0,40	0,35	0,30	0,25

Примечание. ¹Расшифровка дана в табл. 4.5.

автомобиля в экстренных ситуациях, однако до сих пор не прописаны правовые нормы их использования. Судя по приведенным фактам, в ближайшие годы будут нарастать темпы появления полуавтономных автомобилей в городах мира, но, решив проблемы законодательные и технологические, можно поменять выбор в пользу автономных.

Роботизация, т.е. использование автономных и полуавтономных программируемых машин, не подменяет собой автоматизацию в области бизнеса и роботизированных процессов, осуществляемых с помощью программного обеспечения. Автоматизация логистических операций в цепях поставок преследует цель наиболее эффективного и согласованного управления поставками товаров в границах муниципального образования для всех участников логистических цепей поставок на мезоуровне. В этом усматривается как текущая тенденция – приоритет цели автоматизации складов на современном этапе, так и в последующем – автоматизация логистических цепей поставок. Далее процессы совершенствования переместятся в область комплексной роботизации ТЛС умного города.

Способствовать комплексному достижению факторных целей экономическими агентами – условие достижения целей данного исследования, но возникает воздействие, которое обусловлено стохастическими индикаторами (вероятностью

конгестии, зависящей от времени года, погодных условий, возможных ДТП [138], ремонтных работ), стабильностью экономической политики, а также дифференциацией городов по ключевым показателям и темпам их развития. Считаем, что эти данные заложены в показатель «перегруженность системы», рассмотренный нами ранее.

Перечисленные выше приоритеты и тенденции отражают поступательное развитие ТЛС умного города; в текущей же ситуации, при спаде экономики и смене экономической модели развития, создаются условия для формирования оптимизационного видения обеспечения роста мобильности на мезоуровне. Подчеркнем – прогноз развития ТЛС умного города, который должен учитывать циклы замены средств передвижения, для населения рассчитывается в среднем на 2–3 года (до 7 лет), для массового пассажирского – на 15–20 лет, для грузового транспорта – на 10–15 лет и более. Строительство объектов инфраструктуры с помощью новых технологий можно будет продолжить по истечении 5–10 лет. Иначе говоря, их массовое внедрение, которое существенно повлияет на синхронизацию потоковых процессов в ТЛС умного города, возможно лишь к 2040 г. или позднее.

Авторский подход отличается тем, что, позволяя не следовать общим тенденциям, он помогает выбрать новый оптимизационный подход, который связан с массовым внедрением и разворачиванием элементов цифровой дороги в системе транспортно-коммуникационного коридора. В итоге формирование мобильной ТЛС умного города выступает в качестве механизма комплексного решения задач социально-экономического развития с учетом роста мобильности, нивелирования экологических рисков в интеллектуально-технологической цепочке «Обучение – НИОКР – Высокотехнологичное производство», которая, в дополнение к техническому обслуживанию, может выступить инновационным сектором опережающего развития.

Отметим, что и электронная оплата городских сервисов, и системы сбора информации и информирования участников потоковых процессов являются базовыми компонентами структуры ТЛС умного города, и, по мнению автора, их можно рекомендовать для любого города. Дальнейшее их развитие обусловлено будущими технологиями и возможностью решать текущие проблемы. Нами сформированы основные модели развития ТЛС умного города под потребности каждого муниципалитета (табл. 4.7).

Таблица 4.7 – Модели и условия внедрения ТЛС умного города

Модель	Внедрение	Условия
A ₁ – «Минимальная»	Городские платформы и сервисы, широкополосная оптическая сеть, транспортно-коммуникационные коридоры, мультиагентные системы	Для любого города
A ₂ – «Оптимальная»	Повтор A ₁ ; интеллектуальная транспортная система, транспортно-логистические центры	Население – 500 тыс. чел.; встраивание в цепочку поставок как минимум по одной позиции
A ₃ – «Современная»	Повтор A ₂ ; Big Data, интернет вещей, искусственный интеллект	Население – 1 млн чел.; развитие единой сети транспортно-логистических центров, повсеместное вычисление собранных данных; внедрение управляющих микропроцессоров в различные виды бытового и промышленного оборудования
A ₄ – «Перспективная»	Повтор A ₃ ; 5G, кооперативная интеллектуальная транспортно-логистическая система, единая экосистема	Население – 1,5 млн чел.; высокотехнологичное производство, беспроводные сети, автоматизация работы циклических потоковых процессов
A ₅ – «Инновационная»	Повтор A ₄ ; автономная интеллектуальная экосистема	Развитие цепочки «Обучение – НИОКР – Высокотехнологичное производство»

В целом наборы услуг могут достаточно отличаться по причине большого количества субъектов. Это позволяет выстраивать гибкую ценовую политику и конфигурацию элементов, а также формировать основы их развития под нужды любого города.

Для большинства городов мира «время» является важным показателем, который влияет на качество жизни населения и сервис. При известной транспортной перегруженности городов существующими методами нельзя решить текущие проблемы. Без приоритета общественного транспорта, выстроенной системы логистических центров, компьютеризации основных логистических процессов, без разработки сервисов, улучшающих качество жизни человека, ситуация не будет развиваться, а останется прежней: увеличивается население – растет перегруженность ТЛС умного города. Выход следует искать в проектировании маршрутов «умной дороги», запуске автономных транспортных средств и скоординированном функционировании всех участников.

Предложенная транспортно-логистическая инфраструктура – транспортно-коммуникационный коридор (ТКК) – в данном диссертационном исследовании

соединяет зоны расселения и потребления, т.е. зоны функционирования. В этой связи проектирование ТКК как элемента будущих транспортно-логистических систем представляется необходимым и целесообразным, позволяющим уже сегодня ускоренными темпами перейти к формированию кооперационных транспортных систем. В «коридоре» существуют разные состояния агентов ЛЦ, ИПТ и МПТ; он имеет определенные показатели скорости организации движения, адаптивной логистической координации, спроса и пр. При организации внутренних процессов в ТКК необходимо выйти на достижение целей всех агентов потоковых процессов, что вызовет формирование единого скоординированного потока МПТ, ЛЦ и ИПТ под управлением самообучающихся модулей, которые позволяют самостоятельно принимать решения в границах компетенций по организации транспортного процесса при различной вариативности моделей.

При текущих факторных целях данный подход выступает дополнительной альтернативой поступательного развития ТЛС умного города и решает сразу несколько из перечисленных проблем: во-первых, повышает эффективность массового пассажирского транспорта, увеличивает его полезный пробег, обеспечивает ускоренное обновление подвижного состава и его замену на более современные варианты; во-вторых, создает условия для гибкого планирования функционирования маршрутной сети при соблюдении самонастраиваемого графика движения МПТ; в-третьих, появляется возможность внедрить повышающие и понижающие тарифы цены на широкий спектр основных и дополнительных услуг; в-четвертых, при полной автоматизации можно довести аварийность по ТКК до нулевых или близких им значений; в-пятых, способствует ускоренному перемещению грузов в ТЛС, росту мобильности экономических агентов, улучшению экологии и повышению уровня качества жизни в городах.

Автором предложены коэффициенты изменения показателей мобильности в разрезе увеличения количества городских транспортно-коммуникационных коридоров в ТЛС умного города для минимальной (табл. 4.8), оптимальной (табл. 4.9), современной (табл. 4.10), перспективной (табл. 4.11) и инновационной (табл. 4.12) моделей развития. Например, минимальная модель развития предполагает синхронизацию МПТ и ЛЦ, что позволит сформировать новый подход к оценке организованного скоординированного движения и обеспечит рост мобильности на мезоуровне. Использование сервисов, подключение основных

Таблица 4.8 – Прогноз изменения признаков мобильности при увеличении количества ТКК для минимальной модели развития ТЛС умного города

Признаки минимальной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K6af: Адаптация граждан	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07
K6ba: Время поездки, мин	0,97	0,95	0,91	0,89	0,87	0,80	0,75	0,70
K6bc: Скорость, км/ч	1,02	1,04	1,05	1,06	1,06	1,06	1,07	1,08
K6bd: Задержка утром, мин	0,99	0,98	0,97	0,97	0,92	0,92	0,89	0,89
K6be: Задержка вечером, мин	0,99	0,98	0,97	0,97	0,92	0,92	0,89	0,89
K6da: Уровень работы на дому, %	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
K6db: Уровень пешей прогулки, %	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,05	1,05	1,07
K6dc: Уровень использования авто, %	0,99	0,95	0,95	0,91	0,85	0,81	0,80	0,77
K6dd: Уровень использования велосипеда, %	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04
K6de: Уровень использования мотоцикла, %	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
K6df: Уровень использования автобуса, %	1,02	1,03	1,05	1,05	1,05	1,08	1,08	1,12
K6dg: Уровень использования трамвая/метро, %	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04
K6dh: Средняя дистанция, км	0,99	0,97	0,93	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70
K6ea: Индекс времени поездки	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
K6eb: Индекс времени ожидания	0,98	0,96	0,96	0,96	0,91	0,91	0,85	0,85
K6ec: Индекс неэффективности поездки	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85

участников к цифровой платформе управления позволит в целом повысить скорость действий экономических агентов, увеличить заполняемость массового пассажирского транспорта и, наконец, снизить перегруженность ТЛС умного города.

Таблица 4.9 – Прогноз изменения признаков мобильности при увеличении количества ТКК для оптимальной модели развития ТЛС умного города

Признаки оптимальной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K6af: Адаптация граждан	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	1,13	1,15
K6ag: Гибкость управления	1,02	1,04	1,09	1,12	1,15	1,17	1,19	1,20
K6ai: Развитие паркинга	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
K6aj: Управление трафиком	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05
K6ak: Экологичный транспорт	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02
K6al: Инновации бизнеса	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
K6ар: «Умная экономика»	1,02	1,02	1,02	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
K6aq: «Умный человек»	1,03	1,03	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06
K6ar: «Умная окружающая среда»	1,02	1,02	1,02	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
K6as: «Умное управление»	1,02	1,02	1,02	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
K6au: «Умные технологии»	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,08	1,09	1,09
K6av: Мобильность и транспорт	1,03	1,03	1,04	1,08	1,09	1,10	1,11	1,15
K6ba: Время поездки, мин	0,69	0,67	0,63	0,61	0,60	0,55	0,52	0,50

Признаки оптимальной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K6bc: Скорость, км/ч	1,09	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15
K6bd: Задержка утром, мин	0,88	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,77	0,75
K6be: Задержка вечером, мин	0,88	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,77	0,75
K6da: Уровень работы на дому, %	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,09
K6db: Уровень пешей прогулки, %	1,07	1,08	1,08	1,09	1,12	1,13	1,14	1,15
K6dc: Уровень использования авто, %	0,75	0,74	0,70	0,69	0,66	0,65	0,63	0,61
K6dd: Уровень использования велосипеда, %	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
K6de: Уровень использования мотоцикла, %	1,01	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
K6df: Уровень использования автобуса, %	1,12	1,12	1,13	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16
K6dg: Уровень использования трамвая/метро, %	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	1,07	1,08
K6dh: Средняя дистанция, км	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
K6ea: Индекс времени поездки	0,95	0,94	0,94	0,94	0,90	0,90	0,88	0,85
K6eb: Индекс времени ожидания	0,85	0,85	0,83	0,83	0,83	0,81	0,81	0,80
K6ec: Индекс неэффективности поездки	0,85	0,82	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,77

Таблица 4.10 – Прогноз изменения признаков мобильности при увеличении количества ТКК для современной модели развития ТЛС умного города

Признаки современной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K1	1,09	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15
K2	1,06	1,06	1,08	1,08	1,08	1,08	1,10	1,10
K3	1,06	1,06	1,08	1,08	1,08	1,08	1,10	1,10
K4	1,09	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15
K6ae: НИОКР, % от ВВП	1,03	1,03	1,03	1,05	1,05	1,05	1,07	1,07
K6af: Адаптация граждан	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,22	1,25
K6ag: Гибкость управления	1,20	1,20	1,20	1,20	1,25	1,25	1,25	1,25
K6ai: Развитие паркинга	1,08	1,08	1,09	1,09	1,12	1,12	1,12	1,15
K6aj: Управление трафиком	1,05	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09	1,11	1,12
K6ak: Экологичный транспорт	1,03	1,03	1,03	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05
K6m: Инновации бизнеса	1,05	1,05	1,05	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09
K6ap: «Умная экономика»	1,05	1,05	1,06	1,06	1,08	1,08	1,12	1,15
K6aq: «Умный человек»	1,06	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	1,13	1,15
K6ar: «Умная окружающая среда»	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,10
K6as: «Умное управление»	1,05	1,06	1,06	1,08	1,09	1,12	1,12	1,13
K6au: «Умные технологии»	1,09	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15
K6av: Мобильность и транспорт	1,15	1,15	1,15	1,15	1,18	1,18	1,18	1,18
K6ba: Время поездки, мин	0,50	0,48	0,48	0,45	0,45	0,45	0,42	0,40
K6bc: Скорость, км/ч	1,09	1,15	1,15	1,15	1,15	1,18	1,18	1,18
K6bd: Задержка утром, мин	0,75	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
K6be: Задержка вечером, мин	0,75	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
K6da: Уровень работы на дому, %	1,12	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15

Признаки современной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K6db: Уровень пешей прогулки, %	1,15	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,20
K6dc: Уровень использования авто, %	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55
K6dd: Уровень использования велосипеда, %	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06
K6de: Уровень использования мотоцикла, %	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05
K6df: Уровень использования автобуса, %	1,16	1,16	1,16	1,16	1,18	1,18	1,18	1,20
K6dg: Уровень использования трамвая/метро, %	1,10	1,10	1,12	1,12	1,15	1,15	1,17	1,17
K6dh: Средняя дистанция, км	0,97	0,97	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95
K6ea: Индекс времени поездки	0,85	0,84	0,84	0,82	0,80	0,80	0,78	0,75
K6eb: Индекс времени ожидания	0,80	0,75	0,73	0,73	0,73	0,71	0,71	0,70
K6ec: Индекс неэффективности поездки	0,75	0,72	0,72	0,70	0,70	0,69	0,69	0,67
K7	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,05	1,05	1,06
K8	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,07	1,07	1,07

Таблица 4.11 – Прогноз изменения признаков мобильности при увеличении количества ТКК для перспективной модели развития ТЛС умного города

Признаки перспективной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K1	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,25	1,25
K2	1,10	1,10	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20
K3	1,10	1,10	1,10	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20
K4	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
K6ae: НИОКР, % от ВВП	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,09
K6af: Адаптация граждан	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,30	1,35
K6ag: Гибкость управления	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,35	1,35	1,35
K6ai: Развитие паркинга	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20
K6aj: Управление трафиком	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,20	1,25
K6ak: Экологичный транспорт	1,05	1,05	1,05	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
K6al: Инновации бизнеса	1,10	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15	1,15	1,15
K6ар: «Умная экономика»	1,15	1,15	1,16	1,16	1,18	1,18	1,22	1,25
K6aq: «Умный человек»	1,15	1,18	1,19	1,19	1,20	1,21	1,23	1,25
K6ar: «Умная окружающая среда»	1,10	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,18	1,20
K6as: «Умное управление»	1,15	1,16	1,16	1,18	1,19	1,22	1,22	1,23
K6au: «Умные технологии»	1,19	1,22	1,22	1,22	1,25	1,25	1,25	1,25
K6av: Мобильность и транспорт	1,18	1,19	1,20	1,20	1,20	1,20	1,21	1,22
K6ba: Время поездки, мин	0,40	0,38	0,38	0,35	0,35	0,35	0,32	0,30
K6bc: Скорость, км/ч	1,20	1,20	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24
K6bd: Задержка утром, мин	0,70	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55
K6be: Задержка вечером, мин	0,70	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55
K6da: Уровень работы на дому, %	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
K6db: Уровень пешей прогулки, %	1,20	1,20	1,20	1,20	1,25	1,25	1,25	1,25
K6dc: Уровень использования авто, %	0,55	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,45

Признаки перспективной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K6dd: Уровень использования велосипеда, %	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,09	1,10
K6de: Уровень использования мотоцикла, %	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
K6df: Уровень использования автобуса, %	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,25
K6dg: Уровень использования трамвая/метро, %	1,10	1,12	1,12	1,12	1,15	1,15	1,17	1,17
K6dh: Средняя дистанция, км	0,97	0,97	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95
K6ea: Индекс времени поездки	0,75	0,74	0,74	0,72	0,70	0,70	0,68	0,65
K6eb: Индекс времени ожидания	0,70	0,65	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,60
K6ec: Индекс неэффективности поездки	0,65	0,62	0,62	0,60	0,60	0,59	0,59	0,57
K7	1,03	1,03	1,06	1,08	1,08	1,08	1,10	1,10
K8	1,07	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10

Таблица 4.12 – Прогноз изменения признаков мобильности при увеличении количества ТКК для инновационной модели развития ТЛС умного города

Признаки инновационной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K1	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,35	1,35
K2	1,20	1,20	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,35
K3	1,20	1,20	1,20	1,25	1,25	1,30	1,30	1,35
K4	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,30	1,35
K5bh: Сводный индекс трафика (I_t)	1,15	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,20	1,25
K6ae: НИОКР, % от ВВП	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
K6af: Адаптация граждан	1,35	1,35	1,35	1,40	1,40	1,40	1,40	1,45
K6ag: Гибкость управления	1,35	1,35	1,40	1,40	1,40	1,45	1,45	1,45
K6ai: Развитие паркинга	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30
K6aj: Управление трафиком	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,30	1,35
K6ak: Экологичный транспорт	1,10	1,15	1,15	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
K6al: Инновации бизнеса	1,15	1,15	1,18	1,18	1,18	1,18	1,20	1,20
K6ap: «Умная экономика»	1,25	1,25	1,26	1,26	1,28	1,28	1,32	1,35
K6aq: «Умный человек»	1,25	1,28	1,29	1,29	1,30	1,31	1,33	1,35
K6ar: «Умная окружающая среда»	1,20	1,25	1,26	1,26	1,27	1,28	1,30	1,35
K6as: «Умное управление»	1,25	1,26	1,26	1,28	1,29	1,32	1,32	1,35
K6au: «Умные технологии»	1,29	1,32	1,32	1,32	1,35	1,35	1,35	1,35
K6av: Мобильность и транспорт	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
K6ba: Время поездки, мин	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25
K6bc: Скорость, км/ч	1,20	1,24	1,24	1,24	1,24	1,25	1,25	1,25
K6bd: Задержка утром, мин	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40	0,35
K6be: Задержка вечером, мин	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40	0,40	0,35
K6da: Уровень работы на дому, %	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
K6db: Уровень пешей прогулки, %	1,25	1,25	1,25	1,25	1,30	1,30	1,30	1,30
K6dc: Уровень использования авто, %	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,35	0,35
K6dd: Уровень использования велосипеда, %	1,10	1,10	1,10	1,10	1,12	1,12	1,12	1,15

Признаки инновационной модели	Транспортно-коммуникационный коридор, ед.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
K6de: Уровень использования мотоцикла, %	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07
K6df: Уровень использования автобуса, %	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,25
K6dg: Уровень использования трамвая/метро, %	1,17	1,20	1,25	1,30	1,30	1,30	1,35	1,35
K6dh: Средняя дистанция, км	0,97	0,97	0,97	0,97	0,95	0,95	0,95	0,95
K6ea: Индекс времени поездки	0,75	0,74	0,74	0,72	0,70	0,70	0,68	0,65
K6eb: Индекс времени ожидания	0,70	0,65	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,60
K6ec: Индекс неэффективности поездки	0,65	0,62	0,62	0,60	0,60	0,59	0,59	0,55
K7	1,03	1,03	1,06	1,08	1,08	1,08	1,10	1,10
K8	1,07	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10

В силу того, что многие муниципалитеты при выборе соответствующей модели развития из описанных выше могут параллельно развивать интеллектуальную транспортную систему, дальнейшее развитие ориентировано на ее интеграцию с ТКК; вместе с этим внедряются элементы устойчивого развития, а также технологии в основных выделенных направлениях цифровизации, включая ВАС, согласно приведенным факторным целям.

При огромном разнообразии экономических агентов рациональный выбор способа оптимизации развития кооперативных (автономных) ТЛС умного города в аспекте формирования транспортно-коммуникационных коридоров позволяет уплотнить транспортный поток и создать условия для контроля перегруженности, что позволит контролировать транзакционные издержки.

Следует подчеркнуть, что цифровая, интеллектуальная, а также транспортно-логистическая инфраструктуры ТЛС умного города выступают в качестве инновационной компоненты устойчивого развития. При этом особое значение приобретает развитие интегрированной системы управления ими и нецифровых технологий, «зеленых» и энергоэффективных зданий, предприятий и инженерных объектов. Стандартные блоки управления инфраструктурой ТЛС умного города можно представить в следующем виде (табл. 4.13).

Таблица 4.13 – Блоки управления инфраструктурой ТЛС умного города

Предоставление и поддержка услуг	Поддержка и развитие системы	Управление приложениями и сервисами	Управление изменениями и инновациями	Безопасность
– набор услуг; – процессы доступа к услугам	– ИТ-инфраструктура; – транспортно-логистическая инфраструктура	– оценка жизненного цикла приложений и сервисов	– новшества; – инциденты; – проблемы; – конфигурации	– транзакции; – охрана окружающей среды

Все направления управления инфраструктурой важны; при вовлечении большого числа участников ее можно эффективно изменять под их потребности. К примеру, направление «генерация знаний и их внедрение» (см. табл. 2.7) выступает как инновационная система, ориентированная на улучшение текущих процессов, элементов и позволяющая учитывать будущие технологические прорывы в области не только цифровых, но и нецифровых технологий, исходя из запросов стейкхолдеров и других заинтересованных сторон. Пример компонентной структуры ТЛС умного города в области организации движения приведен на рис. 4.14.

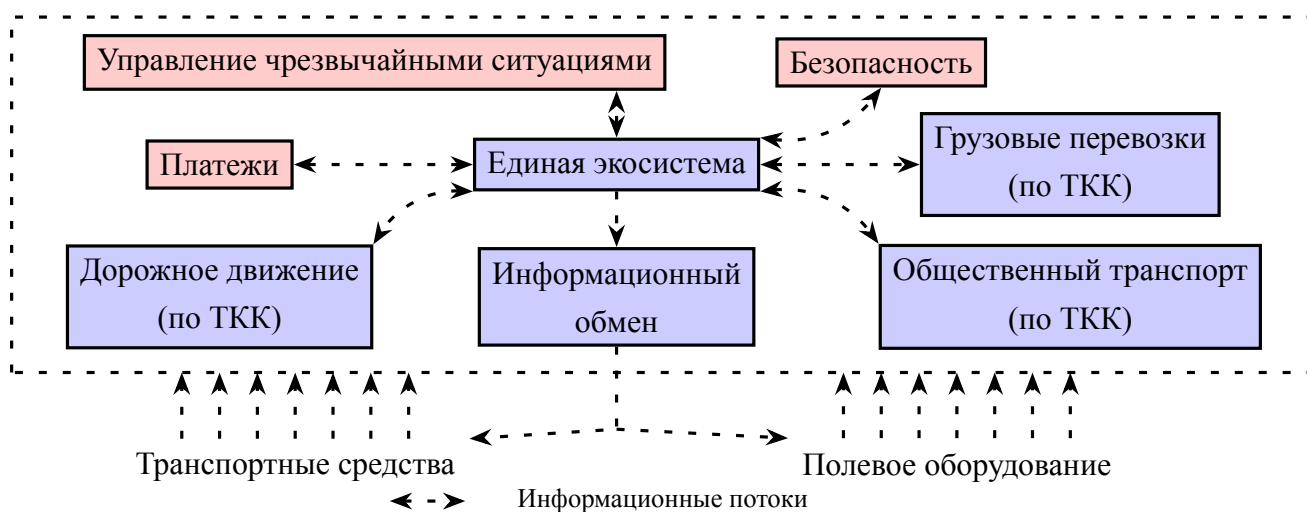


Рисунок 4.14 – Компонентная структура ТЛС умного города верхнего уровня

Направления трансформации ТЛС также определен авторским механизмом выбора пути развития транспортно-логистической системы умного города при использовании теории городской логистики (см. рис. 3.9), но главным фактором модели развития ТЛС умного города остается человек (рис. 4.15): необходимо повышать качество его жизнедеятельности, улучшать экологию, снижать смертность и аварийность на дорогах, контролировать и координировать транспортные потоки, обеспечивать рост мобильности, бороться с рутинной, совершенствовать инфраструктуру и средства, формировать условия высокотехнологичного производства, научной деятельности, обеспечивать инновационную деятельность и внедрение проектов, а также экономию для всех экономических агентов, снижать транзакционные издержки самой системы.

В итоге развитие единой экосистемы ТЛС умного города как инфраструктурный проект должно иметь следующие стратегические цели:



Рисунок 4.15 – Человек как основа изменения ТЛС умного города

- 1) разработка интеллектуальных решений с открытой архитектурой, способствующих полному управлению технологическими ресурсами и информацией с заданным уровнем обслуживания для всех участников;
- 2) обеспечение высокого уровня кибербезопасности и прозрачности потоковых и непотоковых процессов;
- 3) поддержание скоординированности транспортных процессов для достижения контролируемого уровня их перегруженности, а также для осуществления контроля за денежными и временными затратами;
- 4) формирование новаторской научно-исследовательской и краудсорсинговой системы, ориентированной на создание технологий, сервисов и решений, повышающих качество жизни человека;
- 5) стимулирование развития цифрового и высокотехнологичного секторов экономики города;
- 6) создание условий для привлечения инвестиций, снижения влияния санкционных рисков и усиления контроля за экологической, эпидемиологической и прочими сферами жизнедеятельности человека на мезоуровне;
- 7) привлечение «лучших» практик управления инфраструктурой (ITIL, BISMIL, ASL, COBIT и пр.) с полным или частичным использованием разработанных стандартов ИСО, организация масштабируемой цифровой и интеллектуальной инфраструктуры.

4.3. Определение прогнозной модели оценки потерь для каждого экономического агента

Выбор модели развития мобильной транспортно-логистической системы умного города обусловлен рядом причин: целевой установкой муниципалитета, размером инвестиций, уровнем потерь, необходимых для достижения данного результата. К примеру, в 2025 г. среднестатистический американский водитель потерял 99 ч/г. в пробках, что обошлось в \$ 1 377; на национальном уровне водители потеряли более \$ 88 млрд из-за пробок. Затраты по городам: Нью-Йорк – \$ 11 млрд/г. (на одного водителя – \$ 2 072); Лос-Анджелес – \$ 8,2 млрд (\$ 1 154); Чикаго – \$ 7,6 млрд (\$ 2 146); Филадельфия – \$ 4,5 млрд (\$ 2 102); Бостон – \$ 4,1 млрд (\$ 2 205); Майами – \$ 3,5 млрд (\$ 1 199); Сан-Франциско – \$ 3 млрд (\$ 1 436).

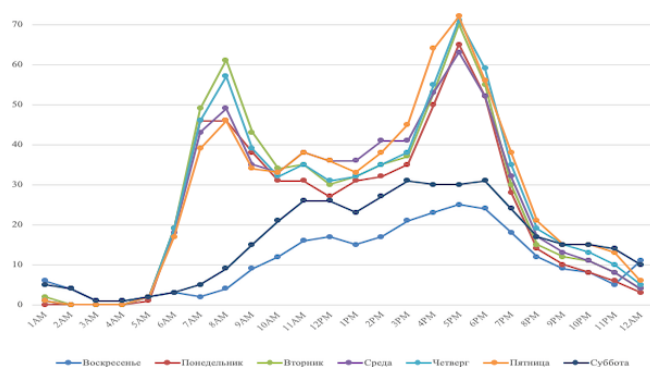
Европейские города имеют один из самых низких показателей скорости передвижения в мире из-за того, что, в основном, их рост приходился на период до широкого внедрения автомобиля. «Плотные ядра», узкие дороги и сложная дорожная сеть делают эти европейские системы плохо приспособленными для мобильности граждан и передвижения транспортных средств. Лондон демонстрирует высокий показатель задержек, который вызван чрезвычайно сложной дорожной сетью и высоким уровнем загруженности дорог. В 2025 г. в среднем водители Великобритании потеряли 115 ч из-за пробок, что обошлось стране в \$ 8,9 млрд, или \$ 1 162 на одного водителя (Лондон – \$ 6,3 млрд, или \$ 1 499 соответственно). Мюнхен, Берлин и Дюссельдорф возглавляют список самых загруженных немецких ТЛС, где автомобилисты теряют 87, 66 и 50 ч/г. из-за пробок. На национальном уровне в том же году жители ФРГ потеряли в среднем 46 ч из-за перегруженности транспорта, что обошлось стране в \$ 3,1 млрд, или \$ 412 на водителя. В других городах мира ситуация более катастрофическая.

Высокий уровень дорожно-транспортных происшествий (0,8–4,3 на 100 тыс. жителей) также влияет на конгестию и мобильность граждан. Если Япония имеет самые низкие показатели смертности на дорогах, в транспортные системы Сингапура и Швеции заложена концепция *Vision Zero* (нулевой смертности и потерь), то, однако, справедливо утверждать, что «человек несовершенен» и это можно принимать за аксиому. Для интеллектуальной же транспортной системы нет такой аксиомы; она должна иметь возможности совершенствования. Основой ее

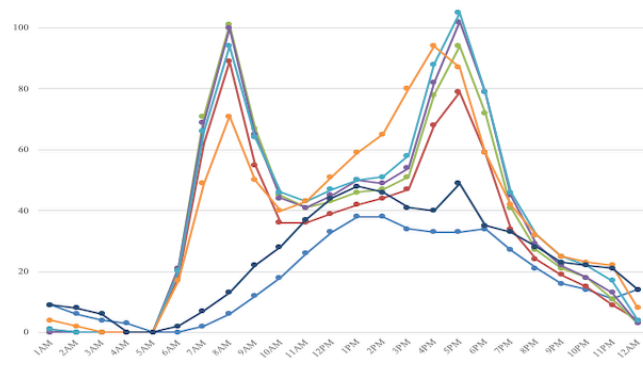
развития выступает планирование (проектирование) транспортно-логистических систем для страны, ее регионов и городов.

Также на конгестию влияют поломки транспорта. Одна поломка объекта снижает скорость движения по выделенной дороге на 70 %, но взимание платы за дорожное пространство сокращает частоту и последствия поломок объектов. В таких городах, как Барселона, Мадрид, Париж власти активно проводят политику, направленную на снижение пропускной способности дорог в пользу общественного транспорта, езды на велосипеде и пешеходных прогулок.

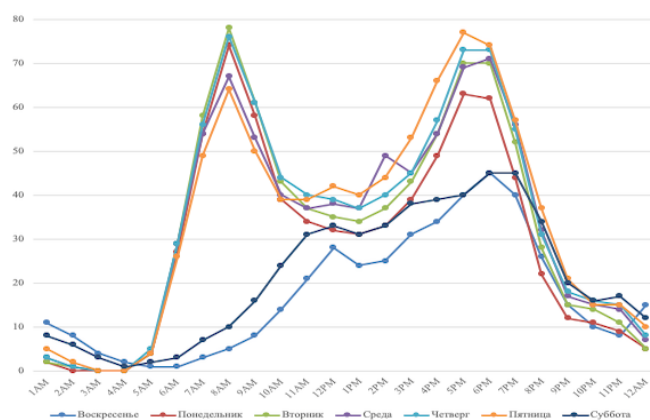
Акцентируем внимание на том факте, что уровень перегруженности транспортной системы выступает наиболее значимым показателем, который позволяет оценить экономию, а также характеризует постоянство на всем маршруте участника потоковых процессов. Уровень цикличности движения транспорта в приведенных группах городов мира позволил выделить зависимость конгестии от недельного цикла данного показателя (рис. 4.16).



I группа городов – до 600 тыс. чел.



II группа городов – от 600 тыс. до 3 млн чел.



III (а) группа городов – от 3 до 10 млн чел.



III (б) группа городов – более 10 млн чел.

Рисунок 4.16 – Уровень конгестии в городах мира в зависимости от недельного цикла

Контроль конгестии и ее снижение позволяют обеспечить рост мобильности, усовершенствовать жизнедеятельность человека при достижении адаптивной логистической координации потоковых процессов, а также способствуют снижению всех издержек системы (формула 4.19):

$$\Delta Cost_{tls} = \sum_{f=0}^{\infty} \Delta Cost_s_f + \sum_{h=0}^{\infty} \Delta Cost_s_h + \sum_{g=0}^{\infty} \Delta Cost_s_g, \quad (4.19)$$

где f – фирмы; g – государство; h – домохозяйства.

Показатель $\Delta Cost_{tls}$, по мнению автора, должен быть рационализирован по скорости перемещения и благодаря отсутствию вынужденных остановок в дневном цикле для всех участников процесса транспортировки (рис. 4.17).

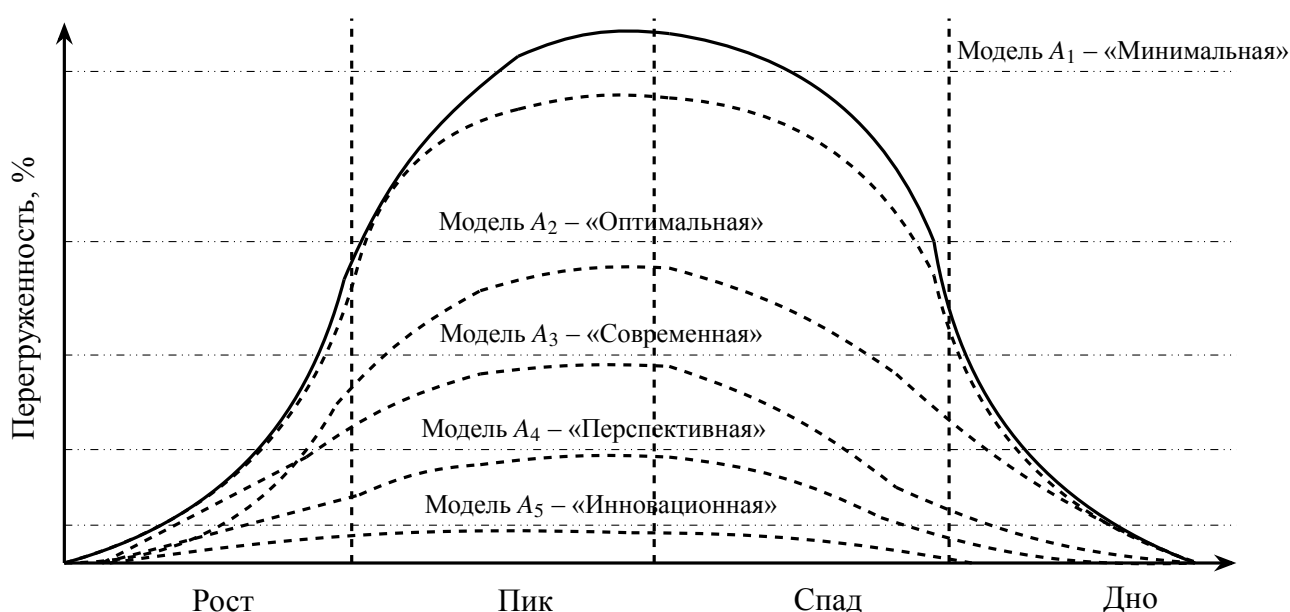


Рисунок 4.17 – Снижение пиковой перегруженности ТЛС умного города согласно авторской модели развития

Во всех транспортно-логистических системах городов первой группы с населением свыше 3 млн чел. отмечен рост транспортной перегруженности до $\sim 53\%$, средняя скорость движения транспорта составляет $\sim 28,61$ км/ч, утренние и вечерние задержки ~ 19 мин, средние годовые потери $\sim 75,23$ ч, или 114,16 у.е. Для второй группы городов с населением от 0,6 до 3 млн чел. (и менее 0,6 млн чел.) перегруженность доходит до $\sim 66\%$ (39 %), средняя скорость составляет $\sim 29,47$ (33,16) км/ч, утренние и вечерние задержки ~ 21 мин (11 мин), средние годовые потери $\sim 62,84$ (47,01) ч, или 119,04 (102,2) у.е. соответственно.

Для ТЛС первой группы среднее значение $\mu = 23 \%$, при этом в пиковые часы с 6:00 до 18:00 $\mu = 35 \%$; максимальная μ достигает 72 %. Самые перегруженные города относятся ко второй группе, в которой μ доходит до 87 %; среднее значение μ в пиковые часы – 50 %, или 39 ч/нед. Данные города еще находятся на стадии инфраструктурных изменений. Для ТЛС третьей группы городов характерны уже реализованные проекты развития компонентов интеллектуальных систем и иной транспортно-логистической инфраструктуры. Ситуация в городах второй и третьей группы характеризуется лучшими показателями: среднее значение $\mu = 35 \%$ и 40 % соответственно.

Воспользуемся также машинным обучением для прогнозирования конгестии и потерь в год (табл. 4.14–4.15).

Таблица 4.14 – Модели прогнозирования конгестии ТЛС умного города и их гиперпараметры

Гиперпараметры	«Случайный лес»	LightGBM	CatBoost Regressor	SGDLinear Regression	«Линейная регрессия»
Результаты обучения моделей					
<i>RMSE</i>	5,81	4,43	3,00	33,37 / 4,3 ¹	6,74
Время обучения/предсказания, с	0,4/0,01	0,4/0,001	0,4/0,001	0,001/0,001	2,68/0,001
Коэффициент детерминации	0,56	0,78	0,77	0,77	0,85
<i>RMSE</i> на всей выборке	5,2	3,82	3,46	3,82	3,88

Примечание. ¹ Оценка по категориальным данным.

Таблица 4.15 – Модели прогнозирования потерь ТЛС умного города и их гиперпараметры

Гиперпараметры	«Случайный лес»	LightGBM	CatBoost Regressor	SGDLinear Regression	«Линейная регрессия»
Результаты обучения моделей					
<i>RMSE</i>	37,79	17,24	33,19	37,69	55,9
Время обучения/предсказания, с	0,14/0,01	0,05/0,011	0,02/0,001	0,001/0,001	2,67/0,001
Коэффициент детерминации	0,27	0,72	0,4	0,43	0,02
<i>RMSE</i> на всей выборке	28,7	15,63	30,41	26,1	36,79

Модель прогнозирования конгестии включает в себя показатели комплексного критерия цифровизации K_6 . Для прогноза перегруженности выбраны следующие признаки: время поездки (мин); скорость передвижения (км/ч); задержка утром (мин) и вечером (мин); потери времени в год (ч); уровни (в %): пешей прогулки, использования авто, велосипеда, мотоцикла, автобуса, трамвая/метро; средняя дистанция (км); индексы: времени поездки, ожидания, неэффективности поездки; численность населения (чел.); и т.д.

Для оценки потерь были выбраны следующие признаки: рост ВВП; ВВП по ППС; уровни: безработицы, автомобилизации, НИОКР; адаптация граждан; гибкость управления; уровень технического образования в городе; развитие паркинга; управление трафиком; наличие экологичного транспорта; бизнес-инновации; уровень развития умной экономики; реализация муниципальных программ по развитию ТЛС города; и т.д.

Лучшей моделью для прогнозирования перегруженности системы является линейная регрессия с показателем качества при кросс-валидации – 0,85 и относительно небольшой среднеквадратичной ошибкой 3,88.

При прогнозировании потерь перспективной можно назвать модель градиентного бустинга LightGBM, которая в соответствии с заложенными признаками дает наилучший результат.

Прогнозный вариант развития ТЛС умного города для усредненного представителя обусловлен текущими закономерностями прироста населения (1,5 % в год), ростом показателя конгестии и увеличением времени передвижения (табл. 4.16). Приведены следующие показатели: время передвижения Tr_t ; перегруженность системы μ ; потери в год (ч, \$) для выбранных категорий городов (по численности населения) [304].

Данный прогноз не учитывает авторский подход развития городских транспортно-коммуникационных коридоров (см. § 3.2, рис. 3.11) и единой экосистемы ТЛС умного города (см. рис. 3.10).

Рассмотрим сокращение конгестии в предложенных моделях развития ТЛС умного города (рис. 4.18, прил. X).

Размер издержек зависит как от количества городских транспортно-коммуникационных коридоров, так и от степени вовлеченности потребителей в управление (Y_{tr}) и доступа (A_c) к единой интегрированной экосистеме. Количество город-

Таблица 4.16 – Прогноз показателей мобильности в ТЛС умного города

Год	Tr_{i1}	$\mu_1, \%$	Потери ₁		Tr_{i2}	$\mu_2, \%$	Потери ₂		Tr_{i3}	$\mu_3, \%$	Потери ₃	
			ч	\$			ч	\$			ч	\$
2026	0,4	23,9	113,2	614,0	0,6	37,4	158,3	1 713,0	0,7	42,5	175,3	1 928,0
2027	0,4	24,2	114,0	616,0	0,6	38,0	160,3	1 729,0	0,7	43,1	177,5	1 952,0
2028	0,4	24,4	114,8	618,0	0,7	38,7	162,4	1 744,0	0,7	43,8	179,6	1 976,0
2029	0,4	24,7	115,6	620,0	0,7	39,3	164,5	1 760,0	0,7	44,4	181,8	2 000,0
2030	0,4	24,9	116,4	622,0	0,7	39,9	166,7	1 777,0	0,7	45,1	184,0	2 024,0
2031	0,4	25,2	117,3	625,0	0,7	40,6	168,8	1 793,0	0,7	45,7	186,2	2 048,0
2032	0,4	25,4	118,1	627,0	0,7	41,2	171,0	1 809,0	0,8	46,4	188,4	2 073,0
2033	0,4	25,7	118,9	629,0	0,7	41,9	173,2	1 826,0	0,8	47,1	190,7	2 098,0
2034	0,4	25,9	119,8	631,0	0,7	42,6	175,4	1 843,0	0,8	47,8	193,0	2 123,0
2035	0,4	26,2	120,7	634,0	0,7	43,2	177,7	1 860,0	0,8	48,5	195,3	2 148,0
2036	0,4	26,4	121,5	636,0	0,7	43,9	179,9	1 877,0	0,8	49,2	197,7	2 174,0
2037	0,4	26,6	122,2	638,0	0,8	44,6	182,2	1 894,0	0,8	49,9	200,0	2 200,0
2038	0,4	26,8	122,9	639,0	0,8	45,3	184,5	1 912,0	0,8	50,6	202,4	2 226,0
2039	0,5	27,0	123,5	641,0	0,8	46,0	186,9	1 929,0	0,8	51,3	204,8	2 253,0
2040	0,5	27,2	124,2	643,0	0,8	46,7	189,2	1 947,0	0,8	52,0	207,2	2 279,0
2041	0,5	27,4	124,9	644,0	0,8	47,4	191,6	1 965,0	0,9	52,8	209,7	2 306,0
2042	0,5	27,6	125,6	646,0	0,8	48,1	194,0	1 983,0	0,9	53,5	212,2	2 334,0
2043	0,5	27,9	126,3	648,0	0,8	48,8	196,5	2 002,0	0,9	54,2	214,7	2 361,0
2044	0,5	28,1	127,0	649,0	0,8	49,6	198,9	2 020,0	0,9	55,0	217,2	2 389,0
2045	0,5	28,3	127,7	651,0	0,9	50,3	201,4	2 039,0	0,9	55,8	219,7	2 417,0
2046	0,5	28,5	128,4	653,0	0,9	51,1	203,9	2 058,0	0,9	56,5	222,3	2 445,0
2047	0,5	28,7	129,1	655,0	0,9	51,8	206,4	2 077,0	0,9	57,3	224,9	2 474,0
2048	0,5	28,9	129,8	657,0	0,9	52,6	209,0	2 096,0	0,9	58,1	227,6	2 503,0
2049	0,5	29,1	130,6	658,0	0,9	53,4	211,6	2 116,0	1,0	58,9	230,2	2 532,0
2050	0,5	29,4	131,3	660,0	0,9	54,1	214,2	2 119,0	1,0	59,7	232,9	2 756,0

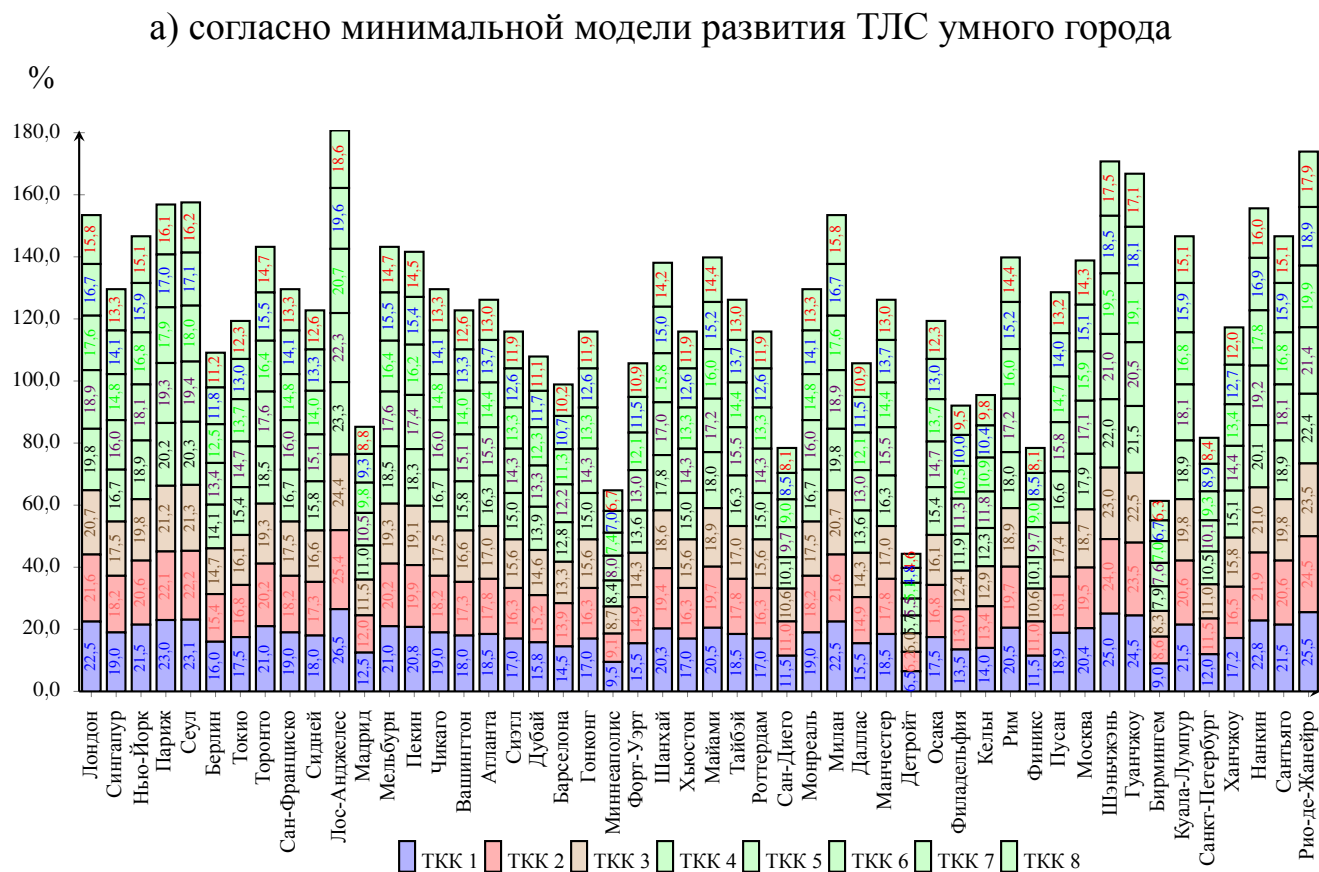
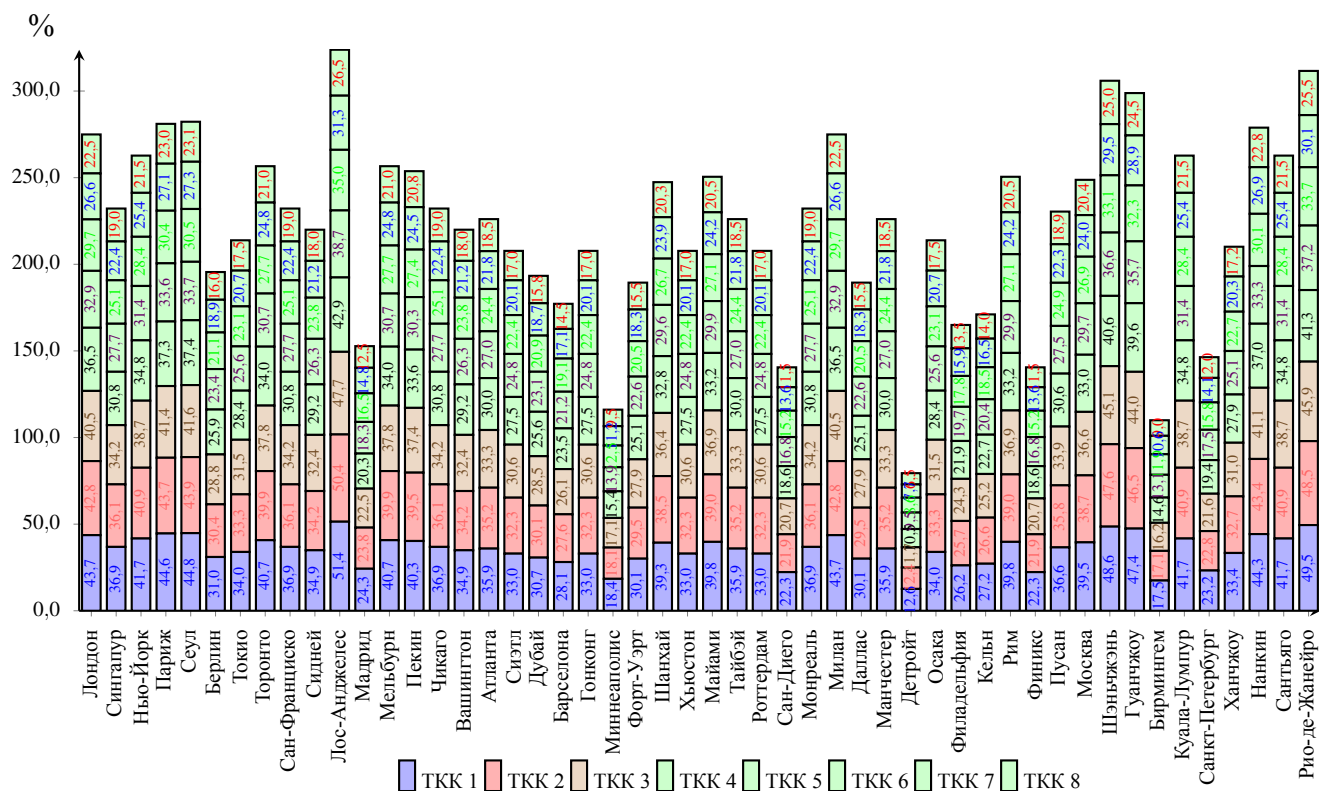
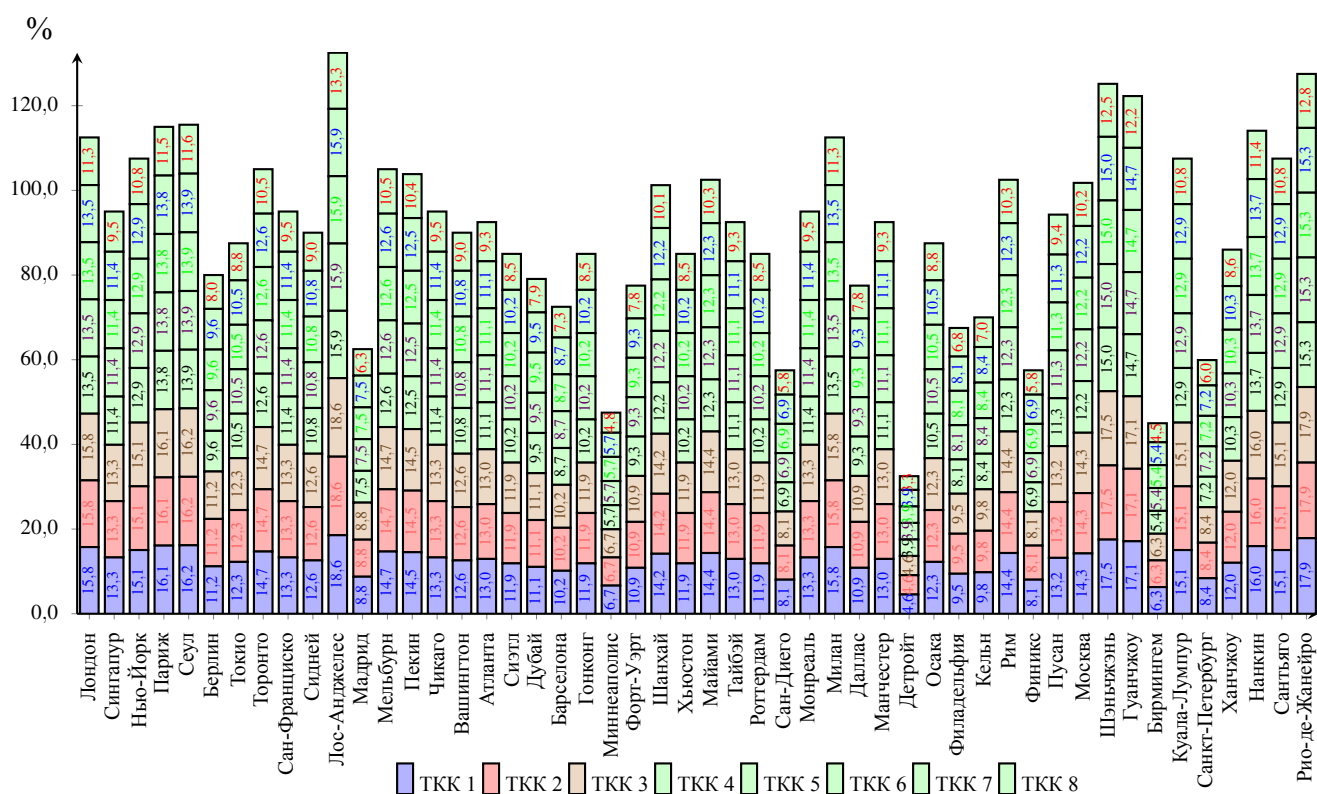
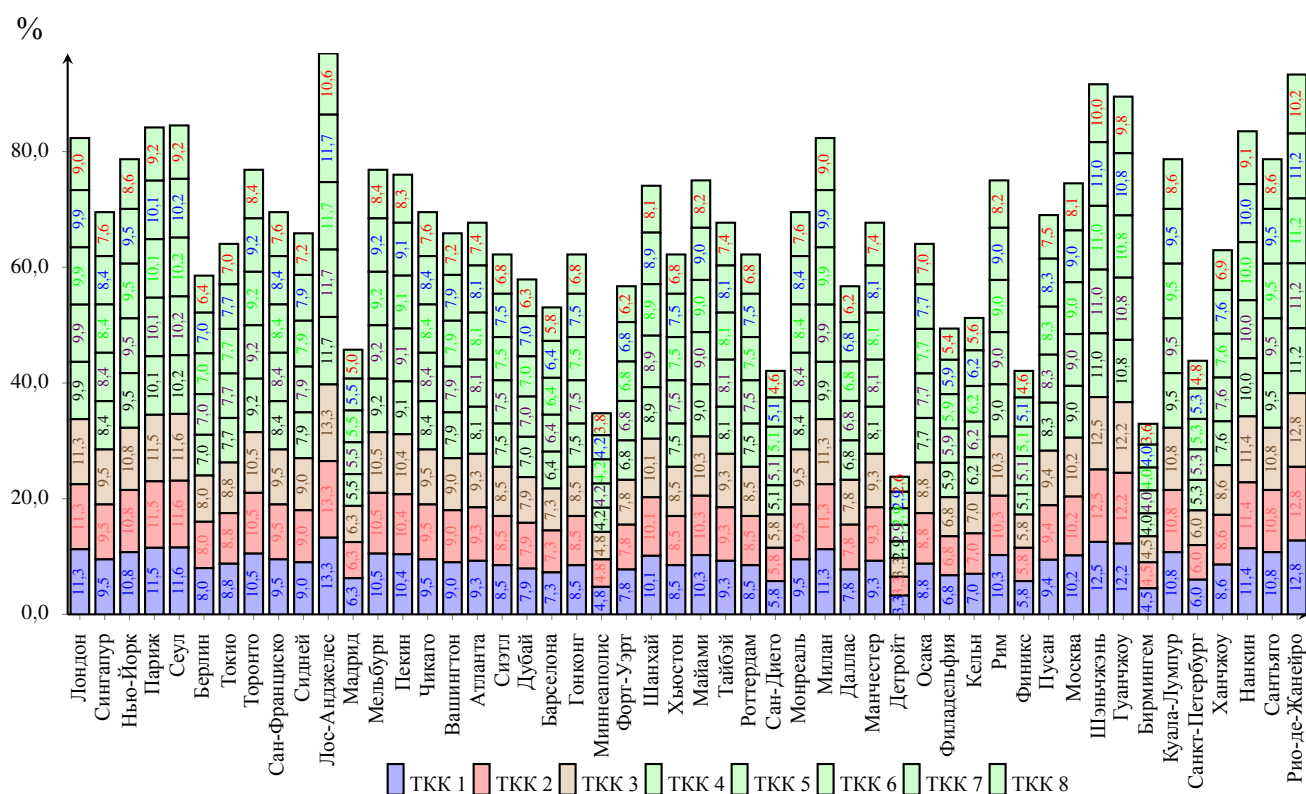


Рисунок 4.18 – Прогноз снижения конгестии для городов мира с населением более 3 млн чел.

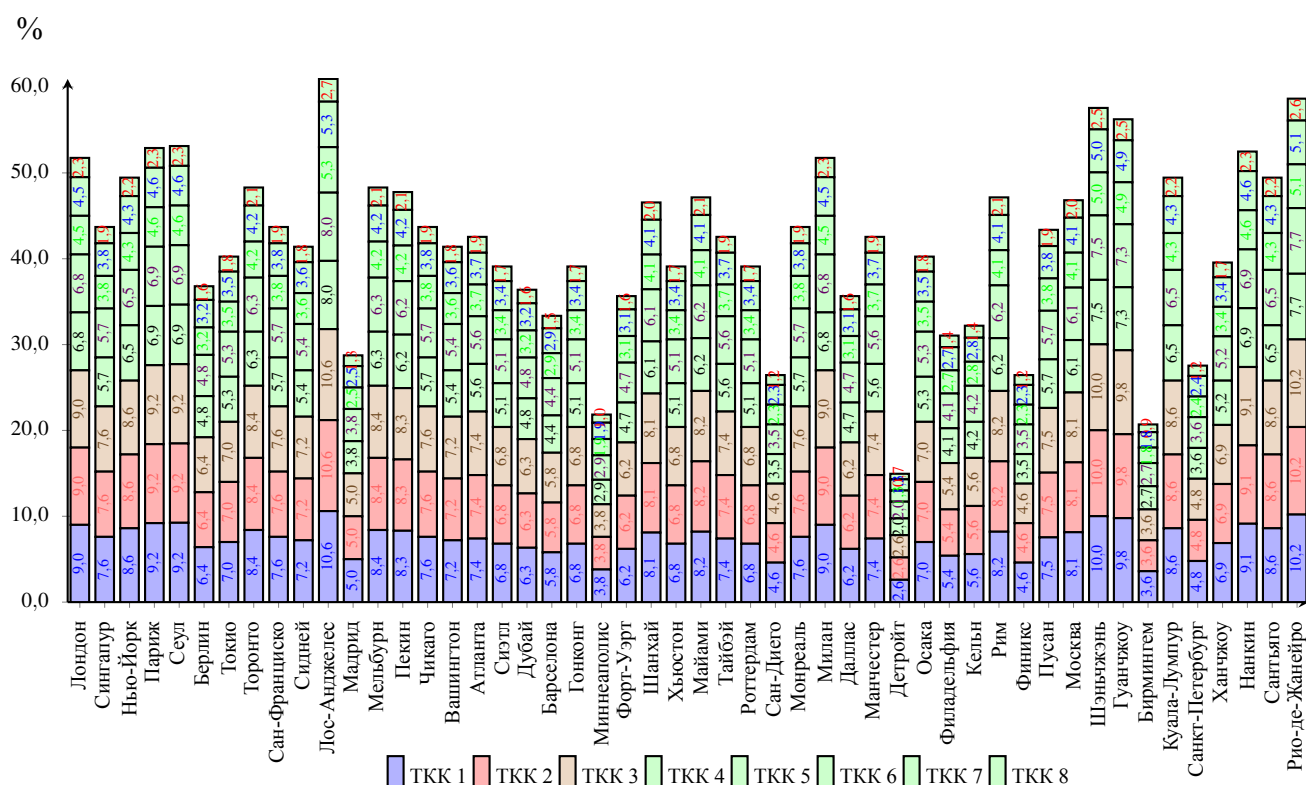


в) согласно современной модели развития ТЛС умного города



г) согласно перспективной модели развития ТЛС умного города

Рис. 4.18 (продолжение) – Прогноз снижения конгестии для городов мира с населением более 3 млн чел.



д) при перспективной модели развития ТЛС умного города

Рис. 4.18 (окончание) – Прогноз снижения конгестии для городов мира с населением более 3 млн чел.

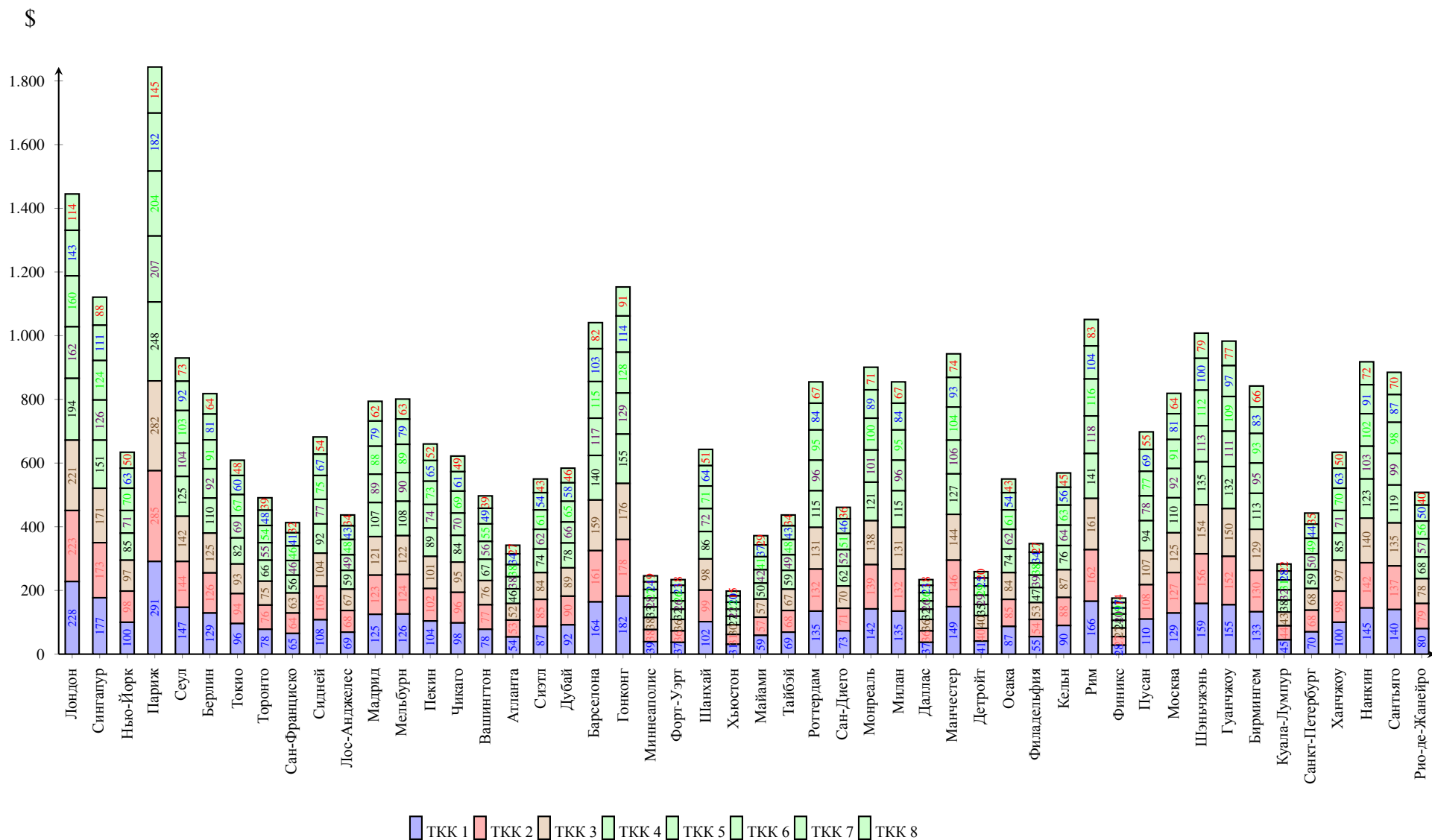
ских транспортных коридоров рассчитывается с помощью авторского механизма и зависит от вида проектирования города, возможности выделить необходимое их количество в существующей транспортной инфраструктуре.

Использование линейной регрессии для определения перегруженности позволит далее спрогнозировать потери на основании модели LightGBM (рис. 4.19, прил. Ц).

Сформулируем обобщающие выводы в области развития транспортно-логистических систем умного города.

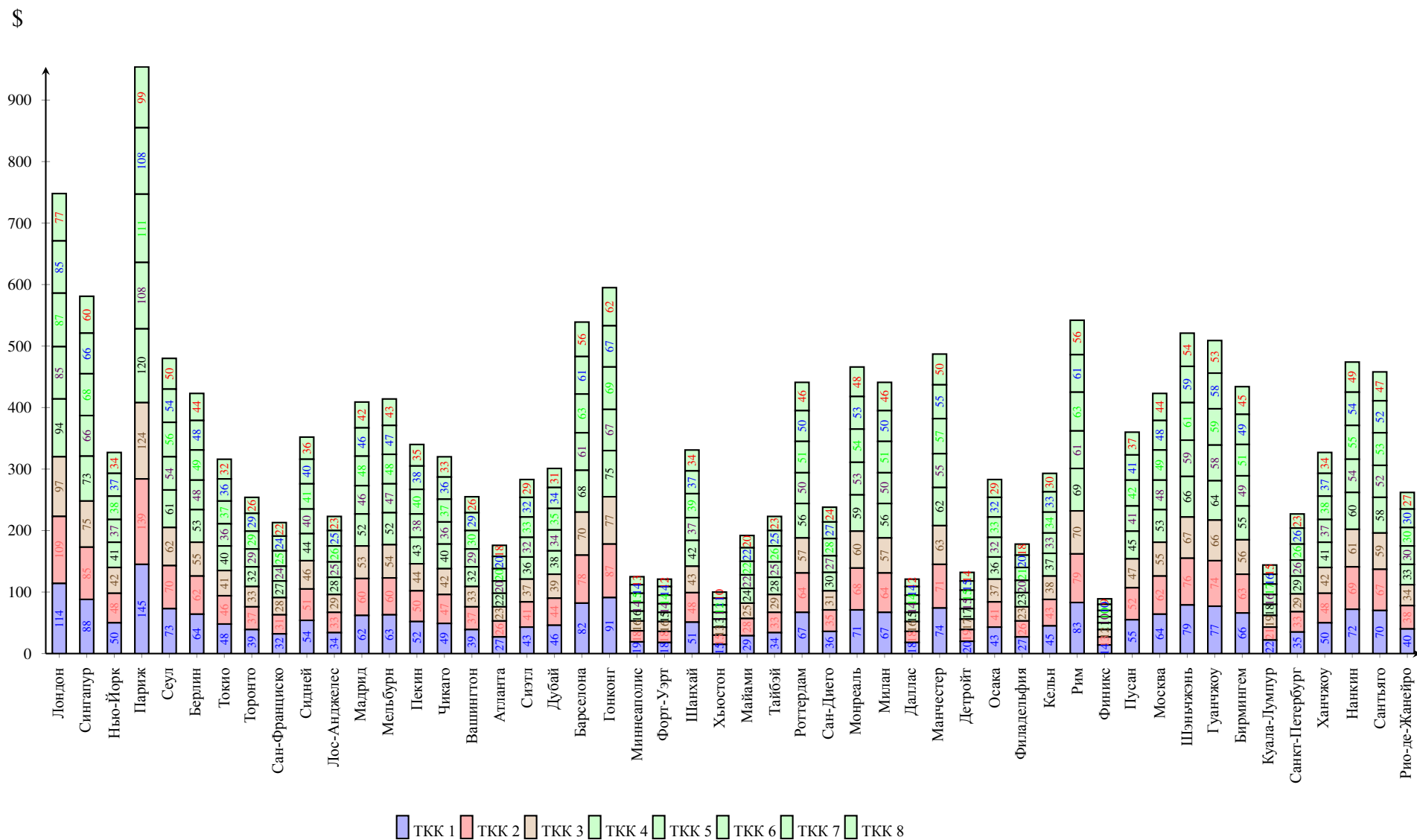
Во-первых, в мире насчитывается более 150 умных городов (согласно рейтингам *IESE Cities in Motion Index*, *EasyPark Smart City Index* и пр.), в которых реализуется концепция цифровой трансформации транспортно-логистической системы. Из них автором выделены те, в которых акцент сделан не только на развитии цифровых технологий, но и на развитии человеческого и социального капитала, а также на мобильности.

Во-вторых, для развития ТЛС умного города особое значение приобретают скорость широкополосного интернета и сетей 4/5G, уровень развития ИКТ,



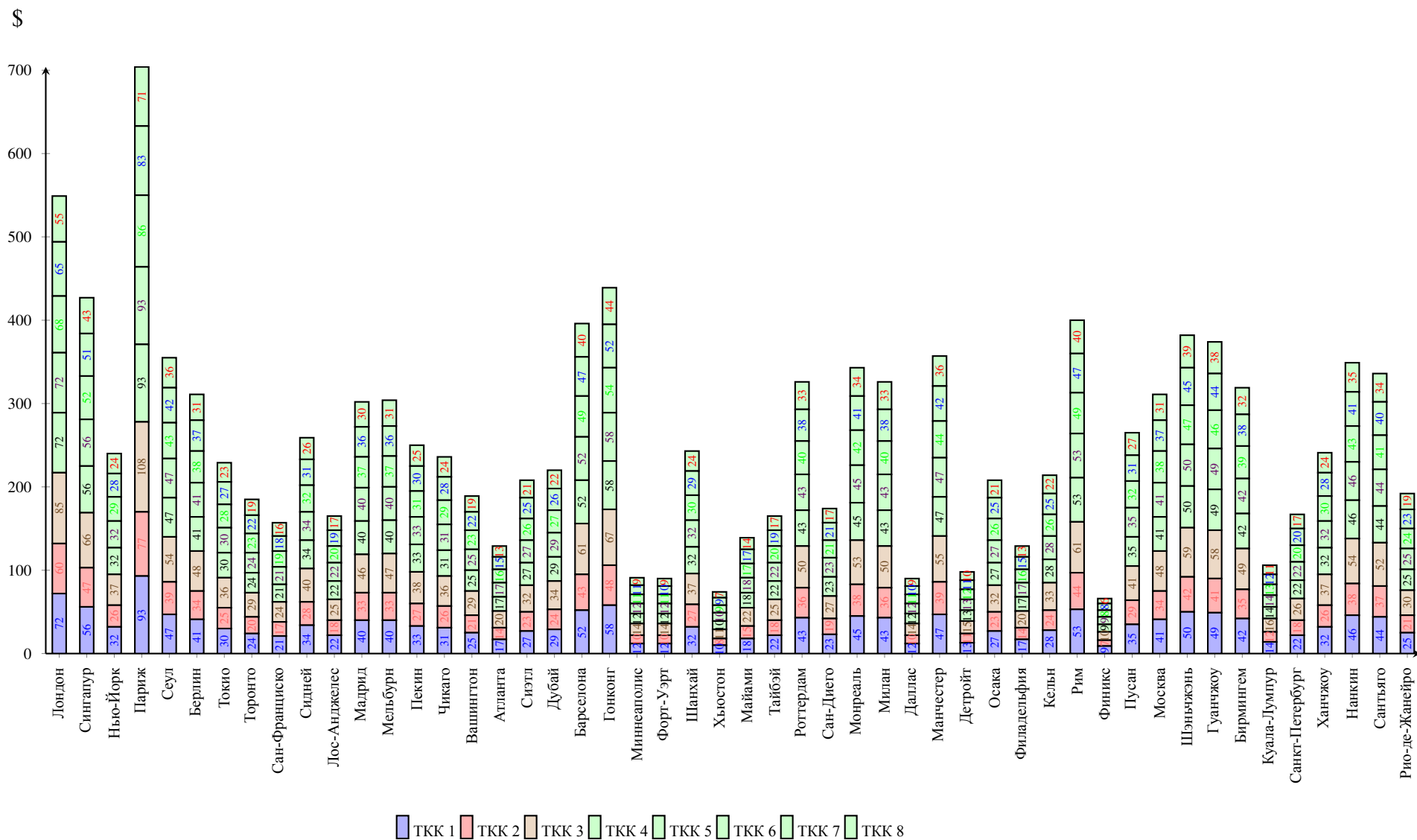
а) согласно минимальной модели развития ТЛС умного города

Рисунок 4.19 – Прогноз снижения потерь для городов мира с населением более 3 млн чел.



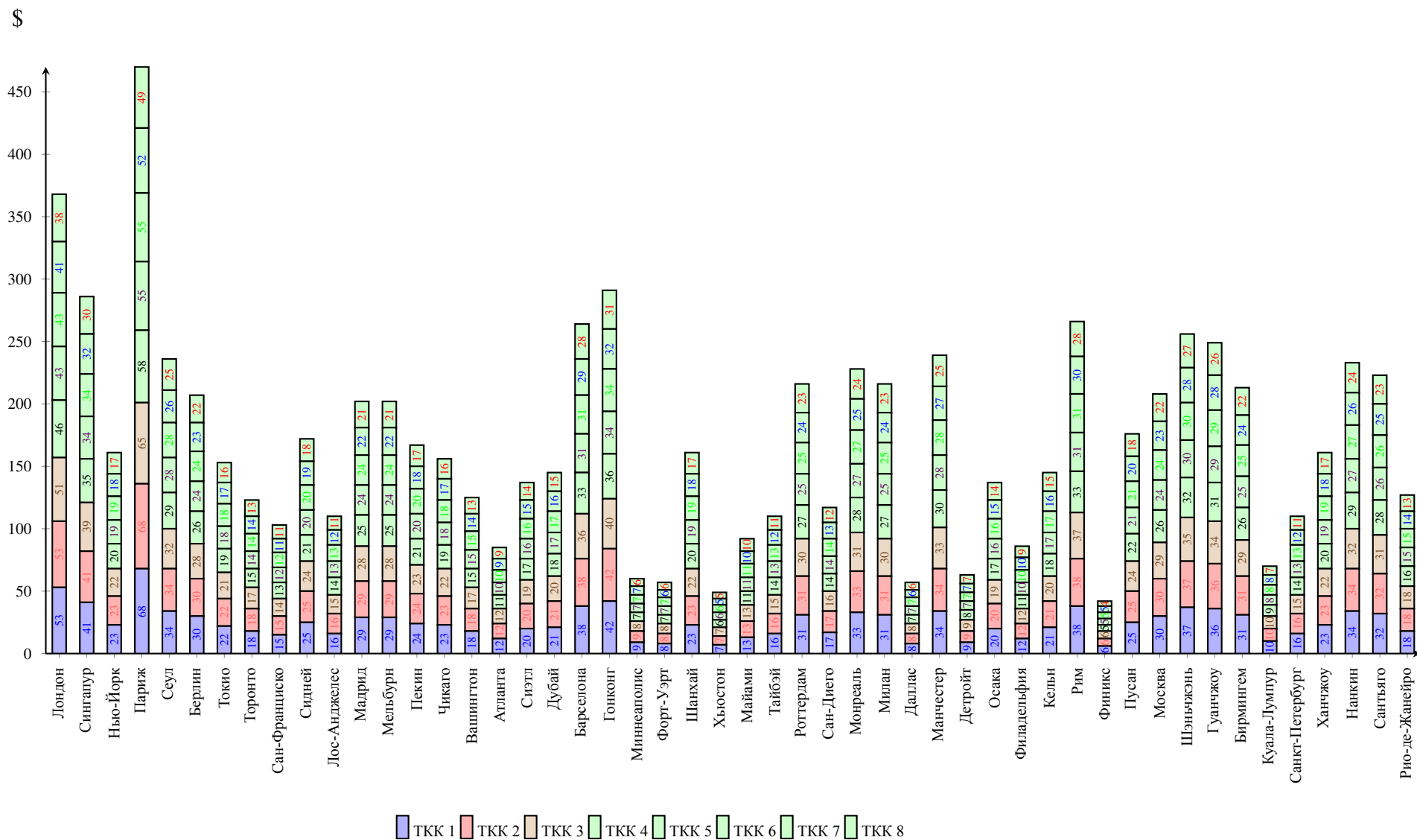
б) согласно оптимальной модели развития ТЛС умного города

Рис. 4.19 (продолжение) – Прогноз снижения потерь для городов мира с населением более 3 млн чел.



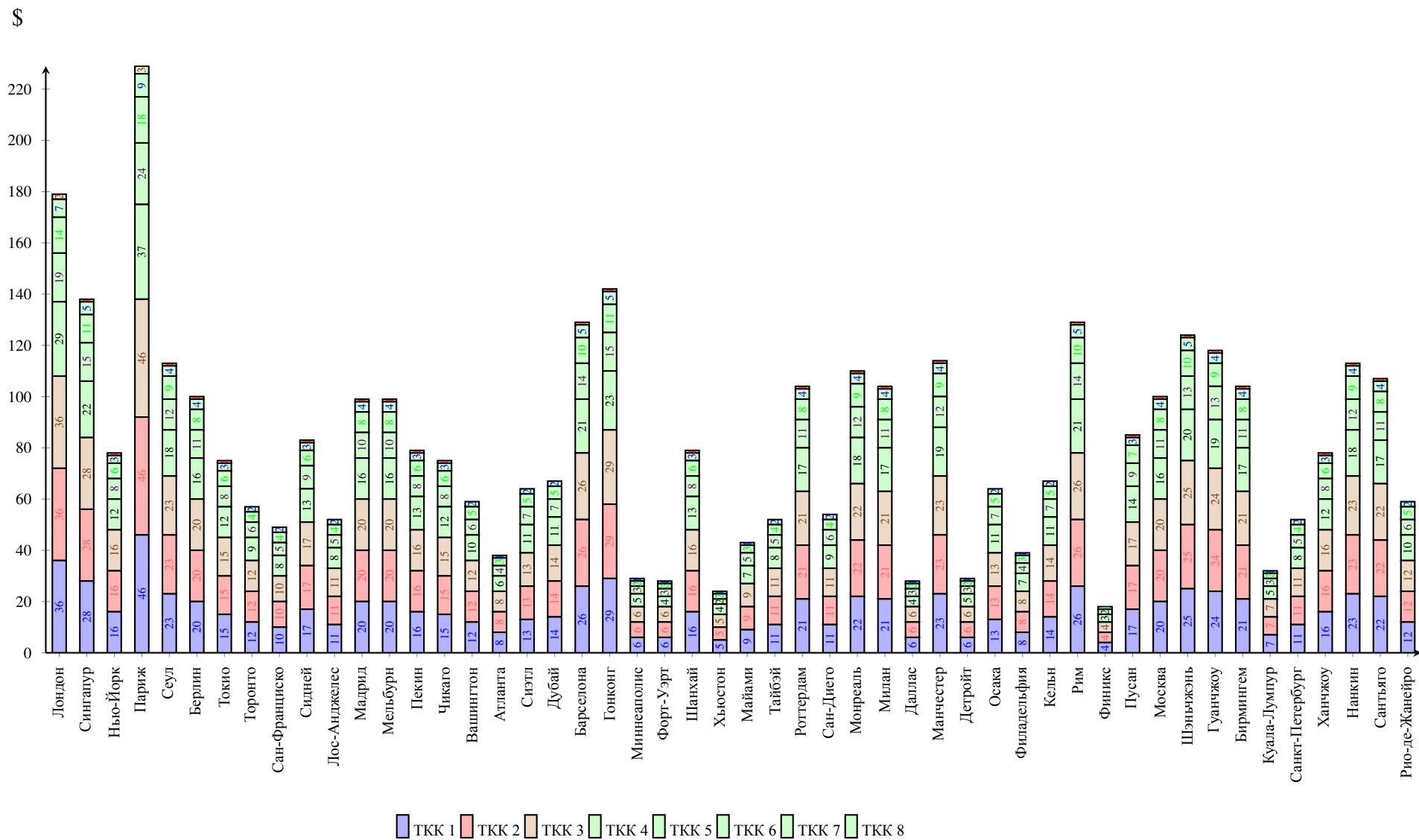
в) согласно современной модели развития ТЛС умного города

Рис. 4.19 (продолжение) – Прогноз снижения потерь для городов мира с населением более 3 млн чел.



г) согласно перспективной модели развития ТЛС умного города

Рис. 4.19 (продолжение) – Прогноз снижения потерь для городов мира с населением более 3 млн чел.



д) согласно инновационной модели развития ТЛС умного города

Рис. 4.19 (окончание) – Прогноз снижения потерь для городов мира с населением более 3 млн чел.

степень удовлетворения потребности в них и опыт использования, а также перспективные направления развития цифровизации ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$).

В-третьих, развитие мобильности, согласно международным рейтингам, является в большей мере комплексным показателем, поэтому автором для его оценки было применено машинное обучение, что позволило выделить модель LGBM Classifier, позволяющую оценить принадлежность ТЛС умного города к категории «мобильных».

В-четвертых, предложен новый показатель мобильности – «стандартизированная перегруженность», с помощью которого можно оценить не только мобильность, но и экономичность ТЛС умного города. Данный подход был апробирован: лучшей признана модель градиентного бустинга CatBoost, позволяющая выбрать компонентную структуру под потребности каждого муниципалитета.

В-пятых, с помощью разработанных автором моделей развития и определенных признаков мобильности установлены их динамические характеристики и сформированы прогнозы развития транспортно-коммуникационных коридоров, единой экосистемы ТЛС умного города, ВАТС и технологий Индустрии 4.0 и 5.0.

В-шестых, для оценки издержек была доказана зависимость потерь от перегруженности ТЛС умного города, проанализированы все модели и предложены две с лучшими прогнозными показателями и качеством: для оценки перегруженности – линейная регрессия и для определения потерь – модель LightGBM.

В-седьмых, на основании моделей были составлены прогнозы потерь для каждого экономического агента в разрезе пяти моделей (минимальной, оптимальной, современной, перспективной и инновационной).

По результатам анализа ключевых показателей ТЛС, их инфраструктуры и информационного пространства можно сделать следующий [306]:

- современный подход к организации движения и развития ТЛС связан с городской логистикой и технологиями Индустрии 4.0 и 5.0;
- сегодня инфраструктура ТЛС умного города в мире развивается не комплексно, что обусловлено разнообразием технологических, прикладных реализованных решений, ограниченными бюджетами муниципалитетов и разными потребностями основных участников потоковых процессов;
- большинство ТЛС умного города обеспечивают реализацию стратегии формирования интеллектуальных систем, которые, в свою очередь, параллельно

с ними развивают модели использования высокоавтоматизированных транспортных средств;

– для развития ТЛС умного города очень важна кибербезопасность, поэтому автором диссертационного исследования выделены страны с высоким уровнем кибербезопасности и развитыми умными городами – Израиль, Дания, Швеция, Нидерланды, Великобритания, Швейцария и пр.

Итак, развитие ТЛС умного города должно строиться на основании проработанных подходов, обеспечивающих рост мобильности транспорта, экономию издержек, адаптивность и гибкость системы управления ими.

ГЛАВА 5. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РОСТА МОБИЛЬНОСТИ В ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ УМНОГО ГОРОДА

5.1. Направления исследований городской логистики при разработке архитектуры мобильной ТЛС на мезоуровне

Транспортно-логистическая система является высокотехнологичной интеллектуальной системой, которая ориентирована на развитие соответствующей промышленности мирового уровня, инноваций, софта и компетенций человека. В то же время она ориентирована на замену рутинных операций взаимодействия между экономическими агентами на базе технологии распределенного реестра данных и интеллектуальных систем управления, развитие доверительного центра компетенций, формирование открытой архитектуры при динамическом развитии инфраструктуры.

В настоящее время в мире, как отмечено в первой главе, множество корпораций (*Siemens, BMW, Mercedes Benz, IBM, Phillips, General Electric, Apple, Yandex*) развивают свои интеллектуальные продукты в аспекте умного города, а также исследовательские центры (*IBM, McKinsey, Price Waterhouse* и пр.) формируют новаторские идеи, наполняя новыми смыслами методологию оптимизации рационального выбора. Современные технологии направлены на компьютеризацию и развитие цифровой экономики, а также призваны обеспечить социально-экономическое развитие. ТЛС умного города развивается в области интеллектуальных транспортных систем, высокоавтоматизированных средств и экосистемного подхода. Подчеркнем, что основой их функционирования выступает интернет, а также развитие ИКТ в заданной области.

Средняя стабильная скорость интернета является основой развития современных цифровых технологий, и страны, которые обеспечили стабильность сетей передачи, более активно внедряют цифровые решения и реализуют амбициозные проекты, такие как ТЛС умного города (табл. 5.1).

Страны-лидеры вкладывают средства в развитие 4G/5G, волоконно-оптических сетей, интенсифицируются инвестиции в облачную инфраструктуру, развитие новых информационно-коммуникационных технологий, интернет вещей и искусственный интеллект; высокий уровень проникновения мобильного интер-

Таблица 5.1 – Скорость интернета, 2025 г., Мбит/с (составлено по: [684])

Страна	Скорость фиксированного широкополосного интернета	Страна	Скорость мобильного интернета
Сингапур	410,06	ОАЭ	691,76
ОАЭ	382,35	Бразилия	260,23
Франция	349,25	Южная Корея	244,33
Исландия	331,04	Сингапур	199,70
США	305,51	США	197,54
Швейцария	284,48	Дания	182,32
Израиль	280,30	Нидерланды	170,62
Дания	272,24	Китай	163,88
Испания	268,81	Норвегия	162,54
Канада	267,29	Швеция	149,83
Венгрия	240,29	Франция	149,72
Южная Корея	237,09	Финляндия	147,00
Япония	234,02	Новая Зеландия	127,45
Нидерланды	229,40	Швейцария	126,61
Бразилия	222,06	Австралия	124,45
Китай	221,37	Бельгия	123,38
Новая Зеландия	210,58	Австрия	113,02
Швеция	197,64	Канада	104,14
Норвегия	170,42	Чехия	99,21
Австралия	164,98	Испания	93,43
Финляндия	164,01	Италия	89,99
Великобритания	161,84	Венгрия	86,66
Бельгия	139,38	Германия	76,87
Австрия	114,34	Великобритания	71,98
Италия	111,49	Япония	66,77
Германия	101,96	Ирландия	66,27
Россия	91,39	Израиль	64,68
Чехия	88,93	Россия	44,92

нета и пр. Они сконцентрировали также свои усилия на формировании защищенных интернет-серверов, переводе информационных систем в Web 2.0 (3.0), в установлении умных устройств, инвестируют в программное обеспечение нового поколения. Ведется интенсивная работа по популяризации ИКТ, в частности, использования аналитики интернета вещей, масштабируемости аналитических данных, а также просветительская работа по кибербезопасности.

Помимо вышесказанного, активно развиваются бизнес-модели с использованием информационно-коммуникационных технологий, уделяется большое внимание подготовке кадров, патентной работе и НИОКР.

Выделим ключевые российские проблемы организации потоковых процессов ТЛС умного города:

- перегруженность центральной части города («городского ядра»), что характерно для всех городов мира;
- использование индивидуального пассажирского транспорта при организации движения, что негативно сказывается на экологии и удовлетворенности граждан;
- устаревшие градостроительные нормы и сложность согласования нововведений, а также большие сроки их реализации;
- административная система управления городским транспортом, а также не полностью согласованная политика в области развития транспортной инфраструктуры и объектов логистической, производственной и градостроительной деятельности, большой износ инфраструктуры и транспортных средств;
- ограниченность финансовых ресурсов, а также слабое развитие концессии, государственно-частного партнерства, высокая степень закредитованности муниципалитетов;
- отсутствие вовлеченности граждан, в частности молодежи, в решения проблем организации движения и улучшения городской жизни;
- разработка большинства стратегий развития муниципалитетов на основе анализа сложившихся тенденций и их экстраполяции, что является в корне неверным подходом к обустройству будущего.

В современных условиях российские ТЛС только точно реализуют концепцию устойчивого развития в области умных городов, в частности, интеллектуальных транспортных систем и единого экосистемного подхода. Таким образом, отметим, что предлагаемый автором теоретико-методологический подход позволяет оценить, как развиваются ТЛС в мире и, прогнозируя будущее видение качества жизнедеятельности человека, организации транспортировки, сервиса, сократить транзакционные издержки для всех экономических агентов, а также изменить традиционные подходы к развитию ТЛС умного города и добиться более высоких показателей адаптивной логистической координации.

В России сегодня существует социально-экономический заказ на исследования транспортно-логистической системы умного города с целью обеспечения роста мобильности и сбалансированности развития экономических агентов, который обусловлен следующими нормативными документами:

- Федеральным законом от 28.06.2014 № 172–ФЗ (ред. от 13.07.2024) «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [1] и Указом Президента РФ от 07.05.2024 № 309 (ред. от 21.07.2024) «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» [2];
- Стратегией научно-технологического развития РФ до 2035 года согласно Указу Президента РФ от 28.02.2024 № 145 [3];
- Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», утвержденной Указом Президента РФ от 28.02.2024 года № 145 [4];
- Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года и прогнозом на период до 2035 года [8], утвержденной распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 года № 3363–р [6] (ред. от 06.11.2024);
- прогнозом долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 06.10.2021 № 2816–р [7].

Помимо этого, некоторые элементы развития ТЛС обозначены в национальных проектах [5]:

- «Инфраструктура для жизни» – сформированы задачи развития транспортной сети, усиления контроля за соблюдением правил дорожного движения, обновления пассажирского транспорта и пр.;
- «Эффективная транспортная система» – в области развития бесшовной транспортной системы и сервисов контроля, прогнозирования перевозок грузов;
- «Экологическое благополучие» – в области снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах, также при снижении транспортом выбросов CO_2 ;
- «Экономика данных и цифровая трансформация государства» – в области развития интеллектуальной инфраструктуры мирового уровня с целью хранения, обработки и анализа информации, обеспечения доступа к ней всех эко-

номических агентов, а также создания геораспределенной катастрофоустойчивой системы обработки данных и т.д.

Анализ перечисленных нормативно-правовых документов позволяет заявить, что в области организации и управления потоковыми процессами на макроуровне данная работа ведется в различных сферах, но не учитывает весь комплекс более эффективных решений. На мезоуровне реализуется точечно, в целом на всех уровнях существует необходимость ее активизации, чтобы не отстать от развитых стран и обеспечить высокий уровень конкурентоспособности в данной области.

Текущий стандартный путь формирования интеллектуальной транспортной системы имеет положительные примеры внедрения: обеспечивается рост пропускной способности (на 25 %) и увеличиваются пассажиропотоки (на 20 %). В России сформирована единая архитектура развития интеллектуальной транспортной системы (рис. 5.1).

Опыт лидеров в области организации и управления потоковыми процессами на мезоуровне показывает, что рыночные отношения в экономике предполагают создание развитой и эффективной многоуровневой системы государственного регулирования, функционирования и развития страны, и как один из результатов, предложена концепция урбанистического процветания в будущем при выделении трех основополагающих формирующих ее факторов становления: совершенствование законодательной базы, создание эффективной системы управления и оптимизация городского проектирования.

В этой связи формирование транспортно-логистической системы умного города может стать предпосылкой транспортно-логистического обустройства страны, агломераций и городов, при этом концептуальной основой ее формирования может выступать оптимизация рационального выбора потоковых процессов в различных их состояниях, изменениях и развитии при создании единой распределенной экосистемы ТЛС умного города.

Все города мира формируют транспортно-логистическую систему согласно росту численности населения и выявленным текущим проблемам: развитие общественного транспорта, электронная оплата городских сервисов, система сбора и информирования участников потоковых процессов, цифровые платформы и сервисы. Перспективное развитие ТЛС возможно только при формировании единой распределенной экосистемы умного города, обеспечивающей более высокий уро-

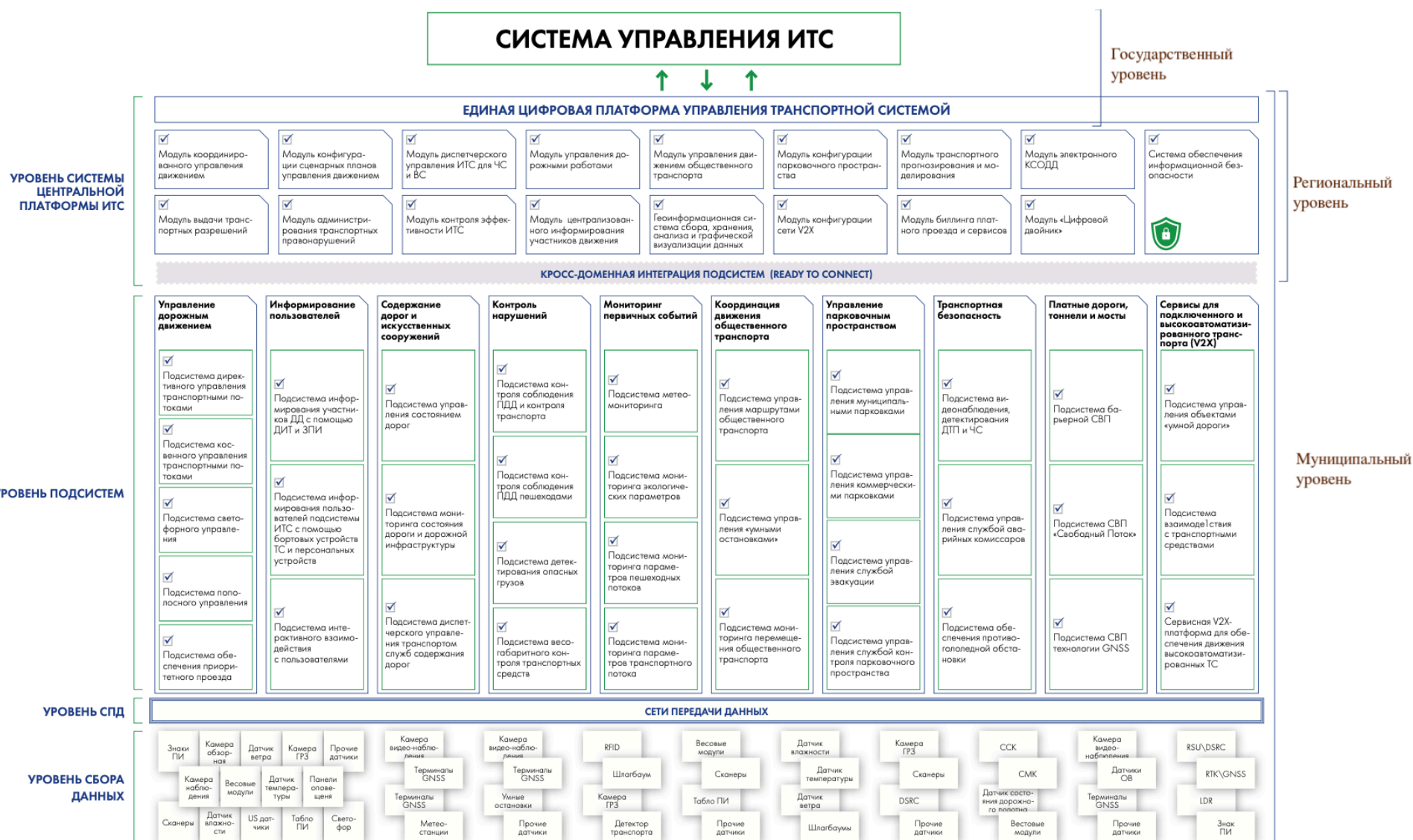


Рисунок 5.1 – Единая архитектура развития интеллектуальной транспортной системы в России (составлено по: [676; 677])

вень адаптивной логистической координации между экономическими агентами и рост мобильности на мезоуровне.

Сегодня в области формирования ТЛС умного города в распределенной сети данных достаточно обеспечить скорость 20–50 кбит/с, что в современных условиях соответствует любому экономическому агенту, использующему как широкополосный доступ, так и мобильное подключение. Таким образом, на основе сформулированной гипотезы, что «использование нового рационально-эволюционного подхода к городской логистике в процессе развития динамической инфраструктуры и интегрированной экосистемы обеспечит более эффективную адаптивную логистическую координацию и рост мобильности транспортно-логистической системы умного города, что гарантирует получение экономии всеми экономическими агентами», необходимо изменить текущий тренд «догоняющего» развития и привести новое авторское видение формирования ТЛС умного города, которое позволит добиться большей экономии для экономических агентов, улучшить экологическую обстановку и качество жизнедеятельности человека, а также построить новую систему управления.

Развитие ТЛС умного города будет состоять из нескольких этапов, описанных ранее (см. табл. 3.17 в §3.3). Остановимся на них более подробно и опишем перспективные направления исследования городской логистики.

0. Подготовительный этап при выявлении проблем должен сформировать запрос на основные сервисы, а также определить механизмы взаимодействий между экономическими агентами с целью достижения экономии для участников потоковых процессов при формировании соответствующего правового поля регулирования и выборе модели развития.

Ключевой целью данного инфраструктурного проекта выступает достижение нулевых транзакционных издержек, что позволит получить экономию всем экономическим агентам на мезоуровне. Таким образом, на этом этапе решаются также задачи подсистем управления движением в транспортно-логистической системе, а именно, обеспечивается безопасность дорожного движения, рост пропускной способности выделенных полос и поддержание их в нормативном состоянии. Также осуществляется разработка прототипа системного интегратора при открытой архитектуре, связанной с вовлечением большего количества контрибьюторов, которые будут заниматься технической составляющей развития экосистемы

ТЛС умного города, созданием приложений и сервисов, определением специфики взаимодействия с внешними данными и центрами компетенций, корректировкой предустановленных smart-контрактов. Результатом данного этапа выступает архитектура экосистемы, а также сценарии локального проекта ТЛС умного города.

В этой области разработка архитектуры ТЛС умного города должна включать направления ее развития, а также клиентский интерфейс, прикладные алгоритмы и доступ к данным в распределенной сети (рис. 5.2).

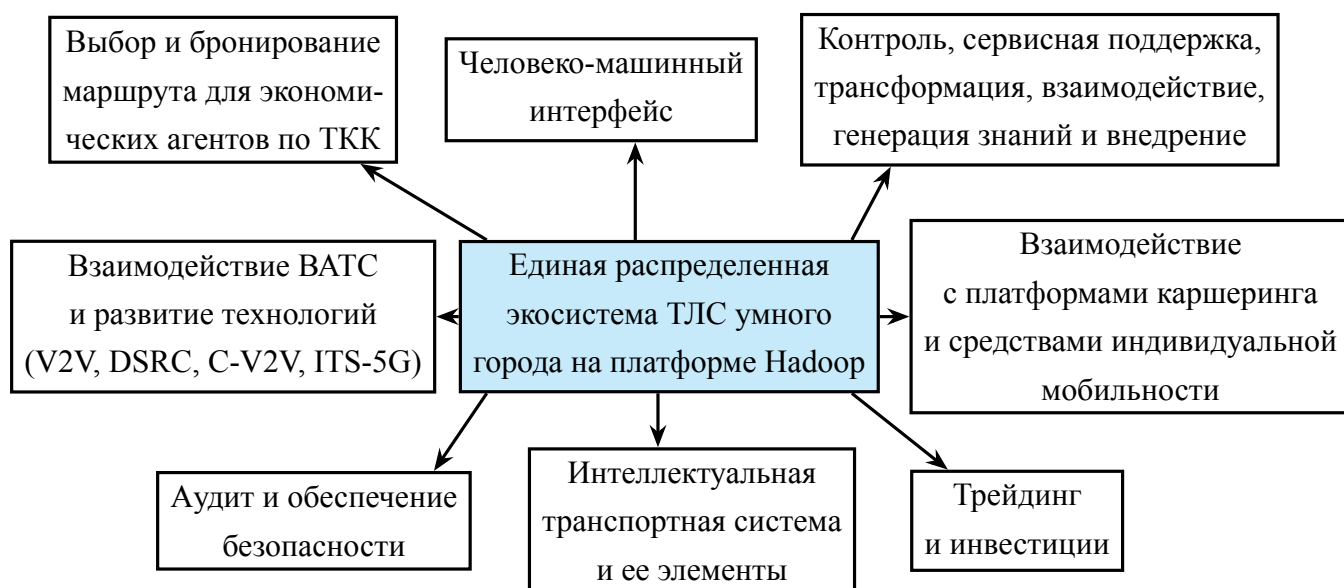


Рисунок 5.2 – Направления разработки архитектуры взаимодействия транспортно-логистической системы умного города [592]

Сегодня исследования в области распределенного реестра данных находятся в фазе бурного развития, и узлами консенсуса (нодами), которые обеспечивают запись транзакций, а также проверку при выборе и бронировании маршрута ТЛС умного города, могут выступить любые экономические агенты, определяемые в пиринговой сети случайным образом, что обеспечит достоверность и точность передаваемой информации. При этом также важна патентная деятельность для получения решений достоверности данных и развития смарт-контрактов (рис. 5.3).

Формирование пула стейкхолдеров должно происходить в контексте основных предприятий (фирм), выполняющих регулярные маршруты движения, а также государства. С авторской точки зрения, к данной категории можно отнести торговые сети, предприятия промышленности, перевозчиков. С другой стороны, данный инфраструктурный проект ориентирован на жителей, улучшает сервис и замещает рутинные операции всех участников транспортного процесса. Таким

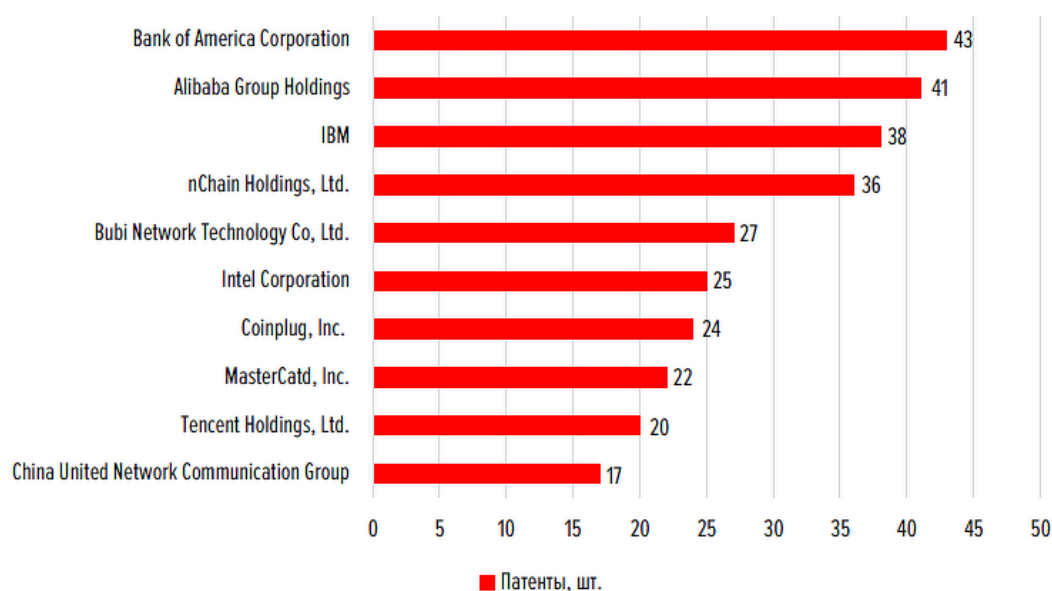


Рисунок 5.3 – Компании-лидеры по патентной работе в области технологии распределенного реестра данных (составлено по: [673])

образом, формируя архитектуру ТЛС умного города, можно утверждать, что заинтересованными сторонами в реализации проекта могут выступить не только вышеуказанные участники, но и дополнительно технологические компании и институты, которые все вместе должны рассматривать данный проект и как коммерческий, и как социальный. **Привлечение дополнительных средств, которое реализуется посредством вовлечения домохозяйств и прочих экономических агентов в реализацию подпроектов с заданной нормой прибыли в единой экосистеме ТЛС умного города, может выступить перспективным направлением имплементации городской логистики.**

Важным моментом выступает выбор центра компетенций (оператора), обеспечивающего инициацию проекта по развитию транспортно-логистической системы умного города, который будет вовлечен в данный бизнес-проект с целью обслуживания организации доставки необходимой продукции требуемого качества и в нужном количестве, в определенное место и время, с оптимизацией трансакционных издержек, а также в соответствии с требованиями по обновлению инфраструктуры.

I. Следующий этап связан с развитием направлений цифровизации ТЛС умного города в части процесса транспортировки с целью автоматизации складского хозяйства, что подразумевает замену рутинных операций межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами, развитие интеллекту-

альных автоматизированных алгоритмов принятия решений при комплексности взаимодействий на предприятии и в цепи поставок.

Результаты проведенного ранее прогнозирования дают возможность утверждать, что выделение отдельных полос позволит изменить скорость движения по ТКК, разгрузка перекрестка будет происходить в отдельной фазе светофора, а при развитии высокоавтоматизированных средств позволит роботизировать все процессы ЛЦ и МПТ, а также максимально допустимую величину ИПТ. При возникновении незапланированных мероприятий и форс-мажорных ситуаций в данном контексте динамически осуществляется изменение полосы или схема работы транспортно-коммуникационного коридора.

Моделирование транспортных потоков как новое направления изучения городской логистики по выделенной полосе как модели «цифровой дороги» с учетом выделения фазы работы светофора позволяет внести коррективы в организацию движения и задать начальные условия внедрения. Примером может служить моделирование перекрестка при выделении отдельного цикла светофора по ТКК (рис. 5.4).

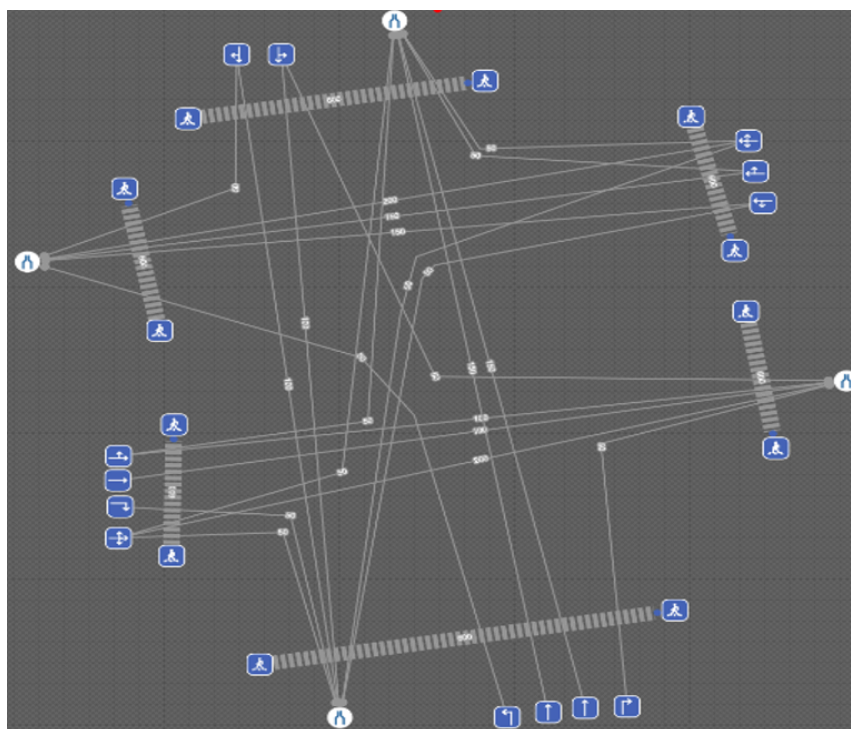


Рисунок 5.4 – Пример моделирования перекрестка при выделении отдельного цикла светофора с целью роста мобильности по транспортно-коммуникационному коридору

Трудности развития ТКК объясняются сложными согласительными процедурами по организации дорожного движения по коридору и вне его. Запуск одного направления ТКК и маршрутов ЦП и МПТ, в котором уровень перегруженности достигает критических значений, может выступить пилотным проектом с целью проведения эмпирического исследования и корректировки расчетных показателей, а также дальнейшего масштабирования. Подчеркнем, что для развития ТКК необходимы административные меры по их выделению, а также разработка норм и правил взаимодействий экономических агентов, а в будущем – высокоавтоматизированных транспортных средств. Их развитие в условиях городской застройки требует разрешительных согласований, а формирование кооперативных интеллектуальных систем – достаточно больших финансовых средств.

Критическим моментом на данном этапе является стимулирование установки приложения экосистемы ТЛС умного города на мобильных и стационарных системах коммуникации для доступа к системе бронирования маршрута с заданными показателями адаптивной логистической координации и уровнем логистического сервиса, обеспечивающими рост мобильности.

Также роботизация складских систем, таких как региональные (территориальные, городские) транспортно-логистические центры со связующими звеньями, позволит оптимизировать транзакционные издержки фирм в процессе транспортировки на мезоуровне и «последнюю милю». Существенен и блок формирования новых компетенций и обучения, который связан с проникновением смартфонов, покрытием компьютерами домохозяйств и в котором предусмотрены механизмы обучения лиц преклонного возраста, а также лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов и пр.

Основное внимание необходимо также уделить формированию норм и правил в рамках институциональной экономики, которые обусловлены формированием института городской мобильности.

II. Следующий этап – автоматизация транспортных процессов предприятий и массового пассажирского транспорта, осуществляющего цикличные перевозки в городе. С технологической точки зрения развитие второго уровня автоматизации на транспорте предполагает использование автопилота с участием водителя, и формирование ТЛС умного города на данном этапе определяет будущий тип ее развития, ориентированного на пешехода. При ограниченной пропускной

способности уличной дорожной сети вырисовывается алгоритм взаимодействия с различными сервисами каршеринга, велошеринга и прочими средствами индивидуальной мобильности, которые предлагают альтернативный вариант передвижения в заданный интервал времени в противовес использованию индивидуального пассажирского транспорта с целью нивелирования рисков перегруженности транспортно-логистической системы и последующей ее корректировки. При этом **исследование системной работы в области координации ЛЦ и МПТ как перспективное направление городской логистики позволит обеспечить адаптивную логистическую координацию всех потоковых процессов на мезоуровне.**

III. Внедрение автомобилей с ВИЭ и электромобилей на данном этапе позволяет сформировать зоны сверхнизких выбросов CO_2 и улучшить экологическую обстановку в рамках теории устойчивого развития, а последующее изменение модели взаимодействия между экономическими агентами (ЛЦ и МПТ) создает предпосылки роботизации доставки грузов до потребителей с применением альтернативных способов. **В этой ситуации новым исследовательским проектом городской логистики может выступить влияние «цифровой дороги» (ТКК) на экологическую обстановку в городе.**

IV. Важным аспектом данного этапа является **выстраивание логистического сервиса, регулируемого создаваемым системным агрегатором, который объединяет все процессы функционирования и развития ТЛС умного города, а также обеспечивает обратную связь с потребителями, вовлекая их в управление системой, что можно отнести к перспективному блоку исследования городской логистики.**

Подчеркнем, массовое развитие третьего уровня автономности (L3) требует идеальных погодных условий, внедрение зависит от правовых, технических и прочих кумулятивных факторов и на дорогах общего пользования в мире ожидается к 2026 г. Подключение домохозяйств к единой экосистеме ТЛС умного города в части автоматизации передвижения с использованием индивидуального пассажирского транспорта на данном этапе позволяет системному агрегатору выйти на полный функционал, т.е. контролировать все передвижения, и при перегруженности системы обеспечить альтернативу для ЛЦ, МПТ и ИПТ.

Переход к новой системе распределенности информации, объединение мощностей позволят перейти к более гибкой системе и увеличить эффективность

использования ЛЦ, МПТ, снизит затраты на **формирование и обслуживание инфраструктуры мирового уровня, что также можно отнести к перспективному направлению исследования городской логистики.**

Особо подчеркнем, что цифровая, интеллектуальная, а также транспортно-логистическая инфраструктура ТЛС умного города выступает инновационной компонентой эволюционного развития. При этом особое значение приобретают интегрированная система управления данной инфраструктурой (единая распределенная экосистема ТЛС умного города), а также развитие нецифровых технологий, «зелёных» и энергоэффективных зданий, предприятий и инженерных объектов. В этой ситуации управление инфраструктурой требует разработки теоретико-методологических принципов организации с целью адаптивной логистической координации и объединения усилий основных стейкхолдеров и прочих заинтересованных сторон. Исходя из вышесказанного **сформируем в рамках теории городской логистики направления развития механизма управления транспортно-логистической инфраструктурой ТЛС умного города**, которые требуют дальнейшего изучения и совершенствования (рис. 5.5).

Развитие экосистемы ТЛС умного города как инфраструктурного проекта должно руководствоваться следующими принципами организации:

- 1) развитие интеллектуальных решений с открытой архитектурой, которая способствует полному управлению технологическими ресурсами и информацией с заданным уровнем обслуживания для всех ее участников;
- 2) обеспечение высокого уровня кибербезопасности и прозрачности потоковых и непотоковых процессов;
- 3) перманентная логистическая координация, способствующая достижению контролируемого уровня конгестии, денежных и временных затрат;
- 4) формирование социальной, новаторской научно-исследовательской и краудсорсинговой системы, ориентированной на создание технологий, сервисов и решений, повышающих качество жизни человека;
- 5) привлечение «лучших» практик по управлению инфраструктурой (ITIL, BSMIL, ASL, COBIT и пр.) с полным или частичным использованием разработанных стандартов ИСО, а также масштабируемость умной инфраструктуры;
- 6) стимулирование развития цифрового и высокотехнологичного секторов экономики, а также привлечение инвестиций, снижение влияния санкционных

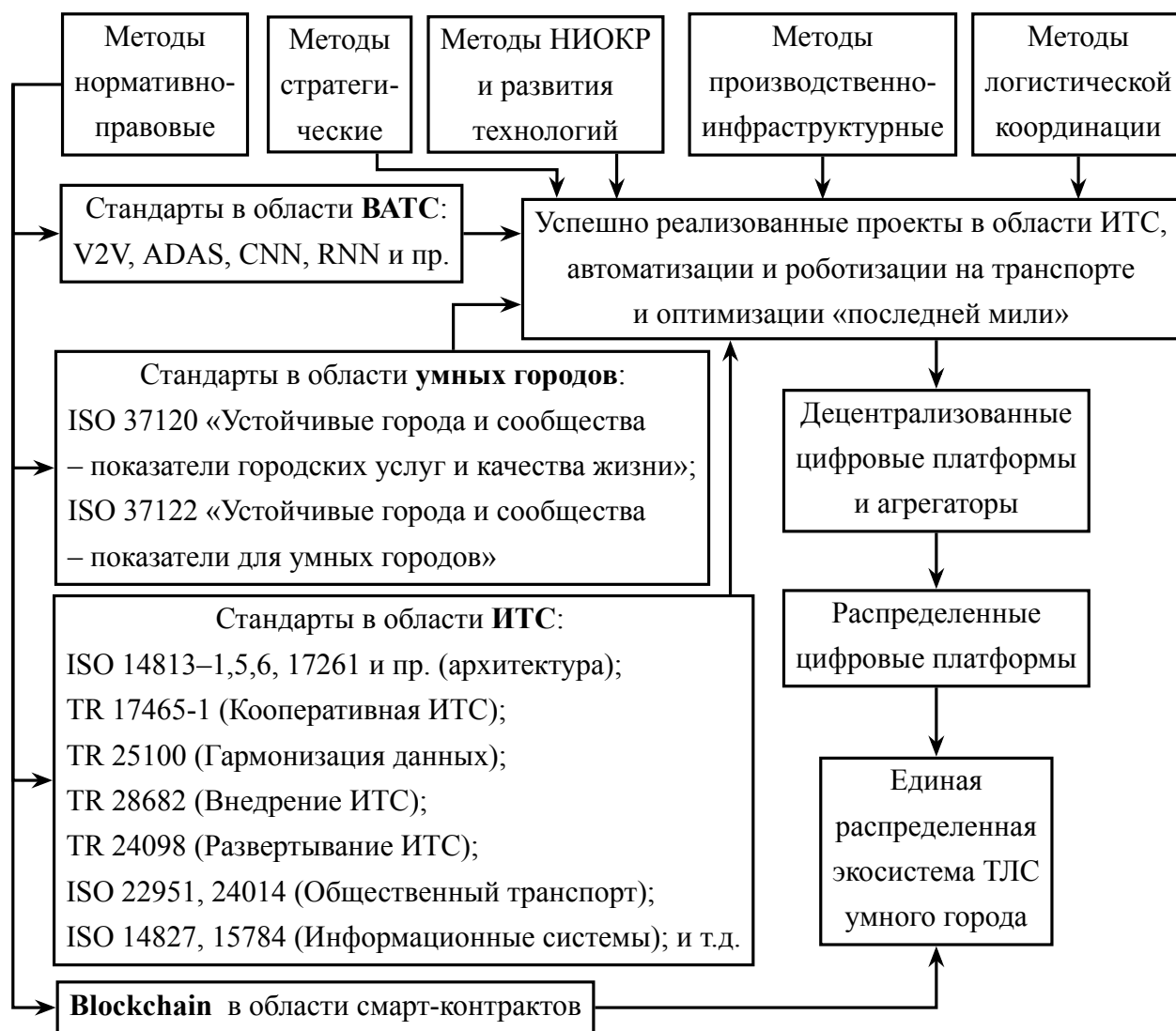


Рисунок 5.5 – Направления развития механизма управления инфраструктурой ТЛС умного города [299; 584]

рисков и контроль за экологической, эпидемиологической и прочими сферами жизнедеятельности человека; и пр.

Сегодня во многих городах мира отмечается отставание темпов развития и неэффективность эксплуатации инфраструктуры. При этом развитие единой экосистемы ТЛС умного города имеет ряд преимуществ. Во-первых, обеспечивается устойчивость передачи данных при единых протоколах и оборудовании, нивелируются риски взаимоотношений при разных собственниках. Во-вторых, отпадает необходимость дублирования оборудования для различных служб, ведомств и организаций, что в итоге ведет к экономии на приобретении и обслуживании, а также к более оперативной, гибкой модернизации и улучшению. В-третьих, реализуется более эффективная интеграция сенсорных и идентификационных тех-

нологий, стандартов и протоколов машинного взаимодействия. В-четвертых, при развитии технологии Blockchain нет необходимости массово развивать крупные серверы. В дополнение появляется возможность эксплуатации уже реализованных систем обработки, анализа данных с помощью облачных вычислений, сенсорных сетей в комбинации с Web 2.0 (3.0), социальными сетями, краудсорсинговыми платформами для коллективных вычислений без необходимости строительства новых объектов.

Новое направление исследования городской логистики возможно использовать для оценки уровня зрелости умной инфраструктуры, которую определяем на основании рейтингов развития информационно-коммуникационных технологий, интеллектуальной транспортной системы и внедрения высокоавтоматизированных транспортных средств на дорогах общего пользования.

В основу методики оценки зрелости инфраструктуры ТЛС умного города можно заложить прирост развития 4G/5G/6G, волоконно-оптических сетей, а также текущего уровня инвестиций в облачную инфраструктуру, в системы передачи и анализа информации, кибербезопасность, интернет вещей и искусственный интеллект. В области оценки интеллектуальной транспортной системы необходимо отразить текущую реализацию проектов и бюджеты, наличие современной инфраструктуры применительно к ее приложениям (телекоммуникациям, архитектуре систем и стандартам). В области высокоавтоматизированных транспортных средств – проекты по развитию системных агрегаторов, краудсорсинговые, краудфандинговые платформы и пр. Таким образом, применение компаративно-генетического подхода позволяет на основании уже имеющегося опыта, а также учитывая подходы к организации работы сформировать инфраструктуру ТЛС умного города в соответствии с текущими и прогнозируемыми потребностями.

V. На заключительном этапе корректируется адаптивная логистическая координация потоковых процессов для каждого экономического агента в транспортно-логистической системе умного города при изменении соответствующих норм и правил взаимодействия, а также происходит перераспределение транзакционных издержек на экономических агентов в области развития и обеспечения инфраструктуры. Это способствует интеграции с адаптивными системами управления движением, с высокоавтоматизированными транспортными средствами, а также

с сервисами и независимыми агрегаторами. Здесь возникает вопрос, как в дальнейшем будут совершенствоваться адаптивные системы управления трафиком.

Развитие ИТС сегодня осуществляется во многих городах мира как необходимый элемент не только сбора информации по трафику, но и обеспечения безопасности. Если по транспортно-коммуникационным коридорам организация движения запланирована и выполняется автоматизированным алгоритмом, то данная умная инфраструктура необходима только на пути развития автоматизированных интеллектуальных систем, а также при контроле перегруженности (конгестии). Как последующий итог нивелируется большая часть инфраструктуры в области централизованного серверного оборудования. **Перспективным исследовательским проектом городской логистики может служить определение предела автоматизации, который зависит от ожидаемой экономии экономических агентов и стратегии муниципалитета, государства в области устойчивого развития.**

Сегодня для крупных городов России данный проект может стать новым видением организации движения, поскольку он затрагивает не только роботизированные системы, развитие интеллектуальных транспортных систем, а также единую систему управления; он требует комбинированного развития для достижения более высокого уровня межорганизационного взаимодействия между экономическими агентами.

В области развития данный проект может обеспечить эволюционный рывок и качественное переформатирование системы согласования, проектирования, финансирования, внедрения инноваций по запросам экономических агентов. Человек контрактный в этой новой системе изменяет свою роль на обслуживание, и его функции в области рутинных операций замещаются автоматизированными системами, но сам участвует в принятии решений по изменяющимся во временном промежутке запросам. **При этом необходим новый уровень сформированных компетенций в области городской логистики в рамках устойчивого развития и обеспечения роста мобильности в городе.**

Таким образом, архитектура и экосистема ТЛС умного города зависят от множества факторов: уровня автомобилизации и конгестии, среднего времени движения, альтернативного использования транспорта, бюджетов, программ развития, стохастических факторов и пр.

Исследований, которые комплексно реализуют экосистемный подход при смене технологического уклада на мезоуровне, недостаточно. Городская логистика в этом аспекте позволяет разработать собственную теорию, а также методологию и интеллектуальные решения для снижения риска зависимости и обеспечения национальной безопасности в целях развития мобильности и снижения потерь для каждого экономического агента при меньшем уровне инвестиций и опережающем темпе устойчивого развития. При этом снижаются экологические риски, растет мобильность, гармонизируются транспортные потоки, обеспечивается планомерное, инновационное и гибкое развитие сложной транспортно-логистической системы умного города. Человек контрактный в этой системе играет наиболее важную роль, обеспечивающую общественное и социальное развитие на мезоуровне.

5.2. Цифровая трансформации ТЛС крупного промышленного города

Развитие ТЛС г. Екатеринбурга осуществляется на основании следующих нормативных документов:

- Стратегия социально-экономического развития Свердловской области до 2030 г. [9] и Стратегия пространственного развития Екатеринбурга на период до 2030 г. [17];
- Генеральный план городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2045 г. [10] и пр.

Сегодня актуализируются проекты Стратегического плана развития г. Екатеринбурга до 2030 года и реализуются следующие направления:

- «Формирование комфортной, экологически благополучной городской среды»;
- «Екатеринбург – межрегиональный инновационно ориентированный промышленно-финансовый центр» (Стратегическая программа «Цифровой Екатеринбург»);
- «Формирование сбалансированной транспортной системы города» (Стратегические программы «Город, удобный для автомобилистов», «Город, удобный для пассажиров и пешеходов», «Екатеринбург – евроазиатский транспортно-логистический узел» и пр.).

Сегодня выбран точечный путь цифровизации ТЛС г. Екатеринбурга, который сконцентрирован на развитии сервисов и приложений, позволяющих улуч-

шить сервис в области организации и управления потоковыми процессами. При этом выделены три этапа их формирования в зависимости от затрат, скорости отдачи и социально-экономического эффекта (рис. 5.6).

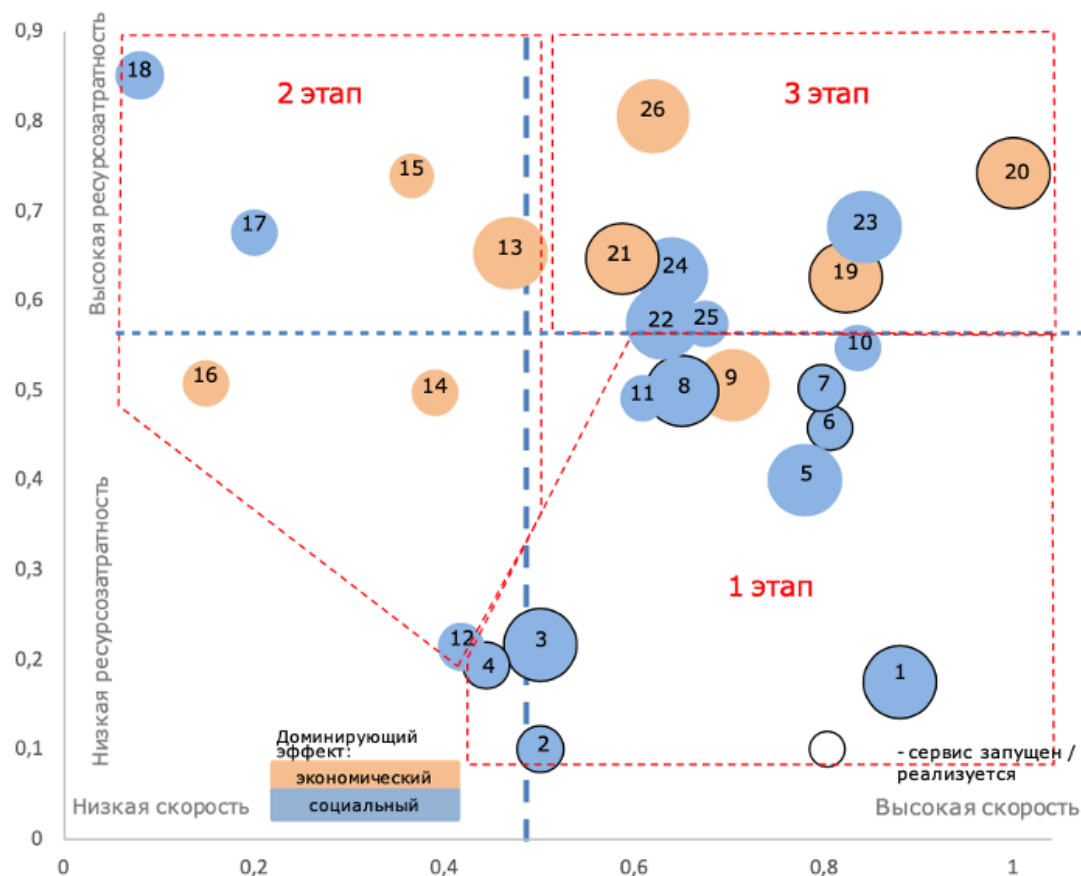
Оценка развития «умных» решений в категории «мобильность» позволяет утверждать, что большинство социальных улучшений при высокой скорости внедрения уже реализованы, но в области экономического эффекта только введены автоматизированные системы управления наружным освещением, фиксации правил дорожного движения и создан центр организации дорожного движения (ЦОДД).

Цифровизация ТЛС в г. Екатеринбурге включает три этапа и развивается в области общественного транспорта, электронной оплаты городских сервисов, систем сбора и информирования участников потоковых процессов; интегрируются городские платформы и сервисы, позволяющие облегчить процесс передвижения для жителей и предприятий. На внедрение интеллектуальной транспортной системы муниципального образования, обеспечивающей анализ маршрутов движения общественного и частного транспорта и уровня загруженности участков транспортной сети с целью стимулирования минимизации частного транспорта на центральных участках с большой загруженностью во временные промежутки, в 2019-2024 гг. выделено 300 млн руб., а также согласно федеральной программе «Безопасные и качественные автомобильные дороги» – дополнительно 250 млн руб. Отразим целевые плановые показатели развития ТЛС г. Екатеринбурга (табл. 5.2).

Помимо этого, муниципальные власти обеспечат к 2030 г. покрытие компьютерами домохозяйств – до 99%, мобильного широкополосного доступа – до 100%, что вместе с развитием инфраструктурных проектов и сервисов в ТЛС г. Екатеринбурга позволяет сделать ряд выводов [144].

Во-первых, развитие интеллектуальной транспортной системы реализуется по традиционному пути 1-го типа, согласно мировому опыту внедрения датчиков, систем информирования и видеонаблюдения, умных остановок, адаптивной системы управления трафиком, планируется внедрение искусственного интеллекта и пр.

В области развития цифровой и интеллектуальной инфраструктуры ТЛС характеризуются высокой степенью завершения центров обработки данных, при



1. Системы удаленной покупки билетов на городской/пригородный/междугородный транспорт
2. Сервисы поиска попутчиков
3. Сервисы совместных поездок (каршеринг)
4. Перевозки по запросу
5. «Умные» остановки
6. Мобильные приложения отслеживания местоположения общественного транспорта в режиме реального времени
7. Системы бесконтактной оплаты проезда в общественном транспорте
8. Сервис «умных» парковок
9. Системы учета/контроля интенсивности транспортного потока, предсказания трафика
10. Автоматический вызов экстренных служб при ДТП
11. Системы предупреждения о столкновении с пешеходами
12. Мониторинг дорожных происшествий через социальные медиа
13. Удаленный контроль технического состояния общественных транспортных средств
14. Системы безостановочной оплаты проезда
15. Сервисы распознавания автономными ТС дорожной инфраструктуры и особенностей окружающей среды
16. Сервисы сообщения автономных транспортных средств
17. Сервисы in-car entertainment, в т.ч. для автономных ТС
18. Сервисы использования виртуальной и дополненной реальности в автономных ТС
19. Автоматизированные системы управления наружным освещением
20. Средства автоматической фиксации нарушений ПДД
21. Ситуационные центры по управлению транспортом
22. Мониторинг погодных условий, влияющих на характер движения транспортных средств
23. Система адаптивного контроля дорожного движения («умные» светофоры) с возможностью предоставления приоритета специальным автотранспортным средствам
24. Системы отслеживания потоков и объемов перемещения пассажиров в МО и межмуниципальном пространстве
25. Системы переменного ограничения скорости транспортных потоков
26. Мониторинг состояния дорожного (железнодорожного) покрытия

Рисунок 5.6 – Поэтапное внедрение умной мобильности в г. Екатеринбурге [566]

Таблица 5.2 – Ключевые показатели стратегии «Формирование сбалансированной транспортной системы г. Екатеринбурга», 2020–2035 гг. [10]

Показатели	2020 г.	2025 г.	2030г.	2035 г.
Перевозка пассажиров общественным транспортом, млн чел.	345	360	370	375
Скорость сообщения по магистральной улично-дорожной сети, км/ч	26	27	28	29
Скорость сообщения по регулируемой улично-дорожной сети, км/ч	21	22	23	25
Уровень автомобилизации, ед. на 1000 чел.	428,6	451,3	473,9	500
Доля парка подвижного состава наземного общественного транспорта, оборудованного для перевозки маломобильных групп населения, %	15	20	25	30

этом муниципалитет отстает в развитии системы высокоскоростной передачи данных, отмечается слабая интеграция элементов умного города, в частности транспорта и развития мобильности, экономики, безопасности, экологии и пр.

Во-вторых, согласно сводной оценке, уровень средней перегруженности в программах развития не является референтным значением и составляет 36 %, а временные затраты на одного участника потоковых процессов составляют более 153 ч в год или 90,1 тыс. руб., и данный показатель при росте урбанизации будет расти. При этом высокий уровень разброса и максимальные значения конгестии позволяют говорить о комплексной несформированности интеллектуальной системы 1-го типа.

В-третьих, по прогнозам ожидается дальнейший рост автомобилизации (417 авто на 1000 жителей в 2019 г., 500 – в 2035 г.); результаты компаративно-генетического анализа по рассмотренным умным городам мира следующие – формирование интеллектуальной транспортной системы позволит снизить перегруженность ТЛС до 25%.

В-четвертых, уровень использования и скорость массового пассажирского транспорта из года в год снижается, что увеличивает транзакционные издержки и конгестию. Плановый показатель составляет 19 км/ч к 2030 г. при перечисленных выше негативных тенденциях и, согласно приведенной интегрированной потоковой модели, в целом трудно достижим.

В-пятых, для интенсификации усилий по развитию ТЛС умного города в Екатеринбурге необходимо предложить альтернативный путь развития после

2025 г. (по причине завершения финансирования основных программ и проектов), который позволит добиться нулевых потерь для каждого экономического агента при альтернативных источниках финансирования и новой системе организации и управления потоковыми процессами.

Предлагаемый авторский вариант развития ТЛС умного города существенно отличается от текущих программ следующими идеями:

- традиционный путь развития не обеспечивает снижение потерь до нулевых или минимальных значений, и сегодня нет необходимости четко следовать мировым тенденциям и формировать текущей вид интеллектуальной транспортной системы, результатом которой станет снижение перегруженности на 25 %;
- существует потребность проработки решений, которые отличаются от мировых практик развития ТЛС умного города и наполняются новым смыслом взаимоотношений с клиентами при формировании устойчивой обратной связи и их адаптации с учетом вариативных мотивов и постоянно изменяющихся желаний;
- формирование экосистемы ТЛС умного города, построенной на новом рационально-эволюционном подходе, позволяет обеспечить оптимизацию процесса организации движения, а также развить доверие и сотрудничество между экономическими агентами;
- развитие единой децентрализованной экосистемы позволяет снизить нагрузку на текущие центры обработки данных и обеспечить участие каждого клиента в развитии ТЛС умного города, что уменьшит объем инвестиций и придаст динамический характер совершенствованию инфраструктуры в соответствии с постоянно изменяющимися потребностями экономических агентов.

Приведем детальное и всестороннее сравнение текущей стратегии с возможными вариантами развития транспортно-логистической системы г. Екатеринбурга (табл. 5.3).

Сегодня реализация ТЛС 1.0 зависит от адаптивной системы, которая позволит в перспективе снизить максимальное значение конгестии. При этом развитие сервисов является одним из элементов повышения качества и решений «умной» мобильности. В свою очередь, формирование ТЛС 1.5 связано с развитием ТКК, по которым организовано движение через системный интегратор в пиринговой сети по типу смарт-контрактов в экосистеме ТЛС умного города.

Таблица 5.3 – Сравнение стратегий развития ТЛС г. Екатеринбург

Критерии	Тип 1	Тип 2	Тип 3		
		1.0	1.5	2.0	3.0
Интеллектуальная транспортная система					
Системы информации для путешественников, управление общественным транспортом, чрезвычайными ситуациями, обеспечение безопасности	+	+	+	+	+
Управление дорожным движением (адаптивная система управления трафиком)	–	+	+	+	+
Система управления грузовыми перевозками (электронный обмен данными, управление парком)	+	+	+	+	+
Развитие сервисов, платформ, центров обработки данных					
Сервисы «умной» мобильности 1-го этапа	+/–	+/–	+/–	+	+
Сервисы «умной» мобильности 2-го этапа	+/–	+/–	+/–	+	+
Сервисы «умной» мобильности 3-го этапа	+/–	+/–	+/–	+	+
Центры обработки данных	+	+	+	+	+
Высокоавтоматизированные транспортные средства	–	–	–	+/–	+
Интегрированная система управления					
Уровень цепей поставок	+/–	+/–	+	+	+
Уровень МПТ	–	+/–	+	+	+
Уровень ИПТ	–	–	–	+/–	+
Децентрализованная система	–	–	+/–	+	+
Единая интегрированная система с обратной связью в режиме реального времени	–	+/–	+	+	+
Конгестия средняя, %	37,99	37,58	34,06	25,20	0,05
Конгестия максимальная, %	89,01	65,00	39,16	25,29	0,12
Уровень инвестиций в развитие	Высокий		Средний		Низкий
Уровень совокупных затрат на обслуживание	Высокий		Средний		Средний
Уровень транзакционных издержек	Высокий		Низкий		Низкий

Масштабирование ТКК и интеграция с ИПТ при развитии высокоавтоматизированных транспортных средств (L3–L5) позволяет утверждать, что уровень перегруженности системы будет снижен до приемлемых значений. Результат полной автоматизации – ТЛС 3.0, в которой все потоковые процессы по организации и управлению транспортировкой роботизированы.

Формируемая ТЛС умного города обладает следующими преимуществами:

- более низкие инвестиции в цифровую и интеллектуальную инфраструктуру – ноды децентрализованной сети – с целью обработки смарт-контрактов, что обеспечивает снижение инвестиций;

- средний уровень затрат на обслуживание оборудования, что обусловлено возможностью обновления и использования маломощных источников информации и перераспределения затрат на участников потоковых процессов;
- низкие затраты на заключение сделок при формировании автоматизированных алгоритмов исполнения транзакций в области функционирования и развития ТЛС умного города;
- возможность получения инвестиций от экономических агентов мезоуровня, вовлеченных в развитие городской среды в части повышения мобильности как компоненты концепции устойчивого развития, позволяет рассматривать текущую инфраструктуру и движимое имущество как инвестиционный доход;
- возможность использования части отечественных разработок Дорожной карты развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра», завершаемых в 2024 г.

Проведем оценку конгестии и потерь приведенными моделями МЛ для каждого участника потоковых процессов (табл. 5.4).

Таблица 5.4 – Прогноз временных затрат и экономических потерь для г. Екатеринбурга при средней и максимальной перегруженности, 2026–2050 гг. для текущей стратегии до ТЛС 1.0

Год	Tr_i , ч	При средней перегруженности			При максимальной перегруженности		
		μ_{av} , %	Потери		μ_{max} , %	Потери	
			ч	тыс. руб.		ч	тыс. руб.
2026	0,63	38,40	161,60	21,63	80,00	303,77	40,66
2027	0,64	38,81	162,98	21,81	79,59	302,38	40,47
2028	0,64	39,23	164,38	22,00	79,17	300,99	40,28
2029	0,65	39,65	165,78	22,19	78,75	299,58	40,10
2030	0,66	40,07	167,20	22,38	78,32	298,16	39,91
2031	0,67	40,50	168,64	22,57	77,90	296,73	39,71
2032	0,67	40,94	170,09	22,76	77,46	295,28	39,52
2033	0,68	41,37	171,55	22,96	77,03	293,82	39,32
2034	0,69	41,81	173,02	23,16	76,59	292,35	39,13
2035	0,70	42,26	174,51	23,36	75,00	286,96	38,41
2036	0,70	42,71	176,01	23,56	70,00	269,94	36,13
2037	0,71	43,16	177,53	23,76	69,83	269,37	36,05
2038	0,72	43,62	179,06	23,96	69,65	268,79	35,97
2039	0,73	44,08	180,60	24,17	69,48	268,21	35,90
2040	0,73	44,54	182,16	24,38	69,30	267,64	35,82
2041	0,74	45,01	183,73	24,59	69,13	267,07	35,74

Год	Tr_t , ч	При средней перегруженности			При максимальной перегруженности		
		μ_{av} , %	Потери		μ_{max} , %	Потери	
			ч	тыс. руб.		ч	тыс. руб.
2042	0,75	45,49	185,32	24,80	68,96	266,50	35,67
2043	0,76	45,97	186,92	25,02	68,78	265,93	35,59
2044	0,77	46,45	188,54	25,23	68,61	265,36	35,52
2045	0,77	46,94	190,17	25,45	68,44	264,80	35,44
2046	0,78	47,43	191,82	25,67	68,27	264,23	35,37
2047	0,79	47,93	193,48	25,90	68,10	263,67	35,29
2048	0,80	48,43	195,16	26,12	67,93	263,11	35,21
2049	0,81	48,94	196,85	26,35	67,76	262,55	35,14
2050	0,82	49,45	198,56	26,58	67,59	261,99	35,06

Примечание: Tr_t – время передвижения; μ_{av} – средний уровень перегруженности; μ_{max} – максимальный уровень перегруженности

Данные табл. 5.4 отображают изменения перегруженности ТЛС:

- увеличение среднего показателя конгестии исходя из роста численности населения и автомобилизации при традиционном варианте развития, при этом референтной точкой выступает 2030 г., в то время как в планах стратегического развития муниципального образования «город Екатеринбург» предусмотрено увеличение скорости, рост заполняемости общественного транспорта и снижение экологических выбросов при комплексном завершении программы формирования интеллектуальной транспортной системы;

- рост дополнительных временных затрат на одного участника передвижения до 195,16 ч и в денежном выражении до 26,2 тыс. руб. (исходя из МРОТ по Свердловской области в 2024 г.), что позволяет судить об эффективности программ стратегического развития муниципального образования «город Екатеринбург» при их реализации и 100 % завершении.

Для развития ТЛС 3.0 необходимо сформировать интегрированную систему управления (единую экосистему), которая позволит выйти на альтернативный путь развития ТЛС умного города, что приведет к более существенным результатам и снижению совокупных логистических затрат для всех экономических агентов в области организации движения. В этом контексте согласно разработанному авторскому подходу сформируем прогнозы развития – от пессимистичного до перспективного: для транспортно-логистической системы 1.5 – до 2030 г., 2.0 – до 2040 г., 3.0 – до 2050 г. (табл. 5.5–5.7).

Таблица 5.5 – Прогнозы снижения средней и максимальной перегруженности для г. Екатеринбурга при формировании ТЛС умного города 1.5, 2.0 и 3.0, %

Год	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
2026	38,40	80,00	37,44	70,00	36,50	64,00	32,64	40,00
2027	38,81	79,59	37,84	69,64	36,89	63,67	32,99	39,80
2028	39,23	79,17	38,25	69,27	37,29	63,34	33,35	39,59
2029	39,65	78,75	38,66	68,91	37,69	63,00	33,70	39,38
2030	40,07	78,32	39,07	68,53	38,09	62,66	34,06	39,16
2031	34,06	69,16	33,21	60,52	31,38	55,07	29,18	49,01
2032	33,89	68,47	33,04	59,91	31,22	54,52	28,73	47,43
2033	33,72	67,78	32,88	59,31	31,07	53,97	28,27	48,04
2034	33,55	67,11	32,71	58,72	30,91	53,43	27,82	47,02
2035	33,38	66,43	32,55	58,13	30,76	52,90	27,38	46,55
2036	33,22	65,77	32,39	57,55	30,60	52,37	26,93	46,09
2037	33,05	65,11	32,22	56,97	30,45	51,85	26,49	45,11
2038	32,89	64,46	32,06	56,40	30,30	51,33	26,06	44,14
2039	32,72	63,82	31,90	55,84	30,15	50,81	25,63	43,19
2040	32,56	63,18	31,74	55,28	30,00	50,31	25,20	42,26
2041	24,44	54,53	23,83	47,71	16,68	33,35	13,35	26,68
2042	23,71	52,89	23,12	46,28	16,18	32,35	12,14	24,26
2043	23,00	51,30	22,42	44,88	15,70	31,37	10,20	20,39
2044	22,31	49,75	21,75	43,53	15,23	30,43	8,37	16,73
2045	21,64	48,25	21,10	42,22	14,77	29,51	6,65	6,65
2046	20,99	46,80	20,47	40,95	14,33	28,63	5,01	5,01
2047	20,36	45,39	19,85	39,72	13,90	27,76	3,47	3,47
2048	19,75	44,03	19,26	38,52	13,48	26,93	2,70	2,70
2049	19,16	42,70	18,68	37,36	13,08	26,12	1,31	1,31
2050	18,58	41,42	18,12	36,24	12,68	25,33	0,13	0,13

Таблица 5.6 – Прогнозы снижения годовых потерь при средней и максимальной перегруженности для г. Екатеринбурга при формировании ТЛС умного города 1.5, 2.0 и 3.0, ч

Год	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
2026	161,91	303,77	158,64	269,67	155,44	249,21	142,27	167,37
2027	163,33	302,39	160,03	268,47	156,80	248,11	143,48	166,69
2028	164,79	300,99	161,45	267,24	158,19	247,00	144,73	166,00
2029	166,25	299,58	162,87	266,02	159,58	245,88	145,97	165,32
2030	167,71	298,14	164,30	264,76	160,97	244,73	147,22	164,61
2031	147,24	266,94	144,34	237,46	138,11	218,89	130,62	198,23

Год	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
2032	146,69	264,61	143,80	235,42	137,61	217,04	129,09	192,87
2033	146,14	262,30	143,27	233,41	137,10	215,20	127,57	194,96
2034	145,59	260,02	142,73	231,41	136,60	213,39	126,06	191,53
2035	145,05	257,76	142,21	229,44	136,10	211,60	124,56	189,95
2036	144,51	255,52	141,68	227,49	135,61	209,82	123,08	188,39
2037	143,96	253,30	141,15	225,54	135,10	208,06	121,60	185,07
2038	143,42	251,10	140,62	223,62	134,60	206,31	120,14	181,80
2039	142,88	248,92	140,09	221,71	134,10	204,58	118,68	178,59
2040	142,34	246,76	139,56	219,83	133,61	202,86	117,24	175,42
2041	114,69	217,28	112,61	194,04	88,23	145,07	76,85	122,31
2042	112,21	211,70	110,19	189,16	86,54	141,66	72,74	114,07
2043	109,80	206,29	107,84	184,43	84,90	138,36	66,17	100,91
2044	107,47	201,05	105,57	179,84	83,32	135,16	59,95	88,45
2045	105,21	195,96	103,36	175,39	81,78	132,05	54,08	54,08
2046	103,01	191,03	101,22	171,08	80,29	129,04	48,53	48,53
2047	100,88	186,24	99,15	166,89	78,84	126,13	43,30	43,30
2048	98,82	181,60	97,14	162,84	77,44	123,29	40,66	40,66
2049	96,82	177,10	95,19	158,90	76,08	120,55	35,95	35,95
2050	94,88	172,74	93,29	155,08	74,76	117,89	31,94	31,94

Таблица 5.7 – Прогнозы годовых затрат для экономических агентов при средней и максимальной перегруженности для г. Екатеринбурга при формировании ТЛС умного города 1.5, 2.0 и 3.0, тыс. руб.

Год	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
2026	24,10	45,22	23,61	40,14	23,14	37,10	21,18	24,91
2027	25,64	47,47	25,12	42,14	24,61	38,95	22,52	26,17
2028	27,28	49,83	26,73	44,24	26,19	40,89	23,96	27,48
2029	29,03	52,31	28,44	46,44	27,86	42,93	25,49	28,86
2030	30,88	54,90	30,25	48,75	29,64	45,06	27,11	30,31
2031	28,59	51,83	28,03	46,11	26,82	42,50	25,36	38,49
2032	30,04	54,19	29,45	48,21	28,18	44,44	26,43	39,50
2033	31,56	56,65	30,94	50,41	29,61	46,48	27,55	42,10
2034	33,16	59,22	32,51	52,71	31,11	48,60	28,71	43,62
2035	34,84	61,91	34,16	55,11	32,69	50,82	29,92	45,62
2036	36,61	64,72	35,89	57,62	34,35	53,15	31,18	47,72
2037	38,46	67,66	37,70	60,25	36,09	55,58	32,48	49,44
2038	40,40	70,74	39,61	63,00	37,92	58,12	33,85	51,22
2039	42,45	73,95	41,62	65,87	39,84	60,78	35,26	53,06

Год	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
2040	44,60	77,32	43,73	68,88	41,86	63,56	36,74	54,96
2041	37,90	71,80	37,21	64,12	29,15	47,93	25,39	40,41
2042	39,10	73,77	38,40	65,92	30,16	49,36	25,35	39,75
2043	40,35	75,81	39,63	67,78	31,20	50,85	24,32	37,08
2044	41,65	77,92	40,91	69,70	32,29	52,38	23,24	34,28
2045	43,00	80,09	42,25	71,69	33,42	53,97	22,10	22,10
2046	44,40	82,34	43,63	73,74	34,61	55,62	20,92	20,92
2047	45,86	84,66	45,07	75,87	35,84	57,33	19,68	19,68
2048	47,37	87,06	46,57	78,06	37,12	59,11	19,49	19,49
2049	48,95	89,54	48,12	80,34	38,46	60,95	18,17	18,17
2050	50,59	92,10	49,74	82,69	39,86	62,86	17,03	17,03

Приведенные прогнозы основаны на инфраструктурных элементах развертывания ТЛС умного города. Данные из табл. 5.5–5.7 позволяют предположить, что:

- при формировании ТЛС 1.5 и выборе стандартного варианта уровень максимальной конгестии будет снижен на $\sim 2,1$ %, что достижимо при развертывании ТКК, построении децентрализованной системы управления и внедрении смарт-контрактов; при этом перспективный план связан с масштабируемостью предлагаемых решений для ТЛС умного города;
- развитие ТЛС 2.0 связано с формированием единой экосистемы ТЛС умного города, которая объединяет основных участников потоковых процессов, а также обеспечивает внедрение в части ИПТ скоординированного движения по ТКК как категории умной дороги, включая ВАТС;
- последний этап развития ТЛС 3.0 обеспечивает перспективное внедрение ВАТС 4-го и 5-го уровня автономности.

Формирование экосистемы ТЛС умного города и сопутствующей инфраструктуры сегодня зависит от частных инвестиций и инвестиционных программ РФ и муниципалитетов, которые позволяют обеспечить ее становление в соответствии с нуждами, запросами и мотивами клиентов. Все представленные экономические агенты в ТЛС умного города выступают клиентами, которые формируют новую систему управления, что позволяет удовлетворить каждого участника потоковых процессов, способствует адаптивной логистической координации не только в области организации движения, но и в контексте ее совершенствования

и развития. При этом степень доверия между экономическими агентами контролируется формируемой инфраструктурой и единой экосистемой ТЛС умного города в рамках сформированной городской мобильности в области адаптивной логистической координации на мезоуровне.

Для реализации данного инфраструктурного проекта необходимо определиться с заинтересованными сторонами и инвесторами. В цепях поставок возможность экономии в области транспортировки выступает оптимизационной задачей и может существенно повысить прибыль любой фирмы.

В силу того, что в табл. 5.4 отражен пессимистичный вариант, характеризующийся текущим трендом развития ТЛС умного города, приведем пример авторского подхода экономии в зависимости от рабочих дней на маршруте и количества рейсов в день (табл. 5.8–5.10).

Таблица 5.8 – Расчет экономии затрат при средней и максимальной перегруженности для г. Екатеринбурга при формировании ТЛС 1.5, тыс. руб.

Количество поездок, ед./дн.	K_c	Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
		μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
1	0,50	0,27	3,07	0,57	4,92	1,84	12,30
	0,75	0,40	4,61	0,86	7,38	2,76	18,44
	1,00	0,54	6,15	1,15	9,84	3,68	24,59
2	0,50	0,54	6,15	1,15	9,84	3,68	24,59
	0,75	0,80	9,22	1,72	14,76	5,52	36,89
	1,00	1,07	12,30	2,30	19,68	7,36	49,18
3	0,50	0,80	9,22	1,72	14,76	5,52	36,89
	0,75	1,20	13,84	2,58	22,14	8,28	55,33
	1,00	1,61	18,45	3,45	29,51	11,04	73,77
6	0,50	1,61	18,45	3,45	29,51	11,04	73,77
	0,75	2,41	27,67	5,17	44,27	16,56	110,66
	1,00	3,21	36,90	6,89	59,03	22,08	147,54
10	0,50	2,68	30,75	5,74	49,19	18,40	122,95
	0,75	4,02	46,12	8,61	73,78	27,60	184,43
	1,00	5,35	61,50	11,49	98,38	36,80	245,90
20	0,50	5,35	61,50	11,49	98,38	36,80	245,90
	0,75	8,03	92,25	17,23	147,57	55,20	368,86
	1,00	10,71	123,00	22,97	196,76	73,60	491,81
40	0,50	10,71	123,00	22,97	196,76	73,60	491,81
	0,75	16,06	184,50	34,46	295,14	110,41	737,71
	1,00	21,41	246,00	45,94	393,52	147,21	983,61

Примечание: K_c – коэффициент сменности: 356 дн. – 1,0.

Таблица 5.9 – Расчет экономии затрат при средней и максимальной перегруженности для г. Екатеринбурга при формировании ТЛС 2.0, тыс. руб.

Количество поездок, ед./дн.	K_c	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
		μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
1	0,50	6,24	3,68	6,67	7,49	7,61	10,15	10,17	14,45
	0,75	9,36	5,52	10,01	11,24	11,41	15,22	15,25	21,67
	1,00	12,48	7,36	13,35	14,98	15,21	20,30	20,34	28,90
2	0,50	12,48	7,36	13,35	14,98	15,21	20,30	20,34	28,90
	0,75	18,71	11,04	20,02	22,47	22,82	30,44	30,51	43,34
	1,00	24,95	14,73	26,69	29,96	30,42	40,59	40,68	57,79
3	0,50	18,71	11,04	20,02	22,47	22,82	30,44	30,51	43,34
	0,75	28,07	16,57	30,03	33,71	34,23	45,67	45,76	65,02
	1,00	37,43	22,09	40,04	44,94	45,63	60,89	61,02	86,69
6	0,50	37,43	22,09	40,04	44,94	45,63	60,89	61,02	86,69
	0,75	56,14	33,13	60,06	67,41	68,45	91,33	91,53	130,03
	1,00	74,86	44,18	80,08	89,88	91,27	121,78	122,04	173,38
10	0,50	62,38	36,82	66,73	74,90	76,06	101,48	101,70	144,48
	0,75	93,57	55,22	100,09	112,35	114,08	152,22	152,54	216,72
	1,00	124,76	73,63	133,46	149,81	152,11	202,96	203,39	288,96
20	0,50	124,76	73,63	133,46	149,81	152,11	202,96	203,39	288,96
	0,75	187,14	110,45	200,19	224,71	228,17	304,45	305,09	433,44
	1,00	249,53	147,26	266,92	299,61	304,23	405,93	406,79	577,92
40	0,50	249,53	147,26	266,92	299,61	304,23	405,93	406,79	577,92
	0,75	374,29	220,89	400,38	449,42	456,34	608,89	610,18	866,89
	1,00	499,05	294,52	533,84	599,22	608,45	811,86	813,57	1 155,85

Таблица 5.10 – Расчет экономии затрат при средней и максимальной перегруженности для г. Екатеринбурга при формировании ТЛС 3.0, тыс. руб.

Количество поездок, ед./д.	K_c	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
		μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
1	0,50	27,64	23,79	28,06	28,50	33,00	38,42	44,42	61,33
	0,75	41,46	35,69	42,10	42,75	49,51	57,62	66,63	91,99
	1,00	55,28	47,59	56,13	57,00	66,01	76,83	88,84	122,66
2	0,50	55,28	47,59	56,13	57,00	66,01	76,83	88,84	122,66
	0,75	82,92	71,38	84,19	85,50	99,01	115,25	133,26	183,98
	1,00	110,56	95,17	112,25	114,00	132,02	153,66	177,68	245,31
3	0,50	82,92	71,38	84,19	85,50	99,01	115,25	133,26	183,98
	0,75	124,38	107,07	126,29	128,25	148,52	172,87	199,89	275,97
	1,00	165,85	142,76	168,38	171,00	198,03	230,49	266,51	367,97
6	0,50	165,85	142,76	168,38	171,00	198,03	230,49	266,51	367,97
	0,75	248,77	214,14	252,57	256,50	297,04	345,74	399,77	551,95
	1,00	331,69	285,52	336,76	341,99	396,06	460,99	533,03	735,93

Количество поездов, ед./дн.	K_c	Пессимистичный		Стандартный		Оптимистичный		Перспективный	
		μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}	μ_{av}	μ_{max}
10	0,50	276,41	237,93	280,63	284,99	330,05	384,15	444,19	613,28
	0,75	414,62	356,90	420,95	427,49	495,07	576,23	666,28	919,92
	1,00	552,82	475,87	561,27	569,99	660,09	768,31	888,38	1 226,55
20	0,50	552,82	475,87	561,27	569,99	660,09	768,31	888,38	1 226,55
	0,75	829,23	713,80	841,90	854,98	990,14	1 152,46	1 332,57	1 839,83
	1,00	1 105,64	951,73	1 122,54	1 139,98	1 320,19	1 536,62	1 776,76	2 453,11
40	0,50	1 105,64	951,73	1 122,54	1 139,98	1 320,19	1 536,62	1 776,76	2 453,11
	0,75	1 658,46	1 427,60	1 683,80	1 709,97	1 980,28	2 304,93	2 665,14	3 679,66
	1,00	2 211,29	1 903,46	2 245,07	2 279,96	2 640,37	3 073,24	3 553,52	4 906,22

Можно утверждать, что формирование ТЛС умного города позволит для ТЛС 1.5 получить экономию в среднем до 24,59 тыс. руб. в год для каждого экономического агента, для ТЛС 2.0 – до 28,90 тыс. руб.; для ТЛС 3.0 – до 122,66 тыс. руб. по сравнению с текущей стратегией. Подчеркнем, что затраты на развертывание данной системы, а также формирование единой экосистемы ТЛС умного города ниже, чем при традиционном подходе, в силу ее развертывания на существующей инфраструктуре при привлечении клиентов транспортных процессов в городе.

При десяти поездках каждый день внедрение авторского подхода позволит на первом этапе снизить логистические издержки до 36,80 тыс. руб. в год на одно транспортное средство. Учитывая максимальное значение перегруженности, эффект может достигать до 245,90 тыс. руб. в год. Второй этап позволяет получить больший эффект экономии – до 288,96 тыс. руб. на одно транспортное средство, третий этап – до 1 226,55 тыс. руб.

Необходимо отметить, что для достижения экономии формируемая ТЛС умного города должна обеспечивать высокую степень доверия, при этом инфраструктура формируется текущими программами развития муниципального образования «город Екатеринбург», а информационное пространство – федеральными (национальными) проектами, в частности, в рамках Дорожной карты развития сквозной цифровой технологии «Системы распределенного реестра». Потери в рамках г. Екатеринбурга в 2024 г. при достижении показателя 459 автомобилей на 1 тыс. жителей составили 8,5 млрд руб. При этом формирование ТЛС умного города позволит данный показатель снизить (рис. 5.7–5.9).

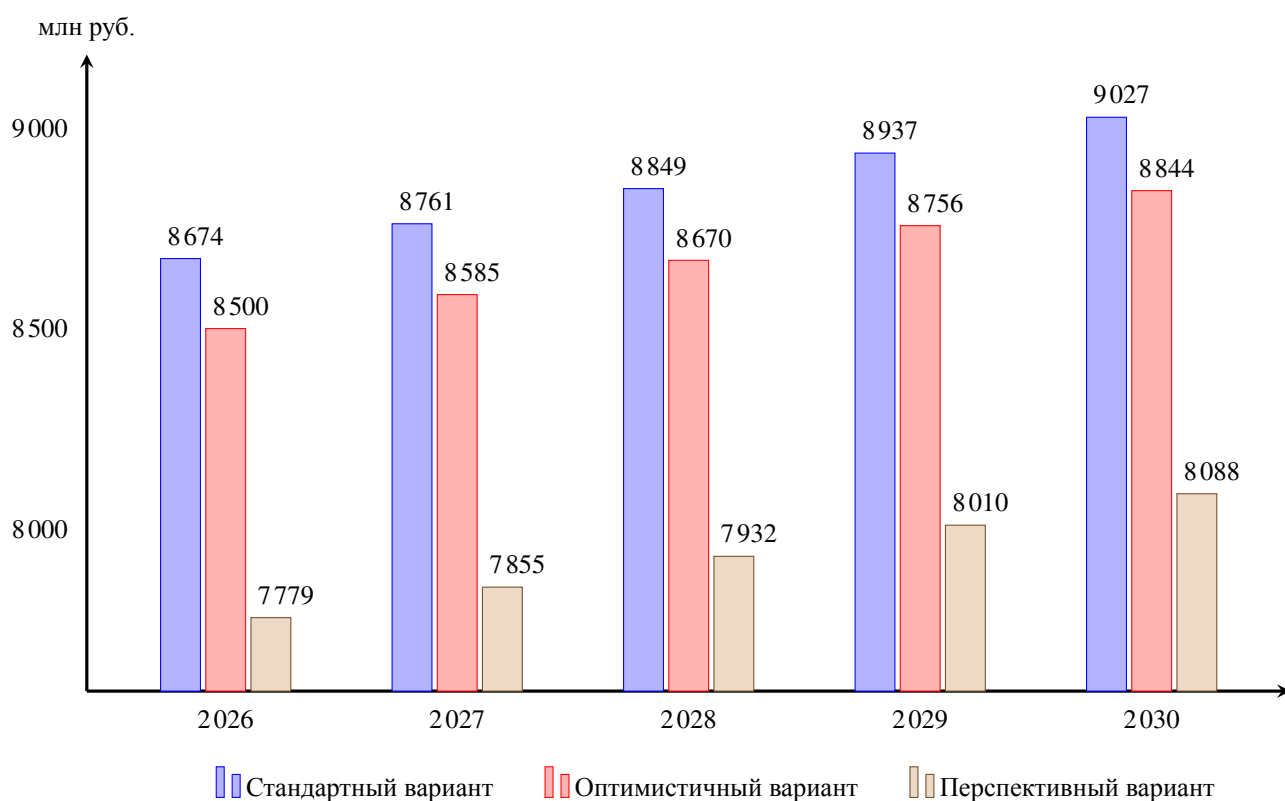


Рисунок 5.7 – Прогнозы экономических потерь ТЛС г. Екатеринбурга и их снижение от внедрения ТЛС 1.5

Для расчета использовались: структура транспортного потока и число ездов в день (массовый пассажирский транспорт: 30–60 %, 20–40 рейсов в день; грузовой транспорт, 5–15 %, 3–10 рейсов; индивидуальный пассажирский транспорта – 40–70%, 2–6 рейса), а также плотность потока: 500 авт./ч – 10 ч; 1000, 1500 авт./ч – по 3 ч; 2000, 2500 авт./ч – по 1,5 ч.

В расчеты заложены рост цен 5,5%, увеличение численности населения на 0,95 %, автомобилизация – 1 % в год. На первом этапе формирование модели цифровой дороги, а также единой распределенной экосистемы ТЛС умного города позволит добиться экономии: при стандартном варианте – до 0,171 млрд руб., при оптимистичном – до 0,894 млрд руб., при перспективном – до 4,583 млрд руб. При формировании ТЛС 2.0 результаты экономии отражают существенную динамику – до 12,227 млрд руб., а при развитии ТЛС 3.0 экономия может достигать 51,943 млрд руб. в год.

Затраты на внедрение данной системы могут составить порядка 40 млн руб. до 2026 г., что составляет 1,07–1,19% от предполагаемой экономии на первом этапе. Отметим, что данные затраты связаны прежде всего с организационными

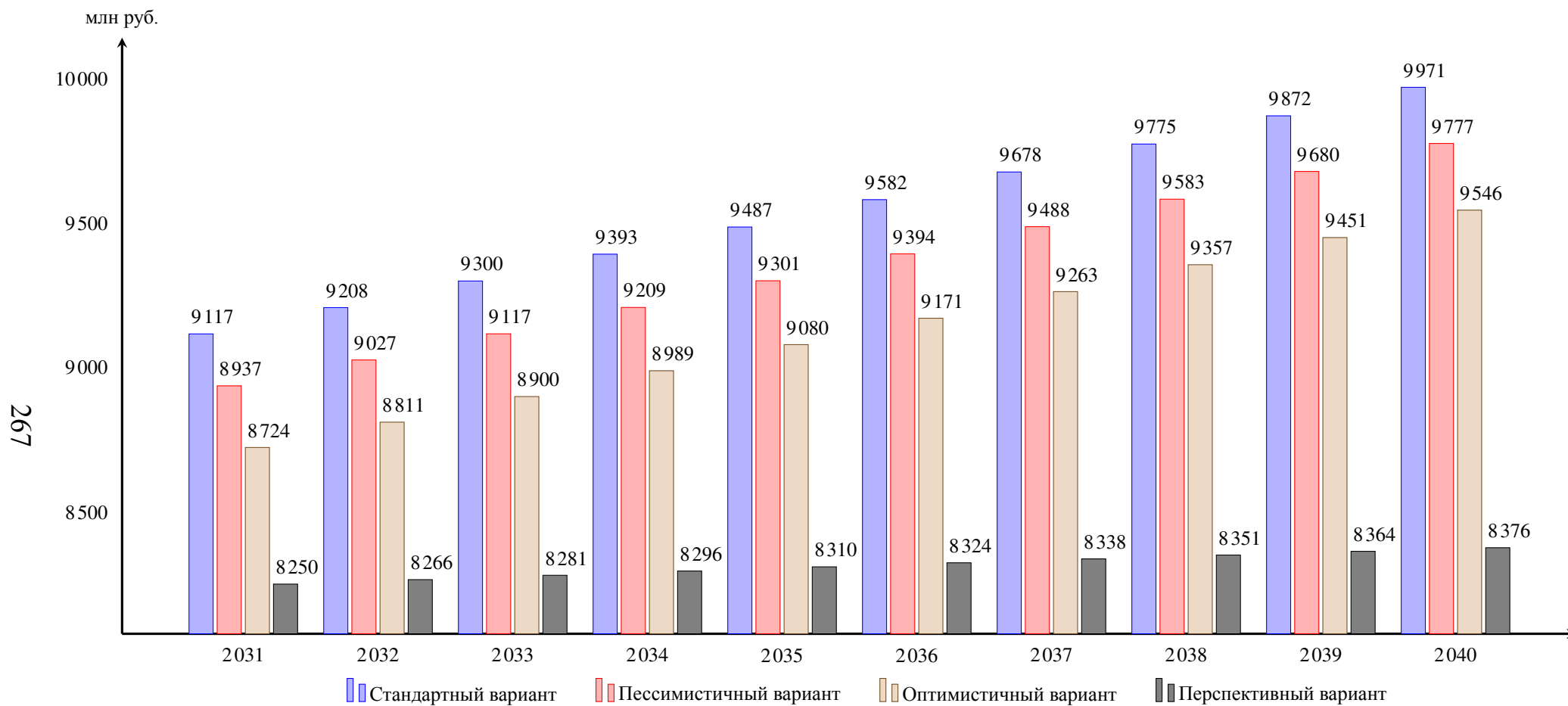


Рисунок 5.8 – Прогнозы экономических потерь ТЛС г. Екатеринбурга
и их снижение от внедрения ТЛС 2.0

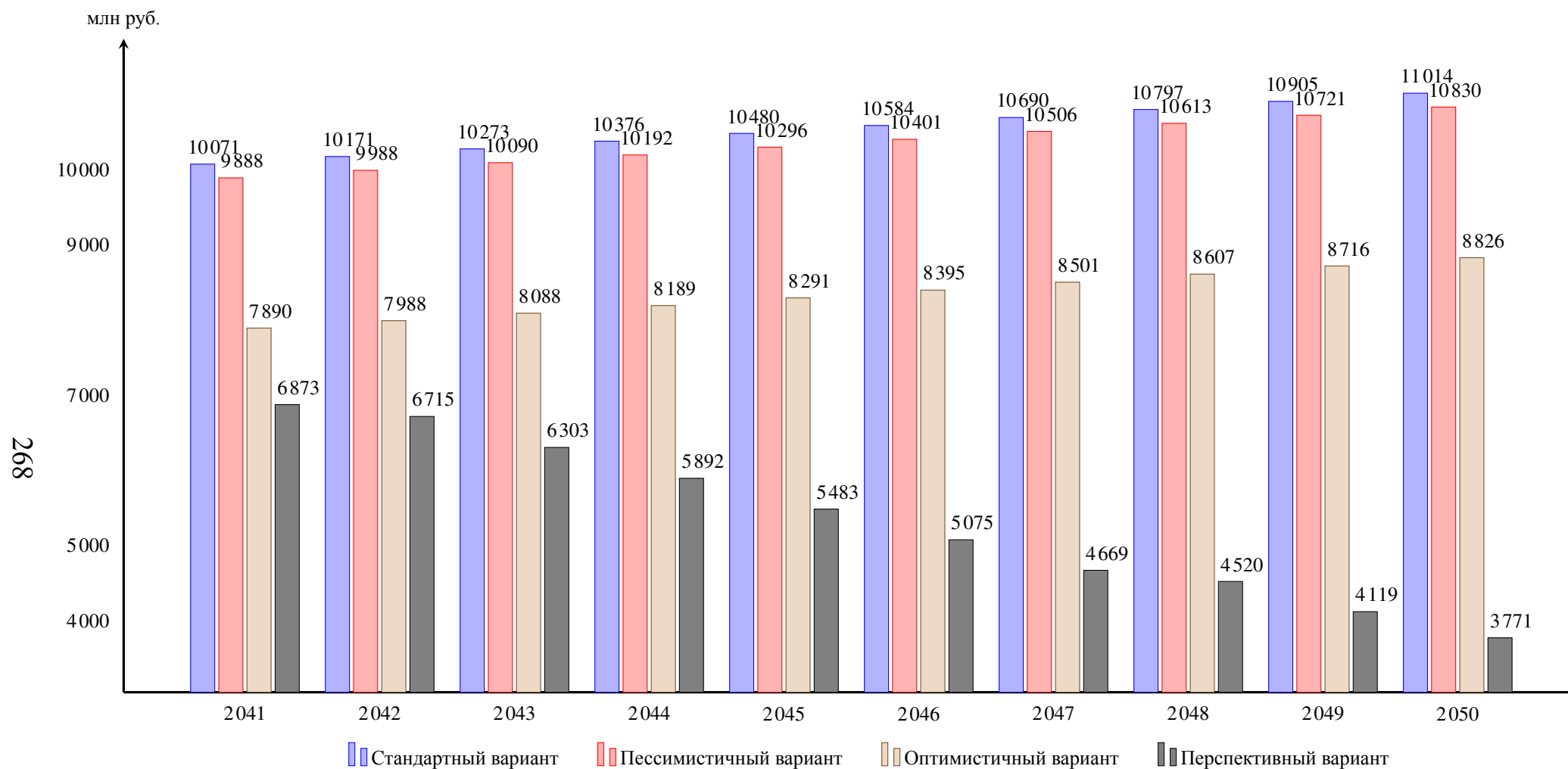


Рисунок 5.9 – Прогнозы экономических потерь ТЛС г. Екатеринбурга
и их снижение от внедрения ТЛС 3.0

процессами в развитии городских транспортно-коммуникационных коридоров на существующей инфраструктуре, определением основного серверного оборудования для формирования распределенной экосистемы умного города. Развитие ТКК позволяет сократить маршрутную сеть и снизить затраты на ее содержание и развитие.

Для реализации первого этапа сегодня также важны технологии: цифровая карта, географические информационные системы, базы данных транспортной сети, местоположение мобильного телефона, глобальные навигационные спутниковые системы, автоматическое определение расположения автомобиля, детекторы движения, мониторинг погоды, автоматическая идентификация транспортного средства, датчики транспортных средств и полевое оборудование, технологии геолокации и передачи информации.

В качестве положительных моментов развития ТЛС для г. Екатеринбурга можно выделить следующие:

- повышается техническая эффективность при построении системы планирования и быстрого реагирования на изменения;
- выстраивается картина спроса на транспортные услуги в реальном времени с гибкой системой управления;
- снижаются затраты на развитие маршрутной сети;
- выстраивается система персонифицированного информирования;
- формируются условия для экологической устойчивости, что выражено в нивелировании сдерживающих факторов и выборе приоритетов при способе передвижения и пр.

5.3. Направления развития института городской мобильности

Анализ выявил, что ключевым показателем в оценке ТЛС умного города выступает «мобильность», которая не в полной мере отражает оптимизацию потоковых процессов. И сегодня формирование транспортно-логистической системы умного города должно изучаться с позиции комплексного оптимизационного, системного и логистического подходов в контексте наполнения новыми институтами Индустрии 4.0 и 5.0.

В основе развития института городской мобильности – становление законодательства и технологий ВАТС, наполнение инфраструктуры системами учета, информирования при объединении с интеллектуальной транспортной системой

(табл. 5.11), развитие которой отстает в рамках выделенного критерия K_8 «Динамический характер развития инфраструктуры» по причине высокой стоимости как приведения ее текущей компоненты в нормативный вид, так и создания новой цифровой и интеллектуальной инфраструктуры мирового уровня.

Таблица 5.11 – Рейтинг готовности стран к высокоавтоматизированным транспортным средствам (ВАТС) (составлено по: [662; 680; 689])

Страна	Общий рейтинг	Политика и законодательство	Технологии и инновации	Инфраструктура	Уровень принятия потребителями
Сингапур	1	1	11	5	1
Нидерланды	2	3	10	1	7
Норвегия	3	10	5	3	5
США	4	6	2	9	6
Финляндия	5	4	8	11	2
Швеция	6	15	6	8	3
Южная Корея	7	16	7	2	10
ОАЭ	8	8	22	4	4
Великобритания	9	2	9	16	12
Дания	10	12	15	10	8
Япония	11	18	3	6	18
Канада	12	9	13	13	13
Германия	14	7	4	19	21
Австралия	15	17	17	12	9
Израиль	16	19	1	25	11
Новая Зеландия	17	5	19	20	14
Австрия	18	11	16	7	24
Франция	19	14	12	17	19
Китай	20	21	20	22	16
Бельгия	21	20	18	18	23
Испания	22	23	23	15	17
Чехия	23	22	25	24	22
Италия	24	27	21	23	26
Россия	26	26	26	27	20
Чили	27	24	27	26	25
Индия	29	28	28	29	30

Наиболее известными компаниями, которые разрабатывают высокоавтоматизированные транспортные средства, являются *Tesla, Nissan, Audi, Google, Apple*,

Yandexi пр. Сегодня реализованы или в плане становления проекты в области высокоавтоматизированного транспорта (табл. 5.12).

Таблица 5.12 – Основные проекты в области высокоавтоматизированных транспортных средств (составлено по: [595; 681])

Страна	Проекты и результаты
Сингапур	Национальные стандарты по автономному транспорту (TR 68), рамочная модель добровольного внедрения систем на основе искусственного интеллекта (Model AI Governance Framework)
Нидерланды	Испытания беспилотных колонн грузовиков, доля электроавтомобилей (гибридов) – 15%
Норвегия	Беспилотные автобусы со скоростью 20–25 км/ч. Беспилотная техника по уборке снега, при движении грузового транспорта между шахтами. Доля электроавтомобилей (гибридов) – 56%
США	Испытания Uber в г. Сан-Франциско, самоуправляемые автомобили Origin, Apple, Tesla и пр.
Финляндия	Регуляторные песочницы на любых испытаниях в области автономного транспорта. Беспилотный автобус на дорогах общего пользования
Швеция	Беспилотный электрический грузовик Einride Pod
Южная Корея	Общенациональная концепции развития автомобильной промышленности (Future Car Industry National Vision), направленная на популяризацию электрического и водородного транспорта
ОАЭ	Стратегия, согласно которой 25 % всего транспорта страны станет автономным уже к 2030 г.
Великобритания	Закон об автономных и электрических транспортных средствах. Испытания беспилотного автобуса на дорогах общего пользования
Дания	Закон о дорожном движении с поправками об автономном транспорте. Тестирование беспилотного автобуса SmartBus
Япония	Закон о дорожном движении с поправками об автономном транспорте. Запуск Honda автомобиля 3–4-го уровня автономности
Канада	Сформирована инновационная сеть развития автономного транспорта (Autonomous Vehicle Innovation Network). Поездки на такси частично субсидируются из муниципального бюджета взамен автобусов
Австралия	Беспилотный автобус BusBot, Intellibus на дорогах общего пользования. Беспилотный транспорт на подземных горнодобывающих работах
Германия	Грузовой автомобиль и автобус Freightliner Cascadia с автономной системой управления. Испытания автомобилей на дорогах общего пользования. Разрешена эксплуатация автомобилей 4-го уровня автономности
Израиль	Собственный парк беспилотных автомобилей
Новая Зеландия	Беспилотный автобус на дорогах общего пользования. Беспилотная авиация с помощью дронов
Австрия	Тестовые автономные мини-автобусы, проект летающего такси

Страна	Проекты и результаты
Китай	100 роботизированных городских такси со скоростью до 80 км/ч. Тестирование Pony.ai на дорогах общего пользования
Франция	Закон о намерении запустить в стране движение беспилотного транспорта. Открытие полигона по тестированию. 16 проектов в области беспилотного транспорта
Бельгия	Пробная поездка беспилотного автобуса-шаттла
Испания	Испытания беспилотных автобусов. Законы о популяризации электрического транспорта
Чехия	Испытания беспилотного транспорта. Испытательный полигон BMW
Италия	Развитие сети «умных» дорог. Тестирование автономных автобусов Next, автомобилей Olli. Развитие технологий V2V
Венгрия	Испытательный полигон ZalaZone. Развитие автоматизированной парковочной системы для использования в гаражных комплексах
Россия	Запуск беспилотного такси. Автономные роботы доставки. Испытания беспилотных грузовиков
Чили	Беспилотный транспорт на подземных горнодобывающих работах. Испытания автобусов на дорогах общего пользования. План использования электроавтомобилей до 40 %
Мексика	Планы перенять опыт США
Индия	В планах увеличение доли использования электроавтомобилей
Бразилия	Беспилотный транспорт на подземных горнодобывающих работах

В этих условиях развитие единой экосистемы ТЛС умного города и института городской мобильности являются перспективными направлениями экономического развития, что позволит выстроить клиентоориентированную систему управления не только дорожным движением, но и всей экономикой города.

Как сложные гибридные образования ТЛС умного города функционируют в трех состояниях (централизация, децентрализация, самоорганизация). Данные состояния связаны с технико-организационными принципами работы в каждом конкретном городе (научно-техническим, системой организации и уровнем управления), что проявляется в уровне централизации. Но для данных систем характерна также децентрализация в области управления транспортными процессами коммерческих организаций и транспортировкой человека, а также самоорганизация. При этом предлагаемый подход в области функционирования экосистемы ТЛС умного города основан на децентрализации и формировании распределенной системы, что позволит достичь экономии на ее развертывании и обслуживании.

Результат основной цели связан с адаптивной логистической координацией, которой свойственны все перечисленные выше состояния, т.е. достигается координации по организованным транспортно-коммуникационным коридорам, при этом добиваемся снижения уровня централизации управления за счет внедрения интеллектуальных транспортных систем и повышаем уровень самоорганизации человека, а также с привлечением всех участников формируем распределенную экосистему.

Отметим, что блок децентрализации относится к управляемым системам, где сформулированы принципы организации потоковых процессов в системе координации мультиагентных систем по ТКК с позиции логистического подхода. Но, помимо этих процессов, существуют процессы «городского ядра», которые происходят в условиях энтропии или самоорганизации.

Обратим внимание на другой блок, влияющий на эффективность ТЛС умного города – централизацию, которая представлена зависимостями ТЛС города, монополиями и развитием искусственного интеллекта. Его развитие как глобального элемента в координации ТЛС умного города позволит выйти на новый этап в синхронизации потоковых процессов. В ТЛС города это позволит решать задачи, которые непрогнозируемы для мультиагентных систем, экстраполировать развитие потоков на долгосрочный период и учитывать возможные погрешности, стохастические факторы и их вероятность.

Децентрализация и самоорганизация проявляется также в обеспечении информационной среды, связана с этапами перехода на новый уровень функционирования ТЛС умного города. Важное значение приобретает корректность информации, которая формирует информационную среду ее функционирования и развития при приоритете внедрения смарт-контрактов (рис. 5.10).

Институт городской мобильности в этой ситуации должен опираться на правила взаимодействия в распределенной сети, а также учитывать все основные направления цифровизации в транспортно-логистических системах (сервисная поддержка, трансформация и взаимодействия, генерация знаний и внедрение, процесс транспортировки и контроль).

Сформируем характеристики смарт-контрактов ТЛС умного города (табл. 5.13).

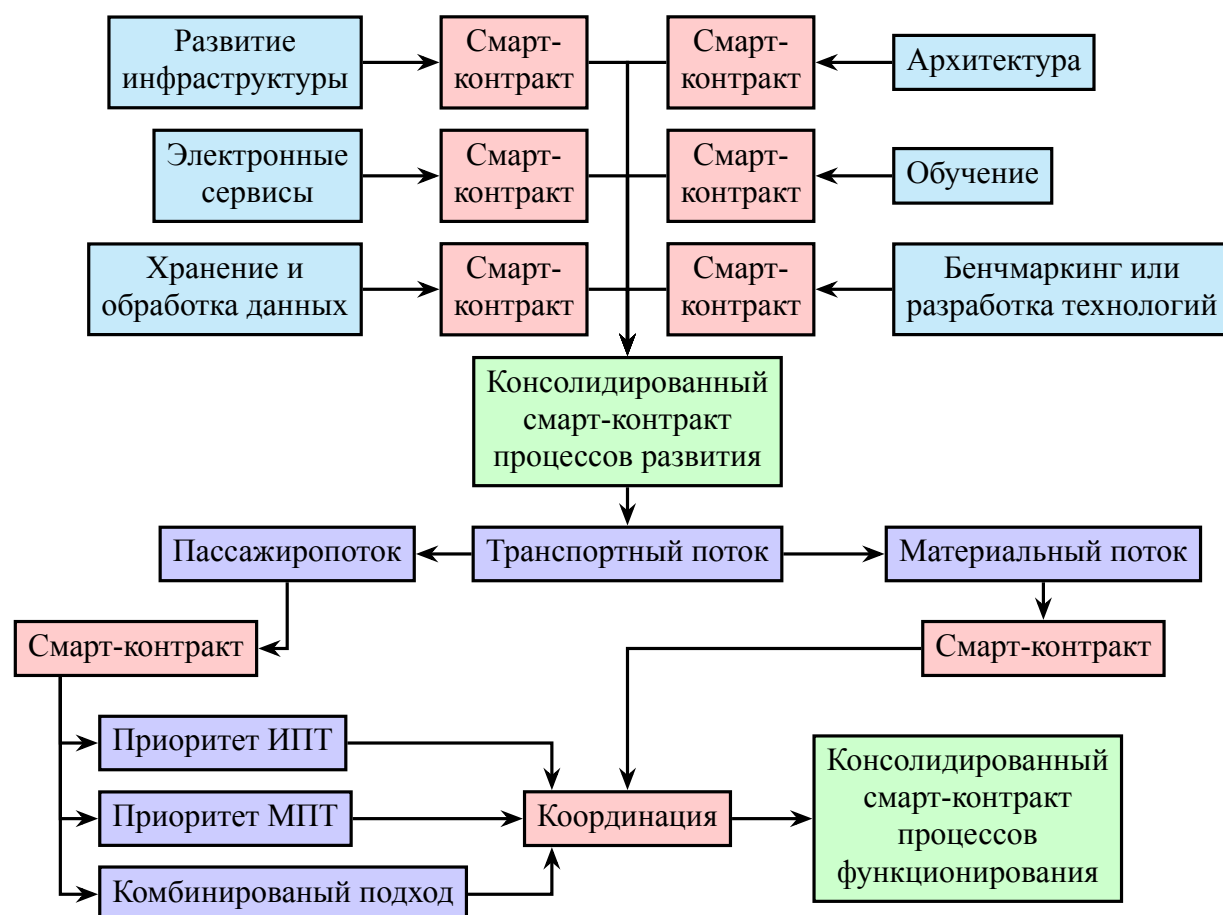


Рисунок 5.10 – Смарт-контракт (SC) в единой экосистеме ТЛС умного города

Таблица 5.13 – Смарт-контракты системного агрегатора в ТЛС умного города

SC	Условия	Действия
UC	μ МПТ (100, 150, 180, 200, 250); ϕ (100, 150, 180, 200, 250); наличие согласия; наличие допуска	Отправка запросов на off-chain-ресурс ITS, CSRP, Big Date: – μ МПТ (100, 150, 180, 200), прогноз заполняемости МПТ, ϕ (100, 150, 180, 200) – предложить и согласовать маршрут и услуги; – μ МПТ (250), ϕ (250) – предложить другое время или маршрут (альтернативный транспорт, схему), услуги. – ϕ ЛЦ, ИПТ (100, 150, 180) – предложить и согласовать маршрут), услуги; – ϕ ИПТ (200) – предложить другое время или маршрут (альтернативный транспорт), услуги; – ϕ ЛЦ (200, 250), ИПТ (250) – предложить другое время и альтернативный транспорт, услуги
	МПТ, ИПТ, ЛЦ в нужном месте и времени	Да – взимание оплаты, погрузка (посадка). Нет – взимание оплаты
	Время перевозки в пределах согласованного времени	Да – полная оплата, время разгрузки > limit – штраф ЛЦ. Нет – штраф системному агрегатору
	Итог	SC UC МПТ, ЛЦ, ИПТ на референтный период (ч)

IoT	Проверка наличия товара	Да – без действий. Нет – запрос от off-chain-ресурсов или blockchain (цены, наличие, стоимость доставки), рациональный выбор, оплата, заказ ЛЦ
BD	Запрос на информацию	Нет – без действий. Да – запрос от off-chain-ресурсов, прогнозирование, возможные варианты
ITS	Запрос на информацию	Нет – без действий. Да – запрос от off-chain-ресурсов, прогнозирование, оценка плотности и интенсивности транспортного потока – ϕ (100, 150, 180, 200, 250), информирование
CSRP	Получение рекомендаций, запроса	Нет – без действий. Да – отправка на off-chain-ресурс Big Data, формирование предложений, рекомендации на улучшение в Improvement, формирование претензий (условий страхования) и внесение данных в контракт Contesting
Edu	Запрос на необходимые компетенции	Нет – без действий. Да – отправка на off-chain-ресурс Big Data, формирование рекомендации на улучшение в Improvement
Tr	Запрос на автоматическое управление	Нет – без действий. Да – выбор из 5-уровневой автоматизации управления: 1) ускорение и рулевое управление под контролем автоматики (уровень L1); 2) автопилот с участием человека (L2); 3) расширенный автопилот с участием человека (L3); 4) автопилот по выделенным полосам (L4); 5) полный автопилот (L5)
Serv	Запрос на информацию	Нет – без действий; Да – запрос off-chain-ресурсов или blockchain (о водителях, организациях, грузах, пассажирах, требования к транспортным средствам по техническому контролю, выбросам CO_2 , права доступа, оплата штрафов, налоги, правонарушения, медицинские показатели и пр.)
Res	Запрос стейкхолдеров, институтов развития, бенчмаркинг	Нет – без действий. Да – отправка на off-chain-ресурс Big Data обоснование и отправка в Improvement, формирование претензий (условий страхования) и внесение данных в контракт Contesting
Impr	Наличие записи в контракте от CSRP, Education, Research	Нет – без действий. Да – инициация проектирования, внесение данных в контракт Finance, Implementation, Contesting, установление сроков, формирование претензий (условий страхования)
Con	Наличие записи претензии в контракте от CSRP, Service, Res, Improvement, Implementation	Нет – без действий; Да – алгоритм оценки претензии (отказ или внесение данных в контракт Finance)

Fin	Наличие записи в контракте от Improvement	Нет – без действий. Да – инициация сбора финансовых средств, в т.ч. крауфандинг, фандрайзинг, установление сроков, автоматической выплаты процентов от инвестирования, внесение данных в контракт Implementation, выплаты по компенсациям из контракта Contesting
Impl	Наличие сводной записи в контрактах от Improvement и Finance	Нет – без действий. Да – отправка на off-chain-ресурс Big Date, рациональный выбор, закупка, строительство, пуско-наладка и экспертиза, формирование претензий (условий страхования) и внесение данных в контракт Contesting
Orl	Постоянно	Контроль на предмет отсутствия критических уязвимостей (до 1 мин на 1 смарт-контракт в 2024 г.), оценка нодов

Предложим механизм развертывания децентрализованной системы: формируются ноды при распределении мощности с целью обеспечения выполнения консенсуса при принятии смарт-контрактов и роста скорости обработки информации (рис. 5.11).

Во-первых, формируется центр компетенций, определяются платформы и контрибьюторы для формирования архитектуры функционирования смарт-контрактов при заданном функционале организации потоковых процессов для каждого экономического агента.

Во-вторых, увеличивается количество полных нодов до 100 под транзакции ТЛС (до 20 «специализированных»), что позволит обеспечить консенсус, достоверное и точное движение информации, а также реализовать пакет мер по патентной деятельности смарт-контрактов и увеличению скорости обработки формируемой системы до 1000 транзакций в секунду. Осуществляется типизация алгоритмов, которые охватывают все основные услуги по организации транспортировки и прочих процессов в мобильной ТЛС умного города.

В-третьих, формируется единая цифровая платформа в области функционирования и эволюционного развития ТЛС умного города, а также система кибербезопасности с целью недопущения потерь, исправления и искажения информации, защиты от захвата, для коммита и бесперебойного функционирования экосистемы ТЛС умного города.

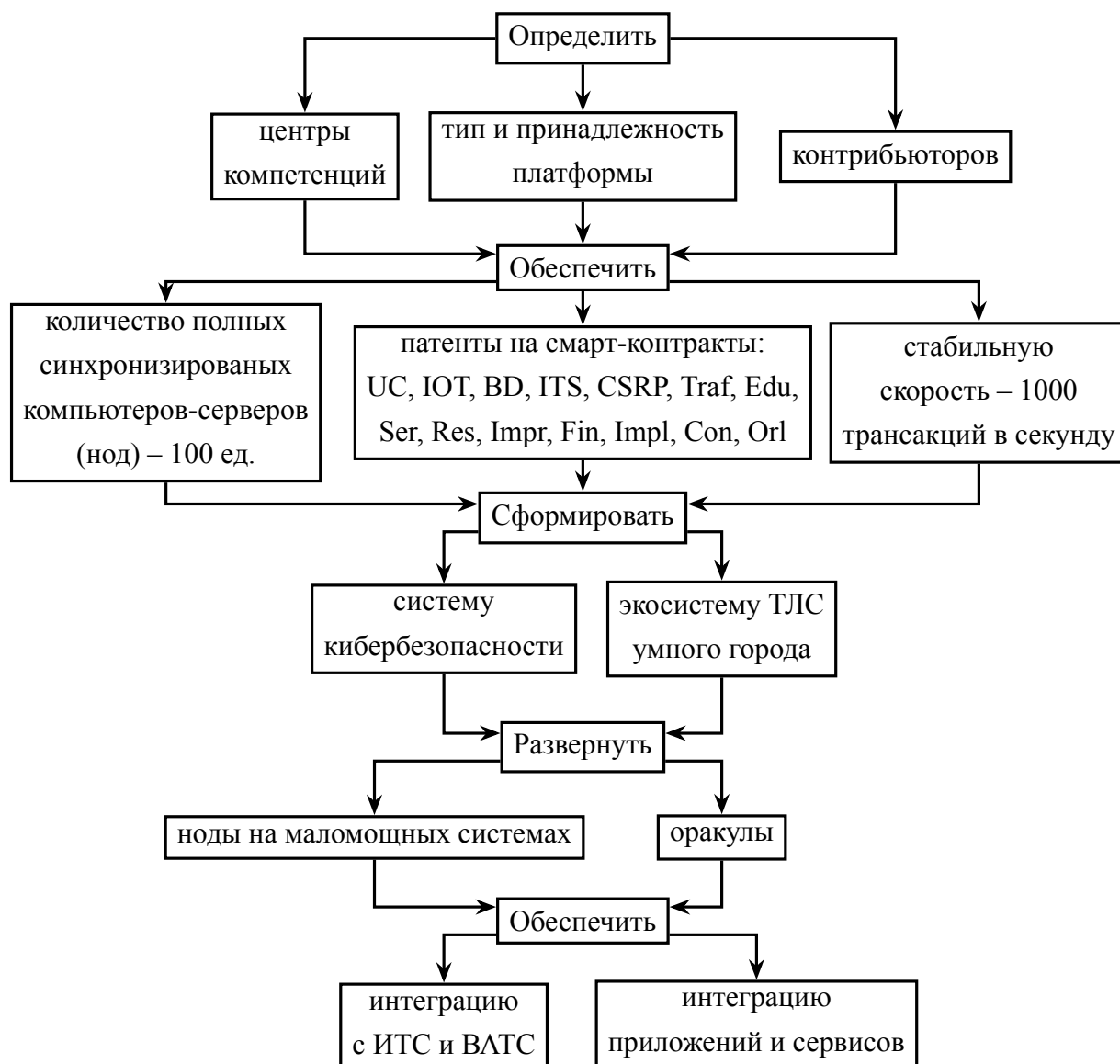


Рисунок 5.11 – Механизм трансформации экосистемы ТЛС умного города на базе распределенного реестра данных в области адаптивной логистической координации потоковых процессов

Тестируется автономность и безопасность единой экосистемы, что позволяет уже на данном этапе обеспечить основные действия по управлению любым перемещением в системе вариативным уровнем транзакционных издержек. Повышенная защита и включение в консенсус алгоритмов 2–3 «специализированных» нодов при случайном выборе десяти для оценки правильности решения позволит минимизировать риски. Подчеркнем, что экосистема не подменяет существующую систему организации движения, а дополняет подходы и способы реализации транспортировки и служит элементом будущего развития кооперативных (автономных) интеллектуальных систем.

В-четвертых, происходит интеграция предлагаемых цифровых решений в бизнес-процессы фирм и предприятий, а также формируется система оракулов для обращения к внешним источникам данных. Их наличие позволит сформировать наиболее эффективное взаимодействие с off-chain-ресурсами с целью анализа, обработки и прогнозирования. На данном этапе такими источниками могут выступить элементы интеллектуальных транспортных систем, системы аналитики больших данных, учета и хранения информации как государственного, так и частного уровня. Данная информация необходима для полного контроля оценки качественных характеристик процессов в мобильной транспортно-логистической системе умного города.

Сегодня реализуется задача по развертыванию узлов на маломощных системах, что позволит использовать смартфоны, планшеты и прочие носители интернета вещей для вовлечения их в консенсус принятия решений по предустановленным смарт-контрактам и выйти на более высокий уровень распределенности системы. На начальном этапе данные устройства могут выступать «легкими» клиентами, имеющими доступ к полным узлам, в последующем у них появляется возможность использовать разработанные автором смарт-контракты.

В-пятых, обеспечивается интеграция экосистемы ТЛС умного города с интеллектуальной транспортной системой, а также с прочими системными интеграторами.

В итоге отметим, что сегодня условием формирования института городской мобильности выступает формирование смарт-контрактов, их согласование, патентная деятельность и развитие ВАС на дорогах общего пользования в городе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

Автором получены следующие результаты в области формирования методологии городской логистики в организации и функционировании мобильных транспортно-логистических систем:

- на основе проведенной оценки концепции устойчивого развития умного города, роста мобильности и организации транспортных систем выделены основные генераторы в области цифровизации; определены научные направления исследования мобильности и развития транспорта; установлены место и роль интеллектуальной транспортной системы (ИТС) в концепции умного города; выделены основные модели ИТС, ее элементы и стандарты. Исходя из этого предложено расширить определение мобильной транспортно-логистической системы как системы, гарантирующей более высокий уровень межорганизационного, скоординированного взаимодействия между экономическими агентами;
- согласно оценке цифровой трансформации логистики в рамках институционально-эволюционной экономической теории в контексте Индустрии 4.0 и 5.0 выделены смарт-процессы в виде цифровых данных, позволяющих, отказавшись от традиционных способов передачи, анализа и хранения информации, представить их как интеллектуальные алгоритмы принятия оперативных решений и массивы данных, а также предложить технологию их обработки. Определена роль логистики в концепции умного города в условиях цифровизации. Расширено определение городской логистики в качестве научного направления Индустрии 4.0 и 5.0 управления смарт-процессами, нацеленного на рационализацию динамического функционирования и развитие умного города и его компонентов;
- сформулирован исходный базис исследования мобильной транспортно-логистической системы умного города с целью определения основных методических подходов к его оценке; установлены основные теории городской логистики, выступающие основой ее формирования (эволюционная экономическая теория, теории эволюционного развития, управления транзакциями, институционального моделирования, социального действия, ожидаемой полезности, рационального выбора и др.);
- произведена трансформация понятийного аппарата логистической координации в процессе развития института городской мобильности, позволив-

шая: определить системные трения и области координации в транспортно-логистической системе умного города; сформулировать принципы кумулятивной причинности; определить роль смарт-процессов в логистике; разработать механизм координации взаимодействия между основными участниками; определить цифровую платформу (экосистему) мобильной транспортно-логистической системы умного города как основанный на архитектуре Индустрии 4.0 и 5.0 механизм обработки, анализа и принятия решений взаимодействия и координации процессов, затрагивающих технологическую составляющую функционирования интеллектуальных транспортных систем в кооперации с логистическими, а также механизм поиска, разработки и внедрения улучшений для данных систем. В итоге предложены механизм рационального выбора участниками потоковых процессов в транспортно-логистической системе умного города и система обратной связи, выработан новый подход к развитию динамической инфраструктуры, сформирована схема организации транспортно-коммуникационных коридоров ТЛС умного города и разработан институт городской мобильности;

- в рамках установления влияния цифровизации на транспортно-логистическую систему умного города определены общие тренды, представлены основные системы оценки ее мобильности и устойчивого развития, выделены направления цифровизации ТЛС умного города и критерии развития в разрезе научного направления умного города, изложено концептуально-методологическое представление потоковой модели и графически отображена потоковая модель ТЛС умного города;

- построена авторская интегрированная потоковая модель транспортно-логистической системы умного города;

- проведен анализ специфики развития цифровизации и мобильности транспортно-логистической системы умного города на базе изучения 150 городов, их характеристик, а также технологии борьбы с дисбалансом, что позволило установить особенности развития ИТС в мире, дать рейтинговую оценку мобильности и прочих компонентов устойчивого развития, оценить карту мобильности и перегруженность ТЛС умных городов мира;

- в процессе оценки конвергенции направлений развития городской логистики, в аспекте изучения мобильности определены корректирующая детерминанта и ключевые нормы взаимодействий ТЛС умного города; на этой осно-

ве предложен механизм достижения критериев трансформации, формирования транспортно-коммуникационных коридоров и определения дальнейшего курса развития; при моделировании института городской логистики сформулирована институциональная матрица, выделяющая доминантные и комплементарные его компоненты;

- предложен авторский подход к построению единой распределенной экосистемы ТЛС умного города, и в его рамках определены функциональные блоки экосистемы транспортно-логистической системы, модели бронирования и развития, основные смарт-контракты и механизм развития децентрализации экосистемы ТЛС умного города;

- определены основные признаки мобильности и развития ТЛС умного города; спроектирована модель компонентной структуры мобильной транспортно-логистической системы умного города, позволяющая определять степень усилий по формированию основного пути развития мобильности и обеспечения экономии затрат для всех участников логистических процессов;

- разработаны пять моделей развития мобильной транспортно-логистической системы умного города;

- сформированы прогнозы изменения мобильности основных участников и прочие признаки интегрированной потоковой модели при увеличении числа транспортно-коммуникационных коридоров;

- созданы модели прогнозирования и рассчитаны прогнозные оценки потерь для каждого экономического агента;

- предложены направления исследований методологии городской логистики при разработке архитектуры транспортно-логистической системы на мезо-уровне;

- в рамках формирования института городской мобильности определена необходимость развития консолидированного смарт-контракта, сформулированы основные условия их использования в ТЛС умного города, разработан механизм трансформации экосистемы ТЛС умного города на базе распределенного реестра данных в области адаптивной координации логистических процессов;

- осуществлено моделирование цифровой трансформации ТЛС крупного города и в его рамках проведено сравнение стратегий развития ТЛС г. Екатеринбурга.

Рекомендации

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, рекомендуются использовать как теоретико-методологическую основу оптимизации городской логистики при формировании и реализации стратегических планов муниципалитетов в процессе цифровой трансформации городской логистики в транспортно-логистической системе умного города, а также для рейтинговой оценки умной мобильности на мезоуровне.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертационного исследования. По мнению автора, перспективными для изучения научными темами являются: совершенствование и апробация методологии городской логистики при расширении пула исследуемых городов, а также в разрезе агломераций; привлечение дополнительных средств посредством вовлечения домохозяйств и прочих экономических агентов в реализацию подпроектов с заданной нормой прибыли в единой экосистеме ТЛС умного города; оценка влияния «цифровой дороги» на экологическую обстановку в городе; выстраивание логистического сервиса, регулируемого системным агрегатором, создаваемым при динамическом ценообразовании; определение предела автоматизации мобильной ТЛС умного города в зависимости от ожидаемой экономии затрат экономических агентов и стратегии муниципалитета и государства в области устойчивого развития; и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. О стратегическом планировании в Российской Федерации : Федеральный закон № 172-ФЗ : [принят Государственной Думой 20 июня 2014 года : одобрен Советом Федерации 25 июня 2014 года] (ред. от 13.07.2024) // Президент России : официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38630> (дата обращения: 20.12.2025).

2. Российская Федерация. Законы. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года : Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 (в ред. от 21.07.2024) // Президент России : официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 20.12.2025).

3. Российская Федерация. Законы. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 № 145 // Президент России : официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 20.12.2025).

4. Российская Федерация. Законы. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы : Указ Президента Российской Федерации от 09 мая 2017 № 203 // Президент России : официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 20.12.2025).

5. Российская Федерация. Законы. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента Российской Федерации от 07 мая 2024 № 309 // Президент России : официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542/page/2> (дата обращения: 20.12.2025).

6. Российская Федерация. Законы. О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р (ред. от 06.11.2024) // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <https://golnk.ru/A2wRL> (дата обращения: 20.12.2025).

7. Российская Федерация. Законы. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06 октября 2021 г. № 2816-р // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <https://www.consultant.ru/document/cons>

_doc_LAW_144190/ (дата обращения: 20.12.2024).

8. Российская Федерация. Законы. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 № 3363-р // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/ (дата обращения: 20.12.2025).

9. Российская Федерация. Законы. О Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на 2016-2030 годы : Закон Свердловской области от 21 декабря 2015 г. № 151-ОЗ (ред. от 23.12.2024) // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/429024960?ysclid=mein0cv5nh906686855> (дата обращения: 25.12.2025).

10. Российская Федерация. Законы. Об утверждении Генерального плана городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2045 года : Приказ Министерства строительства и развития инфраструктуры Свердловской области от 01.06.2023 № 335-П // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/6601202306060006?ysclid=meipbetuib397707425> (дата обращения: 25.12.2025).

11. ГОСТ Р 56294-2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем = Intelligent transport systems. Requirements for functional and physical architectures of intelligent transport systems : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 декабря 2017 г. № 1966-ст : введен впервые : дата введения 2015-07-01 / подготовлен ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». – М.: Стандартинформ, 2015. – 8 с.

12. ГОСТ Р 56829-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2015 г. № 2150-ст : введен впервые : дата введения 2016-06-01 / подготовлен ООО

«Научно-исследовательский институт интеллектуальных транспортных систем» (ООО «НИИ ИТС»). – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.

13. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011. «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы» = Intelligent transport systems. Reference model architecture(s) for the ITS sector. Part 1. ITS service domains, service groups and services : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 августа 2011 г. № 251-ст : введен впервые : дата переиздания ноябрь 2018 г. / подготовлен Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ). – М.: Стандартинформ, 2018. – 26 с.

14. ГОСТ Р ИСО 37120-2020. Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни = Sustainable development of community. Indicators for city services and quality of life : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 августа 2020 г. № 523-ст : ВЗАМЕН ГОСТ Р ИСО 37120-2015 : дата введения 2023-08-01 / подготовлен АО «Институт региональных экономических исследований» (АО «ИРЭИ»). – М.: Стандартинформ, 2020. – 107 с.

15. ГОСТ Р ИСО 37122-2023. Устойчивое развитие сообществ. Показатели для умных городов = Sustainable development of communities. Indicators for smart cities : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 августа 2023 г. № 663-ст : введен впервые : дата введения 2023-09-01 / подготовлен АО «Институт региональных экономических исследований» (АО «ИРЭИ») при участии Ассоциации по сертификации «Русский Регистр». – М.: Российский институт стандартизации, 2023. – 81 с.

16. ГОСТ Р ИСО 37123-2023. Устойчивое развитие сообществ. Показатели для адаптивных городов = Sustainable development of communities. Indicators for resilient cities : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по

техническому регулированию и метрологии от 10 августа 2023 г. № 624-ст : введен впервые : дата введения 2023-09-01 / подготовлен АО «Институт региональных экономических исследований» (АО «ИРЭИ») при участии Ассоциации по сертификации «Русский Регистр». – М.: Российский институт стандартизации, 2023. – 72 с.

17. Российская Федерация. Законы. Стратегия пространственного развития муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2030 года : [принята Екатеринбургской городской Думой 25 мая 2018 : утверждена Администрацией г. Екатеринбурга 27 февраля 2019] (ред. от 03.02.2021) // Официальный портал Екатеринбурга. – URL: <https://екатеринбург.рф/file/05cb08432aba985ef0f3331bf8f94f6d> (дата обращения: 25.12.2025).

18. Абалкин Л. И. Что такое хозяйственный механизм? – М.: Мысль, 1980. – 79 с.

19. Абрамова Е. Р. Логистическая координация: современные аспекты, виды и механизмы в управлении цепями поставок : монография. – М.: Издательский Дом «Инфра-М», 2019. – 106 с.

20. Абрамова Е. Р., Проценко И. О. Совместное планирование как инструмент координации в цепях поставок // Логистика. – 2023. – 5 (198). – С. 14–19.

21. Аджемоглу Д., Робинсон Дж. А. Почему одни страны богатые, а другие бедные. Происхождение власти, процветания и нищеты = Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty. – М.: АСТ, 2016. – 693 с.

22. Азимов П. Х., Каточков В. М., Савельева И. П. Стратегические приоритеты формирования транспортно-логистической системы республики Таджикистан для развития предпринимательства // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. – 2017. – Т. 27, № 6. – С. 7–13.

23. Акаев А. А. Эпохальные открытия Николая Кондратьева и их место в современной экономической науке // AlterEconomics. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 11–39.

24. Акимов А. В., Бубнова Г. В. Логистика пассажирских перевозок на общественном транспорте для условий цифровой трансформации систем организации транспортного обслуживания // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 4 (95). – С. 62–73.

25. Алексеев А. А., Королева Е. А. Обзор некоторых технологических инно-

ваний в области цифровой трансформации российской транспортной системы по показателю производительности труда // Транспортное дело России. – 2025. – № 1. – С. 139–142.

26. Алибеков Б. И., Мамаев Э. А. Мультиагентные системы в логистике: информационно-аналитические аспекты // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. – 2017. – № 4. – С. 56–62.

27. Алтухов А. В., Кашкин С. Ю. Юридические аспекты цифровых платформенных технологий управления «умными городами» // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. – 2020. – № 1. – С. 77–82.

28. Аникин Б. А., Ермаков И. А., Белова С. С. Научная школа «Логистика» ГУУ // Управление. – 2015. – Т. 3, № 2. – С. 5–15.

29. Асаул В. В., Рыбнов Е. И., Куралов С. П. Цифровая модернизация города: опыт проектов «умных городов» в Германии // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 5 (82). – С. 206–215.

30. Бажина М. А. Интеллектуальные транспортные системы – основа De Lega Ferenda транспортной системы Российской Федерации // Journal of Digital Technologies and Law. – 2023. – Т. 1, № 3. – С. 630–649.

31. Башмаков И. А., Миротин Л. Б., Покровский А. К. Менеджмент взаимоотношений на основе логистики в цепях товародвижения : монография. – М.: ООО «Русайнс», 2020. – 132 с.

32. Богданова Е. С., Неволин Д. Г., Ласьков В. Н. Использование методов цифровизации для управления транспортными потоками при построении интегрированных логистических систем // Вестник транспорта Поволжья. – 2024. – №1 (103). – С. 50–55.

33. Богданова Е. С., Черепанова Л. А. Совершенствование показателей транспортного потока в структуре интегрированной логистической системы // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4 (60). – С. 103–111.

34. Бодрунов С. Д. Ноономика: траектория глобальной трансформации : монография. – М.: ИНИР; Культурная революция, 2020. – 224 с.

35. Бондаренко Н. Л., Конаневич Ю. Г., Землин А. И. Правовой режим транспортных экосистем, основанных на принципах функционирования искусственного интеллекта // Мир транспорта. – 2024. – Т. 22, № 1 (110). – С. 50–57.

36. Борисова В. В. Институциональная среда цифровой логистики // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2018. – Т. 3. – С. 279–282.
37. Борисова В. В. Формирование экосистемного потенциала логистической инфраструктуры региона // Государство и рынок: механизмы и институты евразийской интеграции в условиях усиления глобальной нестабильности. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т, 2021. – С. 390–396.
38. Борисова В. В. Цифровая трансформация институционального обеспечения логистической инфраструктуры региона // Вестник Ростовского государственного экономического университета. – 2020. – № 2 (70). – С. 45–52.
39. Борисова В. В., Бородин А. Цифровые транспортные коридоры: возможности для выхода на новые рынки // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 1 (139). – С. 96–100.
40. Борисова В. В., Садовский В. С. Сервисная логистика в цифровом формате // Вестник Ростовского государственного экономического университета. – 2022. – № 4 (80). – С. 10–15.
41. Бочкарев А. А., Добронравин Е. Р. Проблемы оценки цепей поставок в условиях «цифровой трансформации» экономики // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – Т. 12, № 2–1. – С. 166–179.
42. Бочкарев А. А., Нос В. А. Транспортные задачи в управлении цепями поставок и методы их решения // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2023. – № 4. – С. 6–14.
43. Бреннан Дж. Б. Дж. Причина правил. Конституционная политическая экономия. – СПб.: Экономическая школа, 2005. – 272 с.
44. Бродецкий Г. Л., Герами В. Д., Гусев Д. А. Специальные аспекты проблемы оптимизации выбора контрагента по многим критериям для горизонтальной кооперации // Финансовая жизнь. – 2021. – № 2. – С. 116–122.
45. Брынцев А. Н., Левина Е. В. Платформенно-сетевая экономика: особенности становления в России // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2023. – № 3. – С. 149–161.
46. Брынцев А. Н., Новиков Д. Т., Крылова Т. Д. Эволюция концепций логистики // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 2. – С. 4–8.
47. Брызгина Е. О., Кургузов В. Б., Белов М. Ю. Основные векторы развития

ИТС Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – № 3-4 (88–89). – С. 28–30.

48. Бубнова Г., Куренков П., Некрасов А. Цифровая логистика и безопасность цепей поставок // Логистика. – 2017. – № 7 (128). – С. 46–50.

49. Бубнова Г. В., Акимов А. В., Нань Л. Развитие общественного транспорта городских агломераций и показателей оценки их устойчивости для условий цифровой трансформации систем обслуживания пассажиров в растущих экономиках // Экономика железных дорог. – 2023. – № 8. – С. 76–82.

50. Бубнова Г. В., Берлюков Д. Н., Линь Н. Верификация ключевых индикаторов устойчивого развития в мегаполисах России и Китая // Экономика железных дорог. – 2022. – № 8. – С. 47–55.

51. Бубнова Г. В., Греков Р. Е. Сравнение мировых практик и перспективы внедрения инструментов логистики поездок с использованием цифровых платформ мобильности на пассажирском транспорте // Экономика железных дорог. – 2025. – № 3. – С. 14–23.

52. Бубнова Г. В., Левин Б. А. Цифровая логистика – инновационный механизм развития и эффективного функционирования транспортно-логистических систем и комплексов // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5, № 3. – С. 72–78.

53. Бубнова Г. В., Нань Л. Тенденции, проблемы эффективного функционирования и развития пассажирского транспорта в мегаполисе Китая // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2022. – № 2 (34). – С. 48–56.

54. Бубнова Г. В., Покусаев О. Н., Акимов А. В. Качество общественного транспорта мегаполиса в мультимодальных перевозках маятниковой миграции населения // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 6 (109). – С. 22–32.

55. Бубнова Г. В., Покусаев О. Н., Акимов А. В. Развитие методологии создания маршрутной системы пассажирского транспорта в городской агломерации // Транспортное дело России. – 2022. – № 2. – С. 102–105.

56. Бубнова Г. В., Сергеев И. В. Теоретические аспекты цифровизации цепей поставок на основе информационной и системной интеграции // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2022. – № 4. – С. 9–16.

57. Булатова О. Ю., Зырянов В. В. Архитектура интегрированной транспортной системы с учетом социального компонента для обслуживания городских мас-

совых мероприятий // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 2–3 (89). – С. 128–137.

58. Бурый А. С., Ловцов Д. А. Перспективы стандартизации информационного пространства умного города // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2022. – № 2 (66). – С. 4–11.

59. Бьюкенен Дж. Сочинения. Конституция экономической политики. Расчет согласия. Границы свободы / Нобелевские лауреаты по экономике. Т. 1 / Фонд экономической инициативы. – М.: Таурус Альфа, 1997. – 560 с.

60. Вальрас Л. Элементы чистой политической экономии / пер. И. Егоров, А. Белянин. – М.: Изограф, 2000. – 428 с.

61. Василенко И. А., Михайлова Е. В. Европейский опыт формирования социально-политической концепции «умного города» // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. – 2020. – Т. 64, № 9. – С. 83–95.

62. Васильева М. Е., Волкова Е. М., Романов А. С. Интеллектуальные транспортные системы в российских агломерациях: сущность, структура и направления развития // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2023. – Т. 9, № 4. – С. 117–128.

63. Вебер М. История хозяйства : Очерк всеобщей социальной и экон. истории / Изд. по оставленным лекциям: С. Геллеман, проф. истории в Мюнхен. ун-те и М. Палий, доцент Высш. коммерч. shk. в Берлине ; Пер. под ред. [и с предсл.] проф. И.М. Гревса. – Пг. : Наука и школа, 1923. – 240 с.

64. Веблен Т. Теория праздного класса = The theory of the leisure class / Т. Веблен ; пер. с англ. ; общ. ред. д-ра экон. наук В. В. Мотылева. – URSS: ЛИБРОКОМ, 2018. – 365 с.

65. Вирячева Е. В., Трейман М. Г. Тренды и перспективы развития логистики в интернет-торговле на примере доставки на последней миле маркетплейсов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2023. – № 3. – С. 82–87.

66. Волков А. А. Умный город 5.0. часть 1. Таксономия созидания: иммерсивное метамоделирование // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 1. – С. 4–14.

67. Волкова Е. М. Стратегическое планирование развития пассажирского транспорта мегаполисов // Экономика железных дорог. – 2019. – № 7. –

С. 37–47.

68. Волкова Е. М. Оценка эффективности пассажирского транспортного комплекса в агломерациях // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2025. – № 5 (120). – С. 81–84.

69. Волкова Е. М. Проблемы интеграции каршеринга в городские транспортные системы российских мегаполисов // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 124–132.

70. Волкова Е. М. Проблемы развития смешанных пассажирских перевозок в городских транспортных системах // Логистика и управление цепями поставок. – 2018. – 1 (84). – С. 59–65.

71. Волкова Е. М. Развитие совместного потребления в городских транспортных системах // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7, № 3. – С. 56–66.

72. Волкова Е. М. Развитие форм совместного потребления в пассажирских транспортных системах мегаполисов // Экономика железных дорог. – 2021. – № 10. – С. 32–40.

73. Волкова Е. М., Колесова В. М. Построение городской транспортной системы на базе интеллектуальных технологий // Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 38–52.

74. Волкова Е. М., Лякина М. А., Стримовская А. В. Проблемы оценки экономических эффектов от использования цифровых технологий в городских транспортных системах // Бюллетень результатов научных исследований. – 2019. – № 1. – С. 59–68.

75. Волкова Е. М., Соловьев Д. М. Применение инструментов имитационного моделирования в сити-логистике и экономическая оценка полученных результатов // Логистика и управление цепями поставок. – 2020. – № 4 (99). – С. 50–56.

76. Вискребенцев И. С., Петров М. Б. Методика оценки уровня развития транспортной инфраструктуры региона // Транспорт Урала. – 2023. – № 3 (78). – С. 99–104.

77. Гайсин И. А., Мартыненко А. В. Оценка доступности маршрутной сети городского общественного транспорта на основе беспересадочности // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4–1 (87). – С. 28–37.

78. Гарнов А., Проценко И. Актуальные задачи логистического управления

процессами грузоперевозок // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2016. – Т. 2. – С. 30–33.

79. Гвилия Н. А. Логистическая координация в корпорациях и кластерах : монография. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2016. – 103 с.

80. Гвилия Н. А. Цифровая трансформация корпоративной логистики в условиях устойчивого развития : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Гвилия Наталья Алесеевна. – Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т. – СПб., 2022. – 41 с.

81. Герами В. Д., Колик А. В., Зимин А. Ю. Логистические операторы и процесс трансформации международных цепей поставок // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2023. – № 11. – С. 3–9.

82. Глазьев С. Ю. Экономика будущего. Есть ли у России шанс? – М.: Книжный мир, 2016. – 640 с.

83. Гончарова А. Н., Григорян М. Г. О необходимости развития методов обоснования эффективных логистических схем транспортировки грузов // Транспортное дело России. – 2024. – № 7. – С. 167–170.

84. Гребер Д. Долг: первые 5000 лет истории / Дэвид Гребер ; [перевод – Александр Дунаев]. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2016. – 614 с.

85. Грищенко Л. Л., Ревин С. М., Коротаев Ю. В. «Умные» технологии при обеспечении безопасности в «умном городе» // Муниципальная академия. – 2020. – № 2. – С. 186–191.

86. Грузовая деревня – новый элемент транспортно-логистической системы / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, Д. Ю. Роменский [и др.] // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 11. – С. 3–9.

87. Гунзенова К. В. Концепция развития «устойчивого умного города» // Вектор экономики. – 2019. – № 2 (32). – С. 27–34.

88. Гусев С. А., Васильев Д. А., Тюрина М. А. Логистика «последней мили»: теория и практика решения задачи // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2020. – № 3 (42). – С. 162–164.

89. Гусев С. А. Теоретические и методологические основы формирования концепции интеллектуализации управления функционированием логистических

систем : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Гусев Сергей Александрович. – Саратов. гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А. – Саратов, 2022. – 37 с.

90. Данилова С. Ю. Моделирование транспортно-логистической системы химических предприятий с непрерывным циклом производства : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Данилова Светлана Юрьевна. – Самарский гос. эконом. ун-т. – Тольятти, 2015. – 22 с.

91. Демсец Г. Экономическая теория фирмы: семь критических комментариев. – М.: 1995. – 175 с.

92. Джонсон Дж. С., Вуд Д. Ф., Вордлоу Д. Л., Мэрфи П. Р. Современная логистика [7-е изд.]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 624 с.

93. Дмитриев А. В. Диджитализация транспортной логистики : монография. – СПб.: Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т, 2018. – 161 с.

94. Дмитриев А. В. Цифровая логистика в условиях устойчивого развития // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2018. – № 3. – С. 302–308.

95. Дмитриев А. В. Цифровизация транспортно-логистических услуг на основе применения технологии дополненной реальности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 169–178.

96. Дмитриев А. В., Нос В. А. Обеспечение экономической безопасности при внедрении цифровых технологий в транспортной логистике // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 21–29.

97. Дмитриев А. В., Нос В. А., Парфенов А. В. Цифровые экосистемы в транспортной логистике : монография. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2025. – 180 с.

98. Дмитриев А. В. Формирование и развитие цифровых экосистем транспортно-логистического обслуживания : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Дмитриев Александр Викторович. – Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т. – СПб., 2022. – 410 с.

99. Дыбская В. В., Сергеев В. И. Мировые тренды развития управления цепями поставок // Логистика и управление цепями поставок. – 2018. – № 2. – С. 3–14.

100. Дыбская В. В., Сергеев В. И. Эволюция управления цепями поставок: от бизнес-логистики до SCM 4.0 // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2025. – № 2. – С. 11–17.

101. Евтодиева Т. Е. Эволюция логистического управления: от системы к экосистеме // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2025. – Т. 19, № 1. – С. 186–194.

102. Евтодиева Т. Е., Карх Д. А. Современные тренды развития логистики // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2019. – № 1–1. – С. 233–238.

103. Евтодиева Т. Е., Полуботко А. А. Логистика в условиях цифровой экономики // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2020. – Т. 1 (69). – С. 35–42.

104. Егорова Т. П. Экономический аспект развития региональных транспортно-логистических систем (на примере Республики Саха (Якутия) : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (региональная экономика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Егорова Татьяна Поликарповна. – Ин-т регион. экономики АН Республики Саха (Якутия). – Якутск, 2004. – 22 с.

105. Елохов А. М. Совершенствование методики оценки внедрения технологий «умного города» в крупнейших городах России // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 5–1 (63). – С. 177–183.

106. Ефимова О. В., Бабошин Е. Б., Иванова М. Б. Идентификация ограничений сбалансированности транспортных систем на основе рисков // Транспортное дело России. – 2024. – № 5. – С. 4–7.

107. Ефимова О. В., Бабошин Е. Б., Пшукова К. А. Развитие экосистемы безопасности в контексте целей устойчивого развития для устранения потерь транспортной организации // Транспортное дело России. – 2022. – № 2. – С. 124–126.

108. Ефимова О. В., Григоренко Е. Р. К вопросу об эффективности цифровизации транспортных систем // Экономика железных дорог. – 2022. – № 4. –

С. 31–37.

109. Ефимова О. В., Игольников Б. В. Инструменты устранения потерь в транспортных системах // Экономика железных дорог. – 2017. – № 8. – С. 31–40.

110. Ефимова О. В., Кабанова Т. А. Методология оценки эффективности цифровых платформ для транспорта // Транспортное дело России. – 2025. – № 1. – С. 32–36.

111. Ефимова О. В., Комарова Ю. В. Экономическая результативность построения процессов бесшовной грузовой логистики // Транспортное дело России. – 2023. – № 4. – С. 68–69.

112. Ефимова О. В., Пшукова К. А. Трансформация видов потерь в концепции устойчивого развития транспортной системы Российской Федерации // Транспортное дело России. – 2021. – № 2. – С. 104–107.

113. Ефремов А. В. Задача синтеза структуры транспортно-логистической системы региона // Вестник транспорта. – 2005. – № 6. – С. 38–42.

114. Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы. Пути развития // Информационные технологии, интеллектуальные транспортные системы и спутниковые технологии ГЛОНАСС/GPS: 2-ая междунар. науч.-практ. конф. «Информационные технологии и инновации на транспорте» (17 мая – 18 мая 2016 года). – 2016.

115. Жанказиев С. В., Гаврилюк М. В., Агзамов Ж. Б. У. Концепция комплексных схем организации дорожного движения нового поколения // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 2 (81). – С. 51–61.

116. Жужгова Ю. Е., Богданова Е. С., Черепанова Л. А. Формирование лимитированного транспортного потока в интегрированной логистической системе // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3 (63). – С. 127–134.

117. Жужгова Ю. Е., Гайсин И. А. К вопросу развития оптимальной транспортно-логистической сети городской транспортной системы // Транспортное дело России. – 2023. – № 6. – С. 81–83.

118. Жужгова Ю. Е., Савельева В. В. Организация транспортного пересадочного узла (на примере города Екатеринбург) // Транспортное дело России. – 2023.

– № 1. – С. 255–258.

119. Жук А. Е. Ценностно ориентированное развитие логистических систем городского общественного пассажирского транспорта : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Жук Андрей Евстафьевич. – Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т. – СПб., 2021. – 20 с.

120. Журавлева Н. А. Проблемы внедрения цифровых технологий на транспорте // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 3 (82). – С. 19–22.

121. Журавлева Н. А. Цифровая экономика как основа экономики высоких скоростей // Транспортные системы и технологии. – 2017. – Т. 3, № 2. – С. 47–49.

122. Журавлева Н. А. Экономическая оценка интермодальных эффектов высокоскоростных транспортных систем в экономике нового технологического уклада // Бюллетень результатов научных исследований. – 2018. – № 4. – С. 31–40.

123. Журавлева Н. А., Чеченова Л. М., Волкова Е. М. Совершенствование методов прогнозирования показателей перевозок грузов // Транспортное дело России. – 2024. – № 6. – С. 189–193.

124. Журавлева Н. А., Шавшуков В. М. Экономическая парадигма цифровой трансформации транспортной отрасли: прибыль или затраты? // Экономические науки. – 2023. – № 229. – С. 75–81.

125. Зиммель Г. Большие города и духовная жизнь / Пер. с нем. – М.: Strelka Press, 2018. – 112 с.

126. Зотов В. В. Развитие транспортно-логистических систем мегаполисов на основе функционально-специализированного подхода : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Зотов Вадим Владимирович. – Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т. – СПб, 2015. – 129 с.

127. Зубаков Г. В., Проценко О. Д. Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации. Некоторые аспекты реализации // Креативная экономика. – 2019. – Т. 13, № 3. – С. 407–420.

128. Зубаков Г. В., Проценко О. Д., Проценко И. О. От управления цепями поставок к управлению на основе технологии блокчейн // Экономика и управление.

–2019. – Т. 11, № 169. – С. 59–63.

129. Зыкова Д. А., Давыдова Т. Е. Концепция «умного города» в системе муниципального развития // Цифровая и отраслевая экономика. – 2021. – № 1 (22). – С. 9–15.

130. Зырянов А. В. От управления материалодвижением до логистики: генезис научного направления и школ // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2002. – № 5. – С. 124–137.

131. Зырянов В. В., Пилипец О. О. Онтология функций и сервисов интеллектуальной транспортной системы // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – 2–4 (89). – С. 118–126.

132. Иванов С. Ф. Зеленая логистика в России: трудности и перспективы // StudNet. – 2021. – С. 1789–1793.

133. Иванова Т. Д. Современные тенденции развития роботов и их применение на транспорте и в логистике // Молодой ученый. – 2024. – № 7 (506). – С. 14–15.

134. Ильичева В. В., Мамаев Э. А., Гуда А. Н. Анализ стохастической модели управления транспортно-логистическими системами в условиях использования интеллектуальных технологий принятия решений // Информатизация и связь. – 2025. – № 4. – С. 31–37.

135. Имашева Г. М., Карденов С. М., Махмудлу С. Некоторые вопросы по развитию глобальной логистики // Наука, техника и образование. – 2021. – № 4. – С. 17–20.

136. Искандеров Ю. М., Паутов М. Д. Защита корпоративной информации в транспортно-логистических сетях // Информационная безопасность регионов России: материалы конференции. – 2017. – С. 275–276.

137. Исследование транспортной системы и процессов транспортной мобильности города Севастополя / С. А. Селиверстов, Я. А. Селиверстов, Е. С. Палкина [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. – 2018. – № 6 (72). – С. 78–88.

138. К понятию информации в логистике и о границах применимости блокчейн-технологий / Г. Бубнова, П. Куренков, В. Емец [и др.] // Логистика. – 2018. – № 7 (140). – С. 46–52.

139. Калентеев С. В., Окольнішнікова І. Ю., Шиндіна Т. А. К вопросу об оценке эффективности транспортно-логистической системы обслуживания меж-

региональных грузопотоков в Уральском федеральном округе // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. – Т. 8, № 1. – С. 126–135.

140. Калентеев С. В. Формирование транспортно-логистической системы обслуживания грузопотоков в условиях межрегиональной интеграции : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Калентеев Сергей Витальевич. – Санкт-Петербургский гос. эконом. ун-т. – СПб, 2013. – 22 с.

141. Капский Д. В., Ларин О. Н., Богданович С. В. Мегаполисы будущего или роль урбанистики в эпоху беспилотных автомобилей // Автомобильная промышленность. – 2024. – № 11. – С. 1–10.

142. Карасев В. А. Глобализация рынка транспортных услуг и транспортно-логистических систем в мировой экономике : специальность 08.00.14 : «Мировая экономика» : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Карасев Вадим Анатольевич. – ДА МИД Российской Федерации. – М., 2008. – 159 с.

143. Карх Д. А., Лазарев В. А., Якушев Д. С. Управление и методика планирования товарно-транспортных потоков в локальных розничных сетях : монография / Д.А. Карх, В.А. Лазарев, Д.С. Якушев ; под общ. ред. д-ра экон. наук В.А. Лазарева. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016. – 199 с.

144. Карх Д. А., Савин Г. В., Гаянова В. М. Проблемы организации системы общественного транспорта в г. Екатеринбурге // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2014. – № 5 (115). – С. 66–71.

145. Карх Д. А., Савин Г. В., Шмидт А. В. Проблемы и пути решения управления пассажиропотоками в условиях городской логистики // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. – Т. 8, № 3. – С. 136–141.

146. Карх Д. А., Соколова О. Г., Аббазова В. Н. Координация и синхронизация потоковых процессов в логистической системе // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2022. – № 12. – С. 419–422.

147. Каточков В. М., Савин Г. В., Гришина В. В. Трансформация логистики

в транспортно-логистических системах в эпоху цифрового общества // ЦИТИСЭ. – 2020. – №4 (26). – С. 482–489.

148. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег / под ред. Н.Н. Любимовой. – М.: Гелиос АРВ, 2011. – 350 с.

149. Кизим А. А., Кайфеджан Д. П., Кареева Ю. В. Зеленая логистика как элемент устойчивого развития агрокомпаний // Экономика устойчивого развития. – 2021. – № 1. – С. 64–68.

150. Кизим А. А., Селезнева С. Городская логистика на основе интеллектуальных транспортных систем // Информационные технологии. – 2012. – № 7. – С. 30–34.

151. Кизим А. А. Формирование и развитие транспортно-логистической системы региона (теория, методология, практика) : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством: логистика, транспорт» : диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Кизим Анатолий Александрович. – Ростовский гос. эконом. ун-т. – Ростов-н/Д, 2015. – 450 с.

152. Кирясов А. С. Формирование и функционирование устойчивых транспортно-логистических систем в сфере общественных пассажирских перевозок : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Кирясов Александр Сергеевич. – Саратовский гос. техн. ун-т. имени Гагарина Ю.А. – Саратов, 2015. – 201 с.

153. Клименко В. В. Модели финансирования логистических инфраструктурных проектов в транспортных узлах // Логистика и управление цепями поставок. – 2015. – № 5. – С. 30–39.

154. Коваленкова О. Г., Резников С. Н., Михайлюк М. В. Трансформация бизнес-моделей продовольственной доставки в системе логистического менеджмента интернет-торговли // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2023. – № 4 (155). – С. 18–26.

155. Козлов В. К., Рудковский И. Ф. Процесс проектирования промышленных логистических систем: организация и структура // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2018. – № 3. – С. 313–317.

156. Козлов Л. Н., Урличич М. Ю., Циклис Б. Е. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России //

Транспорт Российской Федерации. – 2009. – № 3-4 (22–23). – С. 30–35.

157. Колесников И. В., Колесников В. И., Политыко К. Н. Инновационная цифровая трансформация и интеллектуализация как инструменты построения высокоскоростной транспортно-логистической системы // Мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023): материалы XVI Всероссийской конф.: в 4 т. Волгоград. – 2023. – С. 61–64.

158. Колодий Н. А., Иванова В. С., Чернова Д. А. Социоцентризм versus техноцентризм в исследованиях умного города // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2024. – № 80. – С. 99–107.

159. Колышев А. С. Прогнозная модель оценки качества транспортной системы в условиях цифровой экономики // Информатизация в цифровой экономике. – 2024. – Т. 5, № 3. – С. 373–384.

160. Комаров В. В., Гараган С. А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика. – М. : НТБ «ЭНЕРГИЯ», 2012. – 352 с.

161. Концепция «умный город»: научно-практические аспекты / О. С. Голубова, В. П. Грахов, Е. В. Грахова [и др.]. – Ижевск: Ижевский гос. техн. ун-т им. М.Т. Калашникова, 2021. – 224 с.

162. Королева Е. А., Филатова Е. В. Применение аутсорсинга субъектами транспортной отрасли с целью повышения эффективности и качества работы // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2019. – № 6. – С. 19–23.

163. Косимхужаев А. А., Скорюпина Л. С. Искусственный интеллект в городской транспортной сети // Химия. Экология. Урбанистика. – 2020. – № 3. – С. 118–122.

164. Костин К. Б., Малевич Ю. В., Борисов Ф. А. Цифровизация экономики Российской Федерации в условиях политики импортозамещения // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14, № 5. – С. 1769–1786.

165. Коуз Р. Очерки об экономической науке и экономистах / под ред. Маркова М., Раскова Д. – М. ; СПб : Изд-во Ин-та Гайдара, 2015. – 54 с.

166. Ксенофонтова К. А., Шульженко Т. Г. Проблемы и перспективы использования технологии блокчейн в логистике // Человек. Социум. Общество. – 2022. –

№ 7. – С. 115–119.

167. Кузяшев А. Н., Смолин А. Е. Интернет вещей, умный дом и умные города // Эпоха науки. – 2021. – № 25. – С. 174–176.

168. Куликов А. В., Миротин Л. Б., Вальковская А. А. Перспективы «бесшовных» перевозок пассажиров в транспортных системах российских городов-миллионников (на примере Волгограда) // Социология города. – 2022. – № 1/2. – С. 93–116.

169. Курбатова А. В., Курбатова Е. С., Персианов В. А. Формирование методологии экономической оптимизации управленческих решений на транспорте // Вестник университета. – 2019. – № 2. – С. 70–76.

170. Лазарев В. А. Методология управления устойчивостью предприятия: логистическая концепция : монография. – 2011. – 239 с.

171. Ларин О. Н. Модель взаимодействия блокчейн-платформ для логистических экосистем // Транспорт: наука, техника, управление. – 2021. – № 9. – С. 26–29.

172. Ларин О. Н. Транспортные системы крупных городов: вопросы эффективности // Мир транспорта. – 2023. – Т. 21, № 2 (105). – С. 138–142.

173. Лебедев Е., Миротин Л. Б., Покровский А. К. Инновационные процессы в логистике : монография. – Вологда: ООО «Издательство «Инфра-Инженерия», 2019. – 392 с.

174. Левин Б. А., Ефимова О. В. Цифровая логистика и электронный обмен данными в грузовых перевозках // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 2 (69). – С. 142–149.

175. Левкин Г. Г., Ларин А. Н., Симак Р. С. Парадоксальность логистического мышления при внедрении инноваций // Логистика. – 2025. – № 10 (227). – С. 58–59.

176. Линдерс М. Р., Фирон Х. Е. Управление снабжением и запасами. Логистика. – СПб. : Victory, 2002. – 757 с.

177. Логистика как базовый фактор организации социальных систем на транспорте / Л. Б. Миротин, А. К. Покровский, И. А. Башмаков [и др.] // Логистика. – 2020. – № 7 (164). – С. 937–43.

178. Логистика организации городских пассажирских перевозок / Л. Миротин, Е. Лебедев, А. Князев [и др.] // Логистика. – 2016. – № 12 (121). – С. 34–36.

179. Логистика торгового обслуживания: инновационные пространственно-территориальные аспекты / Ю. Г. Кузменко, И. Ю. Окольнішнікова, И. П. Савельева [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2016. – № 3. – С. 74.
180. Ломовцева А. В., Трофимова Т. В. «Умный город»: цифровая трансформация городской среды // The Newman in Foreign Policy. – 2021. – Т. 1, № 58 (102). – С. 13–16.
181. Лукинский В. В., Малевич Ю. В. Проблемы оценки эффективности функционирования транспортно-логистических центров // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. – № 1. – 216а–220.
182. Лукинский В., Серова Е. Методы и инструменты интеллектуального анализа данных в цифровой логистике и управлении цепями поставок // Логистика и управление цепями поставок. – 2018. – № 4 (87). – С. 73–80.
183. Лукиных В. Ф., Малыгин Д. С. Концепция логистического каркаса // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2023. – № 2 (28). – С. 117–126.
184. Лукиных В. Ф., Тод Н. А. Методическое обеспечение логистического каркаса // Вестник Института экономических исследований. – 2025. – № 2 (38). – С. 119–130.
185. Лукиных В. Ф., Швалов П. Г. Модель развития логистической инфраструктуры городской агломерации в Красноярском крае // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2015. – Т. 8. – С. 190–208.
186. Лукиных В. Ф., Швалов П. Г. Роль скоростных транспортных коммуникаций в развитии городской агломерации // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 10–1 (75). – С. 197–204.
187. Львович Я. Е., Преображенский Ю. П., Ружицкий Е. О проблемах использования современных технологий в «умных городах» // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2022. – № 2 (41). – С. 116–119.
188. Маколова Л. В., Мамаев Э. А. Экологизация транспортной деятельности на урбанизированных территориях на основе реинжиниринга инфраструктуры // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1 (89). – С. 86–94.
189. Малевич Ю. В., Ксенофонтова Е. М., Пластуняк И. А. Развитие транс-

портной системы ЕАЭС: системный подход // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2021. – № 4 (95). – С. 7–10.

190. Мамаев Э. А. Комплексность и клиентоориентированность транспортно-логистических услуг в цифровой экономике // Вестник Ростовского государственного экономического университета. – 2020. – № 4 (72). – С. 68–75.

191. Мамаев Э. А., Гуда А. Н., Годованый К. А. Модель активности агентов в транспортно-логистических и технологических системах // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 12 (84). – С. 246–259.

192. Мартыненко А. В., Ваколюк К. К. Анализ долговременных тенденций изменения пассажиропотока в межмуниципальном автобусном сообщении // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 2 (58). – №4–15.

193. Мартыненко А. В., Ваколюк К. К. Моделирование расщепления междугородних пассажиропотоков с учетом расписания и затрат на внутригородские перемещения // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2 (94). – С. 143–155.

194. Мартыненко А. В., Сайфутдинов Д. Ж. Информационная система мониторинга пассажиропотоков городского общественного транспорта на основе данных билетных валидаторов // Транспорт Урала. – 2024. – № 3 (82). – С. 49–58.

195. Маршалл А. Принципы экономической науки: в 3 т. : [перевод с англ.]. – М.: Прогресс, 1993. – 414 с.

196. Масленников П. П. Логистический сервис в период ограничений: итоги и перспективы // Логистика сегодня. – 2021. – № 3. – С. 170–175.

197. Мелкопартионная доставка товаров при использовании мультиагентного подхода / Д. Б. Ефименко, В. А. Демин, Д. А. Комкова [и др.] // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – 1–1 (80). – С. 125–131.

198. Меренков А. О. Зарубежный опыт в области реализации интеллектуальных транспортных систем // Вестник университета. – 2015. – № 7. – С. 100–102.

199. Меренков А. О. Повышение эффективности управления транспортно-логистическими системами в городах на основе применения цифровых технологий // Транспортное дело России. – 2025. – № 6. – С. 19–25.

200. Милькина И. В., Косарин С. П., Юдина Д. А. «Умные города» в контексте устойчивого развития России // Цифровая и отраслевая экономика. – 2021. – № 1. – С. 101–107.

201. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Пер. с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского. – СПб.: Питер, 2004. – 512 с.: ил. – (Серия «Деловой бестселлер»).

202. Миролубова Т. В., Николаев Р. С. Цифровая экономика и цифровая трансформация региональной экономики: измерение и особенности // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2024. – Т. 19, № 3. – С. 340–354.

203. Миронюк В. П. Теория и методология управления грузовыми транспортно-логистическими системами в рамках территориально организованных комплексов : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Миронюк Виталий Петрович. – Рост. гос. строит. ун-т. – Ростов-н/Д, 2007. – 21 с.

204. Миротин Л. Б., Багинова В. В., Федоров Л. С. Эволюционные закономерности логистики // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 3. – С. 56–62.

205. Михайлюк М. В. Последняя миля интернет-торговли: тенденции трансформации рынка логистики в России // Экономические науки. – 2022. – № 217. – С. 154–161.

206. Михайлюк М. В. Цифровые бизнес-экосистемы региона: сложности развития // Финансовые исследования. – 2022. – № 3 (76). – С. 52–58.

207. Михайлюк М. В. Цифровые экосистемы предпринимательства в современных реалиях // Финансовые исследования. – 2022. – № 4 (77). – С. 50–59.

208. Михеева Т. И. Использование принципов объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. – 2005. – № 34. – С. 141–148.

209. Михеева Т. И., Молодыко К. А., Смолев А. М. Основные принципы функционирования роевой роботизированной системы ITSGIS // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 146–149.

210. Модели логистики технологического аутсорсинга в транспортно-логистических системах / К. Годованый, В. Д. Верескун, А. Н. Гуда [и др.] // Инженер-

ный вестник Дона. – 2022. – № 3 (87). – С. 219–231.

211. Мокрова Н. В. Концептуальный подход к проблематике умных городов // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 7. – С. 32–40.

212. Морган Р., Хант Д. Теория приверженности и доверия в маркетинге взаимоотношений // Российский журнал менеджмента. – 2004. – № 2. – С. 73–110.

213. Моттаева А. Б. Планирование и моделирование региональной транспортной инфраструктуры // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2020. – Т. 3. – С. 101–108.

214. Мухаметов Д. Р. Искусственный интеллект и регуляторные ожидания: государство и стейкхолдеры в создании образа будущего // Креативная экономика. – 2025. – Т. 19, № 8. – С. 1967–1986.

215. Мюрдаль Г. Современные проблемы «третьего мира» = Asian Drama: An Inquiry into the Poverty of Nations. – М.: Прогресс, 1972. – 768 с.

216. Набоков В. И., Зырянов А. В., Зуева О. Н. Логистика домохозяйств и размещение торговых предприятий : монография. – Екатеринбург: Изд-во Экономика, 2010. – 242 с.

217. Неволин Д. Г., Цариков А. А. Влияние удаленности городов-спутников от ядра агломерации на объем транспортных корреспонденций // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3–2 (82). – С. 52–61.

218. Неволин Д. Г., Цариков А. А., Бондаренко В. Г. Основные направления развития скоростного пассажирского транспорта в крупных и крупнейших городах России // Транспорт Урала. – 2023. – № 1 (76). – С. 59–64.

219. Неволин Д. Г., Цариков А. А., Бондаренко В. Г. Существующие модели организации маршрутов скоростного общественного транспорта и их влияние на время поездки пассажира // Транспорт Урала. – 2023. – № 2 (77). – С. 66–70.

220. Нейман, Дж. фон, Моргенштерн, О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: «Наука», 1970. – 707 с.

221. Некрасов А. Г., Сеницына А. С. Проактивное управление автономными системами на транспорте : монография. – М.: Изд-во «Ай Пи Ар Медиа», 2025. – 172 с.

222. Неруш Ю. М. Проблемы эффективного функционирования транспорта в логистической системе : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (экономика, организация и управление предприятиями,

отраслями и комплексами транспорта; логистика) : диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Неруш Ю. М. – Государственный технический университет. – М., 2002. – 290 с.

223. Никитин Д. В., Соловьев Н. В. Модель управления многоуровневыми логистическими транспортными экосистемами // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – №1 (97). – С. 77–85.

224. Никифорова Г. И., Покровская О. Д. Процессно-логистический подход в управлении перевозками // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 4. – С. 21–23.

225. Никишов С. И. К вопросам терминологии: цифровизация и логистические процессы // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2021. – № 1. – С. 12–15.

226. Никишов С. И. Применение интеллектуальных технологий для моделирования логистических процессов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2019. – № 3. – С. 30–34.

227. Никишов С. И. Цифровая трансформация интегрированной логистики // Российский экономический интернет-журнал. – 2019. – № 1. – С. 53.

228. Нисканен В. А. Особая экономика бюрократии. – СПб.: Экономическая школа, 2004. – С. 477–493.

229. Норт Д. К. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики = Institutions, Institutional Change and Economic Performance. – М.: Фонд экономической книги «Начала», 1997. – 180 с.

230. Нос В. А., Черенков В. И. Некоторые вопросы становления и реализации концепции логистики устойчивости // Журнал правовых и экономических исследований. – 2018. – № 3. – С. 175–188.

231. Одинцова Т. Н. Инновационный подход к межфункциональной логистической координации на основе формирования матриц потоков активности // Инновационная деятельность. – 2016. – № 1 (36). – С. 51–58.

232. Окольнішнікова І. Ю., Калентєєв С. В. Некоторые аспекты управления в транспортно-логистических системах обслуживания грузопотоков в условиях межрегиональной интеграции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2014. – Т. 8, № 2. – С. 174–179.

233. Ольховиков С. Э., Стрельников Н. Д. Методика оценки и выбор технологических решений для оптимизации логистики последней мили // Тенденции развития науки и образования. – 2025. – № 121–5. – С. 159–161.

234. Осинюк В. А., Романова Ю. А. Инновации и цифровые технологии: фундамент развития умного города (на материалах г. Москвы) // Вопросы национальных и федеративных отношений. – 2022. – Т. 12, № 2 (83). – С. 494–499.

235. Основные тенденции и перспективы платформенной экономики в Российской Федерации / С. Н. Рябухин, И. А. Кокорев, А. А. Сафронова [и др.] // Мир новой экономики. – 2025. – Т. 19, № 2. – С. 134–148.

236. Остром Э. Теория рационального выбора коллективного действия. Би-хевеиористский подход. Обращение президента Американской политологической ассоциации // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2010. – № 1. – С. 5–52.

237. Палкина Е. С., Сафронова В. П., Чернов О. А. Экономическое обоснование внедрения цифровых технологий в транспортной логистике // Ученые записки Международного банковского института. – 2025. – № 2 (52). – С. 114–133.

238. Парфенов А. В., Сюй Н. Стратегические технологические тренды в цепях поставок // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2023. – № 1(81). – С. 36–42.

239. Парфенов А. В., Ткач В. В. Интеграция межфирменных взаимодействий на базе цифровых логистических платформ // Развитие науки и научно-образовательного трансфера логистики. Андреевский И.Л., Афанасенко И.Д., Барыкин С.Е и др. / под научной ред. д-ра экон. наук, проф. В.В. Щербакова. – 2019. – С. 156–175.

240. Персианов В. А., Курбатова А. В., Курбатова Е. С. Цифровая экономика на транспорте: целеполагание плюс информатизация в электронном формате // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 1. – С. 17–22.

241. Петрова А. В. Варианты реализации транспортно-логистической инфраструктуры, обеспечивающей операционную деятельность // Социальные и экономические системы. – 2024. – № 3 (53). – С. 222–233.

242. Плоткин Б. К., Плещиц С. Г. Становление и современная трансформация логистики : монография. – СПб, 2016. – 150 с.

243. Подсорин В. А., Булахова П. А., Комаров В. А. Формирование критериев устойчивого развития бизнес-экосистем // Транспортное дело России. – 2023. – № 1. – С. 147–151.

244. Подсорин В. А., Данилина М. Г., Флягина Т. А. Экономическая оценка институциональных преобразований пассажирского комплекса // Экономика железных дорог. – 2020. – № 11. – С. 45–59.

245. Подсорин В. А., Зейналова Г. А. Прогнозирование пассажиропотоков в городской агломерации // Транспортное дело России. – 2022. – № 3. – С. 65–68.

246. Покровская О. Д. Развитие логистической транспортной системы России в условиях санкций // Бюллетень результатов научных исследований. – 2023. – № 3. – С. 58–72.

247. Покровская О. Д., Мороз Ю. А. Роботизация и автоматизация складской и транспортной логистики // Техник транспорта: образование и практика. – 2022. – Т. 3, № 2. – С. 170–175.

248. Полуботко А. А. Логистический вектор зеленой экономики // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2017. – Т. 5, № 1. – С. 431–435.

249. Понятия и идеи институциональной экономики. Вып. 1 / Д. С. Львов, А. А. Зарнадзе, В. И. Маевский [и др.]. – М.: Государственный ун-т управления, 1999. – 224 с.

250. Попов Е. В. Моделирование экономических институтов: монография для магистратуры / под ред. А. Некипелова. – М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 643 с. – (2-е изд., стер.)

251. Попов Е. В., Семячков К. А. Институциональная модель развития «умных» городов // Муниципалитет: экономика и управление. – 2020. – № 4 (33). – С. 38–53.

252. Попов Е. В., Семячков К. А. Умные города. – М.: Изд-во Юрайт, 2024. – 346 с.

253. Попова Е. Е. Развитие региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Попова Елена Евгеньевна. – Байкал. гос. ун-

т экономики и права. – Иркутск, 2015. – 147 с.

254. Портфельный анализ технологий в логистической системе / Т. Н. Одинова, Ю. О. Глушкова, А. В. Пахомова [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 53–58.

255. Правительство, промышленность, логистика, инновации и интеллектуальная мобильность в цифровой экономике / В. П. Куприяновский, С. Н. Евтушенко, О. Н. Дунаев [и др.] // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13, № 1. – С. 74–96.

256. Пржибыл П., Свитек М. Телематика на транспорте. – Перевод с чеш. О. Бузека и В. Бузковой. Под редакцией проф. В.В. Сильянова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 539 с.

257. Проблемы развития транспортной отрасли в условиях процессов глобализации и регионализации / П. В. Куренков, И. А. Солоп, Е. А. Чеботарева [и др.] // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 7. – С. 3–6.

258. Прокофьева Т., Покараев Г., Сергеев В. Развитие логистической инфраструктуры в транспортном комплексе России: состояние вопроса, проблемы и перспективы // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2011. – № 4. – С. 84–96.

259. Прокофьева Т. А., Хаиров Б. Г. Логистические кластеры в экономике России : монография. – М.: Институт исследования товародвижения и конъюнктуры оптового рынка, 2016. – 418 с.

260. Проценко О. Д., Дудин М. Н. Мировая трансформация инженерной мысли в социально-экономических системах в контексте перехода на VI технологический уклад // Экономика и социум: современные модели развития. – 2016. – Т. 13. – С. 5–15.

261. Пугачев И. Н., Казарбин А. В. Приоритетные направления научно-технологического развития транспортного комплекса. Упорядочивание процессов транспортного планирования в городских агломерациях // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2025. – № 2 (43). – С. 65–70.

262. Развитие архитектуры интеллектуальных транспортных систем / Е. О. Андреев, С. В. Жанказиев, В. В. Зырянов [и др.] // T-Comm:

Телекоммуникации и транспорт. – 2024. – Т. 18, № 1. – С. 38–43.

263. Развитие интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации: определение требований и организация создания полигонов тестирования информационной безопасности / О. М. Писарева, В. А. Алексеев, Д. Н. Медников [и др.] // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2020. – Т. 13, № 5. – С. 7–23.

264. Рачек С. В. Исследование структуры российского рынка грузовых перевозок // Финансовая экономика. – 2022. – № 11. – С. 382–386.

265. Рачек С. В., Грибанова А. В. Совершенствование транспортного обслуживания населения муниципалитета в современных условиях // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 3 (53). – С. 296–300.

266. Рачек С. В., Притчин М. С. Социально-трудовые аспекты экосистемы бизнеса в условиях турбулентных экономических процессов // Управленческий учет. – 2024. – № 3. – С. 403–409.

267. Резер А. В. Методология управления интегрированными транспортно-логистическими системами : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями и комплексами – транспорт; логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Резер Алексей Владимирович. – Моск. гос. ун-т путей сообщ. РФ. – М.: 2015. – 22 с.

268. Резер С. М., Шмулевич М. И., Резер А. В. Создание единой цифровой платформы для информационной транспортной системы // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2019. – № 11. – С. 3–6.

269. Рикардо Д. Начала политической экономии и податного обложения / пер. Н. Рязанов. – М.: Изд-во Юрайт, 2025. – 310 с.

270. Робинсон Д. Экономическая теория несовершенной конкуренции : Пер. с англ. / Дж. Робинсон; Вступ. ст. и общ. ред. И. М. Осадчей. – М.: Прогресс, 1986. – 471 с.

271. Роботы, автономные робототехнические системы, искусственный интеллект и вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики / И. А. Соколов, А. С. Мишарин, В. П. Куп-

рияновский [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 92–108.

272. Рыбакова И. В., Покровская О. Д. Классификация контактных графиков движения в логистической транспортной системе мегаполиса // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 218–220.

273. Рыкалина О. В. Теория и методология современной логистики : монография. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 208 с. – (Научная мысль; Логистика).

274. Савин Г. В. Анализ методических подходов к оценке транспортно-логистической системы города // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2018. – Т. 8, №2 (27). – С. 88–94.

275. Савин Г. В. Городская мобильная транспортно-логистическая система Индустрии 4.0: монография. – Казань : Бук, 2026. – 222 с.

276. Савин Г. В. Городские интеллектуальные транспортные системы: мировой опыт оптимизации потоковых процессов и пути развития // Modern Economy Success. – 2020. – № 5. – С. 126–132.

277. Савин Г. В. Интеллектуальная транспортная система: оптимизация потоковых процессов в городе – наброски будущих изменений // Russian Economic Bulletin. – 2020. – № 6. – С. 101–108.

278. Савин Г. В. Концептуальные подходы к исследованию транспортно-логистических систем на мезо- и микроуровне // Экономика и предпринимательство. – 2017. – №8–4 (85). – С. 933–937.

279. Савин Г. В. Кризис административной модели в управлении городской логистикой // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 11. – С. 134–137.

280. Савин Г. В. Логистическая стратегия в обеспечении потоков транспортно-логистической системы мезоуровня // Russian Economic Bulletin. – 2019. – Т. 2, № 5. – С. 166–171.

281. Савин Г. В. Методический подход к развитию городской транспортной системы на основе сбалансированной системы показателей // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2016. – №4 (48). – С. 470–479.

282. Савин Г. В. Онтология транспортно-логистической системы в условиях цифровизации // ЦИТИСЭ. – 2019. – №5 (22). – С. 335–343.

283. Савин Г. В. Определение модели развития транспортно-логистической системы умного города // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. – 2025. – Т. 3, № 8. – С. 171–179.

284. Савин Г. В. Основы построения функциональной модели управления городской транспортной системы // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2016. – №12 (94). – С. 60–70.

285. Савин Г. В. Показатель качества транспортно-логистической системы мезоуровня // Экономический анализ: теория и практика. – 2020. – Т. 19, №11 (506). – С. 2116–2135.

286. Савин Г. В. Принципы проектирования и функционирования городских транспортных систем // Концептуальные и методологические проблемы логистики: коллективная монография. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2016. – С. 204–224.

287. Савин Г. В. Проектирование и моделирование транспортно-логистической системы города в условиях неопределенности // European Social Science Journal. – 2017. – № 11. – С. 149–155.

288. Савин Г. В. Проектирование компонентной структуры мобильной транспортно-логистической системы умного города // Вестник экономики, права и социологии. – 2025. – Т. 1. – С. 446–451.

289. Савин Г. В. Проектирование распределительных логистических систем в мезорайонах и городах: монография. – Новосибирск : АНС «СибАК», 2018. – 174 с.

290. Савин Г. В. Развитие института цифровой логистики при организации и управлении потоковыми процессами // ЦИТИСЭ. – 2021. – №3 (29). – С. 460–470.

291. Савин Г. В. Роль логистики в исследовании транспортно-логистических систем // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, №11–1. – С. 419–426.

292. Савин Г. В. Теоретические основы цифровой логистики при развитии «смарт-процессов» // Век качества. – 2021. – № 4. – С. 200–211.

293. Савин Г. В. Транспортно-логистическая система умного города: теория и практика: монография. – М. : Первое экономическое издательство, 2020. – 242 с.

294. Савин Г. В. Тренды развития цифровой и интеллектуальной инфраструктуры транспортно-логистической системы «умного» города // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2020. – №4 (70). – С. 186–192.
295. Савин Г. В. Формирование потоковой модели транспортно-логистической системы // ЦИТИСЭ. – 2021. – №4 (30). – С. 441–454.
296. Савин Г. В. Циклы функционирования транспортно-логистической системы мезоуровня и факторы, влияющие на ее развитие // Modern Economy Success. – 2019. – № 6. – С. 77–81.
297. Савин Г. В., Гришина В. В. Развитие транспортно-логистической системы и ее элементов в России и мире: монография. – Новосибирск : АНС «СибАК», 2019. – 152 с.
298. Савин Г. В., Карх Д. А. Проектирование логистических систем: монография. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2015. – 77 с.
299. Савин Г. В., Савина В. В. Адаптивная логистическая координация в транспортно-логистической системе города // ЦИТИСЭ. – 2022. – № 4 (34). – С. 154–162.
300. Савин Г. В., Савина В. В. Децентрализация как основа построения единой экосистемы ТЛС умного города // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2024. – №4 (80).
301. Савин Г. В., Савина В. В. Конвергенция направлений развития городской логистики в аспекте изучения мобильности // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Т. 14, №10–1. – С. 99–106.
302. Савин Г. В., Савина В. В. Мобильность как категория успешных инноваций в области организации трафика в городе // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2023. – №4 (76).
303. Савин Г. В., Савина В. В. Мобильность как услуга в умных городах // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – Т. 13, 11А. – С. 234–240.
304. Савин Г. В., Савина В. В. Основные результаты моделирования потоковых процессов по транспортно-коммуникационным коридорам в транспортно-логистической системе умного города // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2022. – №4 (72).
305. Савин Г. В., Савина В. В. Построение интегрированной потоковой моде-

ли транспортно-логистической системы умного города // Экономическое развитие России. – 2024. – Т. 31, № 12. – С. 87–92.

306. Савин Г. В., Савина В. В. Транспортно-логистическая система цифрового типа: от интеллектуальной транспортной системы до единой экосистемы: монография. – Новосибирск : АНС «СибАК», 2022. – 230 с.

307. Савин Г. В., Царегородцева С. Р., Топоркова Е. В. Подходы к исследованию информационной среды транспортно-логистических систем // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – Т. 9, №10–1. – С. 506–513.

308. Саморазвивающиеся социально-экономические системы: теория, методология, прогнозные оценки : монография в 2 т., том 1 / А. И. Татаркин, А. А. Ку克林, М. Б. Петров [и др.]. – под общ. ред. А. И. Татаркина ; Российская акад. наук, Уральское отд-ние, Ин-т экономики. М.: 2011. – 306 с.

309. Самуйлов В. М., Бронников С. А., Каргапольцева Т. А. Кластерная модель организации транспортно-логистического бизнеса в пригородном пассажирском комплексе // Инновационный транспорт. – 2018. – №3 (29). – С. 18–23.

310. Семенова О. А., Цебекова Е. П. «Зеленая» логистика как основа устойчивого развития экологических перевозок в России // Современная экономика: проблемы и решения. – 2018. – № 10. – С. 95–103.

311. Сергеев В. И., Кокурин Д. И. Применение инновационных технологий блокчейн в логистике и управлении цепями поставок // Креативная экономика. – 2018. – Т. 12, № 2. – С. 125–140.

312. Сергеев В. И., Сергеев И. В. Тренды цифровой трансформации цепей поставок // Логистика и управление цепями поставок. – 2021. – № 6 (105). – С. 3–8.

313. Сергеев В. И. Методологические основы и модели формирования макрологистических систем : специальность 08.00.06 : «Экономика, планирование и организация материально-технического снабжения» (логистика) : авиреферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Сергеев Виктор Иванович. – Санкт-Петербург. гос. ун-т экон. и финансов. – СПб., 1998. – 30 с.

314. Силкина Г. Ю. Информационно-технологическое согласование моделей транспортно-логистического бизнеса в системе смарт-контрактинга // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. –

2020. – № 2 (122). – С. 122–129.

315. Силкина Г. Ю., Кутузов А. Л., Шевченко С. Ю. Интеллектуальные технологии перехода к интеллектуальному обществу // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 5 (131). – С. 313–315.

316. Силкина Г. Ю., Кутузов А. Л., Шевченко С. Ю. Информационный базис Индустрии 4.0 // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 12 (126). – С. 222–224.

317. Силкина Г. Ю., Щербаков В. В. Инструментальное обеспечение цифровизации логистики // РИСК. – 2018. – № 6. – С. 6–10.

318. Силкина Г. Ю., Щербаков В. В. Современные тренды цифровизации логистики : монография. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 237 с.

319. Смирнова Е. А., Зуев А. В. Модели и методы управления цепями поставок // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2022. – № 2. – С. 95–100.

320. Смирнова Е. А., Цзян Л. Особенности развития логистической инфраструктуры Китая в условиях цифровой трансформации // Научные труды Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2023. – Т. 14, № 4 (61). – С. 143–146.

321. Смирнова Е. А., Цзян Л. Эволюционное развитие технологической основы логистической системы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2023. – № 4. – С. 82–86.

322. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов / пер. перевод с английского П. Н. Ключкин. – М.: Эксмо, 2023. – 1056 с.

323. Современные логистические технологии и стратегии (торговый комплекс) : монография / А. У. Альбеков, Т. В. Пархоменко, А. А. Полуботко [и др.]. – Ростов-н/Д.: М-во образования и науки Российской Федерации, Ростовский гос. эконом. ун-т (РИНХ), Южно-Российская ассоц. логистики, 2010. – 363 с.: ил.; 21 см. – (Серия монографий под редакцией д.э.н., профессора, заслуженного деятеля науки РФ А.У. Альбекова).

324. Тамбовцев В. Л. Эволюция институтов или институциональные изменения? // Журнал институциональных исследований. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 6–21.

325. Тамбовцева В. В., Кравченко В. Д., Фомина И. Г. Тренды в логистике:

шаг к устойчивому будущему через зеленую логистику // Наука настоящего и будущего. – 2024. – Т. 2. – С. 291–293.

326. Тарануха Ю. В. Шумпетерианская конкуренция как генератор перемен // Вестник Московского университета. Серия ЭКОНОМИКА. – 2017. – № 5. – С. 3–20.

327. Тарасов В. С. Анализ применения искусственного интеллекта в управлении организационными системами в логистике последней мили // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 97–11. – С. 102–107.

328. Тасуева Т. С., Борисова В. В. Институциональный каркас цифровой инфраструктуры региона : монография. – М.: ИП Аборкина Екатерина Оскаровна, 2022. – 213 с.

329. Тасуева Т. С., Борисова В. В. Логистическая система платформенного типа в цифровой экономике региона // Вестник ГГНТУ. Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2022. – №3 (29). – С. 27–32.

330. Теоретические и концептуальные проблемы логистики : монография / З. Б. Хмельницкая, Е. С. Богданова, Т. Е. Евтодиева [и др.]. – Пенза: Пензенский гос. аграрный ун-т, 2021. – 209 с.

331. Теренина И. В., Сковороднева Е. В. Стратегия цифровой трансформации сервисной логистики // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2018. – № 2 (62). – С. 55–63.

332. Терешина Н. П., Подсорин В. А., Метелкин П. В. Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее // Экономика железных дорог. – 2019. – № 12. – С. 80–85.

333. Терешкина Т. Р. Ценностно-ориентированная концепция управления мезологистическими системами: теория и методология, механизмы реализации : монография. – СПб.: ГОУВПО СПбГТУРП, 2009. – 312 с.

334. Тимухин К. М. Принципиальные особенности системного подхода при расчетах транспортной инфраструктуры // Транспорт Урала. – 2025. – № 2 (85). – С. 48–54.

335. Транспортно-логистические системы в условиях системных изменений в экономике / Э. А. Мамаев, А. Н. Гуда, В. А. Финоченко [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2 (86). – С. 145–154.

336. Трансформация цепей поставок в ситуации глобального кризиса / Г. Л. Бродецкий, В. Д. Герами, Д. А. Гусев [и др.] // Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. – 2023. – № 2. – С. 14–23.

337. Трегубов В. Н. Анализ трендов научных исследований по теме умной мобильности // International journal of open information technologies. – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 63–73.

338. Трегубов В. Н. Инновационные технологии на городском транспорте: библиометрический анализ // Инновационная деятельность. – 2019. – № 3 (50). – С. 77–88.

339. Трегубов В. Н. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 20–33.

340. Трегубов В. Н. Организация городского транспорта на основе концепции «Мобильность как услуга» // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7, № 6. – С. 73–80.

341. Трегубов В. Н. Перспективы использования технологии блокчейн в сфере городского транспорта // International journal of open information technologies. – 2023. – Т. 11, № 10. – С. 104–112.

342. Трегубов В. Н. Реализация автономной логистики на основе технологий интернета вещей и блокчейн // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2019. – Т. 15, № 3. – С. 782–790.

343. Трегубов В. Н., Матушкин М. А. Использование технологии генеративного искусственного интеллекта для проектирования цифровых двойников в логистике // Цифровая экономика. – 2025. – № 1 (31). – С. 5–13.

344. Трегубов В. Н., Морозов Э. В. Инновационные логистические технологии внутригородских транспортных перемещений в урбанистических системах // Инновационная деятельность. – 2016. – № 3 (38). – С. 43–51.

345. Трегубов В. Н., Морозов Э. В. Мультиагентное моделирование транспортного поведения пассажиров на основе институционального подхода // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 197–204.

346. Трегубов В. Н., Славнецкова Л. В. Моделирование инновационных процессов на городском транспорте с использованием методов системной динамики //

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 29–37.

347. Трегубов В. Н., Славнецкова Л. В. Перспективные направления и мегатренды развития логистических технологий в будущем // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2025. – Т. 25, № 2. – С. 164–172.

348. Трегубов В. Н., Славнецкова Л. В. Проблемы формирования устойчивой городской транспортной системы // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2019. – 4 (24). – С. 145–153.

349. Трегубов В. Н., Славнецкова Л. В., Кирясов А. С. Использование методов системной динамики для моделирования городских транспортных систем // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2023. – №4 (40). – С. 128–136.

350. Тюрин А. Ю. Городские распределительные центры в концепции городской логистики // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2014. – 1 (101). – С. 146–149.

351. Уильямсон О. Современная экономическая мысль = Modern economic thought: [пер. с англ.] / общ. ред. Афанасьева В.С. и Энтова Р.М. – М.: Прогресс, 1981. – 815 с. – (Экономическая мысль Запада. Для научных библиотек).

352. Ухова А. И., Окольнішнікова И. Ю., Келлер А. В. Маркетинговый обзор состояния глобального рынка интеллектуальной городской мобильности по итогам 2024 года // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 15, № 3 (156). – С. 86–96.

353. Факторы, влияющие на организацию мультимодальной пассажирской перевозки / Т. А. Малахова, О. Д. Покровская, А. С. Бессолицын [и др.] // Транспортное дело России. – 2023. – № 5. – С. 128–135.

354. Формирование и развитие транспортно-логистической системы промышленного предприятия / Н. Б. Куршакова, Г. Г. Левкин, А. Н. Ларин [и др.] // Основы экономики, управления и права. – 2023. – № 2 (37). – С. 105–114.

355. Форрестер Д. Основы кибернетики предприятия [Текст] : (Индустр. динамика) : Пер. с англ. / Общ. ред. и предисл. Д. М. Гвишиани. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.

356. Хайек Ф. А. Дорога к рабству ; [пер. с англ. М. Гнедовского]. – М.: Аст-

рель : Полиграфиздат, 2012. – 317 с.

357. Хайкин М. М., Плоткин Б. К., Бабкин А. В. Количественные методы обеспечения экономической безопасности в условиях цифровизации производственно-коммерческой деятельности // Цифровизация экономических систем: теория и практика. – СПб.: Политех-Пресс, 2020. – С. 634–651.

358. Храмцова Е. Р. К вопросу о диалектическом структурировании логистики // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 1. – С. 4–14.

359. Цариков А. А. Влияние пересадочной модели перевозки пассажиров городским транспортом на необходимое количество автобусов и эксплуатационные затраты // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2025. – № 4 (74). – С. 40–48.

360. Цариков А. А. Закономерности распределения мощности пассажиропотоков по участкам сети городского пассажирского транспорта // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2025. – № 2 (81). – С. 43–50.

361. Цариков А. А. Исследование пространственной неравномерности пассажиропотоков городского пассажирского транспорта // Транспортное машиностроение. – 2025. – № 3 (39). – С. 50–60.

362. Цариков А. А. Исследование улично-дорожной сети городов на предмет возможности выделения полос для движения пассажирского транспорта // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2025. – Т. 22, № 2 (102). – С. 266–280.

363. Цеха Т. Ю. Парадигма логистики нового города: от «последней мили» к устойчивой дистрибуции «последних 50 миль» // Научные горизонты. – 2019. – № 4 (20). – С. 130–136.

364. Чупина Ж. С. Основные подходы к созданию интеллектуальной системы управления высокотехнологичными проектами в современных экономических условиях развития Российской Федерации // Финансовый менеджмент. – 2024. – № 9. – С. 338–347.

365. Чурилова М. И. Формирование городских логистических систем обслуживания товародвижения // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 3. – С. 35–38.

366. Шабанов А. В. Методологические основы и модели формирования и управления региональных логистических систем общественного транспорта : специальность 08.00.05 : «Экономика и управление народным хозяйством» (логистика) : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук / Шабанов Алексей Викторович. – Ростовский гос. строительный ун-т. – Ростов н/Д, 2002. – 48 с.

367. Шайтура С. В., Кожаев Ю. П. Транспортные экосистемы // Славянский форум. – 2023. – № 2 (40). – С. 226–233.

368. Шваб К. Технологии Четвертой промышленной революции : [перевод с англ.] / Клаус Шваб, Николас Дэвис. – М.: Эксмо. – 2018. – 320 с.

369. Шерешева М. Ю., Оборин М. С., Дунаева С. О. Анализ производственно-транспортной инфраструктуры регионов в целях формирования транспортно-логистических сетей // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 3. – С. 63–79.

370. Шешера Н. Г., Пугачев И. Н., Григоров Д. Е. Исследование интенсивности транспортных потоков методами машинного обучения для интеллектуальных транспортных систем // Транспорт Российской Федерации. – 2025. – № 3 (118). – С. 31–36.

371. Шинкевич А. И., Аваков В. А. Особенности институциональной среды экономики замкнутого цикла // Бизнес. Образование. Право. – 2023. – № 3 (64). – С. 47–52.

372. Шинкевич А. И., Идрисов А. Э. Вопросы обеспечения технологического суверенитета России: аспекты цифровизации // Управление устойчивым развитием. – 2023. – № 3 (46). – С. 10–15.

373. Шинкевич А. И., Кудрявцева С. С., Лубнина А. А. Моделирование структурообразующих характеристик транспортно-логистических систем // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2025. – № 2 (78). – С. 85–91.

374. Шинкевич А. И., Лубнина А. А. Исследование тенденций использования искусственного интеллекта на уровне управления проектами промышленного развития // *π-Economy*. – 2025. – Т. 18, № 5. – С. 9–22.

375. Шульженко Т. Г., Жук А., Иванова Д. П. Логистика новой городской мобильности: ценностно ориентированный подход : монография. – М.: ООО

«Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2023. – 546 с.

376. Шульженко Т. Г., Савин Г. В. Концептуальное осмысление городской логистики в организации и функционировании мобильных транспортно-логистических систем в Индустрии 4.0 и 5.0 // *Russian Economic Bulletin*. – 2026. – Т. 9, № 1.

377. Шульженко Т. Г., Яковлева Д. О. Экономическое обоснование стратегий развития цифровой логистической инфраструктуры в цепях поставок // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. – 2022. – № 2 (134). – С. 85–93.

378. Шумпетер Й. Капитализм, Социализм и Демократия = Capitalism, Socialism and Democracy / пер. В. С. Автономова. – М.: Экономика, 1995. – 539 с.

379. Щербаков В. В. Цифровая логистика – ключ к трансформации кооперированных цепочек // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. – 2022. – № 6 (138). – С. 132–137.

380. Щербаков В. В., Силкина Г. Ю. Информационный инструментарий цифровой трансформации экономики и менеджмента // *Экономика и предпринимательство*. – 2017. – № 5–1. – С. 1090–1096.

381. Щербаков В. В., Силкина Г. Ю., Шевченко С. Ю. От бизнес-модели к бизнес-процессам: методология постановки менеджмента в цифровой среде // *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*. – 2021. – № 2. – С. 29–34.

382. Щербаков В. В., Силкина Г. Ю., Шевченко С. Ю. Управление трансформационными изменениями в обеспечении динамики цифровой зрелости логистики // *π-Economy*. – 2024. – Т. 17, № 5. – С. 132–145.

383. Щербаков В. В., Силкина Г. Ю., Шульженко Т. Г. Инновационная модель системы смарт-контрактинга: риски внедрения и масштабирования в транспортно-логистическом бизнесе // *РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция*. – 2021. – № 4. – С. 6–11.

384. Щербаков В. В., Шульженко Т. Г. Логистические приоритеты развития системы транспортной мобильности населения городской агломерации // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. – 2023. – 6–2 (144). – С. 114–122.

385. Щербакова Л. Н., Евдокимова Е. К., Савинцева С. А. «Человек инфор-

мационный» как новый субъект цифровой экономики // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 11. – С. 202.

386. Эволюция транспортной логистики и экономики с античных времен до наших дней / С. П. Вакуленко, П. В. Куренков, А. П. Иванов [и др.] // Экономика железных дорог. – 2024. – № 11. – С. 64–80.

387. Экономика технологических изменений : монография / Е. Н. Горлачева, А. В. Гутенев, Е. А. Капогузов [и др.]. – М.: ООО «Первое экономическое издательство», 2025. – 270 с.

388. Эльдарханов Х.-М. Ю., Абубакаров М. В. Кризис городского транспортного производства: научные проблемы и актуальные решения : монография. – Махачкала: Типография «Алеф», 2021. – 96 с.

389. Эльдарханов Х.-М. Ю., Абубакаров М. В., Эльдарханов Э.-Х. М. Дорожные ресурсы городского транспортного производства : монография. – Махачкала: Типография «Алеф», 2021. – 96 с.

390. Юрах Н. С. Зеленая логистика на предприятии как фактор повышения его конкурентоспособности // Форум молодых ученых. – 2018. – № 10. – С. 1373–1376.

391. Якобчук Т. В. Сити-логистика как способ управления товаропотоками современного города // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2010. – № 1 (12). – С. 58–63.

392. Ялунина Е. Н. Тенденции и проблемы логистического управления в Российской Федерации // Экономика и предпринимательство. – 2021. – Т. 2, № 127. – С. 986–989.

393. A blockchain-based evaluation approach for customer delivery satisfaction in sustainable urban logistics / Z. Li, Y. Rong, Z. Tian, [et al.] // International journal of production research. 2020. Vol. 59. P. 2229–2249.

394. A congested capacitated multi-level fuzzy facility location problem: an efficient drone delivery system / M. Shavarani, S. Mosallaeipour, M. Golabi, [et al.] // Computers & Operations research. 2019. Vol. 108. P. 57–68.

395. A framework of blockchain-based secure and privacy-preserving E-government system / N. Elisa, L. Yang, F. Chao, [et al.] // Wireless networks. 2018. Vol. 16, no 29.

396. A review of last mile logistics innovations in an externalities cost reduction

vision / L. Ranieri, S. Digiesi, B. Silvestri, [et al.] // Sustainability. 2018. Vol. 10, no 3. P. 782.

397. A review of smart cities based on the internet of things concept / S. Talari, M. Shafie-khah, P. Siano, [et al.] // Energies. 2017. Vol. 10. P. 1–23.

398. A scientometrics review on city logistics literature: research trends, advanced theory and practice / W. Hu, J. Dong, B.-G. Hwang, [et al.] // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 2724.

399. A secure data sharing platform using blockchain and interplanetary file system / M. Naz, F. A. Al-zahrani, R. Khalid, [et al.] // Sustainability. 2019. Vol. 11, no 24. P. 7054.

400. A service-oriented approach to crowdsensing for accessible smart mobility scenarios / S. Mirri, C. Prandi, P. Salomoni, [et al.] // Mobile information systems. 2016. Vol. 2016. P. 1–14.

401. A sustainable crowdsourced delivery system to foster free-floating bike-sharing / M. Binetti, L. Caggiani, R. Camporeale, [et al.] // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 1–24.

402. A system dynamic approach for the smart mobility of people: implications in the age of big data / P. Del Vecchio, G. Secundo, Y. Maruccia, [et al.] // Technological forecasting and social change. 2019. Vol. 149. P. 119771.

403. A systematic literature review of green and sustainable logistics: bibliometric analysis, research trend and knowledge taxonomy / R. Ren, W. Hu, J. Dong, [et al.] // International journal of environmental research and public health. 2019. Vol. 17. P. 1–25.

404. Adapting the sustainable development goals and the new urban agenda to the city level: initial reflections from a comparative research project / S. C. Valencia, D. Simon, S. Croese, [et al.] // International journal of urban sustainable development. 2019. Vol. 11, no 1. P. 4–23.

405. Aeschbacher P. Resilient city: landscape architecture for climate change // Technology|architecture + design. 2024. Vol. 8, no 1. P. 167–168.

406. Afanasenko I. D., Borisova V. V. Artificial intelligence in digital type logistics systems // Advances in research on Russian business and management. 2021. P. 233–240.

407. Aguado-Moralejo I., Barrutia J. M., Echebarria C. The smart city journey:

a systematic review and future research agenda. *Innovation // The european journal of social science research*. 2020. Vol. 30. P. 1–43.

408. Albino V., Berardi U., Dangelico R. M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives // *Journal of urban technology*. 2015. Vol. 22, no 1. P. 3–21.

409. Aleta N. B., Alonso C. M., Ruiz R. M. A. Smart mobility and smart environment in the Spanish cities // *Transportation research procedia*. 2020. Vol. 24. P. 163–170.

410. Alidoust S. Sustained liveable cities: the interface of liveability and resiliency // *Cities & Health*. 2023. Vol. 8, no 6. P. 1108–1119.

411. Aljohani K., Thompson R. G. Impacts of logistics sprawl on the urban environment and logistics: taxonomy and review of literature // *Journal of transport geography*. 2016. Vol. 57. P. 255–263.

412. Amoretti M., Belli L., Zanichelli F. UTravel: smart mobility with a novel user profiling and recommendation approach // *Pervasive and mobile computing*. 2017. Vol. 38. P. 474–489.

413. Anda C., Erath A., Fourie P. J. Transport modelling in the age of big data // *International journal of urban sciences*. 2017. Vol. 21, no sup1. P. 19–42.

414. Angelidou M. The Role of Smart City Characteristics in the Plans of Fifteen Cities // *Journal of Urban Technology*. 2017. Vol. 24, no 4. P. 3–28.

415. Assessing mobility-based real-time air pollution exposure in space and time using smart sensors and GPS trajectories in Beijing / J. Ma, Y. Tao, M.-P. Kwan, [et al.] // *Annals of the American association of geographers*. 2019. Vol. 110, no 2. P. 1–15.

416. Autonomous vehicles opportunities for cities air quality / S. Rafael, L. P. Correia, D. Lopes, [et al.] // *Science of the total environment*. 2020. Vol. 712. P. 136546.

417. Bagaeen S. Green cities: urban growth and the environment by M.E. Kahn // *Journal of urban design*. 2009. Vol. 14, no 4. P. 565–567.

418. Barbosa L. M. Resilience aspirations, precarious futures: gender invisibility, racialised risk, and forced displacements in the city of Rio de Janeiro, Brazil // *Gender & Development*. 2024. Vol. 32, no 3. P. 641–661.

419. Bartzokas-Tsiompras A., Bakogiannis E. Quantifying and visualizing the 15-minute walkable city concept across Europe: a multicriteria approach // *Journal of maps*. 2023. Vol. 19, no 1. P. 2141143.

420. Batty M. The age of the smart city. 2017.
421. Behrendt F. Mobility and data: cycling the utopian internet of things // *Mobilities*. 2020. Vol. 15, no 1. P. 81–105.
422. Behrendt F., Sheller M. Mobility data justice // *Mobilities*. 2023. Vol. 19, no 1. P. 151–169.
423. Ben-Zadok E. The sustainable city // *Journal of urban affairs*. 2019. Vol. 41, no 3. P. 419–421.
424. Benner M. Smart specialization and institutional context: the role of institutional discovery, change and leapfrogging // *European planning studies*. 2019. Vol. 27, no 9. P. 1791–1810.
425. Bertalanffy L. General system theory – A critical review // *General systems*. 2010. Vol. 7. P. 1–20.
426. Binder J., Matern A. Mobility and social exclusion in peripheral regions // *European planning studies*. 2019. P. 1–19.
427. Blagin V. A., Karkh D. A., Kolotnina E. V. Factors forming transport-communication infrastructure of the region: russian theory and practice // *Journal of environmental management and tourism*. 2017. Vol. 8, no 3. P. 657–665.
428. Blockchain for intelligent transport system / A. Balasubramaniam, Jami, V. G. Menon, [et al.] // *IETE Technical review*. 2020. Vol. 38. P. 438–449.
429. Bonnefon J. F., Shariff A., Rahwan I. The social dilemma of autonomous vehicles // *Science*. 2016. Vol. 352. P. 1573–1576.
430. Borisova V. V., Tasueva T. S., Rakhimova B. K. State support for digital logistics. Cham, 2020. P. 631–638.
431. Bowersox D. J., Closs D. J. *Logistical management: The integrated supply chain process*. McGraw-Hill book company, 1996. 730 p.
432. Bozarth C. C., Handfield R. B. *Introduction to operations and supply chain management*. 2nd ed. Pearson education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 2008. 600 p.
433. Breux S., Diaz J., Loiseau H. The smart city – Does the individual matter? // *Journal of urban technology*. 2023. Vol. 30. P. 33–49.
434. Bubbles of trust: a decentralized blockchain based authentication system for IoT / M. T. Hammi, B. Hammi, P. Bellot, [et al.] // *Computers & Security*. 2018. no 78. P. 126–142.

435. Bucchiarone A. Collective adaptation through multi-agents ensembles: the case of smart urban mobility // *ACM Transactions on autonomous and adaptive systems*. 2019. Vol. 14. P. 1–28.
436. Building the city through culture: Puebla's cultural urban assemblage (1987-2017) / E. Ismael-Simental, A. Kurjenoja, A. L. Cuenca, [et al.] // *Social & Cultural geography*. 2022. Vol. 23, no 1. P. 101–119.
437. Burt D. N., Petcavage S. D., Pinkerton R. L. *Supply Management*. 8th ed. McGraw-Hill/ Irwin, 2010. 622 p.
438. Caird S. P., Hallett S. H. Towards evaluation design for smart city development // *Journal of urban design*. 2019. Vol. 24, no 2. P. 188–209.
439. Camară G. Ecocity, knowledge city, smart city. Vers une ville écosoutenable? [Ecocity, knowledge city, smart city. Towards an eco-sustainable city?] // *Urban geography*. 2021. Vol. 42, no 2. P. 242–243.
440. Cao M., Zhang Q. *Supply chain collaboration: roles of interorganizational systems, trust, and collaborative culture*. Springer-Verlag, London, 2013. 202 p.
441. Caragliu A., Bo C. F. D., Nijkamp P. «Smart cities in Europe» revisited: a meta-analysis of smart city economic impacts // *Journal of urban technology*. 2023. Vol. 30, no 4. P. 51–69.
442. Case analysis and design logic framework of eco-environment-oriented development (EOD) in China / L. Li, L. Luo, Y. Qu, [et al.] // *Journal of Asian architecture and building engineering*. 2025. P. 1–14.
443. Ceder A. Urban mobility and public transport: future perspectives and review // *International journal of urban sciences*. 2021. Vol. 25, no 4. P. 455–479.
444. Chaudhuri A., Kahyaoglu S. B. Cybersecurity assurance in smart cities: a risk management perspective // *EDPACS*. 2023. Vol. 67, no 4. P. 1–22.
445. Chianese A., Piccialli F., Valente I. Smart environments and Cultural Heritage: a novel approach to create intelligent cultural spaces // *Journal of location based services*. 2015. Vol. 9, no 3. P. 209–234.
446. Cinar D., Gakis K., Pardalos P. M. *Sustainable logistics and transportation: optimization models and algorithms*. Springer international publishing AG, 2017. 267 p.
447. *City logistics* / E. Taniguchi, R. G. Thompson, T. Yamada, [et al.]. Elsevier science Ltd., 2001. 261 p.

448. Cook M. Inside smart cities: place, politics and urban environment // Local environment. 2019. Vol. 24, no 6. P. 554–555.

449. Cortés-Murcia D., Prodhon C., Afsar H. The electric vehicle routing problem with time windows, partial recharges and satellite customers // Transportation research Part E: Logistics and transportation review. 2019. Vol. 130. P. 184–206.

450. Dai Q., Jia H., Liu Y. Private vehicle-based crowdshipping for intercity express transportation: feasibility assessment // International journal of distributed sensor networks. 2020. Vol. 16. P. 155014772090820.

451. Darwin C. The origin of species by means of natural selection, or The preservation of favored races in the struggle for life. 6. ed., with add. a corr. London : Murray, 1872. 458 p.

452. Das D. K. Exploring an ICT-enabled participative smart city governance system: an Indian context // International journal of urban sustainable development. 2024. Vol. 16, no 1. P. 440–458.

453. Devari A., Nikolaev A. G., He Q. Crowdsourcing the last mile delivery of online orders by exploiting the social networks of retail store customers // Transportation research Part E: Logistics and transportation review. 2017. Vol. 105. P. 105–122.

454. Development of sustainable logistics performance model using system dynamics in urban logistics service companies in Indonesia / T. Y. M. Zagloel, M. T. Siregar, A. Hidayatno, [et al.] // Cogent business & Management. 2024. Vol. 11, no 1. P. 2286684.

455. Digital infrastructures and urban governance / S. Barns, E. Cosgrave, M. Acuto, [et al.] // Urban policy and research. 2017. Vol. 35, no 1. P. 20–31.

456. Digital transformation of city ecosystems: platforms shaping engagement and externalities across vertical markets / A. Collado, C. Kakderi, N. Komninos, [et al.] // Journal of urban technology. 2021. Vol. 28, no 1–2. P. 93–114.

457. Digital twin-based adaptive opti-state control approach for production-logistics synchronisation system / Y. Zhang, T. Qu, Z. Hong, [et al.] // International journal of production research. 2025. Vol. 63, no 24. P. 10208–10240.

458. Drone-aided routing: a literature review / G. Macrina, L. Di Puglia Pugliese, F. Guerriero, [et al.] // Transportation research Part C: Emerging technologies. 2020. Vol. 120. P. 102762.

459. Drones for supply chain management and logistics: a review and research

agenda / A. Rejeb, K. Rejeb, S. J. Simske, [et al.] // International journal of logistics research and applications. 2023. Vol. 26, no 6. P. 708–731.

460. E-FRAME. Extend FRAME work architecture for cooperative systems. D15 – FRAME Architecture – Part 1, version V1.0.

461. Eco-city projects: incorporating sustainability requirements during pre-project planning / F. Mneimneh, I. Srour, I. Kaysi, [et al.] // Journal of urban technology. 2017. Vol. 24, no 1. P. 47–74.

462. Edvardsson I. R., Yigitcanlar T., Pancholi S. Knowledge city research and practice under the microscope: a review of empirical findings // Knowledge management research & Practice. 2016. Vol. 14, no 4. P. 537–564.

463. Ehrenfeucht R. The equitably resilient city: solidarities and struggles in the face of climate crisis // Journal of the American planning association. 2026. Vol. 92, no 1. P. 150–151.

464. Electric vehicle mobility-as-a-service: exploring the «Tri-Opt» of novel private transport business models / P. Cooper, T. Tryfonas, T. Crick, [et al.] // Journal of urban technology. 2019. Vol. 26, no 1. P. 35–56.

465. Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: a sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil / R. Bandeira, G. Goes, D. Schmitz, [et al.] // Transportation research Part D: Transport and environment. 2019. Vol. 67. P. 491–502.

466. Enabling technologies for urban smart mobility: recent trends, opportunities and challenges / S. Paiva, M. Ahad, G. Tripathi, [et al.] // Sensors. 2021. Vol. 21. P. 2143.

467. Endo T. Adaptive governance and evolution of a groundwater-based resilient city: a case study of Kure City, Japan // Water international. 2024. Vol. 49, no 8. P. 956–975.

468. Estevez E. Smart sustainable cities – reconnaissance study. 2016.

469. Ethical issues in focus by the autonomous vehicles industry / A. Martinho, N. Herber, M. Kroesen, [et al.] // Transport reviews. 2021. P. 1–22.

470. Evaluation of public transport: regional policies and planning practices in Sweden / E. Johansson, L. Winslott-Hiselius, T. Koglin, [et al.] // Urban, planning and transport research. 2017. Vol. 5. P. 59–77.

471. Evaluation of sustainability and technological management for logistics 4.0 /

Y.-C. Tsao, F. A. S. Barus, T.-L. Vu, [et al.] // International journal of logistics research and applications. 2025. Vol. 28, no 12. P. 1807–1827.

472. Exploring conditions for economic sustainability of city hubs adoption in urban logistics – a system dynamics approach / C. Andruetto, G. Zenezini, H. Gillström, [et al.] // International journal of sustainable transportation. 2025. P. 1–22.

473. Factors influencing organisational efficiency in a smart-logistics ecological chain under e-commerce platform leadership / W. Liu, D. Wang, S. Wei, [et al.] // International journal of logistics research and applications. 2020. Vol. 24. P. 1–28.

474. Farahani R. Z., Rezapour S., Kardar L. Logistics operations and management: concepts and models. Elsevier Inc., 2011. 475 p.

475. Fatorachian H., Kazemi H. Leveraging technology and sustainability practices for smart mobility and green logistics: a dual-theoretical approach to adoption dynamics // International journal of sustainable engineering. 2025. Vol. 18, no 1. P. 2531890.

476. Ferrara G. Smart city: a geographical perspective // Romanian review on political geography. Revista româna geografie politica. 2016. Vol. 8, no 2. P. 43–48.

477. Finewood M. H., Matsler A. M., Zivkovich J. Green infrastructure and the hidden politics of urban stormwater governance in a postindustrial city // Annals of the American association of geographers. 2019. Vol. 109, no 3. P. 909–925.

478. Flynn A., Valverde M. Planning on the waterfront: setting the agenda for Toronto's «smart city» project // Planning theory & Practice. 2019. Vol. 20, no 5. P. 769–775.

479. Frankenstein urbanism: eco, smart and autonomous cities, artificial intelligence and the end of the city / B. Saputra, A. L. Pegi, G. F. Ananda, [et al.] // European planning studies. 2025. Vol. 33, no 2. P. 303–305.

480. Freemark Y., Hudson A., Zhao J. Are cities prepared for autonomous vehicles? // Journal of the American planning association. 2019. Vol. 85, no 2. P. 133–151.

481. From digital to sustainable: a scientometric review of smart city literature between 1990 and 2019 / C. Zheng, J. Yuan, L. Zhu, [et al.] // Journal of cleaner production. 2020. Vol. 258. P. 120689.

482. Fryszman F., Carstens D. D. D. S., Da Cunha S. K. Smart mobility transition: a socio-technical analysis in the city of Curitiba // International journal of urban sustain-

able development. 2019. Vol. 11, no 2. P. 141–153.

483. Fu Y., Zhu J. Trusted data infrastructure for smart cities: a blockchain perspective // Building research & Information. 2020. Vol. 49. P. 1–17.

484. Gäckle N. Taming future mobilities: biopolitics and data behaviourism in the european travel information and authorisation system (ETIAS) // Mobilities. 2019. Vol. 15, no 2. P. 257–272.

485. Garg V., Verma P., Das D. Next-generation logistics management: incorporating Industry 5.0 aspects in logistics outsourcing // International journal of logistics research and applications. 2025. P. 1–25.

486. Gasser L., Gall F. L., Abily M. Water efficiency in smart cities: optimising irrigation for public green spaces // LHB. 2024. Vol. 110, no 1. P. 2294076.

487. Gatta V., Nigro M., Serafini S. Sustainable urban freight transport adopting public transport-based crowdshipping for B2C deliveries // European transport research review. 2019. Vol. 11, no 13.

488. George B., Paul J., Shahriar S. Digital transformation in business and society: theory and cases / George B., Paul J., Shahriar S., ed. B. George and J. Paul. Switzerland, Palgrave Macmillan, 2020. 300 p.

489. Gessa A., Sancha P. Environmental open data in urban platforms: an approach to the big data life cycle // Journal of urban technology. 2020. Vol. 27, no 1. P. 27–45.

490. Ghorbany S., Hu M. Urban embodied carbon assessment: methodology and insights from analyzing over a million buildings in Chicago // Carbon management. 2024. Vol. 15, no 1. P. 2382993.

491. Gibson D. V., Kozmetsky G., Smilor R. W. The technopolis phenomenon: smart cities, fast systems, global networks. Lanham, MD: Rowman & Littlefield publishers, 1992. 216 p.

492. Gohar M., Muzammal M., Rahman A. U. SMART TSS: defining transportation system behavior using big data analytics in smart cities // Sustainable cities and society. 2018. Vol. 41. P. 114–119.

493. Goumiri S., Yahiaoui S., Djahel S. Smart mobility in smart cities: emerging challenges, recent advances and future directions // Journal of intelligent transportation systems. 2023. Vol. 29, no 1. P. 81–117.

494. Governing sustainable smart cities supported by city information modelling:

a bibliometric analysis and systematic review / L. Wang, J. Li, W. Cen, [et al.] // Journal of Asian architecture and building engineering. 2025. Vol. 24, no 5. P. 4433–4451.

495. Green logistics development decision-making: factor identification and hierarchical framework construction / M. Zhang, M. Sun, D. Bi, [et al.] // IEEE Access. 2020. Vol. 50. P. 1198–1205.

496. Gregor S., Lee-Archer B. The digital nudge in social security // Administration. International social security review. 2016. Vol. 69, no 3–4. P. 63–83.

497. Griffin G. P., Jiao J. Crowdsourcing Bike Share Station Locations // Journal of the American Planning Association. 2019. Vol. 85, no 1. P. 35–48.

498. Grigoryev M. N., Polezhayeva O. D., Uvarov S. A. Digital technologies as a logistics and supply chain management tool in economy // Opcion. 2019. Vol. 35, no 23. P. 1188–1202.

499. Grossi G., Pianezzi D. Smart cities: Utopia or neoliberal ideology? // Cities. 2017. Vol. 69. P. 79–85.

500. Groth S. Multimodal divide: Reproduction of transport poverty in smart mobility trends // Transportation research Part A: Policy and practice. 2019. Vol. 125. P. 56–71.

501. Hajduk S. The concept of a smart city in urban management // Business, Management and Education. 2016. Vol. 14, no 1. P. 34–49.

502. Hamraie A. Modeling the livable city: urban ableism across borders // The professional geographer. 2025. Vol. 77, no 6. P. 743–749.

503. Heurkens E., Daamen T., Heijer A. den. City tour delft: the making of a knowledge city // disP – The planning review. 2015. Vol. 51, no 2. P. 6–15.

504. Höffken J. I., Limmer A. Smart and eco-cities in India and China // Local environment. 2019. Vol. 24, no 7. P. 646–661.

505. How accurate is the regional travel demand model in mimicking real-world travel times? / S. S. Pulugurtha, S. V. Duvvuri, R. N. Jain, [et al.] // Urban, planning and transport research. 2019. Vol. 7, no 1. P. 53–73.

506. How to overcome the dichotomous nature of smart city research: proposed methodology and results of a pilot study / L. Mora, M. Deakin, A. Reid, [et al.] // Journal of urban technology. 2019. Vol. 26, no 2. P. 89–128.

507. How will smart city production systems transform supply chain design: a product-level investigation / G. Graham, P. Hennelly, M. Kumar, [et al.] // International

journal of production research. 2017. Vol. 54, no 23. P. 7181–7192.

508. Hsu L.-F. State's role in shaping the smart city industry development // International journal of urban sciences. 2025. Vol. 29, no sup1. P. 37–65.

509. Hurwicz L., Reiter S. Designing economic mechanisms. Cambridge university Press, 2006. 356 p.

510. Identifying the barriers and enablers of blockchain adoption in Saudi Arabian last-mile logistics using principal component analysis / A. Mohammed, N. T. Khan, Omar Alkerishan, [et al.] // Technology analysis & Strategic management. 2025. Vol. 37, no 13. P. 4283–4299.

511. Imitation and analytical approaches to assessment of condition and modeling of city transport system nodes / E. A. Mamaev, N. A. Kovaleva, A. I. Khashev, [et al.] // IOP conference series: materials science and engineering. International scientific conference interstroyemeh. Institute of physics publishing, 2020. P. 012086.

512. In support of sustainable densification in urban planning: a proposed framework for utilising CCTV for propagation of human energy from movement within urban spaces / E. Jonescu, T. Mercea, K. Do, [et al.] // Urban, planning and transport research. 2020. Vol. 8, no 1. P. 24–43.

513. Industry 4.0 readiness: the impact of digital transformation on supply chain performance / E. V. Dudukalov, M. V. Perova, I. V. Terenina, [et al.] // E3S Web of conferences. 22nd International scientific conference on energy management of municipal facilities and sustainable energy technologies, EMMFT 2020. 2021. P. 08020.

514. Introducing the «15-Minute City»: sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities / C. Moreno, Z. Allam, D. Chabaud, [et al.] // Smart cities. 2021. Vol. 4. P. 93–111.

515. Irfandi J., Dewi A. T. Designing healthy and liveable cities // Cities & Health. 2025. Vol. 9, no 3. P. 435–436.

516. Jameson S., Richter C., Taylor L. People's strategies for perceived surveillance in Amsterdam smart city // Urban geography. 2019. Vol. 40, no 10. P. 1467–1484.

517. Jin S. T., Kong H., Sui D. Z. Uber, public transit, and urban transportation equity: a case study in New York City // The professional geographer. 2019. Vol. 71, no 2. P. 315–330.

518. Kashiwagi H. The information city as management apparatus // Japan forum.

2011. Vol. 23, no 2. P. 263–271.

519. Katochkov V., Savin G. Institutional and evolutionary aspects of modern interactions in transport and logistics systems // AIP conference proceedings. 2021. Vol. 2389, no 050010.

520. Katochkov V., Savin G., Grishina V. A new methodological approach to achieving adaptive coordination in the transport and logistics system of a smart city // IV international scientific and practical conference «Sustainable development and green growth on the innovation management platform» (SDGG). 2021. no 01009.

521. Kaur M., Maheshwari P. Building smart cities applications using IoT and cloud-based architectures // International conference on industrial informatics and computer systems (CIICS). 2016. P. 1–5.

522. Khabibullina E., Sysoev A. Forming production rules in intelligent transportation system to control traffic flow // Open semantic technologies for designing intelligent systems. 2020. no 4. P. 317–322.

523. Kim M., Gwak I., Koh J. The strategies of advanced local spatial data infrastructure for Seoul metropolitan government // International journal of urban sciences. 2019. Vol. 23, no 3. P. 352–368.

524. Kitchin R., Dodge M. The (in)security of smart cities: vulnerabilities, risks, mitigation, and prevention // Journal of urban technology. 2019. Vol. 26, no 2. P. 47–65.

525. Knowledge structures of city Innovation systems: Singapore and Hong Kong / C.-Y. Wong, B.-K. Ng, S. A. Azizan, [et al.] // Journal of urban technology. 2018. Vol. 25, no 1. P. 47–73.

526. Al-Kodmany K. The sustainable city: practical planning and design approaches // Journal of urban technology. 2018. Vol. 25, no 4. P. 95–100.

527. Komninos N. The Age of Intelligent cities: Environments and Innovation-for-all Strategies. London; New York: Routledge, 2014. 278 p.

528. Kroll H. Eye to eye with the innovation paradox: why smart specialization is no simple solution to policy design // European planning studies. 2019. Vol. 27, no 5. P. 932–951.

529. Kronsell A., Mukhtar-Landgren D. Experimental governance of smart mobility: some normative implications. 2020. P. 119–135.

530. Lagorio A., Pinto R., Golini R. Urban logistics ecosystem: a system of system

framework for stakeholders in urban freight transport projects // IFAC–PapersOnLine. 2017. Vol. 50. P. 7284–7289.

531. Land for infrastructure in Ho Chi Minh City: land-based financing of transportation improvement / T. B. Nguyen, E. Krabben, C. Musil, [et al.] // International planning studies. 2018. Vol. 23, no 3. P. 310–326.

532. Li Z., Meng H. Effects of digital transformation of logistics on urban innovation in China: a spatial econometric analysis // Applied economics. 2025. Vol. 57, no 51. P. 8450–8470.

533. Lim S. F. W. T., Jin X., Srai J. S. Consumer-driven e-commerce: a literature review, design framework, and research agenda on last-mile logistics models // International journal of physical distribution & logistics management. 2018. Vol. 48, no 3. P. 308–332.

534. Lin K.-Y. Generative artificial intelligence–driven sustainable supply chain management: a UNISONE framework for smart logistics and predictive analytics under Industry 5.0 // International journal of logistics research and applications. 2025. P. 1–32.

535. Liu Z., Ma J., Chai Y. Neighborhood-scale urban form, travel behavior, and CO2 emissions in Beijing: implications for low-carbon urban planning // Urban geography. 2017. Vol. 38, no 3. P. 381–400.

536. Longo A., Zappatore M., Navathe S. B. The unified chart of mobility services: towards a systemic approach to analyze service quality in smart mobility ecosystem // Journal of parallel and distributed computing. 2019. Vol. 127. P. 118–133.

537. Lopez D., Farooq B. A multi-layered blockchain framework for smart mobility data-markets // Transportation research part C: Emerging technologies. 2020. Vol. 111. P. 588–615.

538. Loukaitou-Sideris A., Wachs M., Pinski M. Toward a richer picture of the mobility needs of older americans // Journal of the American planning association. 2019. Vol. 85, no 4. P. 482–500.

539. Low-carbon urban experiments from vision to reality: a systematic review of the literature from 2005 to 2020 / H. Lu, Y. Fu, C. Xia, [et al.] // Climate policy. 2023. Vol. 23, no 8. P. 1058–1077.

540. Lynch C. R., Del Casino Jr. V. J. Smart spaces, information processing, and

the question of intelligence // *Annals of the American association of geographers*. 2019. Vol. 110, no 2. P. 382–390.

541. MaaS bundle design and implementation: lessons from the Sydney MaaS trial / C. Ho, D. Hensher, D. Reck, [et al.] // *Transportation research Part A: policy and practice*. 2021. Vol. 149. P. 339–376.

542. Matern A., Binder J., Noack A. Smart regions: insights from hybridization and peripheralization research // *European planning studies*. 2019. Vol. 28, no 10. P. 2060–2077.

543. Montresor S., Quatraro F. Green technologies and smart specialisation strategies: a european patent-based analysis of the intertwining of technological relatedness and key enabling technologies // *Regional studies*. 2019. Vol. № 54 (10). P. 1354–1365.

544. Moore S. Testing a mature hypothesis: reflection on «green cities, growing cities, just cities: urban planning and the contradiction of sustainable development» // *Journal of the American planning association*. 2016. Vol. 82, no 4. P. 385–388.

545. Mourad A., Puchinger J., Van Woensel T. Integrating autonomous delivery service into a passenger transportation system // *International journal of production research*. 2021. Vol. 59, no 7. P. 2116–2139.

546. Mukhtar N. A., Mustaffa N. K., Shahrudin N. S. N. Sustainable, smart, and resilient city development: a systematic review // *Sustainable and resilient infrastructure*. 2025. P. 1–26.

547. Mukhtar-Landgren D., Paulsson A. Governing smart mobility: policy instrumentation, technological utopianism, and the administrative quest for knowledge // *Administrative theory & Praxis*. 2020. Vol. 43. P. 1–19.

548. Mullins P. D., Shwayri S. T. Green cities and «IT839»: a new paradigm for economic growth in South Korea // *Journal of urban technology*. 2016. Vol. 23, no 2. P. 47–64.

549. Myerson R. B. Probability models for economic decisions. Thomson/ Brooke/ Cole, 2005. 397 p. (Duxbury applied series).

550. Nam T., Pardo T. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions // *Proceedings of the 12th annual international conference on digital government research*. 2011. P. 282–291.

551. National Intelligent Transportation System (ITS) Architecture. Executive

Summary. Research and Innovation Technology Administration (RITA). US Department of Transportation. Washington D.C., May 2007.

552. Neghabadi D. P., Samuel K. E., Espinouse M.-L. Systematic literature review on city logistics: overview, classification and analysis // *International journal of production research*. 2019. Vol. 57. P. 865–887.

553. Nguyen T. M. P., Davidson K. Contesting green technology in the city: techno-apartheid or equitable modernisation? // *International planning studies*. 2017. Vol. 22, no 4. P. 400–414.

554. Nikitaeva A. Y., Chernova O. A., Molapisi L. Smart territories as a driver for the transition to sustainable regional development and green economy // *R-Economy*. 2022. Vol. 8, no 2. P. 120–134.

555. Ojo A., Dzhusupova Z., Curry E. Exploring the nature of the smart cities research landscape // *Smarter as the new urban agenda: a comprehensive view of the 21st century city* / ed. by J. R. Gil-Garcia, T. A. Pardo, T. Nam. Cham : Springer International Publishing, 2016. P. 23–47.

556. Olsson J., Hellström D., Pålsson H. Framework of last mile logistics research: a systematic review of the literature // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. P. 7131.

557. Optimization of load flows in urban hybrid networks / T. Kaufman, D. Bothe, W. Gawlik, [et al.] // *Smart and sustainable planning for cities and regions*. 2015. P. 3–13.

558. Pahwa D., Starly B. Dynamic matching with deep reinforcement learning for a two-sided manufacturing-as-a-service (MaaS) marketplace // *Manufacturing letters*. 2021. Vol. 29. P. 11–14.

559. Palmer J. Housing sustainability in low carbon cities // *Urban policy and research*. 2019. Vol. 37, no 1. P. 126–129.

560. Papanikolaou D. To share or not? A critical view on personal mobility // *Architecture and culture*. 2019. P. 1–19.

561. Paschoal B., Wegrich K. Urban governance innovations in Rio de Janeiro: the political management of digital innovations // *Journal of urban affairs*. 2019. Vol. 41, no 1. P. 117–134.

562. Perboli G., Rosano M. Parcel delivery in urban areas: opportunities and threats for the mix of traditional and green business models // *Transportation research Part C: emerging technologies*. 2019. Vol. 99. P. 19–36.

563. Phuttharak J., Loke S. Exploring incentive mechanisms for mobile crowdsourcing: sense of safety in a Thai city // *International journal of urban sciences*. 2019. Vol. 24, no 1. P. 13–34.

564. Planning with stakeholders: analysing alternative off-hour delivery solutions via an interactive multi-criteria approach / V. Gatta, P. Delle Site, M. Le Pira, [et al.] // *Research in transportation economics*. 2019. Vol. 73. P. 53–62.

565. Poorthuis A., Zook M. Being smarter about space: drawing lessons from spatial science // *Annals of the American association of geographers*. 2019. Vol. 110, no 2. P. 349–359.

566. Popov E., Kortov S., Semyachkov K. Proceedings of the European conference on intellectual capital // *Intellectual capital of smart cities as objects for institutional modeling*. 2019. P. 210–217.

567. Porter M. E. *Wettbewerb und strategie*. Munchen: Econ, 1999. 207 p.

568. Potential last-mile impacts of crowdshipping services: a simulation-based evaluation / M. D. Simoni, E. Marcucci, V. Gatta, [et al.] // *Transportation*. 2020. Vol. 47, no 4. P. 1933–1954.

569. Proof-of-event recording system for autonomous vehicles: a blockchain-based solution / H. Guo, W. Li, M. Nejad, [et al.] // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 182776–182786.

570. Protasova L., Zueva O. Sustainable functioning of the passenger transport logistics system // *E3S Web of conferences*. 2021. Vol. 291, no 1010. P. 1–5.

571. Resilient urban environments: planning for livable cities / S. A. Muhammadan, M. Mulyadi, R. F. Nasution, [et al.] // *European planning studies*. 2025. Vol. 33, no 10. P. 1887–1889.

572. Rezende D. A., Procopiuck M., Carvalho Figueiredo F. de. Public policy and a strategic digital city project: a case study of the Brazilian municipality of Vinhedo // *Journal of urban technology*. 2015. Vol. 22, no 2. P. 63–83.

573. Riandita A., Broström A., Cagliano R. Partnering with green start-ups: a vehicle for eco-innovation? // *Industry and innovation*. 2025. Vol. 32, no 1. P. 24–52.

574. Ribalaygua C., Perez-Del-Caño S. Assessing spatial planning strategy in high-speed rail station areas in Spain (1992-2018): towards a sustainable model // *European planning studies*. 2019. Vol. 27, no 3. P. 595–617.

575. Riggs W. Kellerman: automated and autonomous spatial mobilities // *Journal*

of the American planning association. 2019. Vol. 85, no 4. P. 595–595.

576. Rimmer P., Kam B. Consumer logistics: surfing the digital wave. Peter J. Rimmer, Booi Hon Kam, 2018. 192 p.

577. Robotics in finnish welfare services: dynamics in an emerging innovation ecosystem / S. Pekkarinen, O. Tuisku, L. Hennala, [et al.] // European planning studies. 2019. Vol. 28, no 8. P. 1513–1533.

578. Robyn D., Sophia M. Familial mobilities beyond the private car: electric bikes and car sharing in Sydney, Australia // Applied mobilities. 2020. Vol. 5, no 1. P. 53–67.

579. Rodrigues N., Vale M., Costa P. Urban experimentation and smart cities: a foucauldian and autonomist approach // Territory, politics, governance. 2020. Vol. 10, no 4. P. 549–567.

580. Rogers D. Twin tracks: the drive to create a smart digital model of the UK // Construction research and innovation. 2019. Vol. 10, no 2. P. 49–52.

581. Ruhlandt R. The governance of smart cities: a systematic literature review // Cities. 2018. Vol. 81. P. 1–23.

582. Rześny Cieplińska J., Szmelter-Jarosz A. Priorities of urban transport system stakeholders according to crowd logistics solutions in city areas. A sustainability perspective // Sustainability. 2020. Vol. 12, no 1. P. 317.

583. Savin G. Assessment and development problems of smart city transport and logistics system // Advances in Economics, Business and Management Research. 2nd International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE). 2020. Vol. 156. P. 356–363.

584. Savin G. Development of transportation and logistics systems in digitalization and intellectualization // Competitiveness and the development of socio-economic systems. Proceedings of the IV international scientific conference, dedicated to the memory of Alexander Tatarkin. Series: European proceedings of social and behavioural sciences. 2020. Vol. 105. P. 747–756.

585. Savin G. Development prospects of the technologies and infrastructure for a transport and logistics system of a new type // 1st international conference on environmental sustainability management and green technologies (ESMG). 2021. no 03012.

586. Savin G. Information support of the flow processes in the smart city trans-

port and logistics system: methodological basis // II international scientific forum on computer and energy sciences (WFCES). 2021. Vol. 270, no 01017.

587. Savin G. Smart city logistics // First conference on sustainable development: Industrial future of territories (IFT). 2020. Vol. 208, no 04005.

588. Savin G. Theoretical foundations of interorganizational coordination in the transport and logistics system of a smart city // AIP conference proceedings. 2021. Vol. 2389, no 050009.

589. Savin G. Transformation of logistics methodology in the context of evolutionary and sustainable development // IV international scientific and practical conference «Sustainable development and green growth on the innovation management platform» (SDGG). 2021. no 07018.

590. Savin G., Bronnikov S. Design to the city transport and logistics system in the conditions of increase of rates of institutional and technological changes // Business logistics in modern management. Proceedings of the 18th international scientific conference. 2018. P. 485–500.

591. Savin G., Katochkov V., Grishina V. Digital logistics as an institution for improving the coordination of streaming processes in the transport and logistics system of a smart city // Sustainable development of environment after Covid-19. 2021.

592. Savin G., Savina V. Modeling of the development of the flow management ecosystem in the transport and logistics system of the city // III international scientific forum on computer and energy sciences (WFCES). 2022. Vol. 2812, no 020091.

593. Savin G., Savina V. Reducing emissions during the formation of intelligent transport and logistics systems in the city // 2nd international conference on environmental sustainability management and green technologies (ESMGT). 2023. no 02004.

594. Savin G., Tsaregorodtseva S., Savina V. State-of-the-art imperative for adaptive traffic management systems and their development in the city // 2nd international conference on environmental sustainability management and green technologies (ESMGT). 2023. no 02005.

595. Savin G. V. The smart city transport and logistics system: theory, methodology and practice // The manager. 2021. Vol. 12, no 6. P. 67–86.

596. Scheduled service network design with resource management for two-tier multimodal city logistic / Fontaine P., Crainic T. G., Jabali O., [et al.] // European journal

of operational research. 2021. P. 558–570.

597. Schilling J., Logan J. Greening the rust belt: a green infrastructure model for right sizing America's shrinking cities // Journal of the American planning association. 2008. Vol. 74, no 4. P. 451–466.

598. Schweitzer L. E. Tracing the justice conversation after «green cities, growing cities» // Journal of the American planning association. 2016. Vol. 82, no 4. P. 374–379.

599. Schwerdfeger S., Boysen N. Optimizing the changing locations of mobile parcel lockers in last-mile distribution // European journal of operational research. 2020. Vol. 285, no 3. P. 1077–1094.

600. Sergeyev V. I., Lychkina N. N. Agent-based modelling and simulation of inter-organizational integration and coordination of supply chain participants // Proceedings – 21st IEEE conference on business informatics. 2019. P. 436–444.

601. Sharifi A. A typology of smart city assessment tools and indicator sets // Sustainable cities and society. 2020. Vol. 53. P. 101936.

602. Shaw S.-L., Sui D. Understanding the new human dynamics in smart spaces and places: toward a spatial framework // Annals of the American association of geographers. 2019. no 2. P. 339–348.

603. Sheffi Y. Driving growth and employment through logistics // The world financial review. 2012. Vol. September–October.

604. Shelton T., Lodato T. Actually existing smart citizens // City. 2019. Vol. 23, no 1. P. 35–52.

605. Shin K. Environmental policy innovations in China: a critical analysis from a low-carbon city // Environmental politics. 2018. Vol. 27, no 5. P. 830–851.

606. Shinkevich A. I., Kudryavtseva S. S. Management of intelligent transport systems in the EAEU // Вестник НЦБЖД. 2021. no № 4 (50). P. 181–186.

607. Shulzhenko T. G. Implementation of smart contract technology in transport chains: methodological aspects of business process reengineering // Global challenges of digital transformation of markets. New York : Springer international publishing, 2022. P. 181–198.

608. Simchi-Levi D., Chen X., Bramel J. The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics and supply chain management. 3 ed. Springer science+Business media: New-York, 2014. 296 p.

609. Singh A. Advances in smart cities: smarter people, governance, and solutions // *Journal of urban technology*. 2019. Vol. 26, no 4. P. 85–88.
610. Šiurytė A., Davidavičienė V. An analysis of key factors in developing a smart city // *Mokslas – Lietuvos ateitis*. 2016. Vol. 8. P. 254–262.
611. Sizing the roles: an exploratory research about Logistics 4.0 diffusion / T. Modica, C. Colicchia, E. Tappia, [et al.] // *International journal of logistics research and applications*. 2025. P. 1–23.
612. Slow streets, livable streets? The case of San Francisco, California / P. J. Lamíquiz-Daudén, J. Carpio-Pinedo, J. Martinez, [et al.] // *Journal of urban design*. 2025. P. 1–23.
613. Smart and sustainable cities? Pipedreams, practicalities and possibilities / E. James, A. Karvonen, A. Luque-Ayala, [et al.] // *Local Environment*. 2019. Vol. 24, no 7. P. 557–564.
614. Smart city for sustainable urban freight logistics / S. Pan, W. Zhou, P. Selwyn, [et al.] // *International journal of production research*. 2021. Vol. 59. P. 2079–2089.
615. Smart city planning from an evolutionary perspective / N. Komninos, C. Kakeri, A. Panori, [et al.] // *Journal of urban technology*. 2019. Vol. 26, no 2. P. 3–20.
616. Smart discourses, the limits of representation, and new regimes of spatial data / C. Dalton, C. Wilmott, E. Fraser, [et al.] // *Annals of the American association of geographers*. 2019. Vol. 110, no 2. P. 1–12.
617. Smart festivals? Security and freedom for well-being in urban smart spaces / J. W. Crampton, K. C. Hoover, H. Smith, [et al.] // *Annals of the American association of geographers*. 2019. P. 1–11.
618. Smart governance in the context of smart cities : a literature review / P. Gabriela, P. Peter, F. Enzo, [et al.] // *Information polity*. 2018. Vol. 23. P. 1–20.
619. Smart mobility using multi-agent system / A. Belbachir, A. Seghrouchni, A. Casals, [et al.] // *Procedia computer science*. 2019. Vol. 151. P. 447–454.
620. Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification / P.-A. Balland, R. Boschma, J. Crespo, [et al.] // *Regional studies*. 2019. Vol. 53, no 9. P. 1252–1268.
621. Smart sustainable cities – Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities / A. Kramers, M. Höjer, N. Lovehagen, [et al.] // *Environmental modelling & Software*. 2014. Vol. 56. P. 52–62.

622. Smartness that matters: towards a comprehensive and human-centred characterisation of smart cities / A. P. Lara, E. M. Da Costa, T. Z. Furlani, [et al.] // *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2016. no 2:8. P. 2–13.

623. Smith R. M., Pathak P. A., Agrawal G. India's «smart» cities mission: a preliminary examination into India's newest urban development policy // *Journal of urban affairs*. 2019. Vol. 41, no 4. P. 518–534.

624. Sotarauta M., Suvinen N. Place leadership and the challenge of transformation: policy platforms and innovation ecosystems in promotion of green growth // *European planning studies*. 2019. Vol. 27, no 9. P. 1748–1767.

625. Stiles J., Andrews C. Powers of division: «smart» spaces as controlling workplace activity fragmentation // *Annals of the American association of geographers*. 2019. no 2. P. 371–381.

626. Su Y., Fan D. Smart cities and sustainable development // *Regional studies*. 2023. Vol. 57, no 4. P. 722–738.

627. Sulaiman F. B. Striding towards sustainable urban livability: evaluating walkability efficiency vis-a-vis population dynamics in Saudi Arabia cities // *Cogent social sciences*. 2024. Vol. 10, no 1. P. 2340428.

628. Sultana S., Salon D., Kuby M. Transportation sustainability in the urban context: a comprehensive review // *Urban Geography*. 2019. Vol. 40, no 3. P. 279–308.

629. Sundarakani B., Manikas I., Gunasekaran A. The role of digital transformation in achieving sustainable supply chain management in Industry 4.0: an editorial review perspective // *International journal of logistics research and applications*. 2024. Vol. 27, no 6. P. 843–851.

630. Sustainable – smart – resilient – low carbon – eco – knowledge cities; making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization / M. de Jong, Simon Joss, D. Schraven, [et al.] // *Journal of cleaner production*. 2015. Vol. 109. P. 25–38 ; Special: Toward a regenerative sustainability paradigm for the built environment: from vision to reality.

631. Sustainable development of smart cities: a systematic review of the literature / E. P. Trindade, M. P. F. Hinnig, E. M. da Costa, [et al.] // *Journal of open innovation: technology, market, and complexity*. 2017. Vol. 3, no 1. P. 11.

632. Sustainable smart city development framework for developing countries / T. R. Bhattacharya, A. Bhattacharya, B. Mclellan, [et al.] // *Urban research & Practice*.

2020. Vol. 12, no 2. P. 180–212.

633. Sustainable vehicles-based alternatives in last mile distribution of urban freight transport: a systematic literature review / C. M. Oliveira, R. A. Mello Bandeira, G. V. Goes, [et al.] // *Sustainability*. 2017. Vol. 9, no 8. P. 1324.

634. Szołtysek J. Logistyczne aspekty zarządzania przepływami osób i ładunków w miastach. Katowicach: Akademia Ekonomiczna, 2009. 105 p.

635. The 15-minute city concept and new working spaces: a planning perspective from Oslo and Lisbon / M. D. Marino, E. Tomaz, C. Henriques, [et al.] // *European planning studies*. 2023. Vol. 31, no 3. P. 598–620.

636. The adoption of green vehicles in last mile logistics: a systematic review / S. M. Patella, G. Grazieschi, V. Gatta, [et al.] // *Sustainability*. 2021. Vol. 13.

637. The electric city as a solution to sustainable urban development / I. D. Stewart, C. A. Kennedy, A. Facchini, [et al.] // *Journal of urban technology*. 2018. Vol. 25, no 1. P. 3–20.

638. The green vehicle routing problem: a systematic literature review / R. Moghdani, K. Salimifard, E. Demir, [et al.] // *Journal of cleaner production*. 2020. Vol. 279. P. 123691.

639. The political premises of contemporary urban concepts: the global city, the sustainable city, the resilient city, the creative city, and the smart city / T. Hatuka, I. Rosen-Zvi, M. Birnhack, [et al.] // *Planning theory & Practice*. 2018. Vol. 19, no 2. P. 160–179.

640. The smart city as global discourse: storylines and critical junctures across 27 cities / S. Joss, F. Sengers, D. Schraven, [et al.] // *Journal of urban technology*. 2019. Vol. 26, no 1. P. 3–34.

641. The transition to autonomous cars, the redesign of cities and the future of urban sustainability / R. A. Acheampong, F. Cugurullo, I. Dusparic, [et al.] // *Urban geography*. 2020. Vol. 2. P. 1–27.

642. Therias A., Rafiee A. City digital twins for urban resilience // *International journal of digital earth*. 2023. Vol. 16, no 2. P. 4164–4190.

643. Tierney T. Big data, big rhetoric in Toronto's smart city // *Architecture and culture*. 2019. Vol. 7, no 3. P. 351–363.

644. Tomàs M. The smart city and urban governance: the urban transformation of Barcelona, 2011-2023 // *Urban research & Practice*. 2023. Vol. 17, no 4. P. 588–

605.

645. Tompson T. Understanding the contextual development of smart city initiatives: a pragmatist methodology // *She Ji: The journal of design, economics, and innovation*. 2018. Vol. 3. P. 210–228.

646. Topilin I. V., Volodina M. S. The traffic simulation of regulated road network using navigation systems // *Materials science forum*. 2018. Vol. 931. P. 661–666.

647. Tourist loyalty and urban E-services: a comparison of behavioral impacts in Leipzig and Amsterdam / J. Romão, E. van Leeuwen, B. Neuts, [et al.] // *Journal of urban technology*. 2015. Vol. 22, no 2. P. 85–101.

648. Townsend A. M. *To smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. W. W. Norton, Company, 2013. 384 p.

649. Tullock G. The welfare costs of tariffs, monopolies and theft // *Western economic journal*. 1967. Vol. 5. P. 224–232.

650. Tuominen P. Designing healthy and liveable cities: creating sustainable urban regeneration // *Journal of urbanism: international research on placemaking and urban sustainability*. 2023. P. 1–2.

651. Urban sharing in smart cities: the cases of Berlin and London / L. Zvolska, M. Lehner, Y. V. Palgan, [et al.] // *Local environment*. 2019. Vol. 24, no 7. P. 628–645.

652. Urban visual intelligence: studying cities with artificial intelligence and street-level imagery / F. Zhang, A. Salazar-Miranda, F. Duarte, [et al.] // *Annals of the American association of geographers*. 2024. Vol. 114, no 5. P. 876–897.

653. Viitanen J., Connell P., Tommis M. Creating smart neighborhoods: insights from two low-carbon communities in Sheffield and Leeds, United Kingdom // *Journal of urban technology*. 2015. Vol. 22, no 2. P. 19–41.

654. Viu M., Alvarez-Palau E. The impact of E-commerce-related last-mile logistics on cities: a systematic literature review // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 6492.

655. Voordijk H., Dorrestijn S. Smart city technologies and figures of technical mediation // *Urban research & practice*. 2019. Vol. 14, no 1. P. 1–26.

656. Webster D., Cai J., Muller L. The new face of peri-urbanization in East Asia: modern production zones, middle-class lifestyles, and rising expectations // *Journal of urban affairs*. 2014. Vol. 36, sup1. P. 315–333.

657. Wessel G., Karduni A., Sauda E. The image of the digital city: revisiting

Lynch's principles of urban legibility // Journal of the American planning association. 2018. Vol. 84, no 3–4. P. 280–283.

658. Which network effectively supports urban economic growth? Evidence from China / S. Wang, X. Wang, C. Yang, [et al.] // International journal of urban sciences. 2023. Vol. 28, no 2. P. 284–317.

659. Who built Songdo, the «world's first smart city?» Questioning technology firms' ability to lead smart city development / J. Huh, J. W. Sonn, Y. Zhao, [et al.] // Eurasian geography and economics. 2025. Vol. 66, no 8. P. 966–983.

660. Wirtz B., Müller W., Schmidt F. Public smart service provision in smart cities: a case-study-based approach // International journal of public administration. 2020. Vol. 43, no 6. P. 499–516.

661. Xie Z., Horst D. van der, Lane M. Experimental governance in China: models of stakeholder interaction and evolution of the low-carbon cities pilot programme // Journal of environmental policy & Planning. 2025. Vol. 27, no 2. P. 182–194.

662. Y-Series Recommendations. Switzerland: Geneva, 2017. 12 p.

663. Yadav S., Mohapatra G. Big data in the context of smart cities: exploring urban planning and governance // Data science landscape. Towards research standards and protocols / ed. by U. Munshi, N. Verma. 2018. Vol. 38. P. 141–150.

664. Yadav V., Gaur P., Jain R. On adoption of green logistics: a literature review // International journal of logistics systems and management. 2021. no 40 (2). P. 193–219.

665. Yigitcanlar T. Technology and the city: systems, applications and implications. New York: Routledge, 2016.

666. Yigitcanlar T. Smart City Beyond Efficiency: Technology-Policy-Community at Play for Sustainable Urban Futures // Housing Policy Debate. 2021. Vol. 31, no 1. P. 88–92.

667. Yigitcanlar T., Kamruzzaman M. Smart cities and mobility: does the smartness of Australian cities lead to sustainable commuting patterns? // Journal of urban technology. 2019. Vol. 26, no 2. P. 21–46.

668. Zhang J., Asutosh A. T., Miu Z. A study on ecological sustainable cities based on LCA-emergy-carbon footprint and geographic information system (GIS) approach // Journal of Asian architecture and building engineering. 2025. Vol. 24, no 6. P. 5567–5587.

669. Zhao L., Tang Z.-y., Zou X. Mapping the Knowledge Domain of Smart-City Research: A Bibliometric and Scientometric Analysis // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 6648.

670. Zhou Y., Meng M., Gao J. Better city, better life: smart city policy and corporate ESG performance // Applied economics. 2025. P. 1–17.

671. Автостат : [сайт]. URL – <https://www.autostat.ru/infographics/57413/?ysclid=mkmuvkw6z9176128470> (дата обращения: 31.12.2025).

672. Аналитический доклад Евразийской экономической комиссии : [сайт]. – URL: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/energetikaiinfr/transport/SiteAssets> (дата обращения: 01.12.2025).

673. В России потратят 36 млрд рублей на развитие блокчейна. Что это даст? : [сайт]. – URL: <https://golnk.ru/zZXbg> (дата обращения: 31.12.2025).

674. Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/40/ЕС от 7.07.2010 г. Об общих рамках для размещения ITS в сфере дорожного транспорта и взаимодействия с другими видами транспорта : [сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/2571110> (дата обращения: 05.01.2026).

675. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Системы распределенного реестра» : [сайт]. – URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6670> (дата обращения: 02.01.2026).

676. Интеллектуальные транспортные системы: из 2024 в 2025 : [сайт]. – URL: <https://codeinside.ru/tadviser-its-desember2024/?ysclid=mkgzrphzo0467933526> (дата обращения: 31.12.2025).

677. Концепция внедрения интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях : [сайт]. – URL: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/uploads/public/5e01e9708/5e01e9708cf8e517182017.pdf> (дата обращения: 03.12.2025).

678. Отдел народонаселения Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН. Перспективы мировой урбанизации – пересмотр на 2018 год : [сайт]. – URL: <https://population.un.org/wup/> (дата обращения: 22.06.2024).

679. Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации на долгосрочную перспективу – «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства : [сайт]. – URL: <https://golnk.ru/VLLgE> (дата обращения: 02.01.2026).

680. Рейтинг готовности стран к внедрению автономного транспорта : [сайт]. – URL: <https://golnk.ru/RwABW> (дата обращения: 03.01.2026).

681. Рейтинг готовности стран к появлению и внедрению технологий автономного движения : [сайт]. – URL: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf> (дата обращения: 02.01.2026).

682. Рейтинг стран мира по уровню развития информационно-коммуникационных технологий : [сайт]. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/IDI/default.aspx> (дата обращения: 02.01.2026).

683. СберСити – наш ответ зарубежным «умным городам»? : [сайт]. – URL: <https://dzen.ru/a/ZK0Pvi1XVE6emcZU> (дата обращения: 21.05.2025).

684. Скорость Интернета : [сайт]. – URL: <https://svspb.net/> (дата обращения: 15.01.2026).

685. Экономический и социальный совет / Комитет по внутреннему транспорту : [сайт]. – URL: <https://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/itc/ECE-TRANS-2016-10r.pdf> (дата обращения: 05.01.2026).

686. Acciona : [site]. URL: <https://www.accaglobal.com/gb/en.html> (usage date: 24.04.2025).

687. ARUP : [site]. URL: <https://www.arup.com/expertise/services/planning/smart-cities> (usage date: 24.04.2025).

688. Asghari M., Mirzapour Al-E-Hashem S. M. J. Green vehicle routing problem: A state-of-the-art review : [site]. URL: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:hal:journl:hal-03182944> (usage date: 25.12.2025).

689. Autonomous vehicle readiness ranking : [site]. URL: <https://assets.tenetcons.com/pdf/autonomous-vehicles-readiness-ranking-2025.pdf> (usage date: 20.12.2025).

690. BMW : [site]. URL: <https://www.bmw.com/en/innovation/smart-cities.html> (usage date: 24.04.2025).

691. Bouygues : [site]. URL: <https://www.bouygues-es.com/cities-and-regions/smart-city> (usage date: 24.04.2025).

692. Business dictionary. Smart city : [site]. URL: <http://www.businessdictionary.com/definition/smart-city.html> (usage date: 27.12.2024).

693. City Index 2025 : [site]. URL: https://imd.widen.net/s/psdrsvpbk7/imd_smart_city_2025_report (usage date: 01.01.2026).

694. Climategroup : [site]. URL: <https://theclimategroup.org/site-search/>

smart20city (usage date: 01.12.2025).

695. Code of federal regulations (CFR). Title 23 – highways. Chapter I. Federal highway administration, Department of transportation. Subchapter E – Planning and research. Part 450 – Planning assistance and standards : [site]. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-23/chapter-I/subchapter-E/part-450> (usage date: 05.01.2026).

696. Department for business, energy and industrial strategy (BEIS) : [site]. URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/departement-for-business-innovation-skills> (usage date: 24.12.2025).

697. Envisaging the future of cities : [site]. URL: <https://population.un.org/wup/> (usage date: 30.12.2025).

698. Ericsson : [site]. URL: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/networked-society-insights/city-index>.

699. European commission smart cities : [site]. URL: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en (usage date: 22.05.2025).

700. European innovation partnership on smart cities and communities (EIP-SCC). Strategic implementation plan : [site]. URL: <https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu> (usage date: 24.12.2025).

701. Eurostat : [site]. URL: <https://ec.europa.eu> (usage date: 20.12.2025).

702. General Electric : [site]. URL: <https://www.smartcitypdx.com> (usage date: 24.04.2025).

703. Global Cities 2025 : [site]. URL: <https://www.kearney.com/service/global-business-policy-council/gcr/2025-full-report> (usage date: 01.01.2026).

704. Global Power City Index 2025: [site]. URL: <http://mori-m-foundation.or.jp/english/ius2/gpci2/index.shtml> (usage date: 10.01.2026).

705. IBM : [site]. URL: <https://www.ibm.com/industries/government> (usage date: 24.04.2025).

706. IESE Cities in Motion Index 2025 : [site]. URL: <https://citiesinmotion.iese.edu/indicecim/index.eng.html?lang=en> (usage date: 03.01.2026).

707. Innovation Cities Index : Global : [site]. URL: <https://golnk.ru/7887V> (usage date: 01.01.2025).

708. Integrated Innovation Strategy. 2025. URL: https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/togo2025_honbun_eiyaku.pdf (usage date: 01.01.2026).

709. Intelligent community forum: [site]. URL: <https://intelligentcommunity.org> (usage date: 24.12.2025).
710. Juniper Research : [site]. URL: <https://www.juniperresearch.com> (usage date: 31.12.2025).
711. Maskin E., Klein P. A. Conceptual economic theory : [site]. 1994. URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:150647396> (usage date: 01.01.2026).
712. Numbeo : [site]. – Обновляется в течение суток. URL: <https://numbeo.com> (usage date: 31.12.2025).
713. Online Encyclopedia – Wikipedia : [site]. URL: <https://ru.wikipedia.org> (usage date: 10.01.2026).
714. Philips : [site]. URL: <https://www.lighting.philips.ru/systems/connected-lighting/connected-lighting-for-smart-cities> (usage date: 24.04.2025).
715. QUT ePrints : [site]. URL: <https://eprints.qut.edu.au/statistics/eprint/1299/> (usage date: 30.12.2025).
716. Siemens : [site]. URL: <https://new.siemens.com/global/en/company/topic-areas/smart-infrastructure/smart-cities.html> (usage date: 24.04.2025).
717. Smart Cities – What’s in it for citizens? : [site]. URL: <https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/03/smart-cities-whats-in-it-for-citizens.pdf> (usage date: 24.12.2024).
718. Smart City Index 2025 : [site]. URL: <https://easypark.rs/studies/cities-of-the-future/en/> (usage date: 10.01.2026).
719. Suez : [site]. URL: <https://www.suez.com/en/our-offering/local-authorities/what-are-you-looking-for/sustainable-and-smart-city> (usage date: 27.04.2024).
720. The Global Infrastructure Hub : [site]. URL: <https://www.gihub.org/countries> (usage date: 20.03.2025).
721. The Organisation for Economic Co-operation and Development : [site]. URL: <https://stats.oecd.org> (usage date: 20.03.2025).
722. TomTom : [site]. – Обновляется в течение суток. URL: <https://www.tomtom.com/traffic-index/> (usage date: 20.01.2026).
723. UNECE : [site]. URL: <https://stats.unece.org> (usage date: 20.01.2026).
724. US Department of transportation : [site]. URL: <https://www.transportation.gov> (usage date: 30.12.2025).
725. Veolia : [site]. URL: <https://www.veolia.com/en/smart-cities-digital->

solutions-city-urban-x (usage date: 24.04.2024).

726. Vienna University of Technology : [site]. URL: <https://www.univie.ac.at/en/> (usage date: 24.12.2025).

727. Wahba S. Smarter cities for an inclusive, resilient future : [site]. URL: <https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/smarter-cities-inclusive-resilient-future> (usage date: 10.01.2026).

728. Worldometers : [site]. URL: <https://www.worldometers.info> (usage date: 20.01.2026).

729. Yandex.Maps и Yandex.Transport : [сайт]. – URL: <https://golnk.ru/NaVOY> (дата обращения: 20.01.2026).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РЕЙТИНГ НАИБОЛЕЕ АССОЦИИРОВАННЫХ ТЕРМИНОВ «SMART»

Уровень	Частота употребления	Количество загрузок	Ассоциированный термин		Ассоциированное направление	
			англ.	рус.	англ.	рус.
1	47098	212,505	Smart	Умный	-	-
2	39893	192,720	City	Город	-	-
3	6515	77,939	Energy	Энергия	Infrastructure	Инфраструктура
4	5252	68,744	Technology	Технология	Digital technology	Цифровая технология
5	5007	68,047	Development	Развитие	Spatial planning / development	Территориально-пространственное планирование
6	4620	63,525	Data	Данные	Digital technology	Цифровая технология
7	4066	61,407	Infrastructure	Инфраструктура	Infrastructure	Инфраструктура
8	3883	59,639	Management	Руководство	Governance	Управление
9	3692	57,533	Public	Публичный	Society	Общество
10	3304	57,466	New	Новый	-	-
11	3265	54,287	Government	Правительство	Governance	Управление
12	3269	52,461	Project	Проект	Governance	Управление
13	2883	51,291	Urban	Городской	Spatial planning / development	Территориально-пространственное планирование
14	2745	51,283	Mobility	Мобильность	Infrastructure	Инфраструктура
15	2530	49,533	Governance	Управление	Governance	Управление
16	2469	48,508	EU	ЕС	International	Международный
17	2492	48,377	ICT	ИКТ	Digital technology	Цифровая технология
18	2441	48,361	Grid	Сетка	Infrastructure	Инфраструктура
19	2592	47,876	Information	Информация	-	-
20	2392	47,227	Market	Торговая площадка	Economy	Экономика
21	2359	46,576	Water	Вода	Infrastructure	Инфраструктура
22	2312	46,107	People	Люди	Society	Общество
23	2567	45,826	System	Система	Digital technology	Цифровая технология
24	2257	45,336	Environment	Окружающая среда	Environment	Окружающая среда
25	2262	43,996	Transport	Транспорт	Infrastructure	Инфраструктура

Уровень	Частота употребления	Количество загрузок	Ассоциированный термин		Ассоциированное направление	
			англ.	рус.	англ.	рус.
26	2 186	43,410	Business	Бизнес	Economy	Экономика
27	1972	43,367	Europe	Европа	International	Международный
28	2 101	42,727	Innovation	Инновация	Experiment / innovation	Эксперимент / инновации
29	912	29,054	UK	Великобритания	International	Международный
30	1 892	42,250	Intelligent	Умный	Digital technology	Цифровая технология
31	816	27,125	London	Лондон	International	Международный
32	1 891	41,610	Mobile	Мобильный	Digital technology	Цифровая технология
33	1 929	41,447	Building	Здание	Spatial planning / development	Территориально-пространственное планирование
34	1 864	41,407	Research	Исследования	Experiment / innovation	Эксперимент / инновации
35	1 772	41,247	Living	Живущий	Society	Общество
36	1 790	41,107	Pilot	Пилотный	Experiment / innovation	Эксперимент / инновации
37	1 776	40,688	Case	Дело	-	-
38	1 771	40,666	Key	Клавиша	-	-
39	1 801	40,414	Private	Частный	-	-
40	1 615	40,148	Up	Вверх	-	-
41	1 702	40,107	European	Европейский	International	Международный
42	1 087	32,217	Barcelona	Барселона	International	Международный
43	1 682	40,015	Economy	Экономика	Economy	Экономика
44	1 711	39,704	Future	Будущее	-	-
45	1 647	39,197	Sustainable	Устойчивый	Sustainability	Устойчивость

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ SMART CITY

Источник	Определение
Yandex	Подход к управлению городской средой, где данные и цифровые сервисы помогают городу работать эффективнее и удобнее для жителей. Он реализуется через предоставление комплексной, интерактивной платформы для жителей, объединяющей навигацию, информацию о трафике, общественном транспорте, поиск мест и AI-сервисы для удобной городской жизни, с возможностью создания детальных карт и интеграции с городскими службами, создавая основу для развития умных геосервисов [729].
Сбер	Зеленый город для пешеходов, реализующий концепцию устойчивости и деурбанизации [683]
Intel	Умный город – это городская экосистема, которая уделяет особое внимание использованию цифровых технологий, общим знаниям и согласованным процессам для поддержки преимуществ граждан в таких областях, как мобильность, общественная безопасность, здоровье и производительность труда [717]
Siemens	Решения Smart city способствуют эффективному управлению городскими районами, улучшая связность, устойчивость и комфортность жизни. Во всех областях городской жизни технологии и данные используются для анализа и оптимизации, тем самым улучшая результаты и качество жизни [716]
BMW	Цифровой город завтрашнего дня с умными инициативами [690]
IBM	«Система систем», когда деятельность всех ведомств скоординирована, вся информация стекается в один центр, и работа с информацией, доступная всем ведомствам, позволяет оптимизировать их функционирование [705]
Phillips	Концепция интеллектуального города предполагает использование последних достижений в области связи, цифровых технологий, обмена данными и их анализа, а также интеллектуального проектирования, чтобы сделать город более удобным для жизни, мобильным, экономичным и устойчивым [714]
General Electric	Smart City – это место, где данные и технологии используются для улучшения жизни людей, особенно в недостаточно обслуживаемых сообществах [702]
Arup	Рассматривает умные города как один из инструментов городского развития, в центре которого находятся люди. При этом цифровые технологии делают умные города более удобными для жизни, устойчивыми и процветающими [687]
Bouygues	Умный город, который приносит больше благополучия и услуг, одновременно поддерживая энергетический переход и инновации [691]

Источник	Определение
GDF Suez	Данная концепция сделает экономику более продуктивной, жизнь лучше, а общество – более быстрым в удовлетворении потребностей и чаяний граждан [719]
Veolia	Использование цифровых технологий для улучшения повседневной жизни граждан, более эффективного решения проблем и получения выгод от возможностей экономического развития [725]
Ericsson	Умные города, умные сети и интеллектуальные транспортные инициативы – все они опираются на концепции ИКТ, но ясно, что очень немногие из них, если таковые вообще существуют, полностью используют свой потенциал для развития, которое имеет первостепенное значение для того, чтобы города стали привлекательными, устойчивыми и динамичными [698]
Acciona	Умный город – это не место назначения – а скорее путь постоянного совершенствования [686]
McKinsey	Умность – это не просто установка цифровых интерфейсов в традиционной инфраструктуре или оптимизация работы города. Речь также идет о целенаправленном использовании технологий и данных для принятия более эффективных решений и обеспечения более высокого качества жизни

Авторы	Определение
V. Albino, U. Berardi, R.M. Dangelico, 2015 г.	Концепция «умного города» не ограничивается распространением информационно-коммуникационных технологий, а учитывает потребности людей и общества, которые формируют его посредством непрерывных взаимодействий [408]
A. Šiurytė, V. Davidavičienė, 2016 г.	Умный город – это явление, которое включает в себя широкий спектр областей, таких как транспорт, образование, здравоохранение, администрация, общественная безопасность, инфраструктура, логистика, информационно-коммуникационные технологии, архитектура, досуг, экология, строительство, эффективное использование ресурсов и многие другие [610]
S. Hajduk, 2016 г.	«Умный город» – это глобальная тенденция в городских стратегиях, преследующая две цели: восстановление или обеспечение качества жизни жителей городских районов, а также внедрение инноваций и использование современных технологий для решения сложных проблем, создаваемых высокой плотностью населения [501]
G. Ferrara, 2016 г.	Умный город характеризуется высоким качеством государственных услуг, более высоким уровнем жизни, возможностями для создания новых рабочих мест в более инновационной предпринимательской экосистеме, большей экологической устойчивостью, меньшим объемом государственных ресурсов, необходимых для привлечения государственных финансов, и интеграцией крупных промышленных групп с малыми и средними предприятиями [476]

Авторы	Определение
A.P. Lara, E.M. Da Costa, T.Z. Furlani, T. Yigitcanlar, 2016 г.	Умный город – это сообщество, которое систематически способствует общему благополучию всех своих членов и достаточно гибко, чтобы активно и устойчиво становиться все более лучшим местом для жизни, работы и игр [622]
T. Yigitcanlar, 2016 г.	Умный город может стать идеальной формой для построения устойчивых городов XXI века, если будет реализован сбалансированный и устойчивый взгляд на экономическое, социальное, экологическое и институциональное развитие [665]
M. Angelidou, 2017 г.	«Умный город» представляет собой концепцию развития города на основе использования человеческого и технологического капитала для преобразования экономики и повышения благосостояния жителей [414]
L. Zhao, Z. Tang, X. Zou, 2019 г.	Умные города – это инфраструктура, в которой больше внимания уделяется человеческим ресурсам и экологической устойчивости, а также интеграции, эксплуатации, электромобилей и социальной экологии [669]
S. Pan, W. Zhou, S. Piramuthu, V. Giannikas, C. Chen, 2021 г.	Умные города интегрируют как цифровые технологии, так и аналитику данных для повышения качества и устойчивости жизни [601]
T. Yigitcanlar, 2021 г.	Система изменения городской политики с многообещающими концептуальными разработками, современными развивающимися интеллектуальными технологиями [666]
S. Breux, J. Diaz, H. Loiseau, 2023 г.	Программа построения города в трех измерениях: мобильность, еда и данные [433]
M. Tomàs, 2023 г.	Стабильность городского управления [644]
D. K. Das, 2024 г.	Инициатива, направленная на улучшение городской жизни и содействующая устойчивому росту путем модернизации инфраструктуры, такой как транспорт и общественные удобства, улучшения услуг и интеграции таких технологий, как Интернет вещей (IoT) и аналитика данных [452]
L.-F. Hsu, 2025 г.	Умный город – это модернизация секторов ИКТ, ориентированных на производство оборудования, чтобы они могли разрабатывать программные технологии [508]
J. Huh, J. W. Sonn, Y. Zhao, S. Yang, 2025 г.	Умный город – объект ИКТ, который должен быть совместим с существующей инфраструктурой, и если его физический размер большой, он может быть ограничен кодексами проектирования и правилами планирования [659]

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОФИЦИАЛЬНЫЕ И НАУЧНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ» (ITS)

Авторы	Определение
ГОСТ Р 56829-2015	Система управления, интегрирующую современные информационные и телематические технологии, предназначенную для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителя и пользователей транспорта [12]
Булатова О.Ю.	Система управления, которая позволяет повысить эффективность функционирования транспортной системы, уровень безопасности дорожного движения, качество обмена информацией между всеми участниками дорожного движения и снизить уровень загрязняющих веществ [57]
Жанказиев С.В.	Система осуществления и поддержки возможности автоматизированного и автоматического взаимодействия всех транспортных субъектов в реальном масштабе времени на адаптивных принципах [115]
Зырянов В.В.	Автоматизация процессов управления дорожным движением [131]
Козлов Л.Н., Урличич Ю.М., Циклис Б.Е.	Системная интеграция современных информационных и коммуникационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, ориентированная на повышение безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта [156]
Комаров В.В., Гараган С.А.	Телематическая транспортная система, обеспечивающая реализацию функций высокой сложности по обработке информации и выработке оптимальных (рациональных) решений и управляющих воздействий [160]
Меренков А.О.	Сложная инженерная конструкция, которая может уменьшить аварийность и опасность на дороге путем реализации комплексных информационных систем, обеспечивающих управление трафиком и позволяющих оперативно обращаться в скорую медицинскую помощь (СМП) в случае возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [198]
Михеева Т.И.	Комплекс технических и программных средств, управляемых человеком и компьютером [208]
Пржибыл П., Свитек М.	Система, которая объединяет информационную и телекоммуникационную технологии с организацией движения транспортных потоков так, чтобы повысилась пропускная способность существующей транспортной инфраструктуры, возросла безопасность движения и повысился психологический комфорт пассажиров [256]
Чупина Ж.С.	Интеллектуальная система, основанная на методах искусственного интеллекта, повышающая эффективность управления сложными проектами, решающая задачи комплексно и в автоматическом режиме, с учетом возникающих рисков и неопределенностей [364]

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ЦИФРОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА И ТЕХНОЛОГИИ ИТС

Классификация	Направления развития информационных технологий	
	Стационарная инфраструктура	Транспортные средства
Система определения местоположения	– цифровая карта; – географические информационные системы; – базы данных транспортной сети	– местоположение мобильного телефона; – глобальные навигационные спутниковые системы; – автоматическое расположение автомобиля
Получение данных	– детекторы движения; – мониторинг погоды; – автоматическое обнаружение инцидентов	– автоматическая идентификация транспортного средства; – датчики транспортных средств
Обработка данных	– словарь данных; – слияние данных; – обмен данными	– бортовые компьютеры; – сопоставление цифровых карт
Обмен	– фиксированной спутниковой связи; – волоконно-оптические сети; – маяки (DSRC); – мобильные сети	– цифровой приемник; – приемники мобильных телефонов; – дорожное консультативное радио, приемники автодорожных сообщений; – транспондеры
Распределение	– динамические знаки сообщений; – интернет; – остановочные комплексы	– телефоны и персональные цифровые помощники; – внутримашинные агрегаты
Применение	– обнаружение инцидентов; – управление спросом; – мониторинг загруженности дорог	– маршрутизатор; – усовершенствованные системы помощи водителю

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ПОДСИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

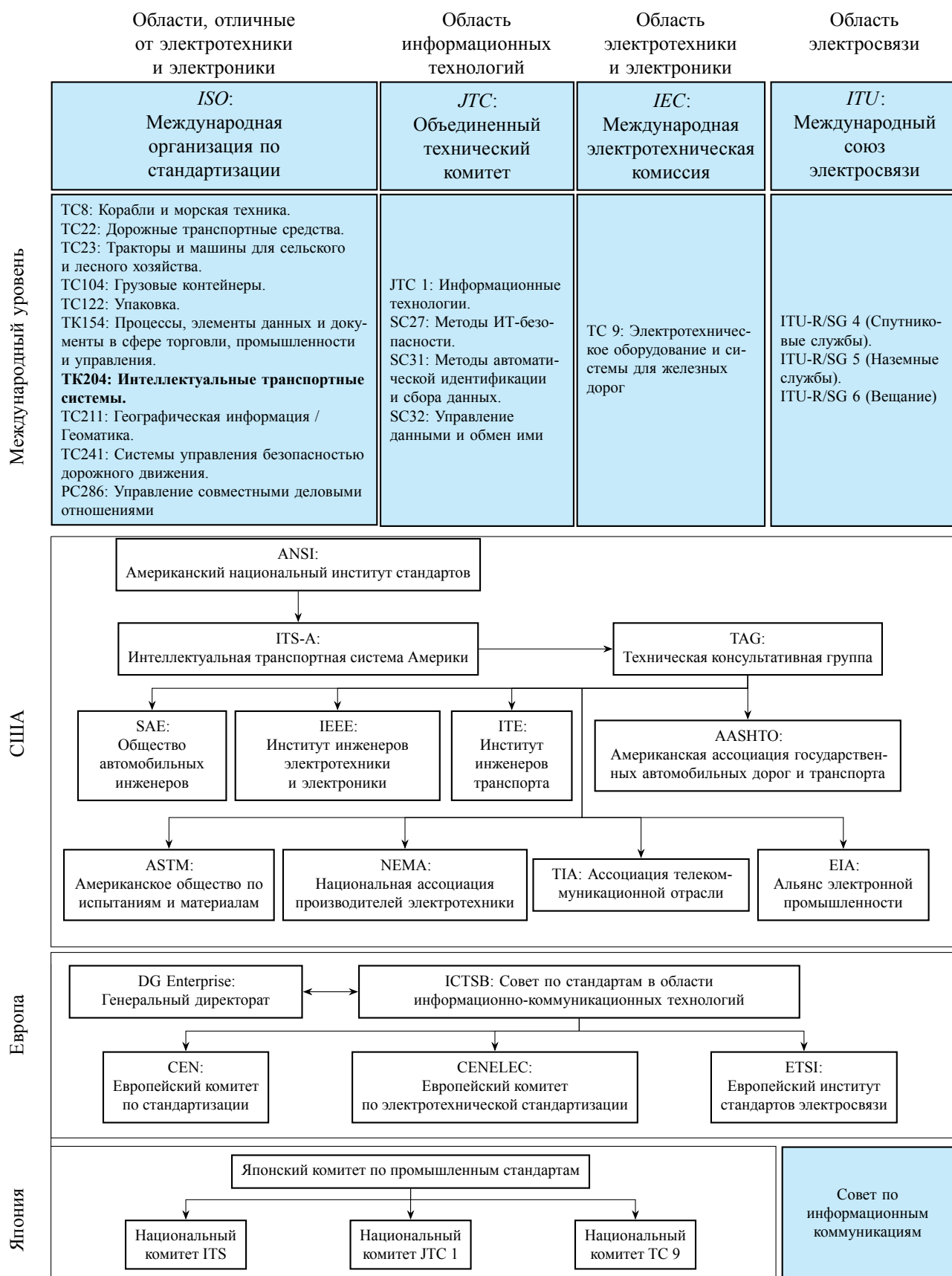
Направление	Действие	Пример	Численность населения города, тыс. чел.		
			до 500	от 500 до 1 500	от 1 500
Информация для путешественников	Информация перед поездкой, о водителе, об общественном транспорте в поездке	Разнообразие технологий (систем)	Нет	Да	Да
	Персональные информационные услуги	Разнообразие технологий (систем)	Нет	Да	Да
	Навигация и маршрут	Бортовые навигационные системы	Нет	Да	Да
Управление дорожным движением	Поддержка планирования перевозок	Модели спроса на городской транспорт, имитационные модели перекрестков, ГИС-системы и др.	Только очень простые приложения	Да	Да
	Управление трафиком	Адаптивные системы движения UTC, АТС	Да, но простые сигналы	Да, сигналы фиксированного времени	Да, динамическая (реагирующая на спрос), UTC
		CCTV (система видеонаблюдения)	Да	Да	Да
		VMS (специальные знаки с изменяемыми сообщениями)	Нет	Да	Да
		VSL (ограничители скорости)	Нет	Да	Да
		Индуктивные петли (в тротуаре), инфракрасные (вверху) или оптические через интеллектуальные камеры (вверху) для обнаружения транспортных средств	Да	Да	Да

Направление	Действие	Пример	Численность населения города, тыс. чел.		
			до 500	от 500 до 1 500	от 1 500
Управление дорожным движением	Управление трафиком	AID–автоматическая система обнаружения инцидентов, включающая идентификацию заторов	Нет	Да	Да
		Светодиодные светофоры и регулирующие знаки	Да	Да	Да
	Управление инцидентами	Обнаружение и проверка инцидентов и заторов с использованием системы видеонаблюдения и под контролем Центра управления	Нет	Да	Да
	Управление спросом	AVI–автоматическая идентификация транспортного средства	Нет	Нет	Да
		Электронный платеж	Да	Да	Да
	Патрулирование / обеспечение соблюдения правил дорожного движения	Разнообразие технологий (систем)	Да	Да	Да
	Управление обслуживанием инфраструктуры	Разнообразие технологий (систем)	Да	Да	Да
Грузовые перевозки	Предварительное оформление и административные процессы коммерческого транспорта	Электронный обмен данными	Нет	Нет	Да
	Управление парком коммерческих автомобилей	FMS (система управления автопарком)	Нет	Да	Да
Общественный транспорт	Управление общественным транспортом	FMS	Нет	Да	Да

Направление	Действие	Пример	Численность населения города, тыс. чел.		
			до 500	от 500 до 1 500	от 1 500
Управление чрезвычайными ситуациями	Экстренное оповещение и личная безопасность	CCTV	Нет	Да	Да
	Управление аварийным транспортным средством	FMS	Нет	Да	Да
	Опасные грузы и уведомление об инцидентах	FMS	Нет	Да	Да
Электронный платеж	Электронные финансовые операции	Разнообразие технологий (систем)	Нет	Да	Да
Безопасность	Повышение безопасности для уязвимых участников дорожного движения	Интеллектуальные пешеходные переходы	Нет	Да	Да

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В МИРЕ



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

РАЗЛИЧИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИТС США, ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА И РОССИИ

№ п/п	Группа пользовательских сервисов (User Service Bundle) Национальной архитектуры ИТС США [551]	Фрагмент ИТС (Part of ITS) в Европейской рамочной архитектуре ИТС [460]	Сервисный домен по ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 [13]
1	–	Помощь путешественнику (<i>Traveller Assistance</i>)	Информирование участников движения
2	Управление перемещениями и дорожным движением (<i>Travel and Traffic Management</i>)	Управление дорожным движением (<i>Traffic Management</i>)	Управление дорожным движением и действия по отношению к его участникам
3	Усовершенствованные системы активной безопасности (<i>Advanced Vehicle Safety Systems</i>)	–	Конструкция транспортных средств
4	Деятельность грузового транспорта (<i>Commercial Vehicle Operations</i>)	Системы на транспортном средстве (<i>In-Vehicle Systems</i>)	Грузовые перевозки
5	Управление общественным транспортом (<i>Public Transportation Management</i>)	Управление общественным транспортом (<i>Public Transport Management</i>)	Общественный транспорт
6	–	–	Службы оперативного реагирования
7	Электронные платежи (<i>Electronic Payment</i>)	Сбор электронных платежей (<i>Electronic Fee Collection</i>)	Электронные платежи на транспорте
8	–	–	Персональная безопасность, связанная с дорожным движением
9	–	–	Мониторинг погодных условий и состояния окружающей среды
10	Управление в чрезвычайных ситуациях (<i>Emergency Management</i>)	Оповещение и реакция на чрезвычайные ситуации (<i>Emergency Notification and Response</i>)	Управление и координация при чрезвычайных ситуациях
11	–	Правоприменение (<i>Law Enforcement</i>)	Национальная безопасность
12	Управление информацией (<i>Information Management</i>)	–	Управление данными ИТС
13	Управление дорожными и строительными работами (<i>Maintenance and Construction Management</i>)	–	–
14	–	Поддержка кооперативных систем (<i>Support for Cooperative Systems</i>)	–

ПРИЛОЖЕНИЕ И

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЛС С ПОЗИЦИИ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА И ПАССАЖИРОПОТОКА

Материальный поток	Пассажиропоток
Система взаимодействия материальных, информационных, финансовых транспортных потоков, которая является регулятором отношений участников бизнес-процессов по вопросам обеспечения промышленных или торговых компаний, государственных и общественных организаций, домашних хозяйств материальными ценностями (сырьем, полуфабрикатами и готовой продукции других предприятий) [151]. Взаимосвязанная и взаимообусловленная совокупность процессов, основанная на принципах построения сложных систем, обеспечивающая товародвижение по воспроизводственному циклу с целью повышения эффективности данной системы [90]. Совокупность функциональных и обеспечивающих подсистем организации обслуживания международных и федеральных грузопотоков на территории нескольких граничащих субъектов, интегрированных между собой на нормативно-правовом, информационном, организационном, технологическом и маркетинговом уровнях для достижения общей задачи развития качественного логистического сервиса на условиях синергии [140]. Целостная система, основанная на интеграции инфраструктуры, звеньев, ресурсов цепи поставок и интегрированной логистической поддержки изделий на протяжении всего жизненного цикла [221]. Сложная организационно завершенная (структурированная) экономическая система. Она состоит из взаимосвязанных в едином процессе управления материальными и сопутствующими им потоков элементов (звеньев), совокупность которых, границы и задачи функционирования объединены внутренними целями организации бизнеса и (или) внешними целями [142]. Совокупность методов организации и управления материальными, транспортными, финансовыми, людскими и информационными потоками, корреспондирующих с федеральными приоритетами [126]	Система, состоящая из многочисленных взаимосвязанных звеньев транспортно-логистической инфраструктуры обслуживания пассажиров, расположенных на территории региона, обеспечивающих управление пассажиропотоками на основании сервисных, финансовых и информационных потоков [253]. Целостное сложное организационно-экономическое образование, выполняющее функции управления сервисными, материальными и сопутствующим им информационными и финансовыми потоками в системе общественного пассажирского транспорта и обеспечивающее выполнение принципов устойчивости [152]. Система управления, оптимизации процессов, операций и услуг, связанных с подготовкой, перемещением, переработкой грузов и продукции различных сфер деятельности и пассажиропотоков [203]. Совокупность интегрированных элементов товаропроводящей сети региона, состоящей из многочисленных взаимодействующих и взаимосвязанных объектов логистической инфраструктуры, согласованной с общерегиональными социально-экономическими целями [113]

ПРИЛОЖЕНИЕ К

УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО СТРАНАМ, В КОТОРЫХ РАЗВИВАЮТСЯ УМНЫЕ ГОРОДА, 2025 Г., БАЛЛЫ (составлено по: [662])

Уровень обеспеченности развития информационно-коммуникационных технологий

Страна	Развитие			Инвестиции в области						
	ВОЛС	законодатель- ство об ИКТ	сети 4G и 5G	облачная инфраструктура	ИКТ	телекомму- никации	безопасность ПО	интернет вещей	искусственный интеллект	ПО искусственного интеллекта
США	3	8	8	10	9	9	8	5	5	4
Сингапур	10	9	9	10	6	6	4	4	1	4
Швеция	8	8	10	9	10	8	5	4	1	4
Великобритания	1	8	8	7	10	7	6	4	3	3
Новая Зеландия	4	8	8	8	9	10	5	4	1	2
Швейцария	4	8	8	9	10	4	7	4	3	4
Дания	4	8	10	7	10	7	4	4	3	4
Япония	9	7	10	7	8	6	4	4	1	2
Австралия	3	7	9	5	10	6	7	4	2	3
Нидерланды	4	8	7	7	8	5	5	4	2	3
Финляндия	4	8	7	7	8	5	5	4	2	4
Южная Корея	10	8	9	4	5	5	3	4	1	4
Норвегия	6	8	8	5	7	4	5	4	2	4
Франция	4	8	6	5	7	5	4	4	2	4
ОАЭ	10	9	6	2	4	2	4	1	1	3
Канада	3	8	7	6	9	3	4	2	2	3
Германия	1	7	6	5	7	6	4	4	2	4
Испания	7	7	6	3	5	6	3	3	1	2
Бельгия	7	1	5	6	6	5	4	3	2	3
Китай	10	7	8	4	3	4	1	2	1	3
Австрия	1	8	7	3	6	5	3	4	1	3
Италия	1	6	6	4	5	6	3	4	1	3
Бразилия	3	6	6	4	7	3	1	1	1	2
Чехия	3	7	6	3	4	3	3	1	1	3
Россия	6	5	6	2	3	3	1	1	1	1
Среднее по миру	3	3	7	3	5	4	2	1	1	2

Степень удовлетворения потребности в информационно-коммуникационных технологиях

Страна	Проникновение смартфонов	Мобильный широкополосный доступ	Защищенные интернет-серверы	Покрытие компьютерами домохозяйств	Операции электронной коммерции	Доступ к фиксированной широкополосной сети	Общая установленная база устройств и систем интернета вещей	Загрузка новых мобильных приложений	Использование облачного ПО
США	10	10	10	9	5	9	5	4	4
Сингапур	10	10	10	9	9	7	8	5	7
Швеция	10	10	7	9	7	7	6	5	5
Великобритания	10	10	1	8	4	9	5	3	4
Новая Зеландия	10	10	9	8	4	7	4	4	4
Швейцария	10	10	10	9	5	10	6	6	5
Дания	10	9	10	10	5	9	7	5	5
Япония	10	10	3	8	9	7	4	3	4
Австралия	9	9	1	5	1	4	1	4	4
Нидерланды	10	10	4	9	4	7	5	4	4
Финляндия	9	10	1	6	9	7	4	5	4
Южная Корея	10	8	6	9	5	10	6	6	6
Норвегия	9	10	7	9	4	8	4	4	5
Франция	10	9	10	10	5	9	7	5	5
ОАЭ	10	10	3	9	5	7	4	4	4
Канада	10	10	4	10	7	8	3	4	6
Германия	9	10	1	6	9	7	4	5	4
Испания	10	10	10	10	7	10	4	5	4
Бельгия	8	8	3	10	6	9	4	3	4
Китай	10	10	4	9	7	9	6	5	5
Австрия	10	10	2	7	3	4	3	5	4
Италия	10	10	1	10	2	3	3	7	4
Бразилия	10	10	3	7	2	6	4	3	4
Чехия	10	10	2	7	2	6	2	4	4
Россия	10	9	4	8	4	7	3	4	5
Среднее по миру	9	9	3	7	3	5	3	3	4

Опыт использования информационно-коммуникационных технологий

Страна	Облачные сервисы	Электронное правительство	Использование Интернет	Скорость скачивания широкополосной сети	Осведомленность по кибербезопасности	Услуги телекоммуникаций	Доступность по цене широкополосной сети	Доступность по цене мобильной сети	Масштабируемость аналитических данных	Аналитика интернета вещей
США	10	9	9	5	10	9	8	8	5	8
Сингапур	10	9	9	9	9	8	8	8	6	3
Швеция	5	9	10	6	9	6	8	8	4	10
Великобритания	4	9	10	4	10	8	8	8	4	8
Новая Зеландия	1	9	10	6	8	8	8	8	3	7
Швейцария	4	9	10	7	8	9	8	7	4	9
Дания	3	10	10	6	9	6	8	8	4	10
Япония	4	9	10	6	9	10	8	6	3	10
Австралия	4	9	9	4	9	7	8	8	4	5
Нидерланды	5	9	10	6	9	7	8	7	5	8
Финляндия	5	9	10	6	9	7	8	7	5	8
Южная Корея	4	10	10	8	9	9	8	8	2	9
Норвегия	3	9	10	7	9	6	9	8	4	10
Франция	4	9	9	6	10	9	8	8	3	6
ОАЭ	3	9	10	–	9	5	9	7	3	2
Канада	4	9	10	6	9	7	8	7	3	4
Германия	4	9	9	4	9	8	8	8	4	8
Испания	3	9	10	6	9	6	7	8	1	5
Бельгия	4	9	10	5	9	7	8	8	3	5
Китай	7	7	6	5	9	9	9	6	5	4
Австрия	3	9	9	4	9	9	8	9	4	7
Италия	2	9	8	4	9	7	8	9	2	7
Бразилия	3	8	8	4	6	9	8	3	1	1
Чехия	3	7	9	4	6	8	8	8	2	4
Россия	3	8	9	4	9	7	8	6	1	1
Среднее по миру	3	7	8	4	7	7	6	5	2	3

Потенциальные направления развития информационно-коммуникационных технологий

Страна	Формирование новых бизнес-моделей ИКТ	ИКТ патенты	Поддержка разработчиков ПО	Расходы на НИОКР	Мобильная связь	Широко-полосная связь	Интернет вещей	Искусственный интеллект	Облачные технологии
США	9	7	5	7	10	10	4	4	4
Сингапур	9	6	6	5	7	7	5	4	4
Швеция	9	10	6	8	6	6	6	5	4
Великобритания	9	4	5	4	5	5	5	5	4
Новая Зеландия	8	2	7	3	9	9	4	4	4
Швейцария	9	7	6	7	10	10	6	5	4
Дания	8	4	5	7	5	5	6	5	4
Япония	8	10	5	8	8	8	5	6	4
Австралия	8	3	5	5	10	10	4	4	4
Нидерланды	9	4	6	5	5	5	6	6	4
Финляндия	7	4	6	5	5	5	6	6	4
Южная Корея	7	9	5	10	5	5	4	4	4
Норвегия	8	4	6	5	6	6	6	5	4
Франция	8	4	7	5	7	7	5	6	4
ОАЭ	8	2	8	3	6	6	7	4	4
Канада	8	4	6	4	10	10	5	4	3
Германия	9	5	6	7	5	5	5	5	4
Испания	8	2	7	3	4	4	6	5	4
Бельгия	8	4	6	6	8	8	5	6	4
Китай	7	2	2	5	3	3	4	6	8
Австрия	8	4	6	8	5	5	7	5	4
Италия	8	2	6	4	6	6	6	5	4
Бразилия	7	1	2	3	3	3	7	5	4
Чехия	7	1	6	4	3	3	6	5	4
Россия	6	1	2	3	3	3	7	4	4
Среднее по миру	7	2	3	3	4	2	6	5	4

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ ПО СТРАНАМ МИРА, В КОТОРЫХ РАЗВИВАЮТСЯ УМНЫЕ ГОРОДА, 2000–2025 ГГ., ЕД. НА 1 000 ЖИТЕЛЕЙ (составлено по: [671; 701; 723])

Страна	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025
Страны G7										
США	700	759	785	783	799	830	810	836	857	911
Канада	–	–	–	458	596	616	618	622	692	799
Германия	385	494	532	559	527	548	555	562	611	635
Великобритания	361	378	425	467	451	463	469	472	486	512
Франция	404	422	460	476	487	484	479	479	557	671
Италия	483	533	572	597	619	622	625	686	722	760
Япония	–	–	–	–	–	–	–	591	616	669
Страны BRICS										
Бразилия	–	–	–	–	–	–	–	–	388	462
Китай	5	9	13	24	58	119	134	150	167	262
ОАЭ	–	–	–	–	–	–	–	–	299	332
Россия	130,5	228,3	288,8	293,4	295	297	306	312	325	415
ЕУ, в т.ч.:										
Австрия	388	452	511	504	530	546	550	562	568	582
Бельгия	387	421	468	456	480	497	503	510	555	599
Дания	309	320	347	–	–	–	480	505	520	551
Испания	309	357	429	–	475	481	492	505	510	512
Ирландия	–	–	–	–	–	–	–	–	505	535
Нидерланды	367	366	409	434	464	477	481	489	517	529
Швеция	419	411	450	459	460	474	477	493	505	561
Чехия	234	295	336	387	429	485	502	523	545	571
Финляндия	388	372	412	462	535	590	604	617	656	660
Эстония	–	–	–	–	–	–	–	–	385	423
Португалия	–	–	–	–	–	–	–	–	–	559
Страны страны										
Австралия	222	290	320	415	490	523	623	740	750	801
Израиль	–	–	–	–	–	–	–	–	368	402
Новая Зеландия	–	–	–	–	–	–	–	–	965	1 091
Южная Корея	189	190	219	243	290	346	390	420	467	540
Малайзия	–	–	–	–	–	–	–	–	478	565
Норвегия	380	386	411	437	469	501	506	515	569	642
Сингапур	–	–	–	–	–	–	–	–	–	167
Чили	–	–	–	–	–	–	–	–	–	428
Швейцария	442	457	492	518	518	535	537	541	561	615

ПРИЛОЖЕНИЕ М

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ РЕЙТИНГ УМНЫХ ГОРОДОВ, 2025 Г.

(составлено по: [693; 703; 704; 706; 707; 718])

Прочие города с населением более 3 млн чел.

Город	Население, тыс. чел.	EPSI	GPCI	GCI	GCO	IESE	CI	R_{smart}
Майами	6 208	25	—	24	51	43	—	26
Тайбэй	9 076	29	24	46	26	35	23	27
Роттердам	3 469	6	—	—	—	23	41	28
Сан-Диего	3 291	21	—	—	—	62	—	29
Монреаль	4 272	17	—	29	20	41	81	30
Милан	3 148	37	32	30	28	61	97	31
Даллас	6 474	31	—	45	54	53	—	32
Манчестер	3 162	10	—	—	—	37	64	33
Детройт	3 522	36	—	—	—	84	—	34
Осака	19 067	33	18	50	36	81	99	35
Филадельфия	5 752	22	—	54	53	60	100	36
Кельн	3 143	20	—	—	—	52	—	37
Рим	4 295	40	—	27	43	65	139	38
Финикс	4 642	34	—	77	18	77	105	39
Пусан	3 467	28	—	—	—	—	60	40
Шэньчжэнь	12 796	42	—	65	71	94	50	42
Гуанчжоу	13 917	46	—	53	91	109	55	43
Бирмингем	3 784	—	—	—	—	47	80	44
Куала-Лумпур	8 389	50	37	72	70	104	65	45
Ханчжоу	8 016	43	—	75	85	—	54	47
Нанкин	9 387	45	—	86	76	—	58	48
Сантьяго	6 850	44	—	59	69	89	120	49
Рио-де-Жанейро	13 621	—	—	67	120	—	146	50

Города с населением 0,6–3 млн чел.

Город	Население, тыс. чел.	EPSI	GPCI	GCI	GCO	IESE	CI	R_{smart}
Амстердам	1 164	4	7	19	22	12	17	1
Копенгаген	1 368	1	11	42	5	7	7	2
Цюрих	1 418	5	21	37	10	14	1	3
Стокгольм	1 675	2	17	35	17	20	18	4
Мюнхен	1 564	12	—	40	1	15	24	5
Дарем	642	18	—	—	—	—	—	6
Осло	1 068	3	—	60	21	8	2	7
Бостон	650	8	27	26	16	18	35	8
Вена	1 957	13	16	25	38	32	26	9
Гамбург	1 788	15	—	—	—	17	20	10
Хельсинки	1 326	7	33	61	9	28	11	11
Портленд	2 193	17	—	—	—	—	—	12
Дублин	1 253	38	30	44	8	38	66	13
Франкфурт	790	25	19	34	11	29	—	14
Брюссель	2 121	21	28	17	47	66	48	15
Остин	2 167	11	—	—	—	46	—	16

Город	Население, тыс. чел.	EPSI	GPCI	GCI	GCO	IESE	CI	R_{smart}
Ванкувер	2 628	14	36	47	29	67	53	17
Ганновер	1 211	19	–	–	–	–	59	18
Прага	1 317	43	–	48	50	68	12	19
Дюссельдорф	619	20	–	74	12	59	45	20
Денвер	2 891	29	–	–	–	54	53	21
Питтсбург	1 699	22	–	–	–	–	–	22
Гетеборг	607	6	–	–	–	51	40	23
Киото	1 464	32	–	–	–	–	–	24
Эдинбург	656	10	–	–	–	30	–	25
Балтимор	2 341	30	–	–	–	72	–	26
Окленд	1 648	49	–	–	–	42	25	27
Штутгарт	634	33	–	–	–	48	–	28
Лион	1 745	45	–	–	–	55	73	29
Тель-Авив	4 332	–	–	–	–	–	96	30
Малага	6 011	41	–	–	–	98	–	31
Глазго	1 687	23	–	–	–	65	95	32
Фукуока	1 461	46	40	–	–	–	–	33
Аделаида	1 354	44	–	–	–	–	–	34
Утрехт	1 295	9	–	–	–	–	–	35
Антверпен	1 052	34	–	–	–	79	–	36
Бильбао	854	36	–	–	–	105	29	37
Лейпциг	600	39	–	–	–	–	–	38
Дортмунд	600	16	–	–	–	–	–	39
Индианаполис	1 854	40	–	–	–	–	–	40
Солт-Лейк-Сити	1 190	35	–	–	–	–	–	41
Карлсруэ	641	27	–	–	–	–	–	42
Валенсия	836	37	–	–	–	80	–	43
Бордо	989	48	–	–	–	–	77	44
Болонья	811	50	–	–	–	–	83	45
Ньюкасл	817	24	–	–	–	–	75	46
Тулуза	1 047	47	–	–	–	–	–	47
Монпелье	1 098	42	–	–	–	–	–	48
Тэджон	1 500	28	–	–	–	–	–	49
Квебек	837	–	–	–	–	–	–	50

Города с населением менее 0,6 млн чел.

Город	Население, тыс. чел.	EPSI	GPCI	GCI	GCO	IESE	CI	R_{smart}
Лунд	107	1	–	–	–	–	–	1
Кембридж	124	1	–	–	–	–	–	2
Ставангер	146	2	–	–	–	–	–	3
Эспоо	314	3	–	–	–	–	–	4
Мальме	329	4	–	–	–	–	–	5
Ольборг	118	5	–	–	–	–	–	6
Орхус	290	6	–	–	–	–	–	7
Тронхейм	212	7	–	–	–	–	–	8
Берген	291	8	–	–	–	–	–	9
Порвоо	51	9	–	–	–	–	–	10
Лозанна	141	16	–	–	–	–	10	11
Тромсе	77	11	–	–	–	–	–	12

Город	Население, тыс. чел.	EPSI	GPCI	GCI	GCO	IESE	CI	R_{smart}
Санта-Барбара	88	13	–	–	–	–	–	13
Оксфорд	151	14	–	–	–	–	–	14
Вантаа	248	17	–	–	–	–	–	15
Куопио	124	18	–	–	–	–	–	16
Оулу	214	19	–	–	–	–	–	17
Турку	202	20	–	–	–	–	–	18
Тампере	345	21	–	–	–	–	–	19
Росток	208	22	–	–	–	–	–	20
Маастрихт	120	23	–	–	–	–	–	21
Дармштадт	162	24	–	–	–	–	–	22
Кортрейк	77	26	–	–	–	–	–	23
Инсбрук	130	27	–	–	–	–	–	24
Лахти	120	29	–	–	–	–	–	25
Мехелен	86	30	–	–	–	–	–	26
Анже	157	31	–	–	–	–	–	27
Йорк	210	32	–	–	–	–	–	28
Мюнстер	320	34	–	–	–	–	–	29
Женева	203	12	34	43	14	50	3	30
Авейру	78	35	–	–	–	–	–	31
Аликанте	374	36	–	–	–	–	–	32
Пиза	88	39	–	–	–	–	–	33
Фрайбург	236	42	–	–	–	–	–	34
Пхохан	362	44	–	–	–	–	–	35
Намюр	107	46	–	–	–	–	–	36
Тренто	118	48	–	–	–	–	–	37
Таллинн	451	33	–	–	–	73	22	38
Канберра	466	45	–	–	–	45	8	39
Веллингтон	418	47	–	–	–	60	30	40
Зальцбург	155	41	–	–	–	–	–	41
Линц	426	25	–	–	–	90	–	42
Грац	292	28	–	–	–	–	–	43
Братислава	438	40	–	–	–	93	57	44
Левен	101	15	–	–	–	–	–	45
Реймс	182	37	–	–	–	–	–	46
Дижон	153	38	–	–	–	–	–	47
Вуллонгонг	309	50	–	–	–	–	–	48
Крайстчерч	401	–	–	–	–	–	–	49
Турне	69	–	–	–	–	–	–	50

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

КОМПОНЕНТНАЯ ОЦЕНКА УМНЫХ ГОРОДОВ, 2025 Г., БАЛЛЫ

По EasyPark Smart City Index (EPSI) (составлено по: [718])

Прочие города с населением более 3 млн чел.

Город	Адаптация граждан	Гибкость управления	Техническое образование	Развитие паркинга	Управление трафиком	Экологичный транспорт	Инновации бизнеса	Электронная система оплаты	Доступ к интернету	Управление отходами
Атланта	89,3	97,9	68,7	75,8	86,4	66,6	78,9	73,3	72,2	67,9
Миннеаполис	83,8	92,4	61,3	79,8	100,0	67,5	67,6	73,3	73,0	67,9
Форт-Уэрт	75,8	89,2	55,5	70,9	94,6	70,7	50,4	73,3	78,0	67,9
Шанхай	56,4	51,2	79,6	77,7	76,7	81,9	65,4	58,3	66,1	50,0
Хьюстон	78,5	90,2	60,2	72,0	84,7	58,6	57,0	73,3	72,9	67,9
Майами	89,1	92,8	57,4	81,8	75,6	59,1	76,8	73,3	78,1	67,9
Тайбэй	82,6	74,2	64,4	76,2	71,7	98,4	57,1	67,6	79,1	100,0
Роттердам	84,1	94,8	62,0	86,0	83,5	90,9	52,1	100,0	78,2	71,7
Сан-Диего	80,4	91,1	64,9	71,8	91,5	69,6	60,6	73,3	77,6	67,9
Монреаль	82,2	78,8	71,3	73,4	84,1	81,8	57,9	86,1	71,7	71,0
Милан	68,6	57,6	55,9	74,7	86,0	97,2	55,9	72,3	70,0	72,9
Даллас	82,9	91,5	56,3	73,1	73,1	65,6	63,7	73,3	72,3	67,9
Манчестер	74,0	74,6	67,9	94,6	84,1	79,2	54,7	81,6	71,5	73,4
Детройт	80,5	93,8	58,2	72,8	84,5	54,7	56,4	73,3	70,2	67,9
Осака	74,4	77,3	58,1	60,0	74,7	93,1	50,0	68,9	79,3	71,1
Филадельфия	85,5	91,6	69,1	74,5	83,9	68,7	64,6	73,3	72,7	67,9
Кельн	77,0	82,1	54,3	83,8	82,2	81,1	51,7	80,6	73,2	80,0
Рим	64,3	57,6	60,9	65,7	78,3	76,3	50,1	72,3	69,0	72,9
Финикс	77,5	87,0	59,0	71,0	89,0	69,9	52,6	73,3	72,2	67,9
Пусан	84,4	96,6	53,9	69,8	96,5	79,4	50,0	82,8	78,8	81,9
Шэньчжэнь	55,0	51,7	69,6	71,3	80,2	84,5	63,1	58,3	65,9	50,0
Гуанчжоу	52,4	50,6	65,8	69,7	77,7	82,5	57,7	58,3	66,0	50,0
Куала-Лумпур	65,8	58,5	58,8	52,4	78,2	50,0	53,6	65,3	50,0	51,9
Санкт-Петербург	72,7	66,0	58,7	64,3	50,0	70,5	50,0	54,8	64,1	59,6
Ханчжоу	56,9	52,8	63,7	70,5	81,2	82,7	68,1	58,3	65,8	50,0
Нанкин	51,6	51,8	72,1	69,3	80,2	85,0	53,9	58,3	65,9	50,0
Сантьяго	65,9	59,2	57,1	59,4	82,1	80,7	51,4	52,3	61,9	60,6

Города с населением 0,6–3 млн чел.

Город	Адаптация граждан	Гибкость управления	Техническое образование	Развитие паркинга	Управление трафиком	Экологичный транспорт	Инновации бизнеса	Электронная система оплаты	Доступ к интернету	Управление отходами
Дюссельдорф	74,6	80,0	61,7	73,5	67,8	68,0	54,8	76,7	66,7	94,3
Денвер	85,4	93,1	55,5	65,4	71,7	50,0	84,8	67,9	65,8	56,8
Питтсбург	80,7	92,8	76,1	75,8	70,4	51,2	75,9	67,9	76,8	56,8
Гетеборг	84,5	94,2	61,6	74,7	72,3	74,6	54,4	98,8	82,5	81,4
Киото	67,9	75,3	65,8	61,2	89,9	81,6	50,5	62,6	96,7	66,6
Эдинбург	71,7	75,7	73,6	98,1	61,9	70,9	67,7	77,8	64,0	73,7
Балтимор	76,2	92,0	72,8	51,9	82,6	69,6	69,2	67,9	64,5	56,8
Окленд	50,0	50,0	63,8	58,1	58,8	56,2	55,4	80,7	72,8	85,6
Штутгарт	69,7	81,6	61,5	50,6	61,7	74,0	51,0	76,7	63,6	94,3
Лион	60,7	65,2	57,3	75,1	67,6	68,6	51,6	78,1	50,8	65,0
Малага	69,5	64,7	56,5	82,5	78,1	72,2	50,2	62,1	78,7	60,3
Глазго	64,8	71,4	62,6	86,9	68,3	63,3	52,4	77,8	61,9	73,7
Фукуока	67,2	76,1	57,0	56,5	55,8	75,0	50,0	62,6	89,7	66,6
Аделаида	64,5	72,0	67,6	65,3	65,6	65,1	50,0	78,5	69,9	73,3
Утрехт	83,2	93,1	59,1	78,1	72,6	80,1	54,8	100,0	77,7	68,4
Антверпен	71,2	72,4	63,5	85,4	61,8	50,1	52,7	93,8	69,6	82,6
Бильбао	71,0	69,1	57,1	83,3	75,1	75,3	54,1	62,1	69,4	60,3
Лейпциг	70,3	80,0	51,5	50,9	63,3	76,7	50,9	76,7	58,5	94,3
Дортмунд	68,0	80,0	62,1	74,0	100,0	74,9	50,0	76,7	64,4	94,3
Индианаполис	75,2	88,5	52,2	76,8	82,5	55,9	61,2	67,9	68,9	56,8
Солт-Лейк-Сити	80,5	90,1	60,3	63,1	68,7	58,1	79,3	67,9	65,5	56,8
Карлсруэ	69,5	80,0	66,2	50,0	74,4	76,2	53,0	76,7	70,9	94,3
Валенсия	75,9	66,4	59,1	82,0	73,8	72,5	59,3	62,1	68,9	60,3
Бордо	60,4	65,2	56,7	72,9	67,3	68,2	50,4	78,1	50,0	65,0
Болонья	53,1	57,1	65,2	65,1	74,3	72,7	51,0	66,7	60,5	72,2
Ньюкасл	63,0	71,4	64,9	86,3	64,3	65,5	51,0	77,8	62,5	73,7
Тулуза	58,8	65,2	59,4	72,8	71,8	65,3	50,3	78,1	53,1	65,0
Монпелье	66,2	65,2	58,4	74,1	68,1	67,8	56,1	78,1	59,5	65,0
Тэджон	81,6	93,6	63,4	72,8	68,4	65,5	50,1	79,3	100,0	100,0

Города с населением менее 0,6 млн чел.

Город	Адаптация граждан	Гибкость управления	Техническое образование	Развитие паркинга	Управление трафиком	Экологичный транспорт	Инновации бизнеса	Электронная система оплаты	Доступ к интернету	Управление отходами
Росток	72,8	79,4	50,0	75,1	99,8	70,4	50,0	75,0	67,9	94,7
Маастрихт	86,5	90,6	66,6	69,0	64,9	68,7	56,7	100,0	72,8	71,0
Дармштадт	73,9	79,4	66,8	72,7	91,5	67,9	50,1	75,0	68,6	94,7
Кортрейк	73,8	71,9	65,1	74,2	63,4	100,0	50,6	93,4	72,5	84,0
Инсбрук	68,9	77,1	59,5	82,8	63,2	82,1	50,1	61,4	64,8	71,8
Лахти	78,6	90,1	55,0	73,4	50,0	62,7	50,0	92,9	74,8	67,2
Мехелен	73,7	71,9	98,7	73,8	53,2	56,3	51,9	93,4	76,4	84,0
Анже	61,0	64,9	54,1	81,9	79,9	63,4	50,0	76,5	61,4	67,8
Йорк	69,2	71,0	61,8	76,0	60,0	53,3	54,5	76,2	65,6	75,9
Мюнстер	74,5	83,8	58,8	71,2	57,1	69,5	50,0	75,0	72,7	64,6
Женева	76,4	84,8	59,9	94,8	50,1	61,4	60,9	79,0	92,4	81,1
Авейру	61,0	61,3	56,8	73,5	100,0	69,9	54,2	56,4	50,0	60,3
Аликанте	75,9	64,4	57,6	74,9	67,9	57,9	54,6	59,3	72,1	63,5
Пиза	56,4	55,5	64,0	65,4	95,2	78,6	51,4	64,2	64,9	74,5
Фрайбург	74,5	79,4	61,8	54,4	59,3	71,7	50,0	75,0	63,5	64,6
Пхохан	84,9	92,8	59,6	55,1	57,5	58,9	50,0	77,8	62,9	100,0
Намюр	72,9	71,9	64,0	54,6	58,7	51,8	50,1	93,4	68,0	84,0
Тренто	54,9	55,5	62,2	64,9	61,6	73,6	53,1	64,2	63,7	74,5
Таллинн	93,3	84,8	56,4	57,8	51,1	71,2	88,9	90,3	68,5	53,0
Канберра	68,2	73,1	64,2	61,4	60,4	59,2	50,0	77,0	68,8	75,5
Веллингтон	55,8	52,8	54,6	57,0	54,6	64,2	62,0	79,3	73,3	86,8
Зальцбург	71,1	77,1	52,2	64,1	52,6	75,5	50,5	61,4	65,8	71,8
Линц	71,8	77,1	58,1	83,2	65,4	79,1	58,1	61,4	65,1	71,8
Грац	74,0	77,1	58,0	83,0	54,6	73,1	64,6	61,4	63,6	71,8
Братислава	69,3	54,9	55,8	77,8	52,7	74,7	56,8	50,0	67,8	50,0
Левен	75,6	71,9	100,0	84,0	57,6	81,9	63,4	93,4	72,8	84,0
Реймс	61,0	64,9	51,7	81,5	67,3	66,3	50,0	76,5	65,5	67,8
Дижон	61,7	64,9	54,1	82,2	63,9	60,0	50,4	76,5	63,9	67,8
Вуллонгонг	66,8	69,6	65,0	50,0	62,7	53,8	50,3	77,0	55,7	75,5

По IESE Cities in Motion Index (составлено по: [706])

Прочие города с населением более 3 млн чел.

Город	«Умная экономика»	«Умный человек»	«Умная окружающая среда»	«Умное управление»	Городское планирование	«Умные технологии»	Мобильность и транспорт
Шанхай	77,6	83,6	10,4	33,3	39,9	70,5	96,7
Хьюстон	97,8	74,3	18,6	72,7	83,1	93,4	24,0
Майами	87,4	91,8	16,4	71,6	72,7	90,2	70,0
Тайбэй	61,8	91,3	55,7	97,3	71,0	62,3	84,7
Роттердам	68,9	57,9	78,7	76,5	97,3	91,8	84,2
Сан-Диего	90,7	83,1	31,2	91,8	43,7	88,0	57,9
Монреаль	60,1	72,1	72,1	54,1	94,0	59,6	35,5
Милан	63,4	88,5	55,2	49,7	63,4	50,3	90,7
Даллас	92,4	88,0	33,3	70,5	19,7	81,4	78,1
Манчестер	80,9	82,5	78,1	61,8	84,2	66,1	76,0
Детройт	83,6	84,7	21,3	68,3	88,0	82,5	43,7
Осака	65,0	46,5	79,2	62,8	42,1	86,3	51,9
Филадельфия	91,3	90,2	26,2	76,0	76,0	89,1	34,4
Кельн	47,5	87,4	71,6	67,8	79,2	65,0	90,2
Рим	51,4	63,4	49,7	85,3	73,8	43,7	86,3
Финикс	89,6	66,7	25,7	66,1	48,1	80,9	37,2
Москва	49,7	75,4	19,7	43,2	49,7	55,2	66,7
Шэньчжэнь	72,1	20,2	13,1	6,6	37,7	63,9	94,5
Гуанчжоу	63,9	23,0	9,8	13,7	43,2	74,9	92,9
Бирмингем	81,4	72,7	83,1	63,4	57,4	45,4	66,1
Куала-Лумпур	62,3	37,2	21,9	25,7	33,9	35,5	62,8
Санкт-Петербург	31,7	60,7	17,5	86,9	0,6	39,3	44,3
Сантьяго	67,8	58,5	58,5	60,7	69,4	39,9	73,8

Города с населением 0,6–3 млн чел.

Город	«Умная экономика»	«Умный человек»	«Умная окружающая среда»	«Умное управление»	Городское планирование	«Умные технологии»	Мобильность и транспорт
Амстердам	78,7	80,3	91,8	77,6	92,4	94,0	88,5
Копенгаген	74,3	74,9	97,8	88,5	86,9	87,4	82,5
Цюрих	90,2	85,8	87,4	90,7	61,8	86,9	72,7
Стокгольм	79,2	73,8	96,2	83,1	55,7	90,7	89,1
Мюнхен	65,6	78,1	89,6	73,2	95,1	76,5	93,4
Осло	85,8	89,6	98,4	93,4	81,4	84,2	81,4
Бостон	92,9	98,4	33,9	91,3	67,2	83,6	39,9
Вена	57,4	80,9	93,4	87,4	93,4	51,9	95,1
Гамбург	54,1	92,9	83,6	79,2	96,2	68,3	92,4
Хельсинки	77,1	65,0	95,6	88,0	88,5	72,7	76,5
Дублин	96,2	48,6	76,5	61,2	68,9	33,3	63,9
Франкфурт	60,7	77,1	84,7	64,5	68,3	69,4	89,6
Брюссель	67,2	39,3	66,7	80,3	66,1	48,1	91,3
Остин	86,9	86,3	37,7	72,1	77,6	88,5	69,4
Ванкувер	59,6	47,0	80,3	48,6	92,9	58,5	48,1
Прага	33,3	82,0	91,3	63,9	77,1	83,1	83,6
Дюссельдорф	51,9	60,1	77,6	53,0	60,7	62,8	91,8
Денвер	91,8	78,7	25,1	68,9	66,7	91,3	61,2
Гетеборг	70,0	61,8	97,3	59,6	62,3	77,1	60,1
Эдинбург	76,5	93,4	94,0	65,6	41,5	65,6	43,2
Балтимор	85,3	66,1	40,4	74,9	89,6	74,3	63,4
Окленд	66,7	64,5	82,0	78,1	58,5	59,0	62,3
Штутгарт	58,5	71,0	90,7	39,9	75,4	63,4	86,9
Лион	82,0	68,3	70,5	55,7	73,2	70,0	88,0
Малага	26,2	59,0	67,2	39,3	40,4	54,6	87,4
Глазго	64,5	67,2	88,5	65,0	65,6	54,1	38,3
Антверпен	57,9	42,6	64,5	45,9	70,0	34,4	85,8
Бильбао	29,0	27,3	68,3	35,0	51,4	56,3	59,6
Валенсия	31,2	39,9	73,8	77,1	63,9	67,2	82,0

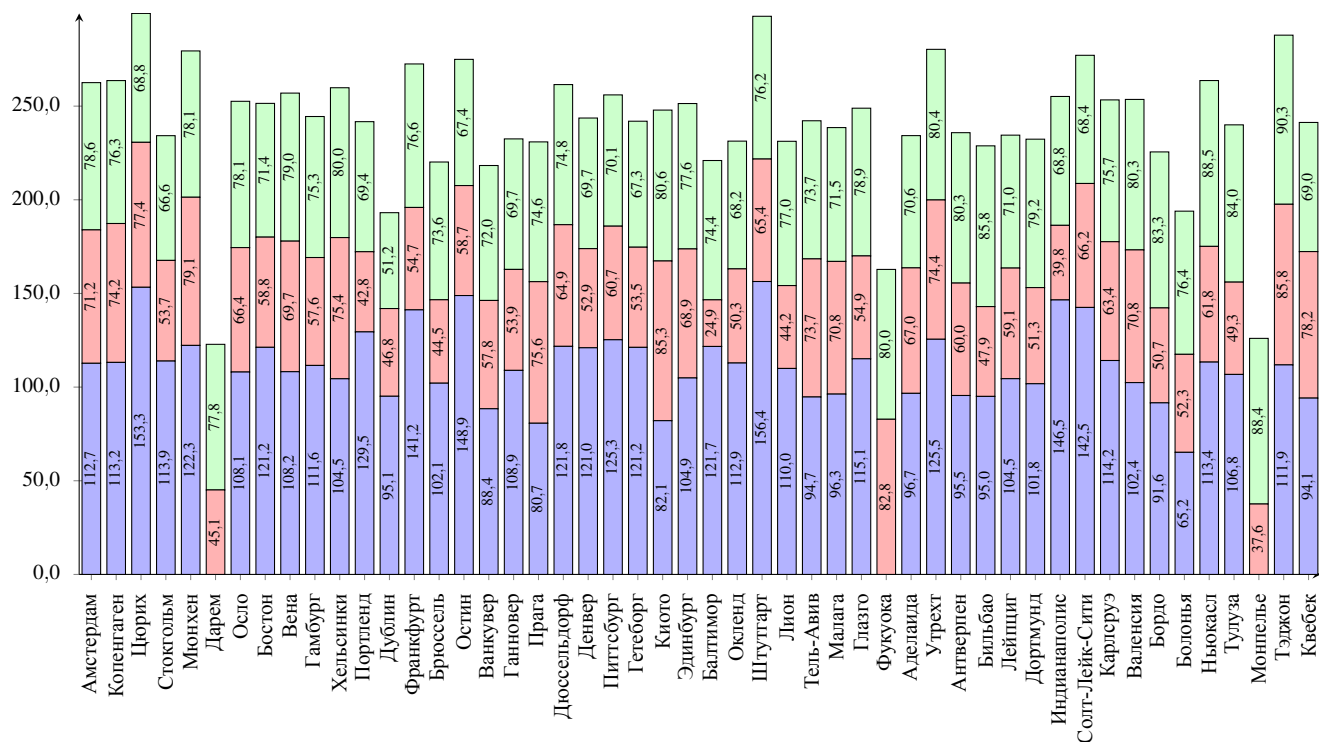
Города с населением менее 0,6 млн чел.

Город	«Умная экономика»	«Умный человек»	«Умная окружающая среда»	«Умное управление»	Городское планирование	«Умные технологии»	Мобильность и транспорт
Женева	84,7	45,9	69,4	89,1	50,3	80,3	42,6
Таллинн	54,6	55,7	94,5	52,5	59,6	61,2	53,0
Канберра	80,3	94,5	95,1	83,6	28,4	60,7	54,1
Веллингтон	53,6	85,3	96,7	78,7	24,0	66,7	57,4
Линц	43,7	53,6	92,9	34,4	55,2	31,7	73,2
Братислава	29,5	61,2	81,4	51,4	71,6	30,6	80,3

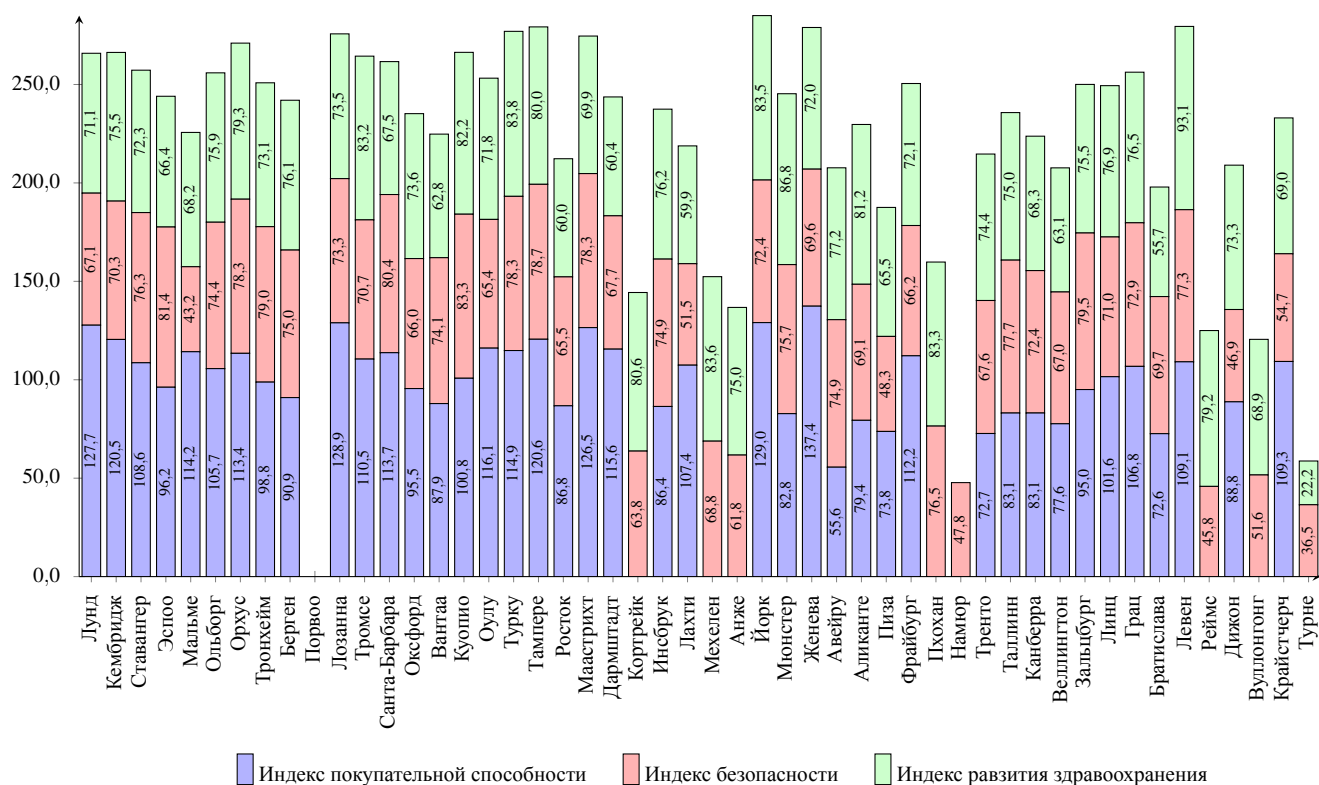
ПРИЛОЖЕНИЕ П

ОЦЕНКА УМНЫХ ГОРОДОВ МИРА В РАМКАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ, 2025 Г., БАЛЛЫ (составлено по: [706])

Критерий: выше—лучше

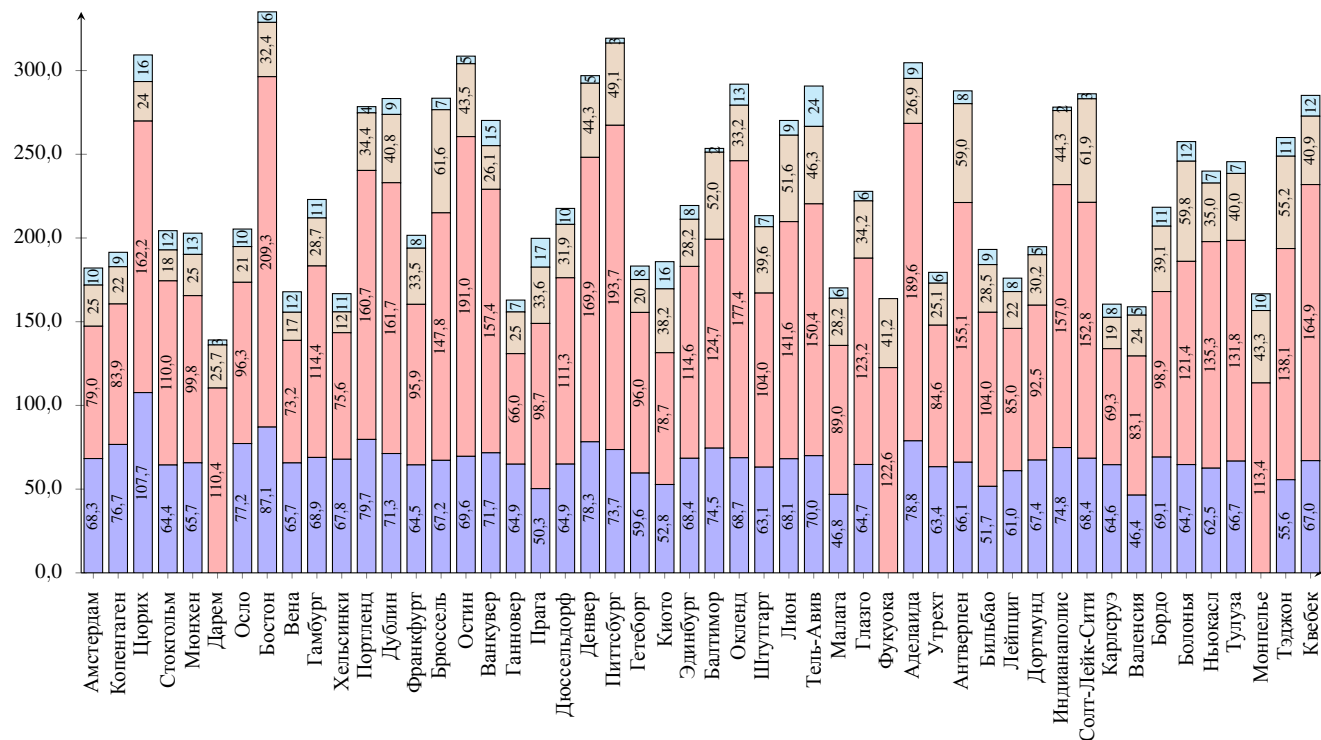


Города мира с населением 0,6–3 млн чел.

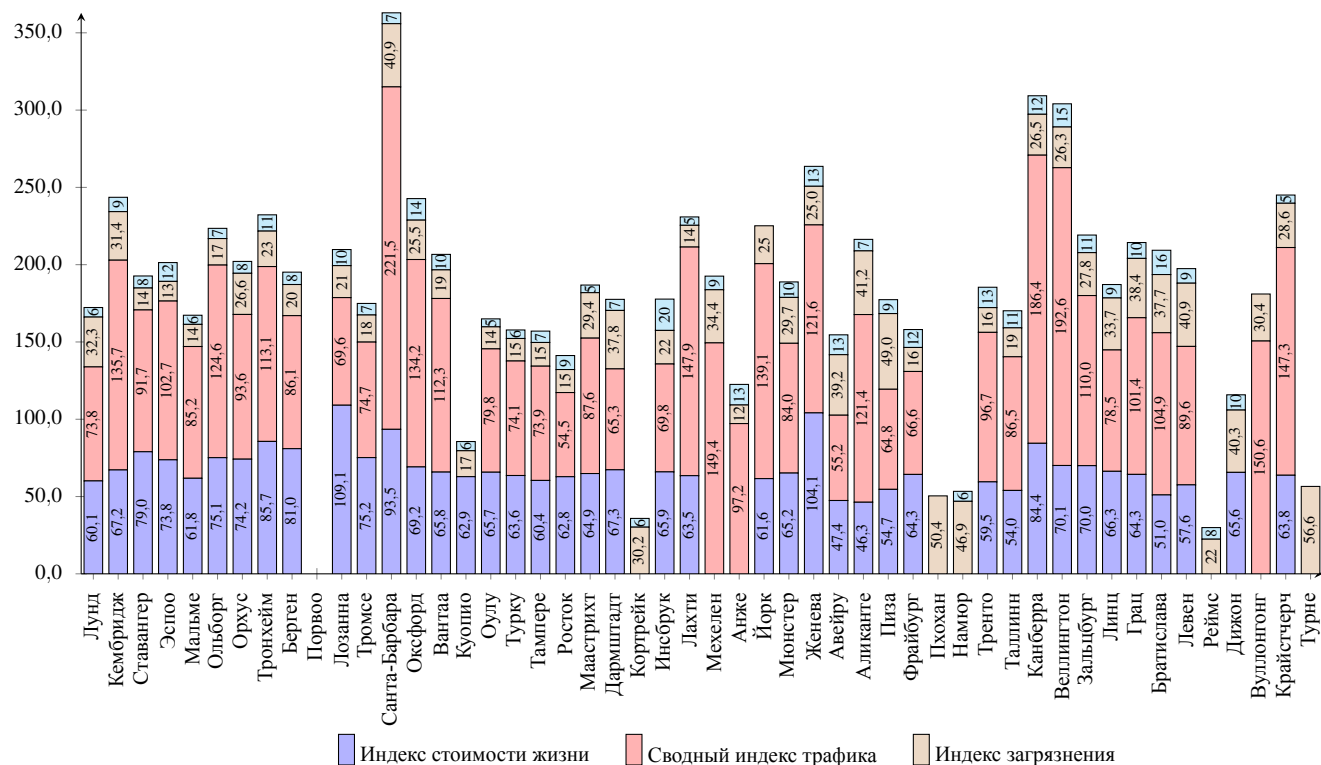


Города мира с населением менее 0,6 млн чел.

Критерий: ниже—лучше



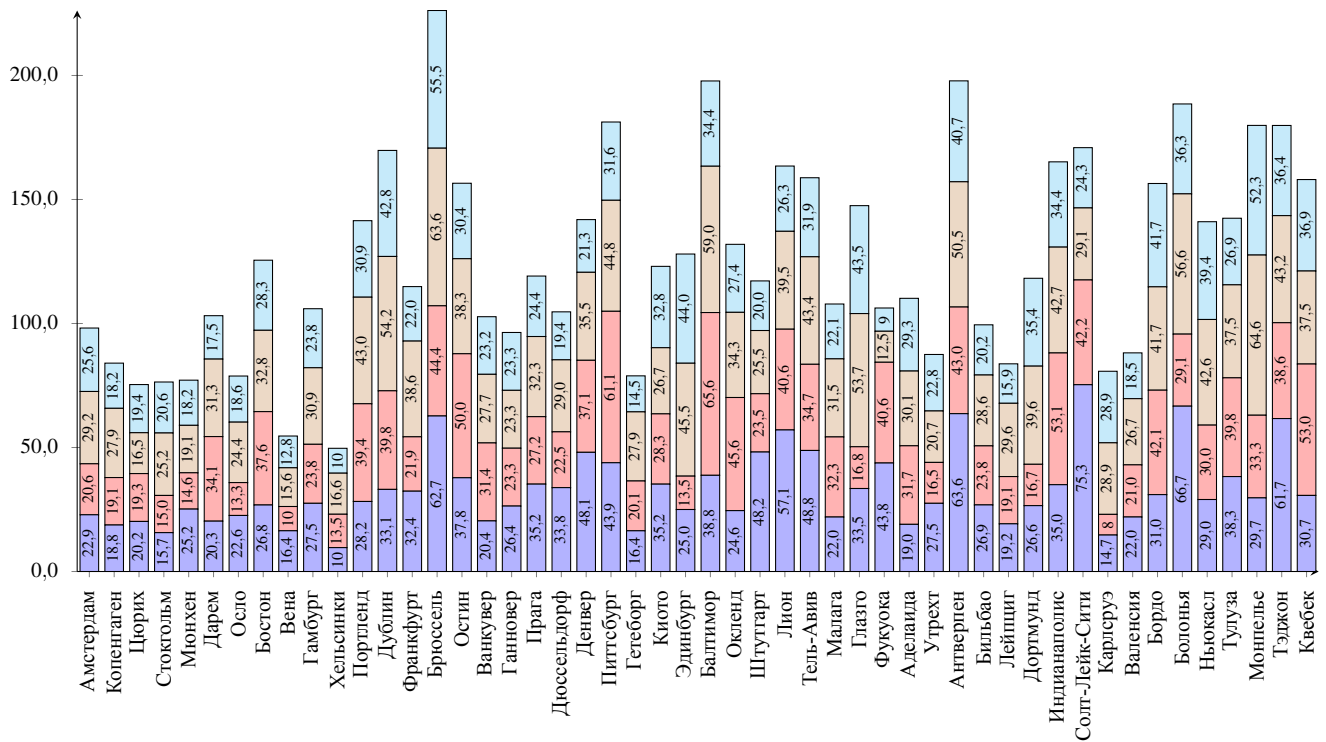
Города мира с населением 0,6–3 млн чел.



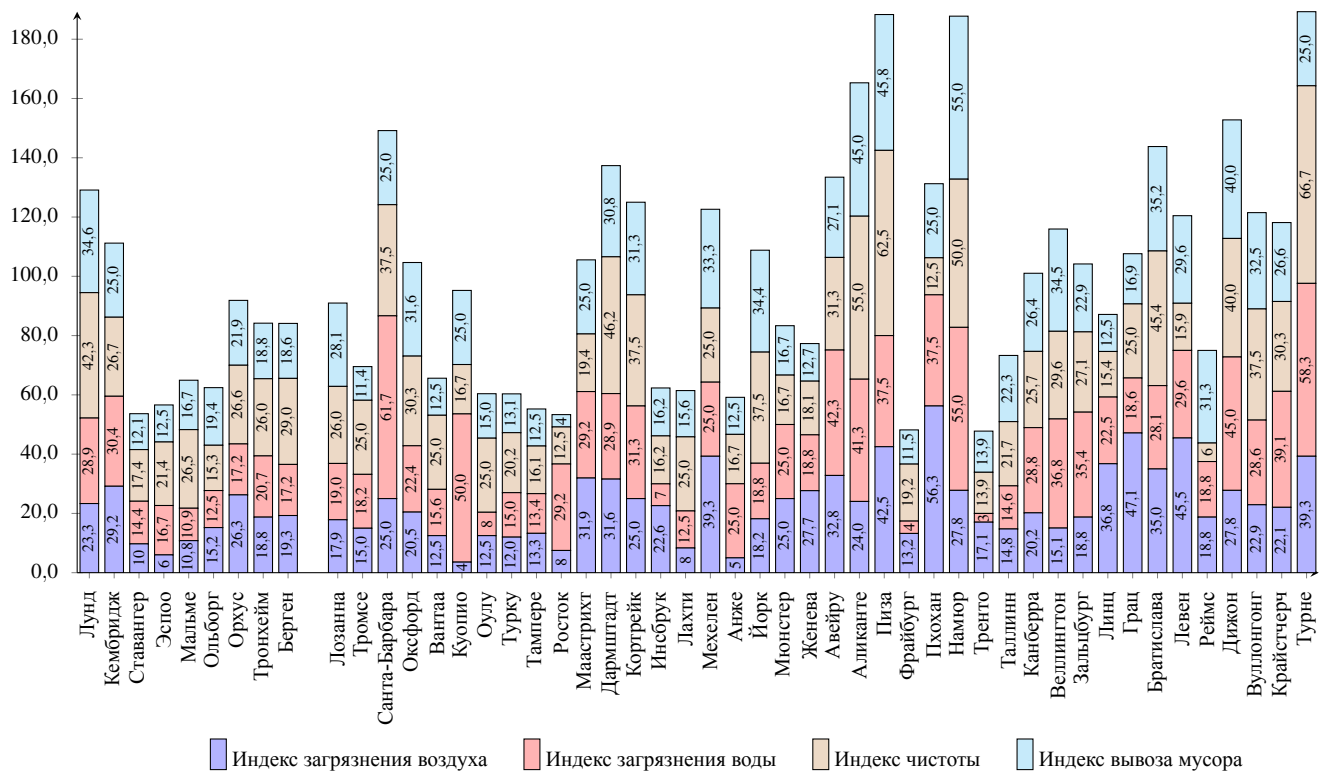
Города мира с населением менее 0,6 млн чел.

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПО УМНЫМ ГОРОДАМ МИРА, 2025 Г., БАЛЛЫ (КРИТЕРИЙ: НИЖЕ–ЛУЧШЕ) (составлено по: [712])



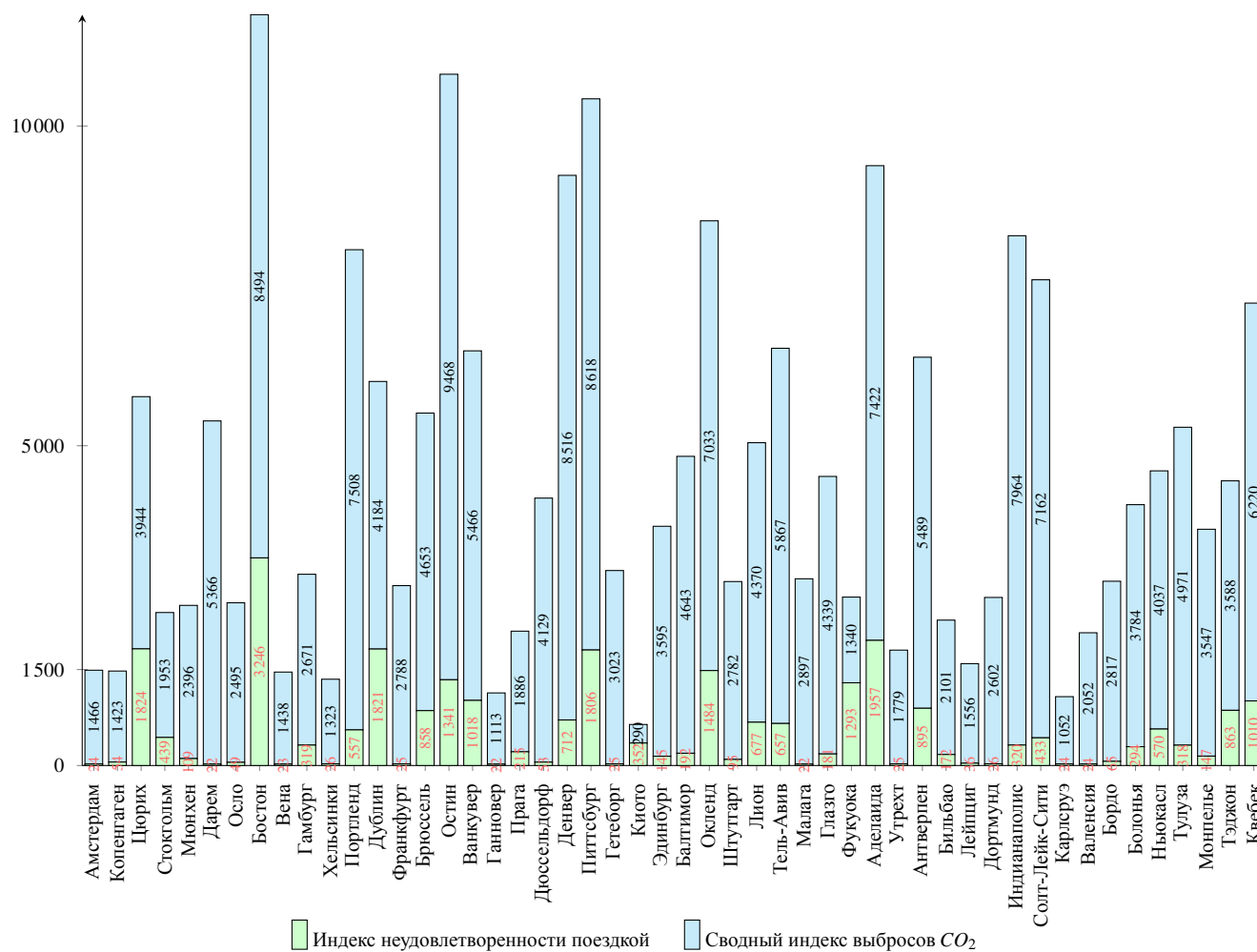
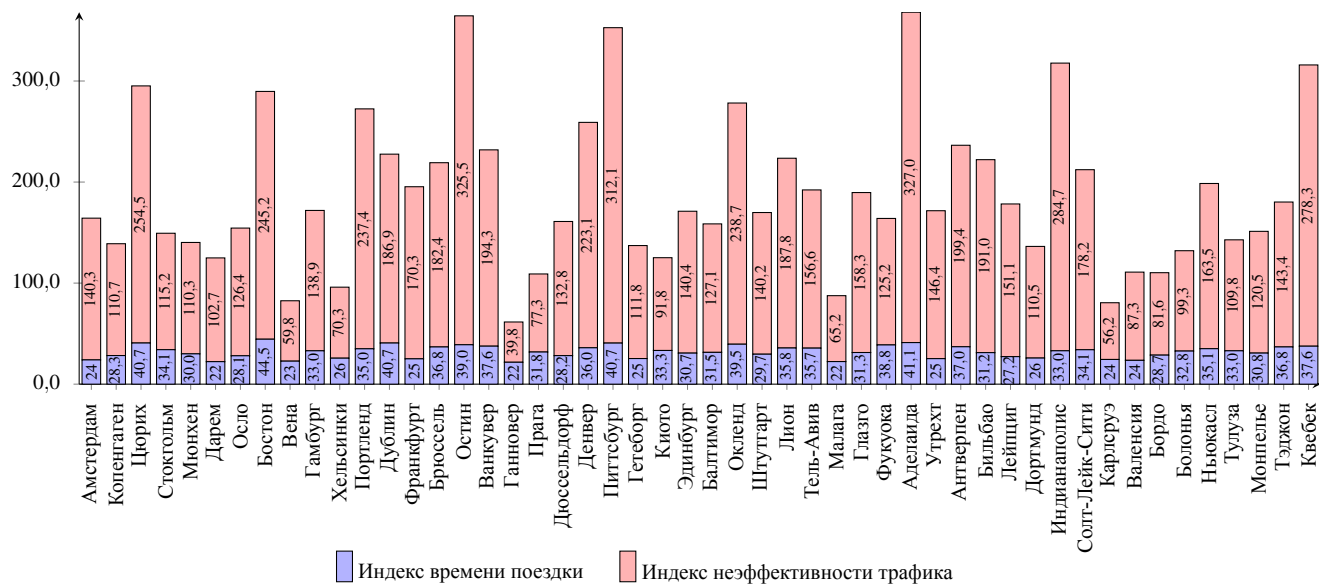
Города мира с населением 0,6–3 млн чел.



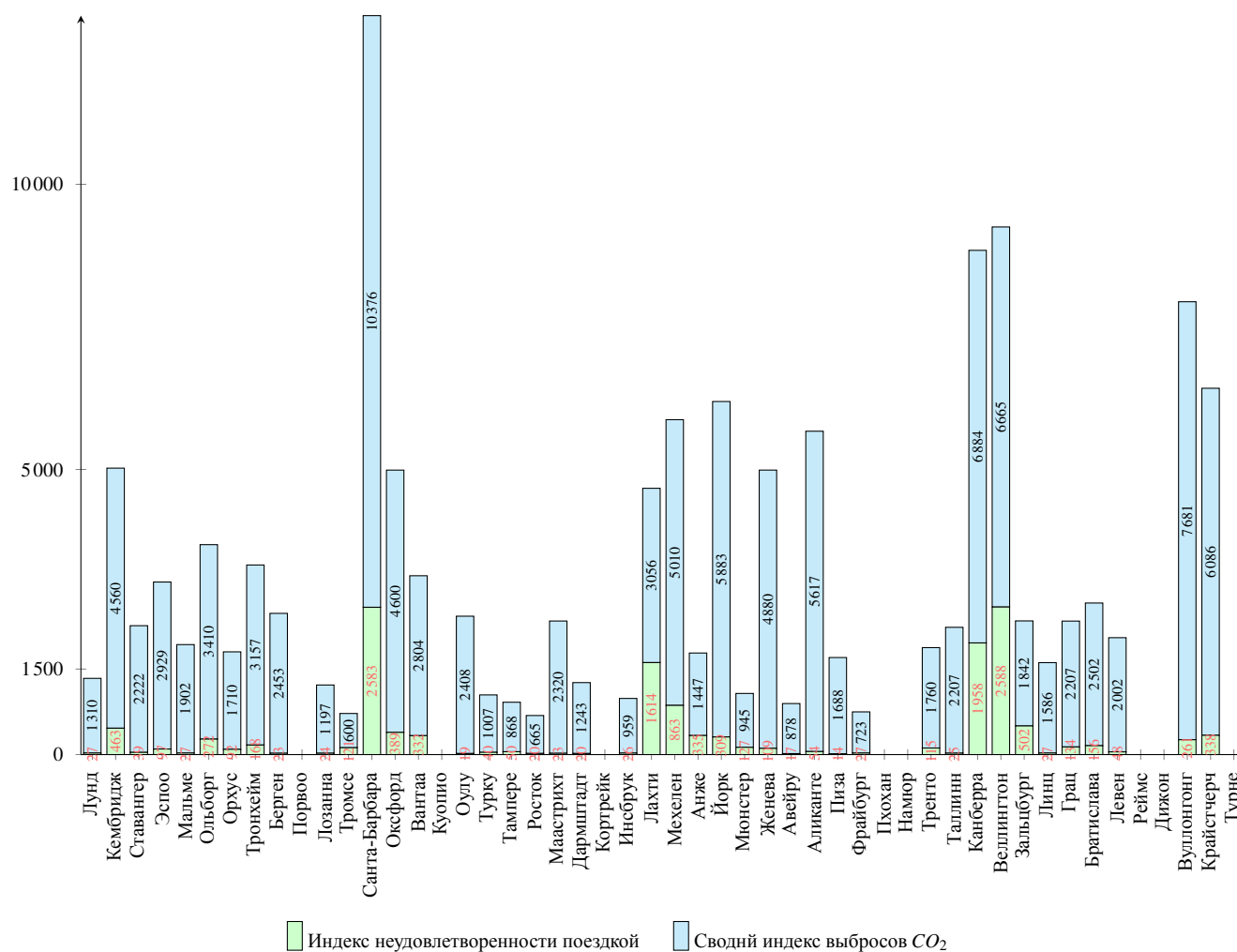
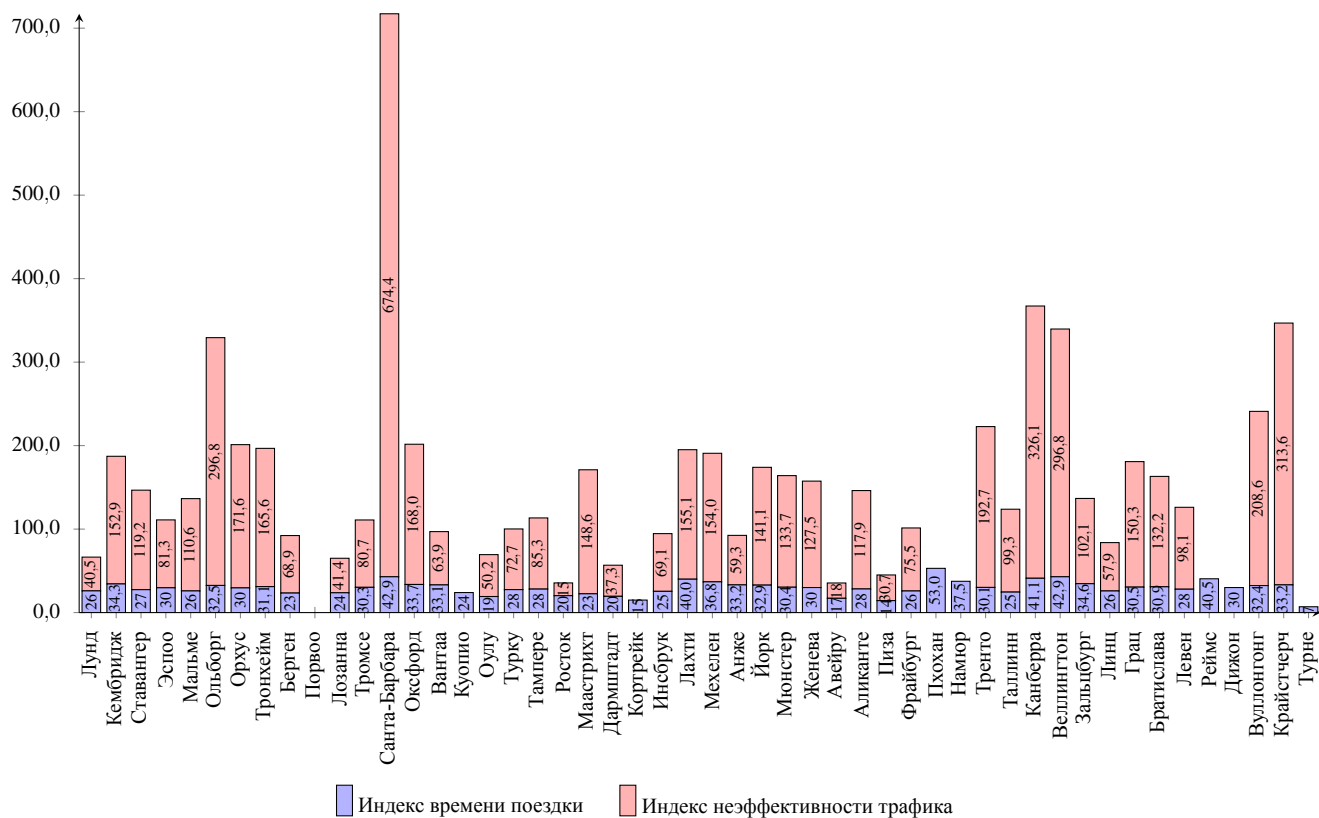
Города мира с населением менее 0,6 млн чел.

ПРИЛОЖЕНИЕ С

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТА ПО ГОРОДАМ МИРА, 2025 Г., БАЛЛЫ (КРИТЕРИЙ: НИЖЕ–ЛУЧШЕ) (составлено по: [712])



Города мира с населением 0,6–3 млн чел.



Города мира с населением менее 0,6 млн чел.

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

КАРТА МОБИЛЬНОСТИ В УМНЫХ ГОРОДАХ, 2025 Г., %

(составлено по: [712])

Прочие города с населением более 3 млн чел.

Город	Работа дома	Прогоуллка	Авто	Велосипед	Мотоцикл	Автобус	Метро (трамвай)	Среднее расстояние, км
Майами	0,83	4,17	90,83	3,33	—	0,83	—	21,50
Тайбэй	6,45	19,35	24,73	2,15	16,13	11,83	19,36	10,81
Роттердам	3,23	1,61	37,10	40,32	—	6,45	11,29	16,76
Сан-Диего	6,52	0,72	84,06	0,72	2,90	4,35	0,72	30,24
Монреаль	5,67	16,49	41,24	3,61	1,55	11,86	19,59	15,30
Милан	7,20	12,80	26,40	12,00	5,60	4,00	32,00	14,19
Даллас	4,67	2,80	86,92	0,93	1,87	0,93	1,87	31,14
Манчестер	4,00	20,00	40,00	8,00	—	18,00	10,00	14,37
Детройт	0,00	2,70	91,89	—	—	5,41	—	36,25
Осака	8,33	16,67	16,67	25,00	—	—	33,33	10,18
Филадельфия	10,00	16,67	56,67	6,67	1,67	1,67	6,67	23,25
Кельн	2,44	17,07	26,83	24,39	—	7,32	21,95	15,15
Рим	5,03	15,72	35,85	1,89	16,35	8,81	16,35	14,78
Финикс	3,70	3,70	90,74	—	—	1,85	—	27,81
Пусан	0,00	—	50,00	—	—	16,67	33,33	28,00
Шэньчжэнь	6,12	26,53	22,45	2,04	2,04	12,24	28,57	8,91
Гуанчжоу	0,00	26,92	34,62	7,69	—	23,08	7,69	13,59
Бирмингем	2,63	10,53	52,63	2,63	5,26	13,16	13,15	14,25
Куала-Лумпур	8,50	6,54	71,24	0,65	2,61	4,58	5,88	19,88
Ханчжоу	8,33	25,00	25,00	8,33	8,33	8,33	16,67	11,17
Нанкин	0,00	33,33	16,67	—	—	8,33	41,67	15,86
Сантьяго	3,16	18,95	32,63	9,47	4,21	14,74	16,84	11,82
Рио-де-Жанейро	4,41	7,35	38,97	1,47	—	33,82	13,97	17,31

Города с населением 0,6–3 млн чел.

Город	Работа дома	Прогоуллка	Авто	Велосипед	Мотоцикл	Автобус	Метро (трамвай)	Среднее расстояние, км
Амстердам	3,5	13,3	17,5	47,6	0,7	2,1	15,4	11,0
Копенгаген	2,0	15,7	13,7	41,2	0,7	10,5	16,3	11,5
Цюрих	4,0	15,1	19,7	13,8	3,3	13,2	30,9	22,6
Стокгольм	1,9	12,0	16,7	14,8	0,9	17,6	36,1	14,9
Мюнхен	4,1	11,0	26,9	22,8	0,7	3,5	31,0	13,5
Дарем	0,0	—	90,9	—	—	9,1	—	14,8
Осло	2,4	13,4	26,8	12,2	2,4	28,1	14,6	11,1
Бостон	5,1	10,1	65,7	4,0	—	5,1	10,1	22,6
Вена	0,0	17,1	23,7	17,8	0,7	5,3	35,5	7,8
Гамбург	4,0	17,1	25,0	14,5	1,3	9,2	29,0	14,8
Хельсинки	0,0	16,4	18,1	28,5	0,9	19,8	16,4	10,3
Портленд	1,9	1,3	78,9	5,8	1,3	7,1	3,9	22,1
Дублин	3,2	23,6	29,9	11,4	2,4	19,3	10,2	12,3
Франкфурт	6,3	20,8	35,4	6,3	6,3	4,2	20,8	11,9
Брюссель	3,4	12,4	37,1	13,5	—	9,0	24,7	14,2
Остин	2,2	3,2	89,8	1,6	1,1	2,2	—	29,7

Город	Работа дома	Прогоулка	Авто	Велосипед	Мотоцикл	Автобус	Метро (трамвай)	Среднее расстояние, км
Ванкувер	5,1	18,0	49,4	8,3	—	13,5	5,8	18,4
Ганновер	0,0	10,5	15,8	31,6	—	5,3	36,9	8,7
Прага	4,6	18,3	19,8	1,5	0,8	9,5	45,6	11,5
Дюссельдорф	2,6	18,0	46,2	15,4	2,6	2,6	12,8	13,7
Денвер	8,6	6,2	80,9	0,6	—	1,9	1,9	26,7
Питтсбург	2,6	5,3	76,3	—	—	13,2	2,6	28,7
Гетеборг	3,9	17,7	41,2	9,8	—	9,8	17,7	12,4
Киото	0,0	66,7	—	—	—	—	33,3	9,8
Эдинбург	4,2	27,1	35,4	6,3	2,1	20,8	4,2	10,5
Балтимор	2,9	14,3	54,3	2,9	—	5,7	20,0	20,8
Окленд	6,1	9,2	57,1	3,7	3,7	17,2	3,1	20,2
Штутгарт	8,0	18,0	28,0	16,0	2,0	2,0	26,0	13,8
Лион	8,6	14,3	37,1	11,4	—	11,4	17,2	16,0
Тель-Авив	2,7	9,3	49,3	14,7	8,0	13,3	2,7	17,1
Малага	5,6	16,7	55,6	11,1	5,6	5,6	—	9,7
Глазго	9,3	20,9	39,5	11,6	2,3	7,0	9,3	18,1
Фукуока	0,0	20,0	—	20,0	20,0	—	40,0	23,6
Аделаида	3,3	14,6	56,9	5,7	8,9	8,9	1,6	33,3
Утрехт	0,0	6,3	25,0	50,0	—	6,3	12,5	15,7
Антверпен	7,9	5,3	44,7	29,0	—	7,9	5,3	24,6
Бильбао	5,6	27,8	27,8	—	—	11,1	27,8	11,6
Лейпциг	4,6	13,6	27,3	18,2	—	4,6	31,8	11,8
Дортмунд	0,0	8,3	25,0	16,7	—	16,7	33,3	11,1
Индианаполис	2,0	4,1	91,8	—	—	2,0	—	32,7
Солт-Лейк-Сити	3,9	2,6	80,8	1,3	1,3	5,1	5,1	24,7
Карлсруэ	0,0	7,1	14,3	57,1	—	—	21,4	7,8
Валенсия	2,0	21,6	31,4	25,5	3,9	5,9	9,8	9,9
Бордо	11,8	11,8	29,4	23,5	—	5,9	17,7	9,3
Болонья	0,0	21,9	46,9	9,4	3,1	15,6	3,1	12,8
Ньюкасл	8,0	32,0	40,0	8,0	—	4,0	8,0	10,5
Тулуза	9,1	—	50,0	—	4,6	22,7	13,6	15,7
Монпелье	0,0	31,3	43,8	18,8	—	6,3	—	9,2
Тэджон	0,0	—	33,3	16,7	16,7	33,3	—	9,8
Квебек	0,0	13,0	60,9	2,2	10,9	13,0	—	25,3

Города с населением менее 0,6 млн чел.

Город	Работа дома	Прогоулка	Авто	Велосипед	Мотоцикл	Автобус	Метро (трамвай)	Среднее расстояние, км
Лунд	0,0	—	33,3	—	—	50,0	16,7	12,5
Кембридж	0,0	23,1	38,5	34,6	—	3,9	—	11,2
Ставангер	4,8	9,5	42,9	9,5	—	33,3	—	10,4
Эспоо	12,5	—	31,3	6,3	—	31,3	18,8	15,2
Мальме	11,8	29,4	23,5	23,5	—	11,8	—	10,8
Ольборг	0,0	14,3	28,6	35,7	—	21,4	—	16,0
Орхус	0,0	21,1	21,1	36,8	5,3	15,8	—	8,4
Тронхейм	3,5	24,1	24,1	24,1	6,9	17,2	—	17,2
Берген	0,0	30,4	39,1	8,7	—	17,4	4,4	9,2
Порвоо	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Лозанна	0,0	31,3	18,8	12,5	—	6,3	31,3	8,1
Тромсе	0,0	37,5	—	—	—	62,5	—	4,2

Город	Работа дома	Прогоулкa	Авто	Велосипед	Мотоцикл	Автобус	Метро (трамвай)	Среднее расстояние, км
Санта-Барбара	0,0	11,1	77,8	—	—	11,1	—	45,1
Оксфорд	3,6	14,3	35,7	32,1	—	14,3	—	9,8
Вантаа	12,5	37,5	37,5	—	—	—	12,5	19,4
Куопио	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Оулу	0,0	—	50,0	33,3	—	16,7	—	10,6
Турку	0,0	23,8	14,3	19,1	4,8	33,3	4,8	9,8
Тампере	0,0	26,1	8,7	13,0	—	47,8	4,4	7,1
Росток	20,0	40,0	20,0	20,0	—	—	—	2,6
Маастрихт	0,0	25,0	41,7	25,0	—	—	8,3	15,1
Дармштадт	10,0	30,0	20,0	20,0	—	10,0	10,0	5,3
Кортрейк	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Инсбрук	0,0	27,3	9,1	36,4	—	27,3	—	6,6
Лахти	0,0	40,0	—	—	—	40,0	20,0	12,7
Мехелен	0,0	—	33,3	50,0	—	—	16,7	15,8
Анже	0,0	16,7	16,7	33,3	—	33,3	—	7,7
Йорк	8,3	8,3	50,0	25,0	—	8,3	—	10,7
Мюнстер	0,0	—	12,5	50,0	—	25,0	12,5	19,9
Женева	2,1	18,8	47,9	10,4	2,1	18,8	—	12,1
Авейру	0,0	50,0	25,0	12,5	12,5	—	—	3,6
Аликанте	0,0	14,3	71,4	—	14,3	—	—	9,3
Пиза	0,0	44,4	33,3	11,1	—	11,1	—	5,3
Фрайбург	0,0	37,5	12,5	12,5	—	—	37,5	7,2
Пхохан	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Намюр	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Тренто	0,0	21,4	42,9	7,1	—	21,4	7,1	12,8
Таллинн	4,8	21,0	29,0	7,3	—	33,9	4,0	7,7
Канберра	1,6	5,6	61,6	5,6	6,4	16,0	3,2	33,8
Веллингтон	7,3	16,4	49,1	1,8	5,5	14,6	5,5	30,2
Зальцбург	0,0	10,0	20,0	20,0	—	50,0	—	12,5
Линц	0,0	20,0	30,0	20,0	—	10,0	20,0	11,6
Грац	0,0	18,5	29,6	33,3	—	7,4	11,1	13,4
Братислава	4,8	17,9	29,8	7,1	1,2	31,0	8,3	9,1
Левен	4,4	26,1	21,7	39,1	—	4,4	4,4	10,2
Реймс	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Дижон	0,0	—	—	—	—	—	—	—
Вуллонгонг	0,0	—	100,0	—	—	—	—	28,6
Крайстчерч	0,0	9,4	71,9	6,3	6,3	6,3	—	19,8
Турне	0,0	—	—	—	—	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ У

ПЕРЕГРУЖЕННОСТЬ ГОРОДОВ МИРА, 2025 Г.

(составлено по: [722])

Прочие города с населением более 3 млн чел.

Город	μ , %	V_{av} , км/ч	Задержка, мин		Потери из-за пробок в год	
			утром	вечером	времени, ч	денежные, у.е.
Майами	41,0	32,0	7,0	7,0	66,0	63,0
Тайбэй	37,0	23,0	9,0	9,0	79,0	74,0
Роттердам	34,0	33,0	5,0	5,0	58,0	144,0
Сан-Диего	23,0	54,0	4,0	4,0	30,0	78,0
Монреаль	38,0	25,0	10,0	10,0	85,0	152,0
Милан	45,0	17,0	18,0	18,0	137,0	144,0
Даллас	31,0	39,0	6,0	6,0	51,0	40,0
Манчестер	37,0	21,0	10,0	10,0	88,0	159,0
Детройт	13,0	59,0	1,0	1,0	17,0	44,0
Осака	35,0	25,0	7,0	7,0	58,0	93,0
Филадельфия	27,0	32,0	7,0	7,0	54,0	59,0
Кельн	28,0	27,0	7,0	7,0	53,0	96,0
Рим	41,0	19,0	14,0	14,0	107,0	177,0
Финикс	23,0	50,0	3,0	3,0	34,0	30,0
Пусан	37,7	35,7	8,7	8,7	75,1	117,7
Шэньчжэнь	50,1	24,0	12,7	12,7	111,6	169,9
Гуанчжоу	48,9	23,4	12,4	12,4	109,0	165,9
Бирмингем	18,0	51,0	8,0	8,0	26,0	142,0
Куала-Лумпур	43,0	28,0	9,0	9,0	81,0	48,0
Ханчжоу	34,4	32,5	7,9	7,9	68,4	107,3
Нанкин	45,6	21,8	11,6	11,6	101,7	154,8
Сантьяго	43,0	24,0	11,0	11,0	93,0	149,0
Рио-де-Жанейро	51,0	27,0	9,0	9,0	81,0	86,0

Города с населением 0,6–3 млн чел.

Город	μ , %	V_{av} , км/ч	Задержка, мин		Потери из-за пробок в год	
			утром	вечером	времени, ч	денежные, у.е.
Амстердам	37,0	31,0	6,0	6,0	55,0	129,0
Копенгаген	26,0	29,0	8,0	8,0	58,0	118,0
Цюрих	38,0	21,0	11,0	11,0	88,0	168,0
Стокгольм	29,0	31,0	7,0	7,0	57,0	134,0
Мюнхен	33,0	24,0	9,0	9,0	72,0	174,0
Дарем	31,2	32,4	7,3	7,3	59,8	118,7
Осло	22,0	31,0	5,0	5,0	54,0	177,0
Бостон	41,0	25,0	10,0	10,0	86,0	106,0
Вена	31,0	24,0	7,0	7,0	64,0	144,0
Гамбург	36,0	22,0	10,0	10,0	74,0	152,0
Хельсинки	34,0	25,0	8,0	8,0	62,0	72,0
Портленд	32,0	35,0	5,0	5,0	55,0	71,0
Дублин	66,0	16,0	21,0	21,0	158,0	217,0
Франкфурт	28,0	26,0	7,0	7,0	52,0	107,0
Брюссель	37,0	18,0	13,0	13,0	104,0	171,0
Остин	31,0	36,0	4,0	4,0	51,0	43,0

Город	μ , %	V_{av} , км/ч	Задержка, мин		Потери из-за пробок в год	
			утром	вечером	времени, ч	денежные, у.е.
Ванкувер	46,0	22,0	10,0	10,0	90,0	126,0
Ганновер	32,7	28,8	7,9	7,9	66,6	132,4
Прага	36,0	29,0	8,0	8,0	66,0	136,0
Дюссельдорф	30,0	28,0	7,0	7,0	53,0	107,0
Денвер	34,0	34,0	5,0	5,0	56,0	43,0
Питтсбург	28,0	35,0	4,0	4,0	50,0	65,0
Гетеборг	20,0	37,0	4,0	4,0	38,0	87,0
Киото	33,8	29,7	8,2	8,2	68,9	137,0
Эдинбург	43,0	24,0	9,0	9,0	74,0	117,0
Балтимор	22,0	30,0	5,0	5,0	40,0	40,0
Окленд	32,6	28,7	7,9	7,9	66,4	132,0
Штутгарт	27,0	27,0	6,0	6,0	54,0	94,0
Лион	37,0	23,0	11,0	11,0	89,0	178,0
Тель-Авив	29,6	30,7	6,9	6,9	56,7	112,6
Малага	25,0	32,0	6,0	6,0	44,0	93,0
Глазго	33,0	30,0	7,0	7,0	59,0	118,0
Фукуока	25,1	22,1	6,1	6,1	51,2	101,8
Аделаида	35,0	26,0	9,0	9,0	72,0	85,0
Утрехт	37,0	27,0	7,0	7,0	70,0	143,0
Антверпен	34,0	29,0	7,0	7,0	68,0	163,0
Бильбао	16,0	41,0	3,0	3,0	22,0	169,0
Лейпциг	32,0	24,0	8,0	8,0	65,0	137,0
Дортмунд	35,2	36,5	8,2	8,2	67,4	133,8
Индианаполис	16,0	45,0	2,0	2,0	26,0	46,0
Солт-Лейк-Сити	16,0	54,0	2,0	2,0	22,0	23,0
Карлсруэ	21,0	38,0	4,0	4,0	35,0	103,0
Валенсия	24,0	31,0	5,0	5,0	43,0	70,0
Бордо	43,0	18,0	14,0	14,0	111,0	148,0
Болонья	31,0	32,0	8,0	8,0	63,0	146,0
Ньюкасл	31,0	30,0	7,0	7,0	55,0	70,0
Тулуза	32,0	29,0	9,0	9,0	71,0	199,0
Монпелье	35,0	27,0	9,0	9,0	73,0	159,0
Тэджон	31,6	27,8	7,6	7,6	64,4	128,0
Квебек	25,0	40,0	4,0	4,0	42,0	108,0

Города с населением менее 0,6 млн чел.

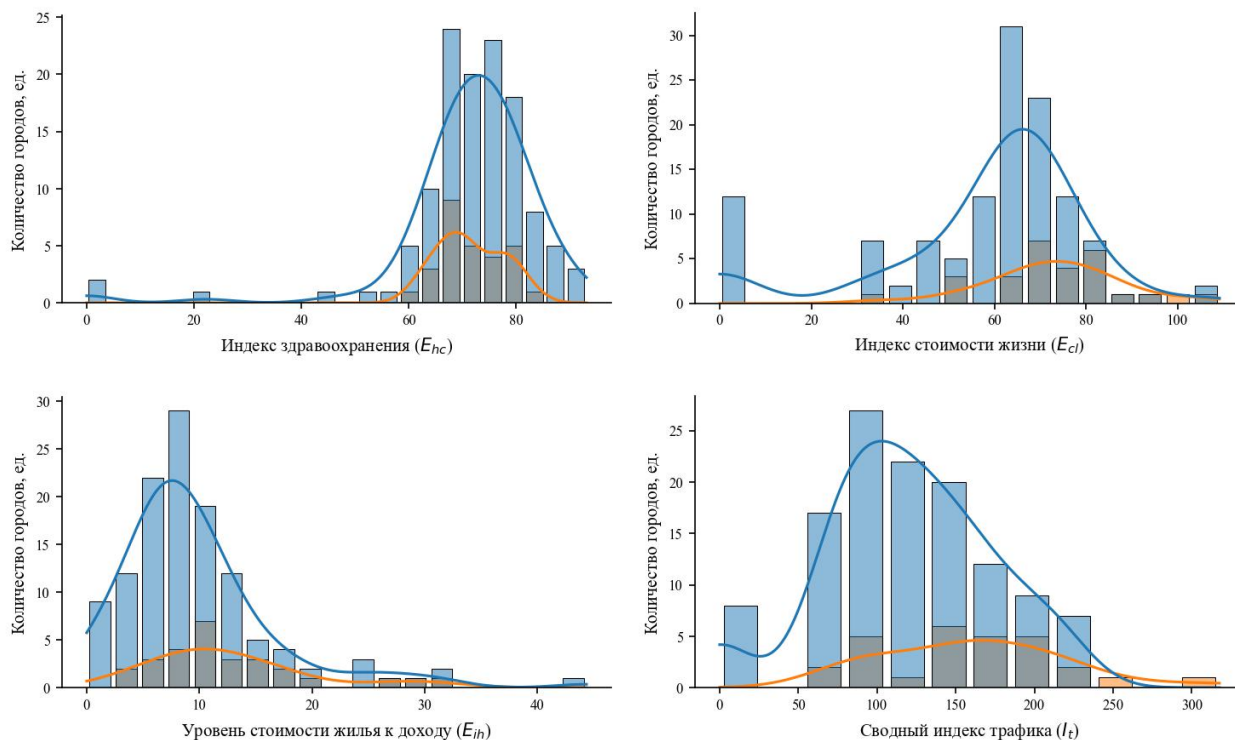
Город	μ , %	V_{av} , км/ч	Задержка, мин		Потери из-за пробок в год	
			утром	вечером	времени, ч	денежные, у.е.
Лунд	30,4	41,1	7,3	7,3	59,6	142,0
Кембридж	23,6	31,9	5,7	5,7	46,4	110,5
Ставангер	14,0	36,0	4,0	4,0	37,0	69,0
Эспоо	32,7	43,6	7,4	7,4	57,7	105,6
Мальме	17,0	35,0	3,0	3,0	30,0	69,0
Ольборг	27,7	37,5	6,6	6,6	54,4	129,5
Орхус	26,0	30,0	6,0	6,0	51,0	67,0
Тронхейм	13,0	40,0	3,0	3,0	29,0	65,0
Берген	13,0	37,0	4,0	4,0	30,0	133,0
Порвоо	27,6	37,4	6,6	6,6	54,3	129,2
Лозанна	30,0	25,0	7,0	7,0	63,0	112,0
Тромсе	23,1	31,3	5,5	5,5	45,4	108,1

Город	μ , %	V_{av} , км/ч	Задержка, мин		Потери из-за пробок в год	
			утром	вечером	времени, ч	денежные, у.е.
Санта-Барбара	27,3	36,9	6,5	6,5	53,6	127,5
Оксфорд	24,8	32,0	5,4	5,4	46,3	100,5
Вангаа	26,5	34,1	5,8	5,8	49,5	107,3
Куопио	24,1	32,6	5,8	5,8	47,4	112,8
Оулу	26,4	34,0	5,8	5,8	49,2	106,8
Турку	22,0	34,0	3,0	3,0	34,0	62,0
Тампере	21,0	35,0	4,0	4,0	31,0	48,0
Росток	30,3	39,0	6,6	6,6	56,5	122,6
Маастрихт	21,4	29,0	5,1	5,1	42,1	100,3
Дармштадт	28,4	36,6	6,2	6,2	53,1	115,1
Кортрейк	23,0	35,0	4,0	4,0	39,0	110,0
Инсбрук	22,0	36,0	4,0	4,0	30,0	92,0
Лахти	19,8	26,7	4,7	4,7	38,8	92,4
Мехелен	20,3	27,5	4,9	4,9	39,9	95,1
Анже	28,0	36,1	6,1	6,1	52,3	113,5
Йорк	23,6	30,3	5,2	5,2	44,0	95,3
Мюнстер	27,0	31,0	4,0	4,0	44,0	90,0
Женева	38,0	20,0	11,0	11,0	91,0	137,0
Авейру	27,8	37,6	6,7	6,7	54,6	129,9
Аликанте	23,0	29,0	6,0	6,0	41,0	47,0
Пиза	25,7	34,8	6,2	6,2	50,5	120,3
Фрайбург	24,0	34,0	5,0	5,0	39,0	125,0
Пхохан	21,7	29,0	4,9	4,9	38,4	70,2
Намюр	27,0	32,0	6,0	6,0	49,0	164,0
Тренто	20,3	27,4	4,9	4,9	39,8	94,7
Таллинн	39,0	26,0	9,0	9,0	72,0	150,0
Канберра	21,0	42,0	5,0	5,0	32,0	49,0
Веллингтон	28,0	27,0	7,0	7,0	58,0	71,2
Зальцбург	34,0	28,0	6,0	6,0	52,0	84,0
Линц	21,0	36,0	4,0	4,0	36,0	124,0
Грац	30,0	26,0	8,0	8,0	57,0	88,0
Братислава	30,0	34,0	8,0	8,0	51,0	86,0
Левен	26,0	28,0	9,0	9,0	61,0	117,0
Реймс	22,0	33,0	4,0	4,0	36,0	86,0
Дижон	25,0	36,0	4,0	4,0	42,0	153,0
Вуллонгонг	17,0	48,0	4,0	4,0	25,0	79,0
Крайстчерч	33,0	26,0	9,0	9,0	69,0	81,3
Турне	24,3	32,8	5,8	5,8	47,7	113,5

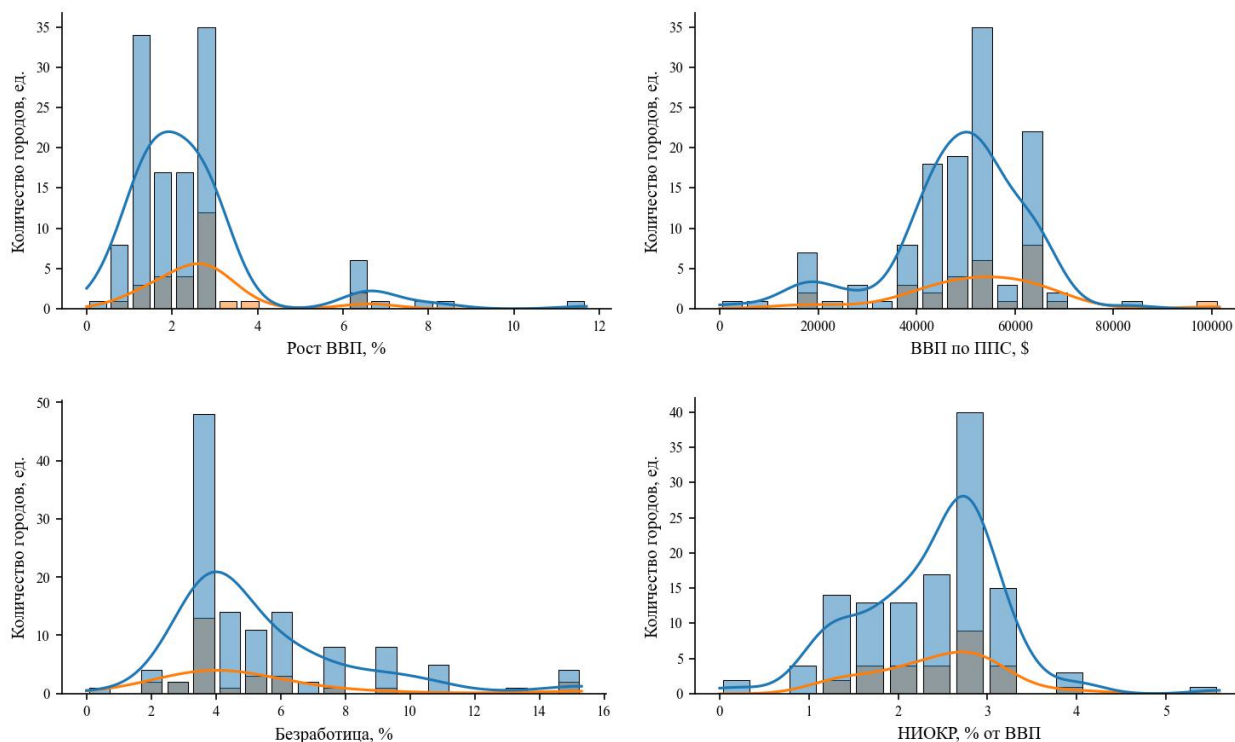
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

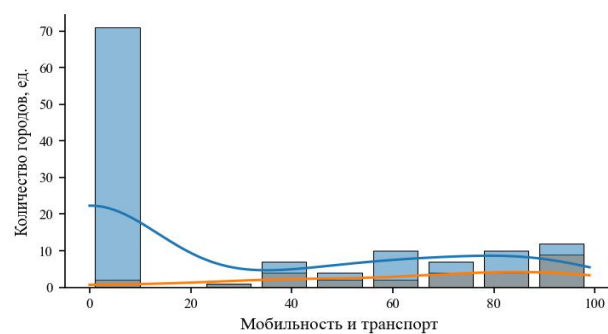
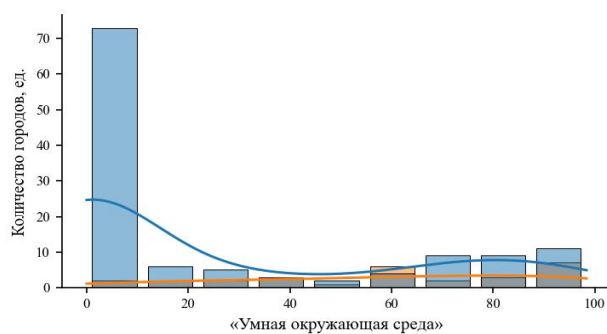
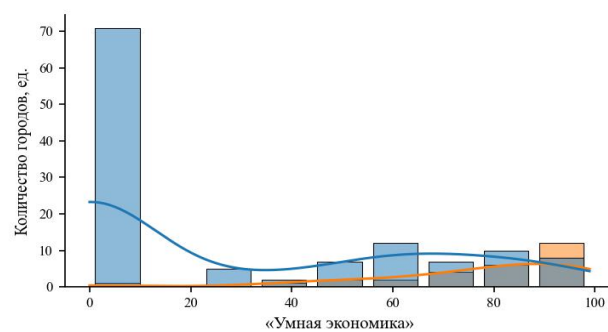
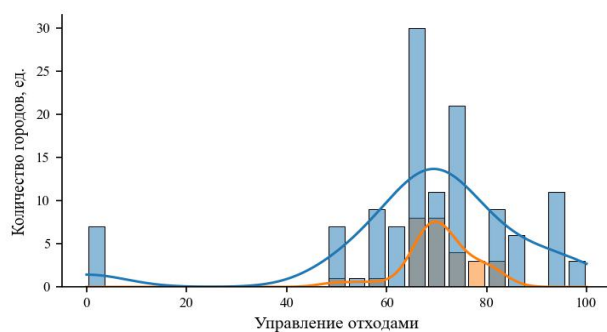
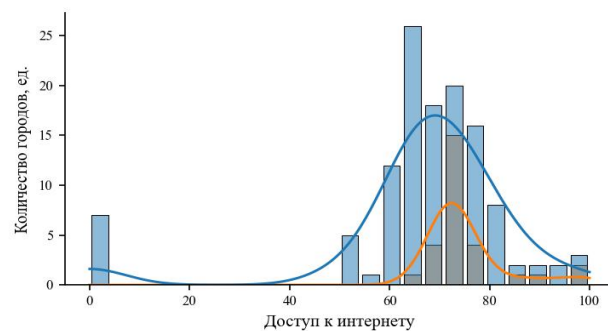
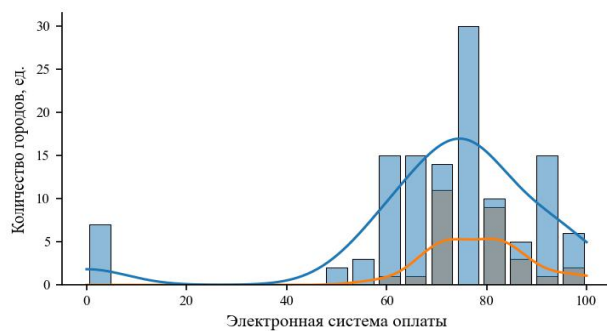
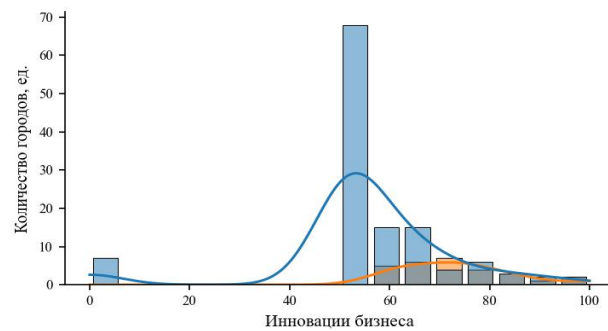
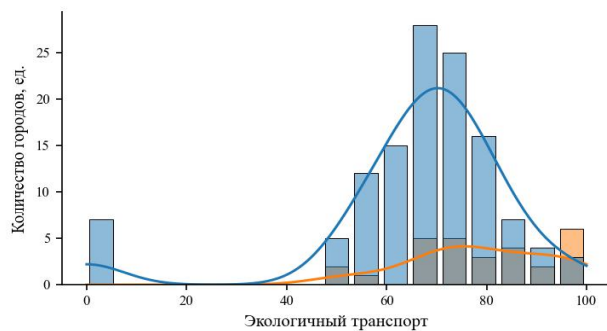
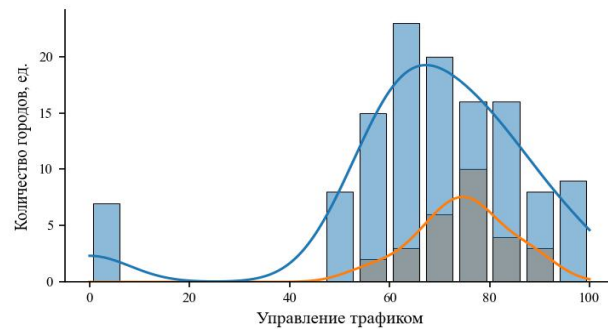
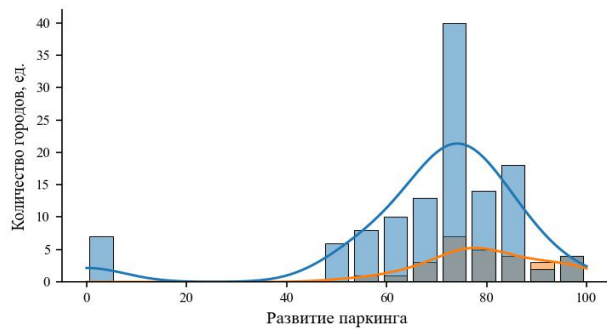
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ КРИТЕРИЕВ ЦИФРОВИЗАЦИИ K_5 И K_6 НА МОБИЛЬНОСТЬ В ГОРОДЕ

По критерию K_5

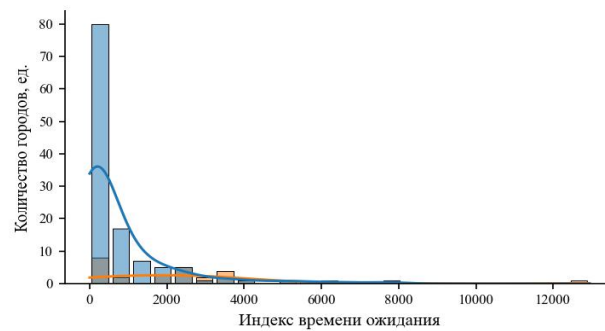
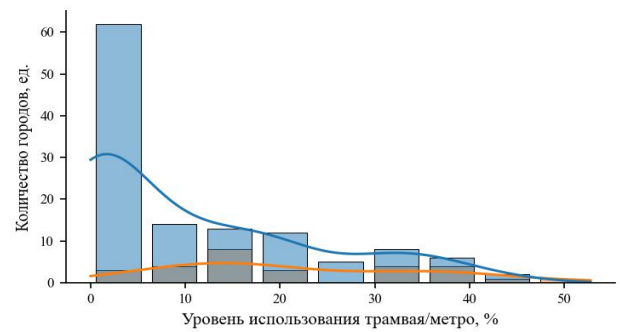
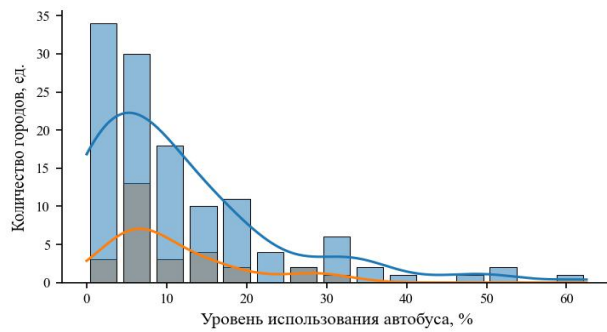
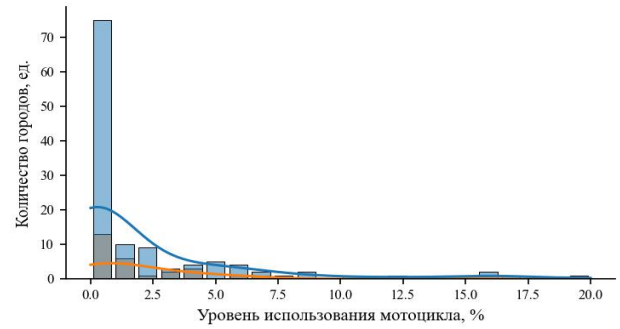
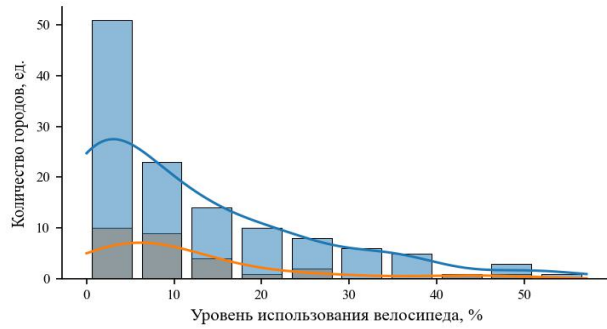
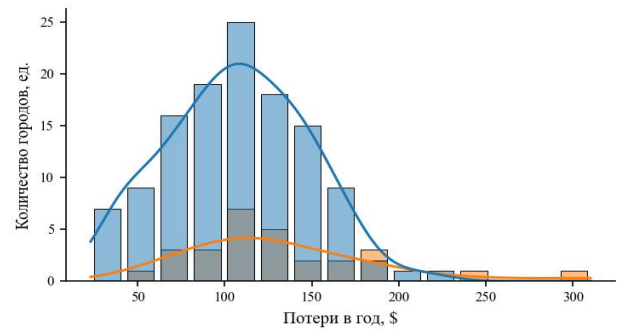
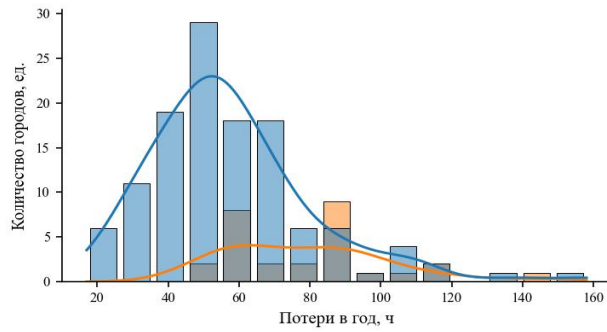
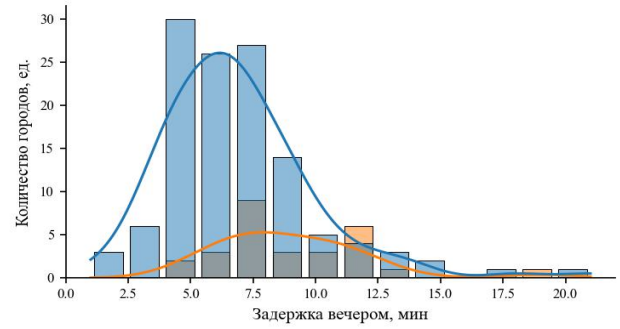
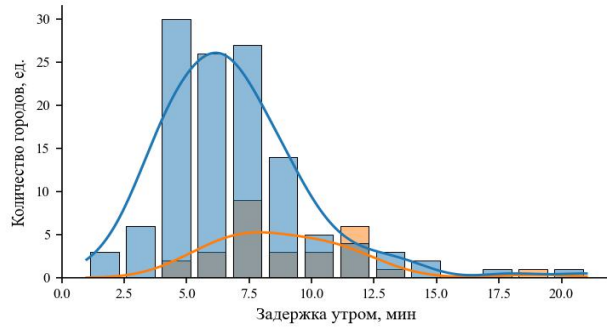


По критерию K_6 с позиции «умности» и трендов устойчивого развития



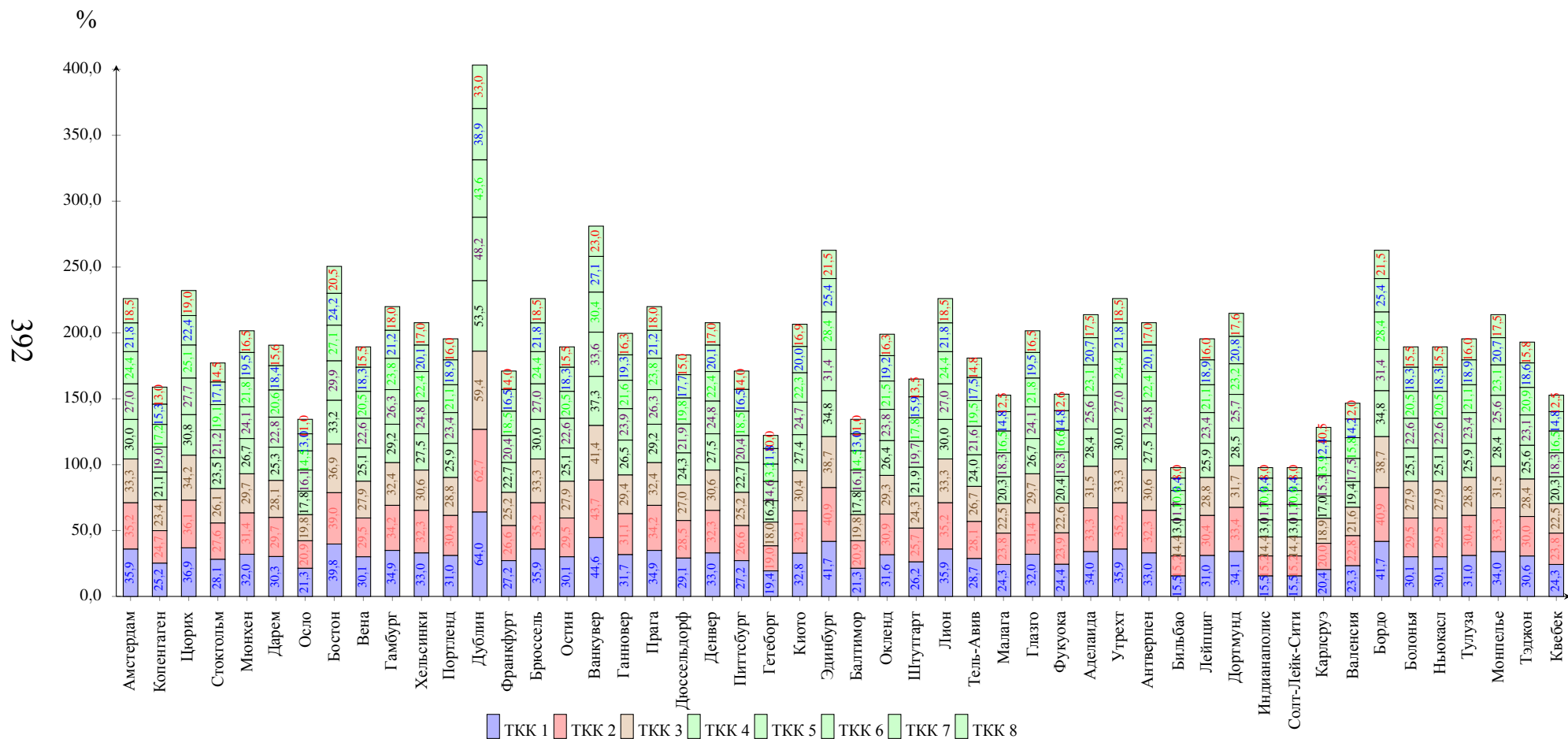


По критерию K_6 с позиции частных показателей мобильности

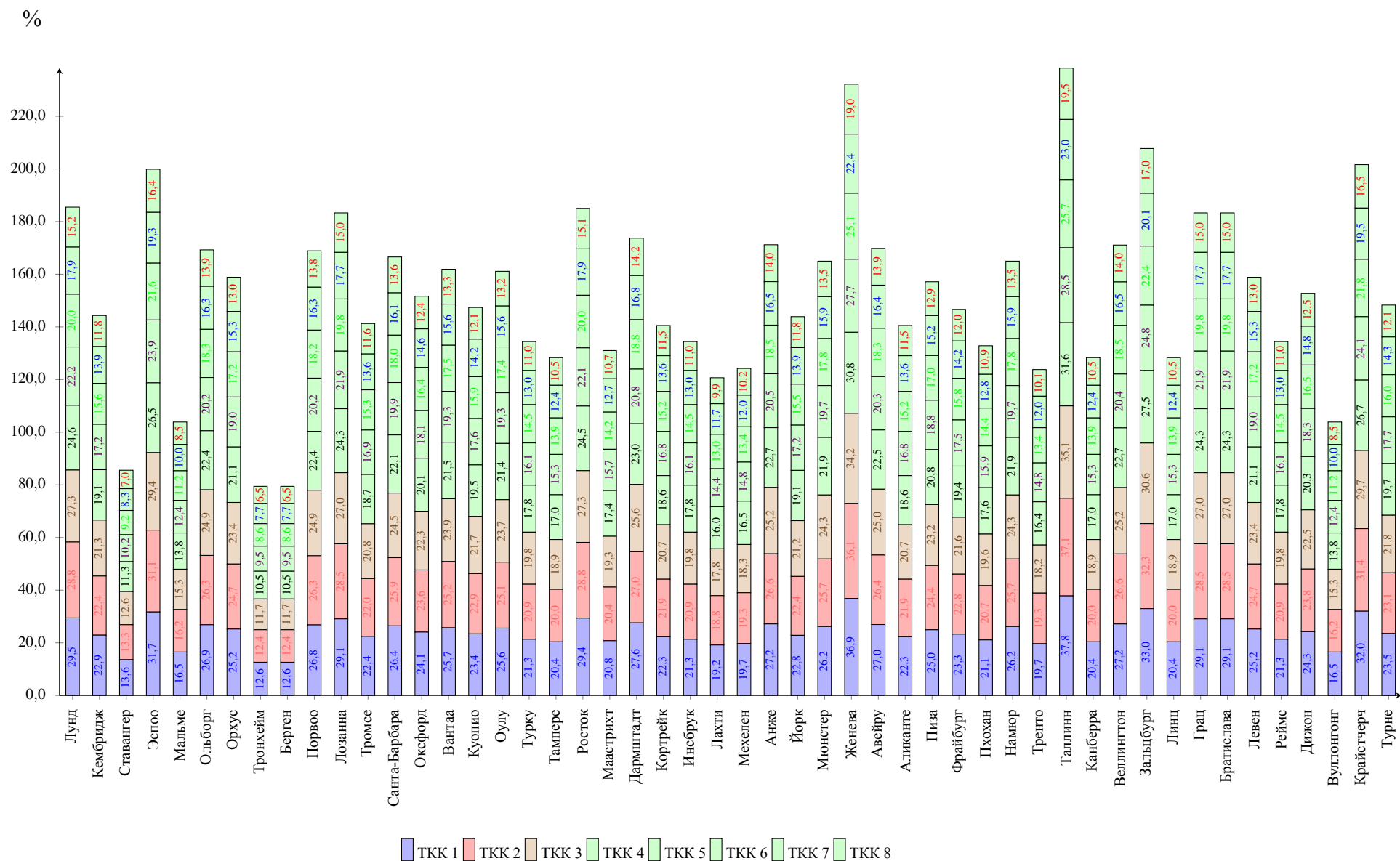


ПРИЛОЖЕНИЕ X ПРОГНОЗ СНИЖЕНИЯ КОНГЕСТИИ ПРИ РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННЫХ КОРИДОРОВ ТЛС УМНОГО ГОРОДА, %

При минимальной модели

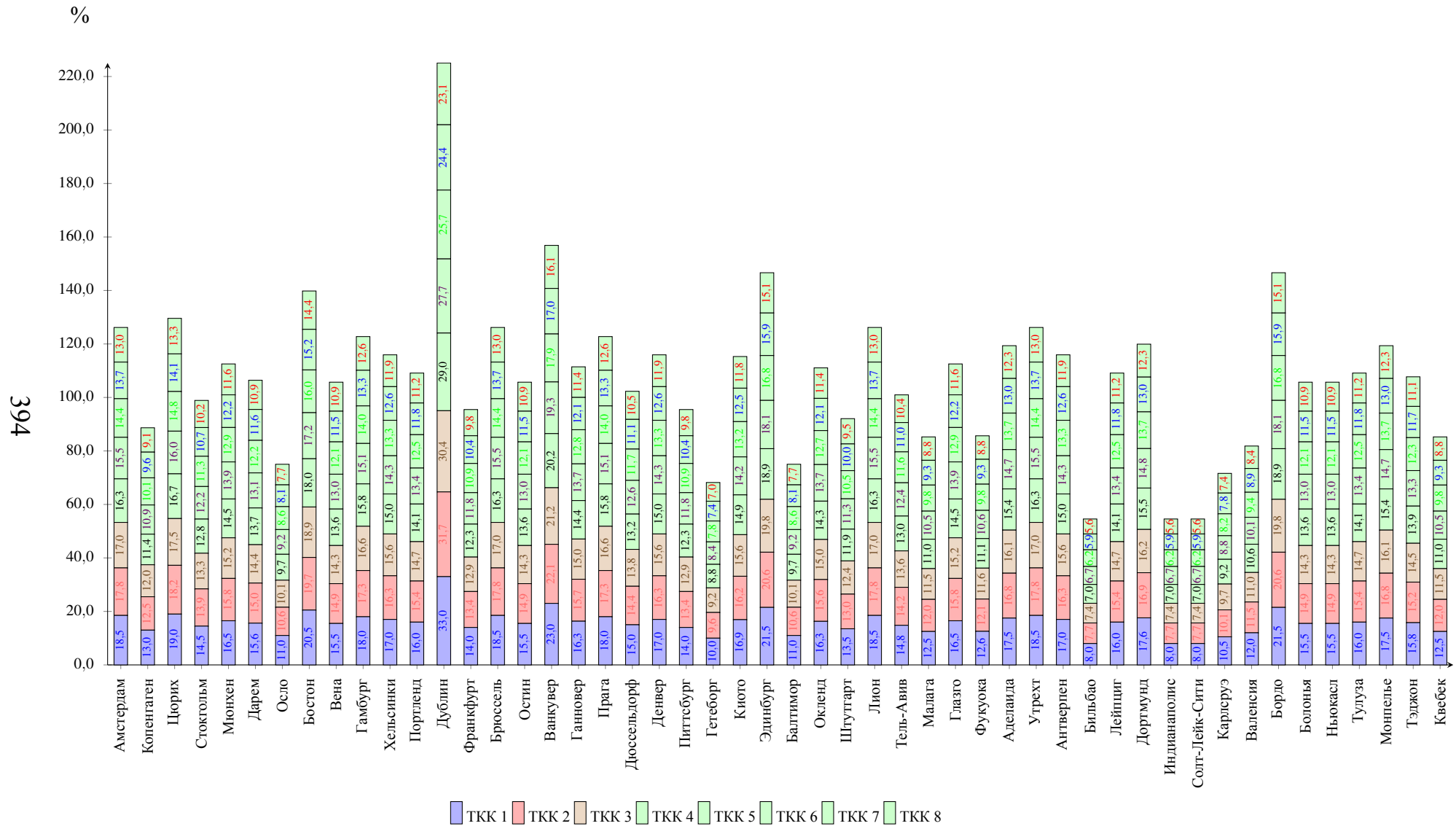


Города с населением 0,6–3 млн чел.

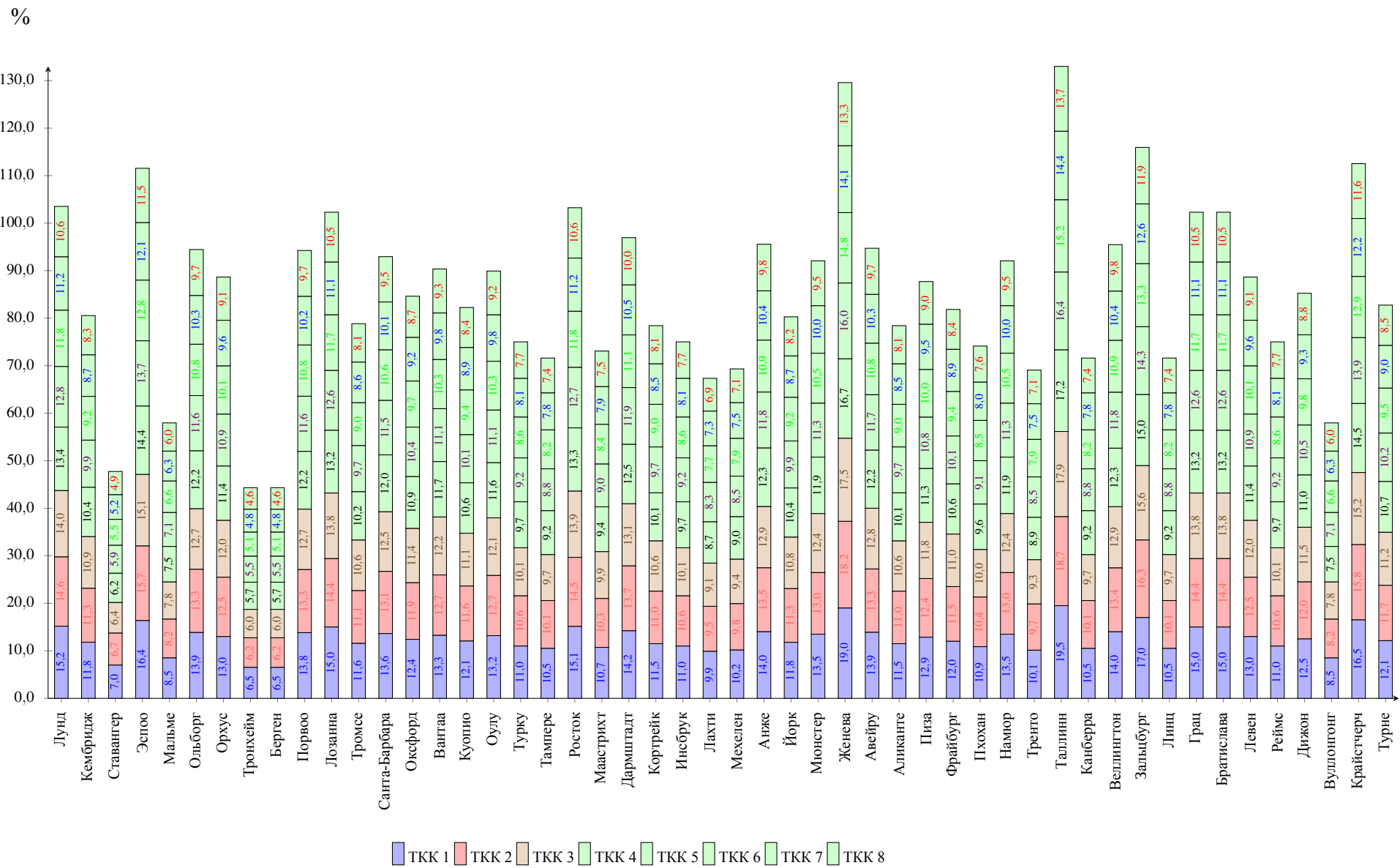


Города с населением менее 0,6 млн чел.

При оптимальной модели

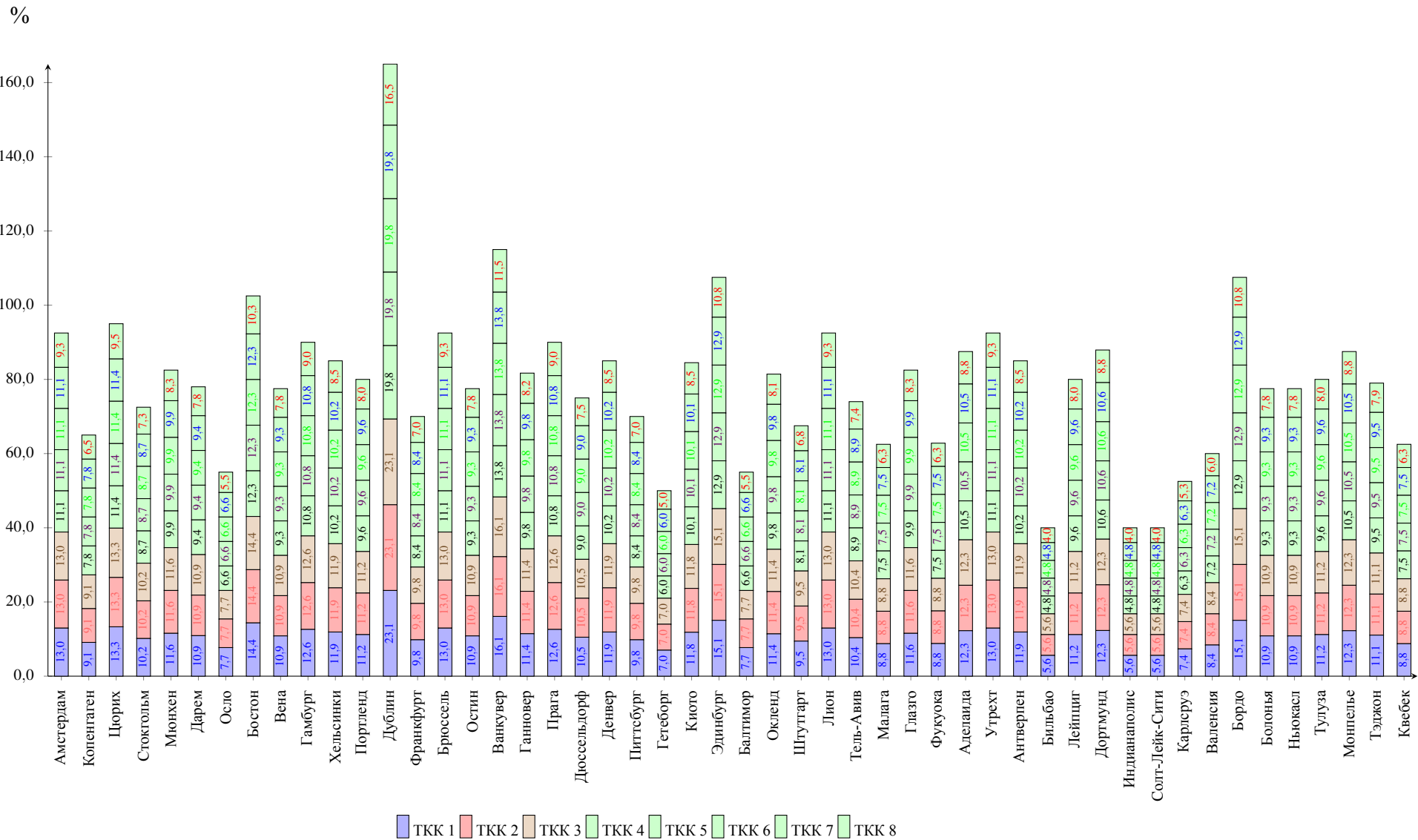


Города с населением 0,6–3 млн чел.

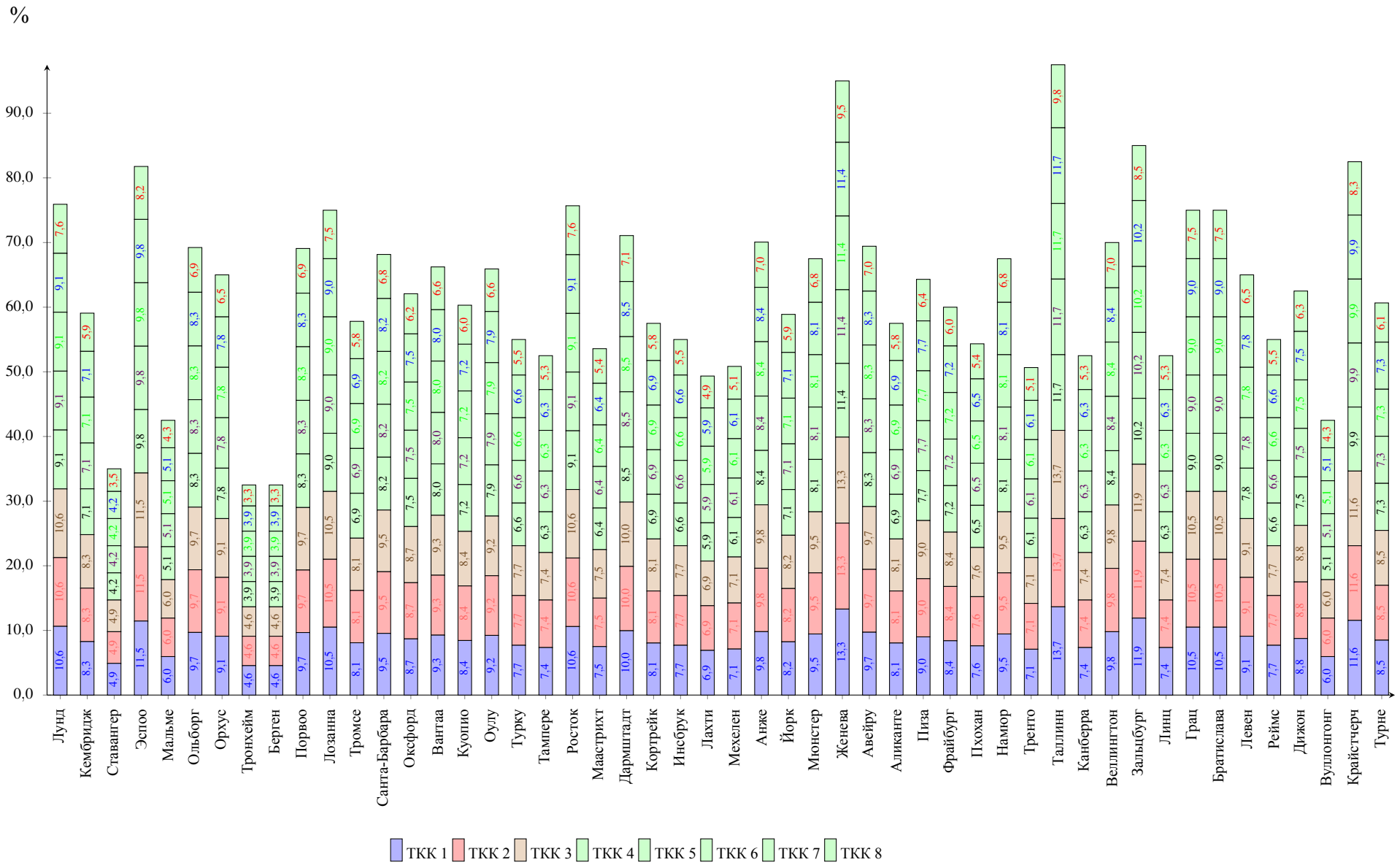


При современной модели

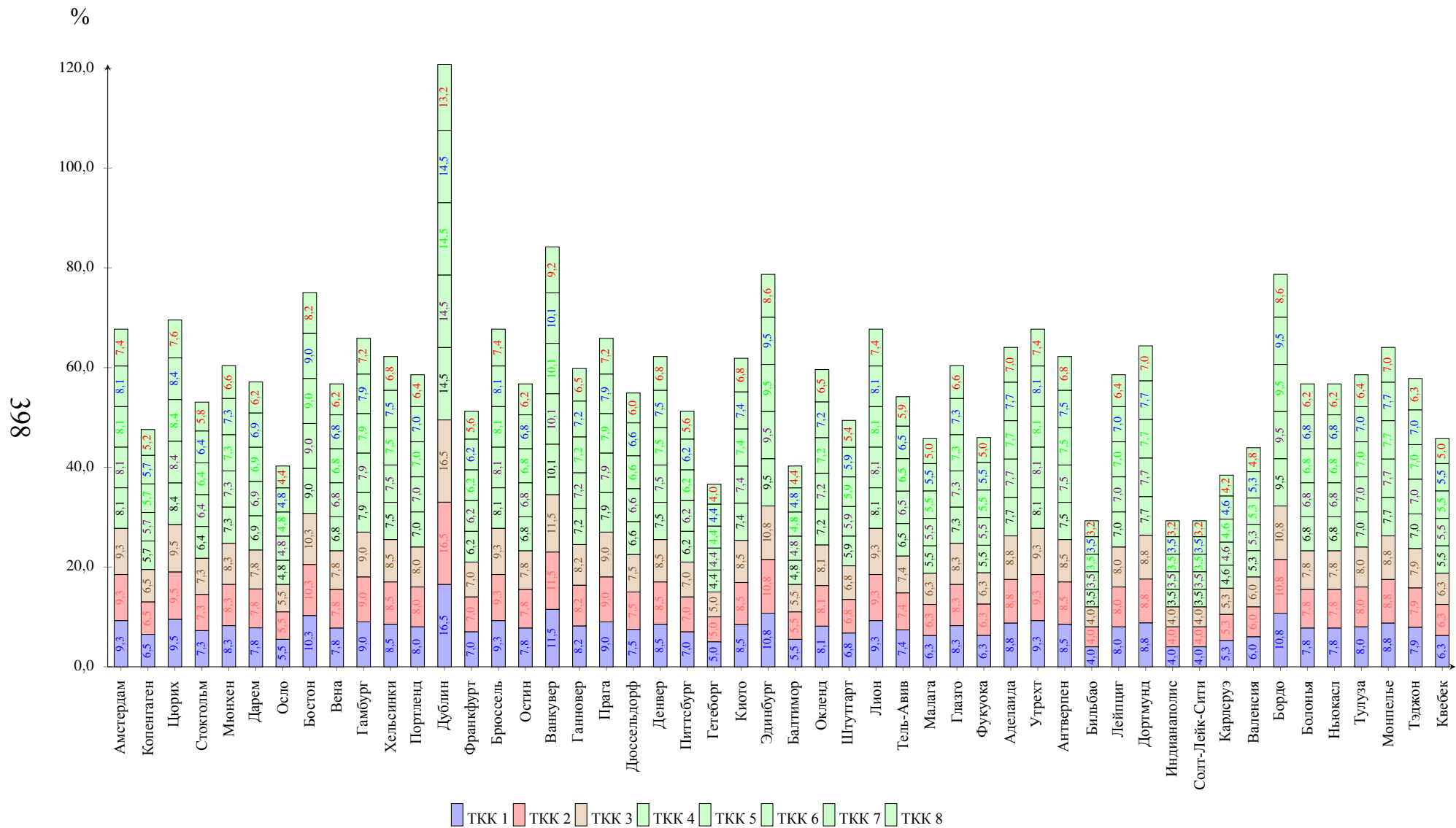
96

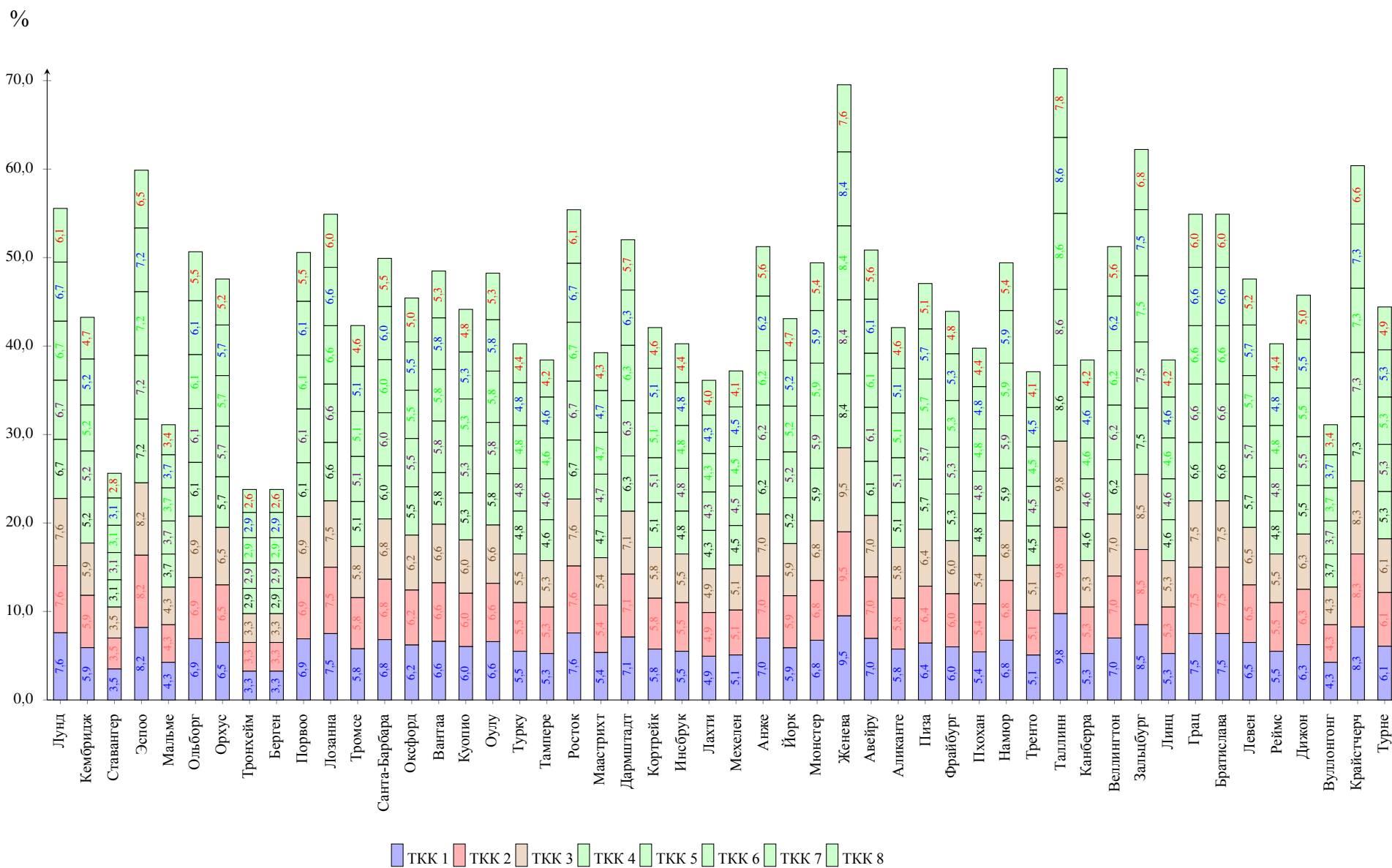


Города с населением 0,6–3 млн. чел.

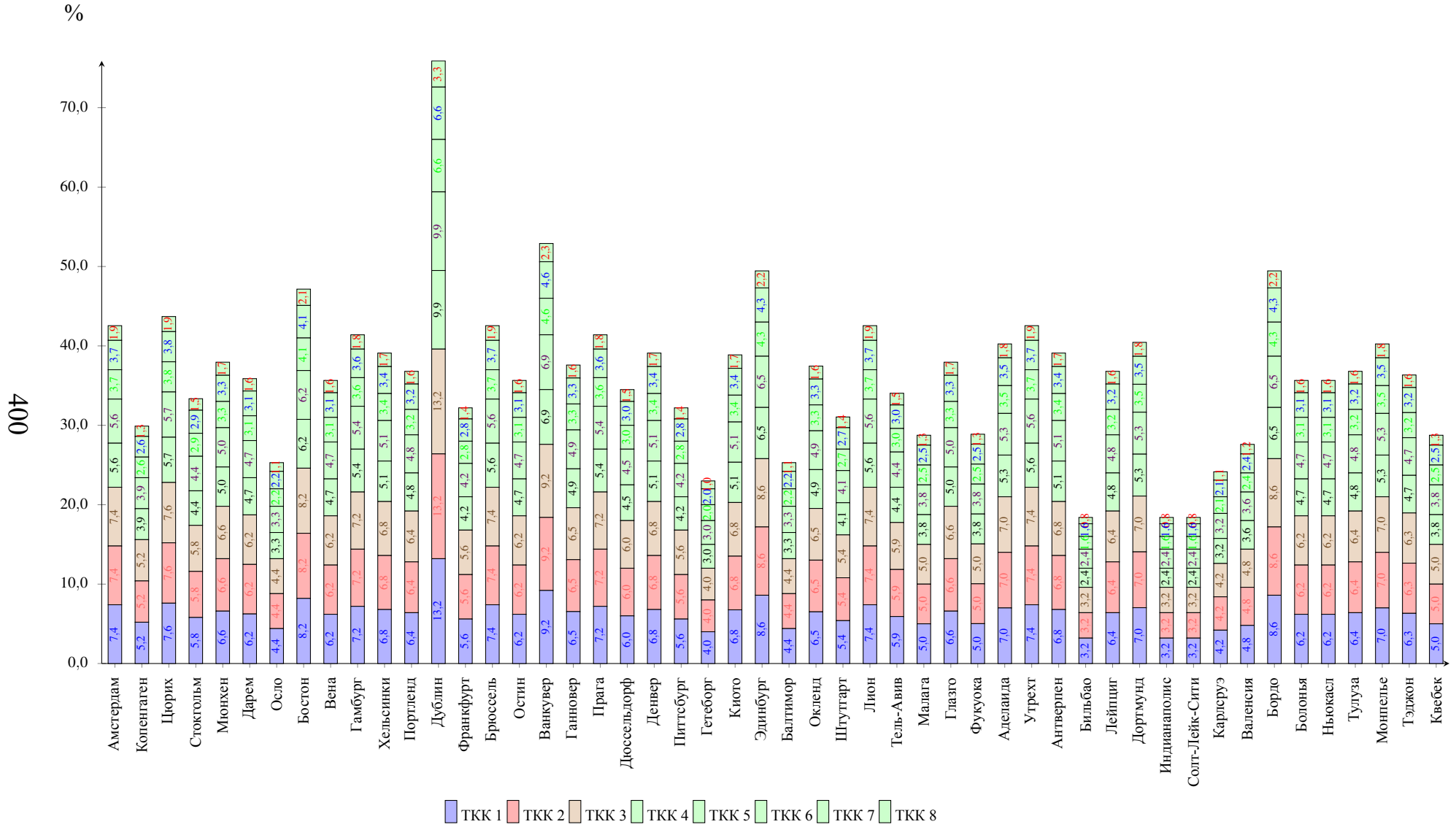


При перспективной модели

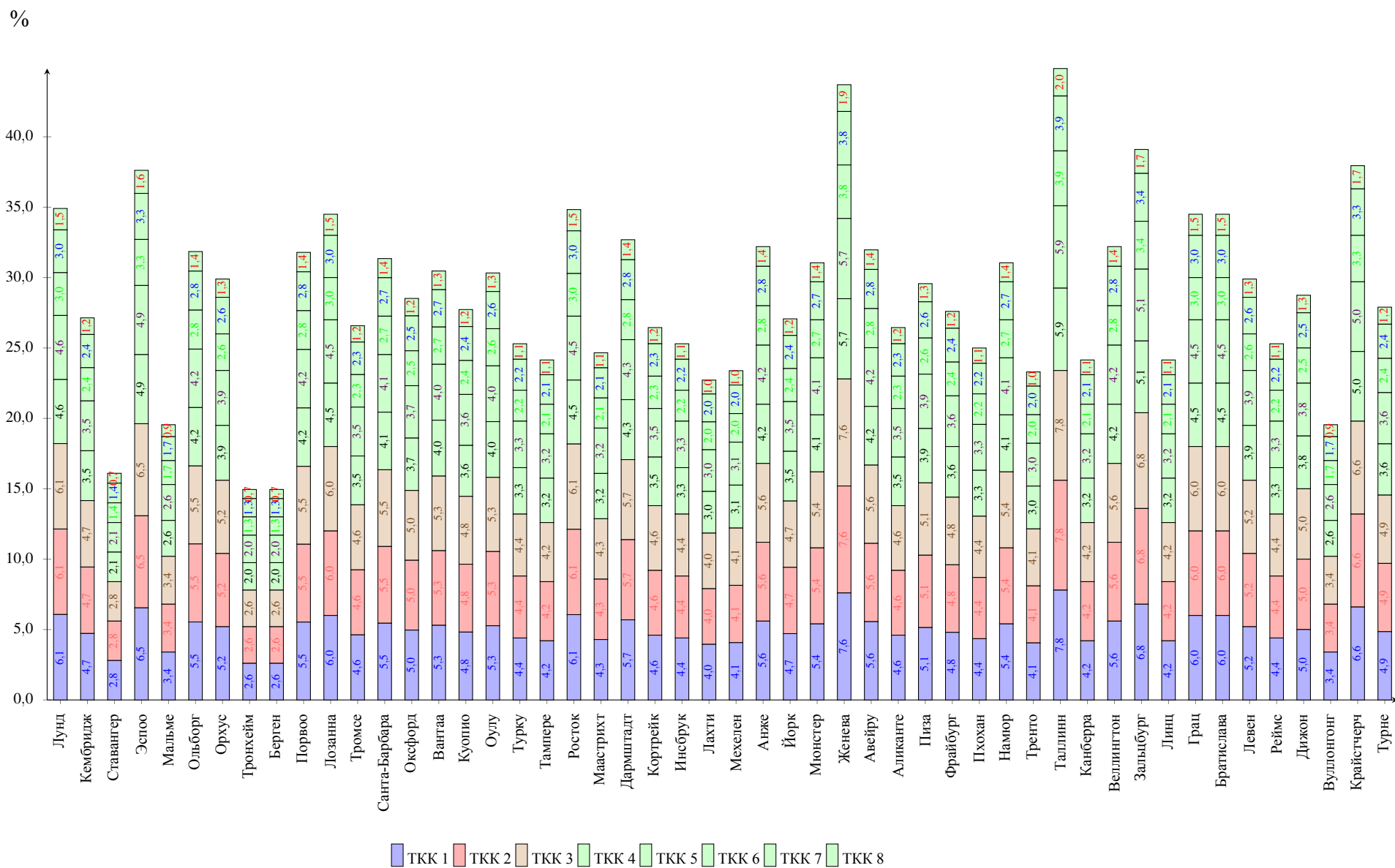




При инновационной модели

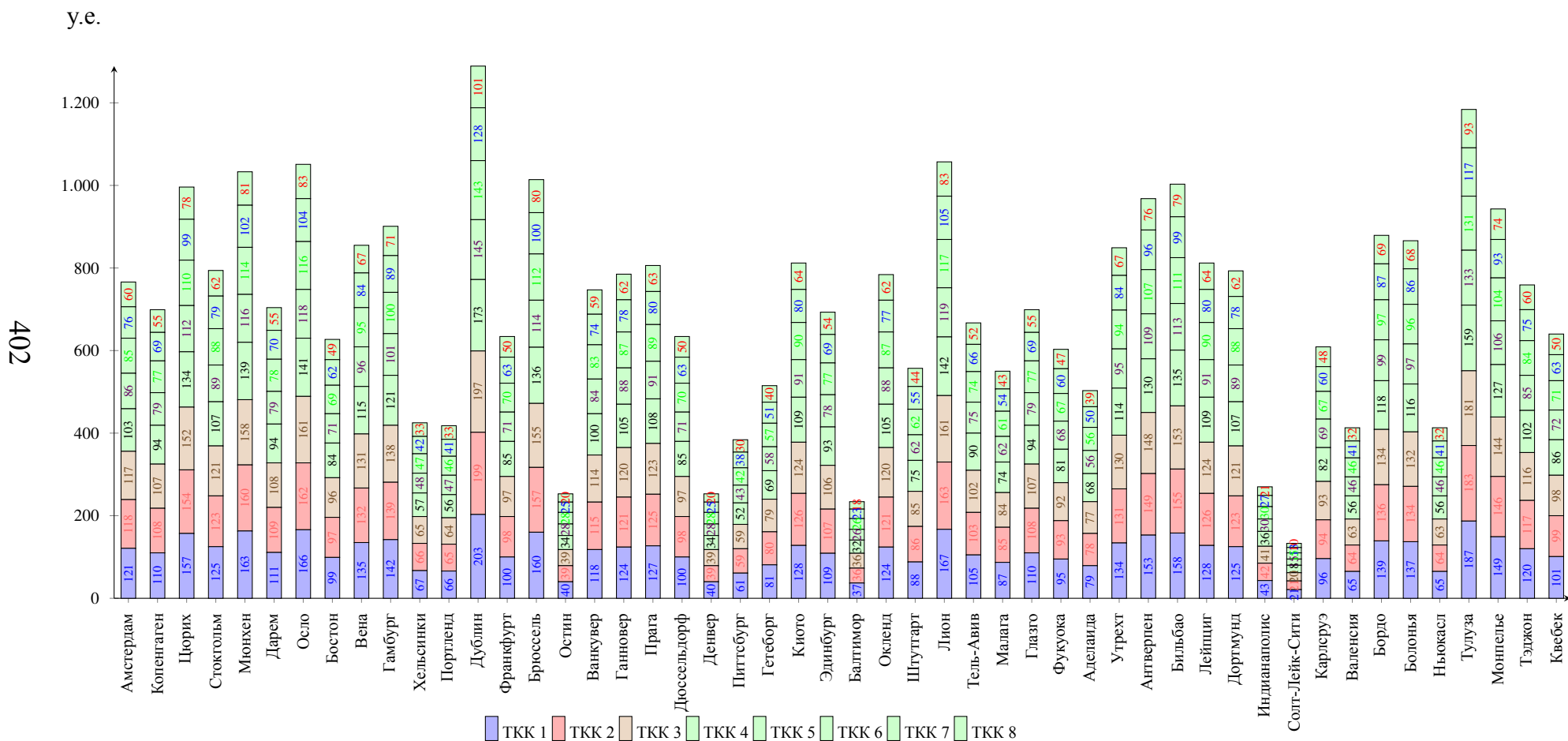


Города с населением 0,6–3 млн чел.

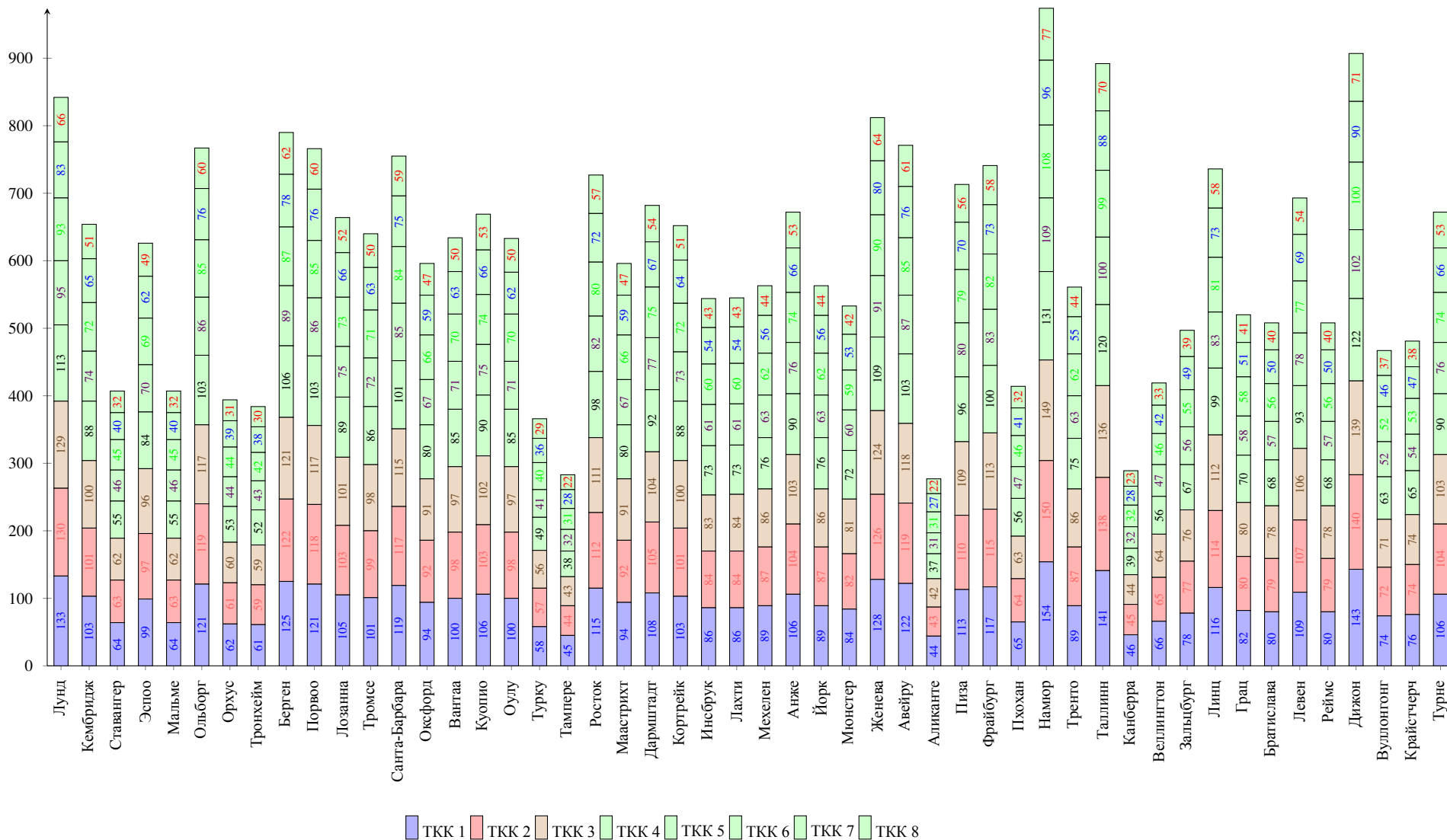


ПРИЛОЖЕНИЕ Ц ПРОГНОЗ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ПРИ РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННЫХ КОРИДОРОВ ТЛС УМНОГО ГОРОДА, У.Е.

При минимальной модели



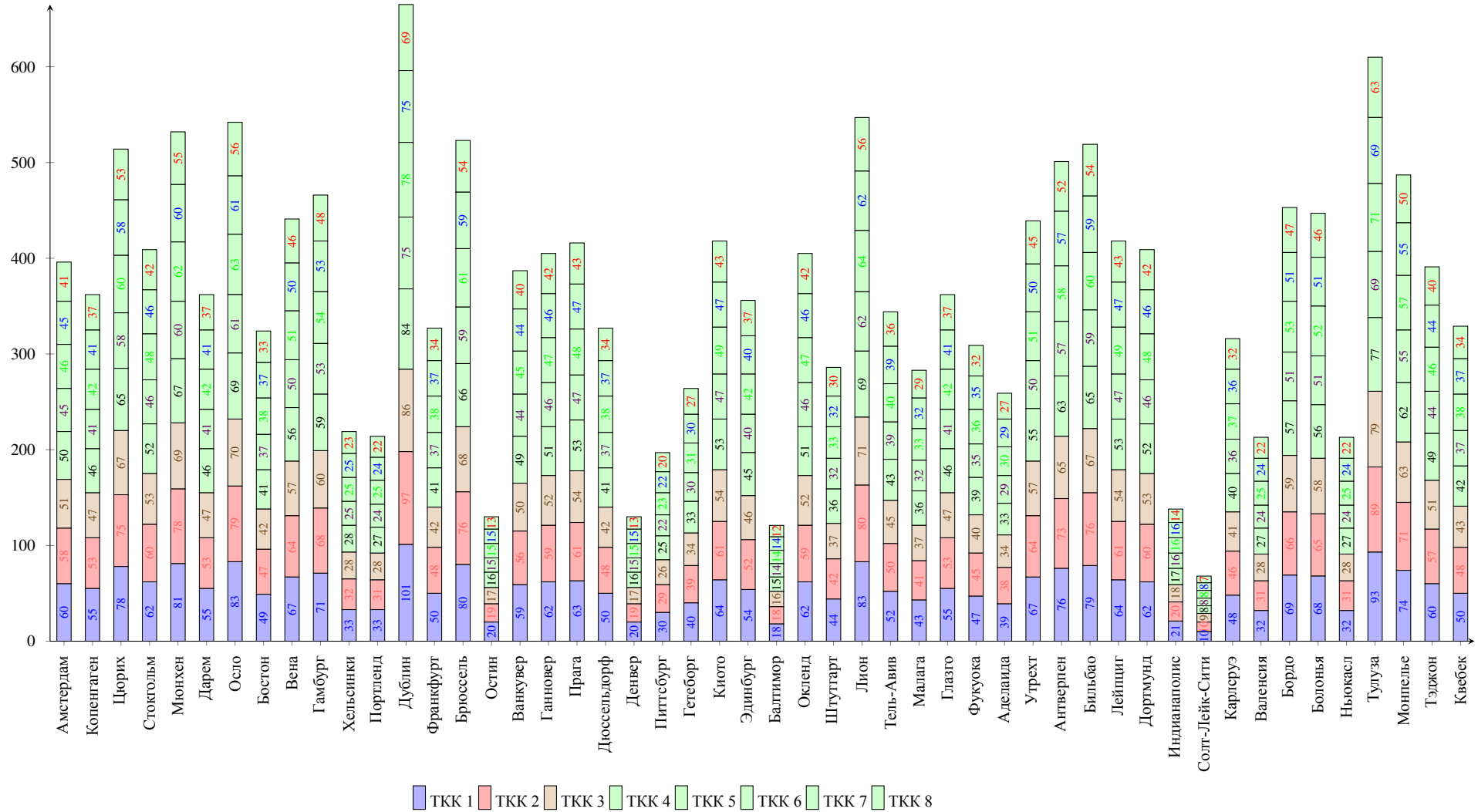
у.е.



При оптимальной модели

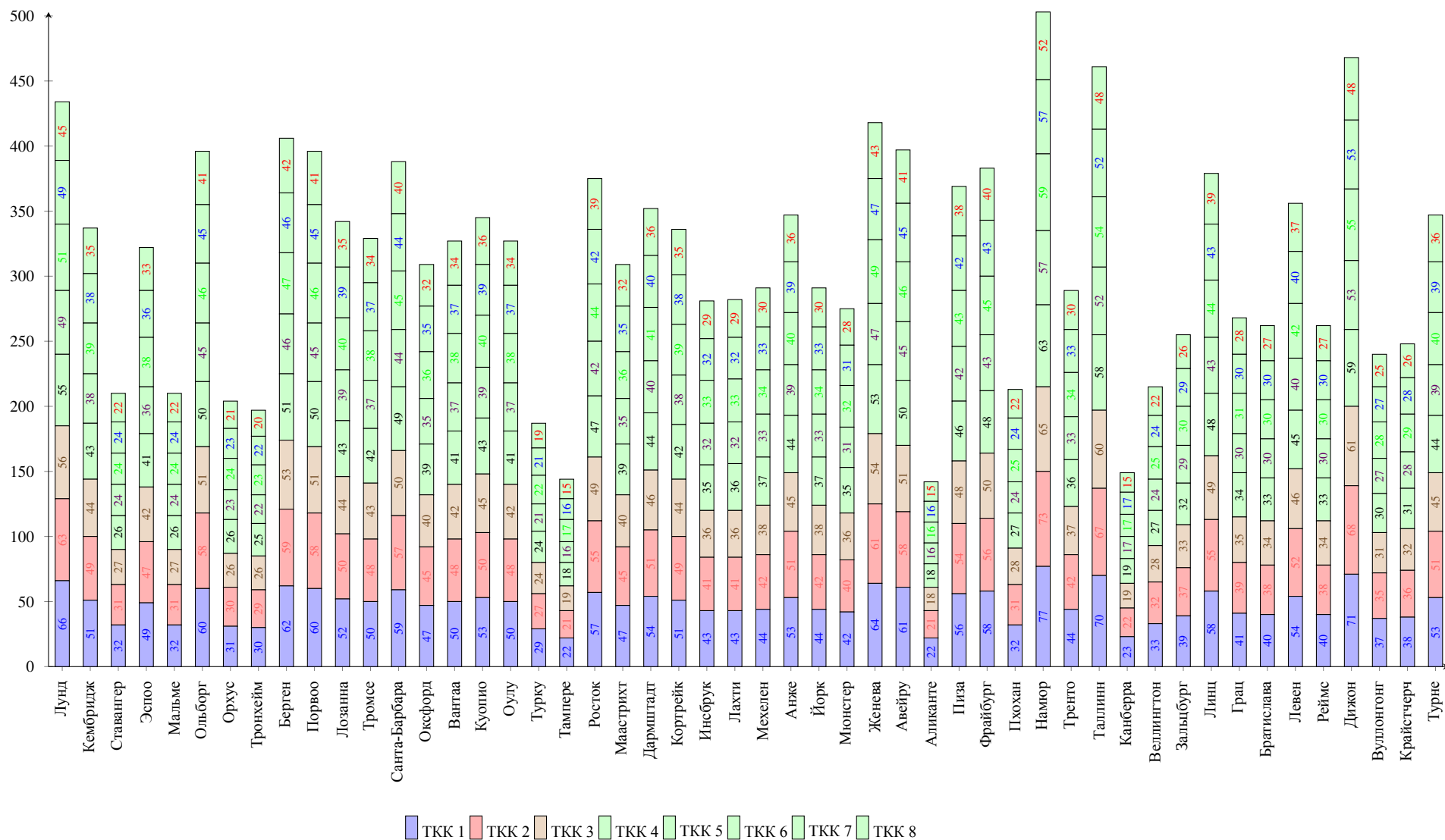
у.е.

404



Города с населением 0,6–3 млн чел.

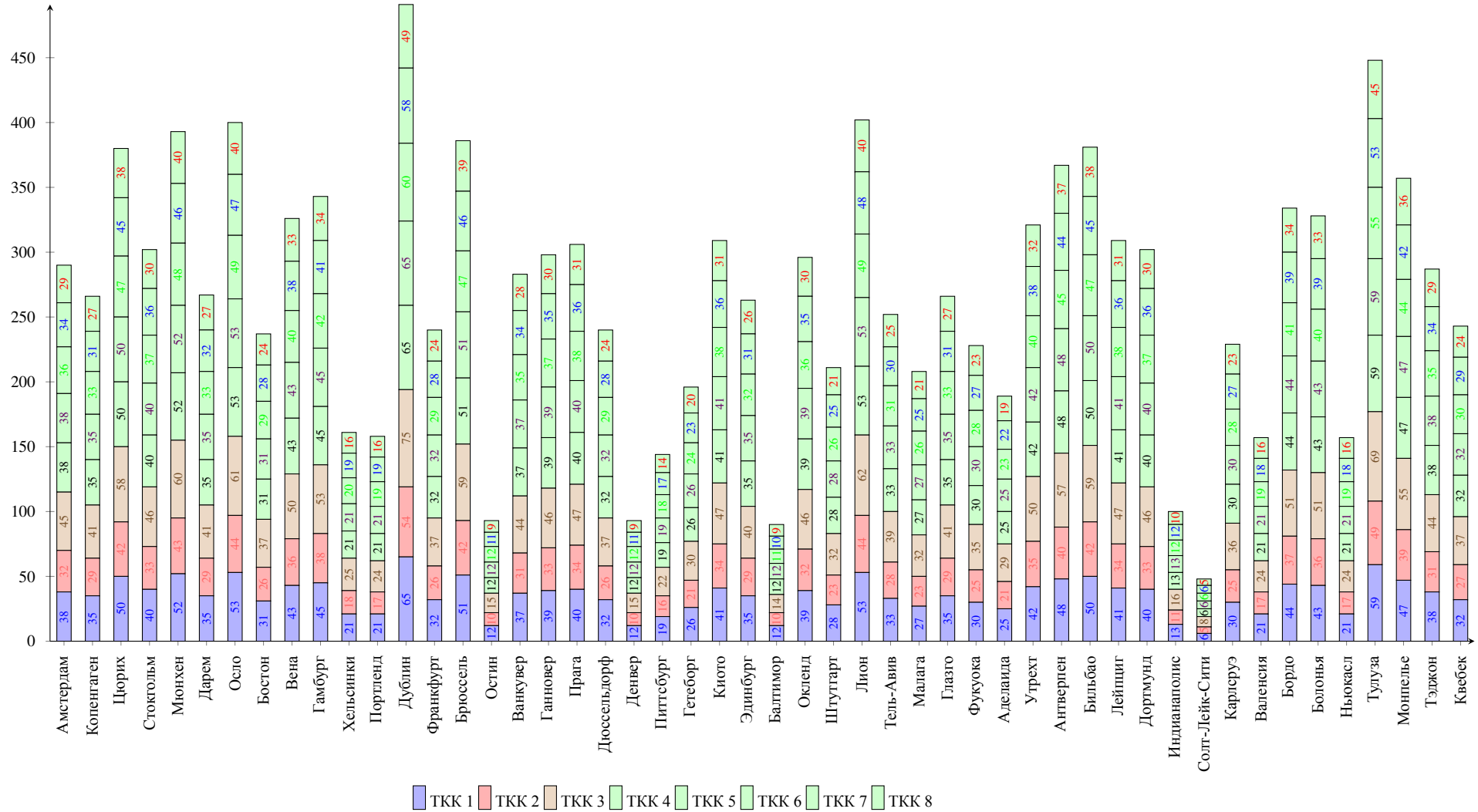
у.е.



При современной модели

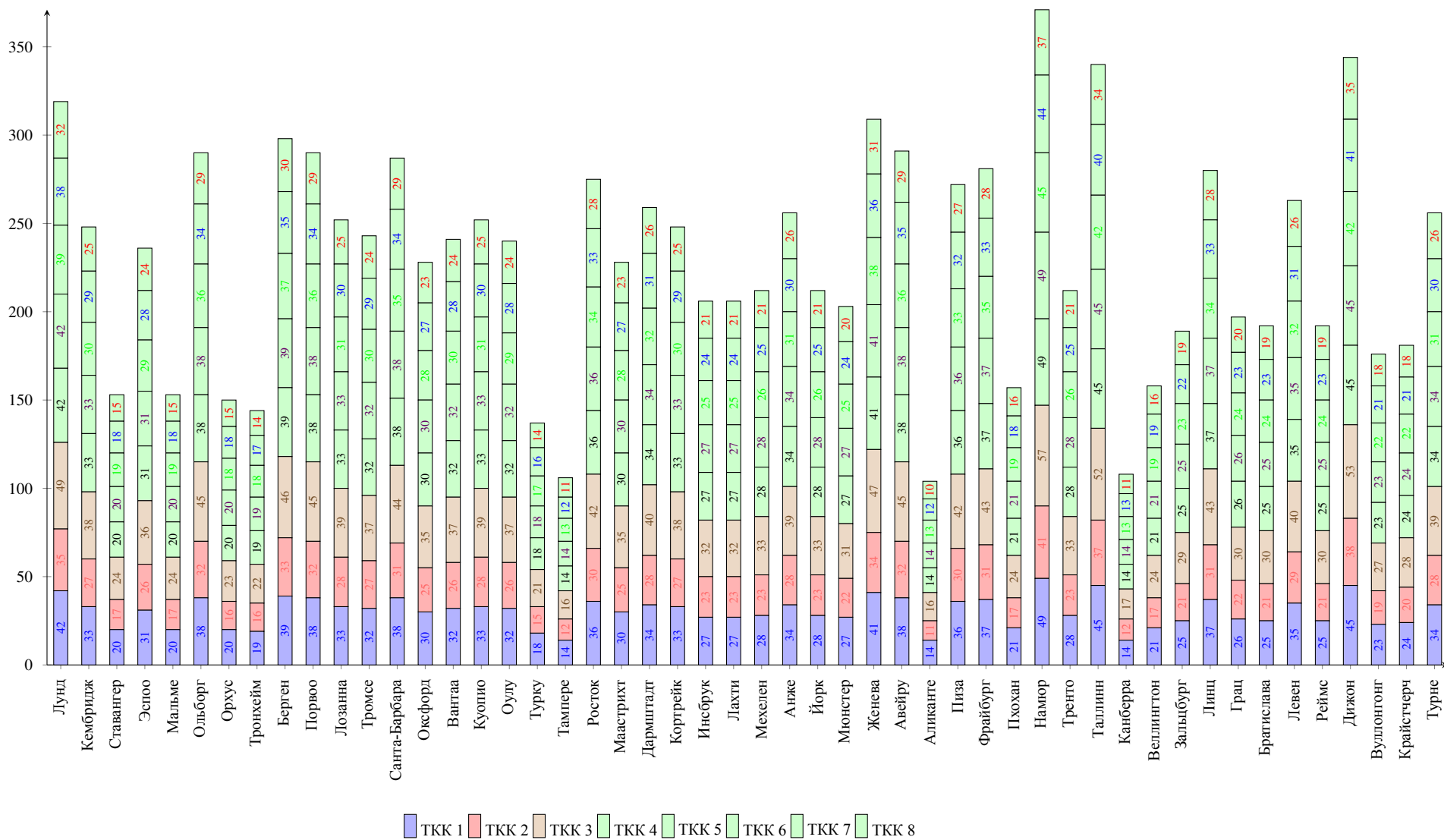
у.е.

406



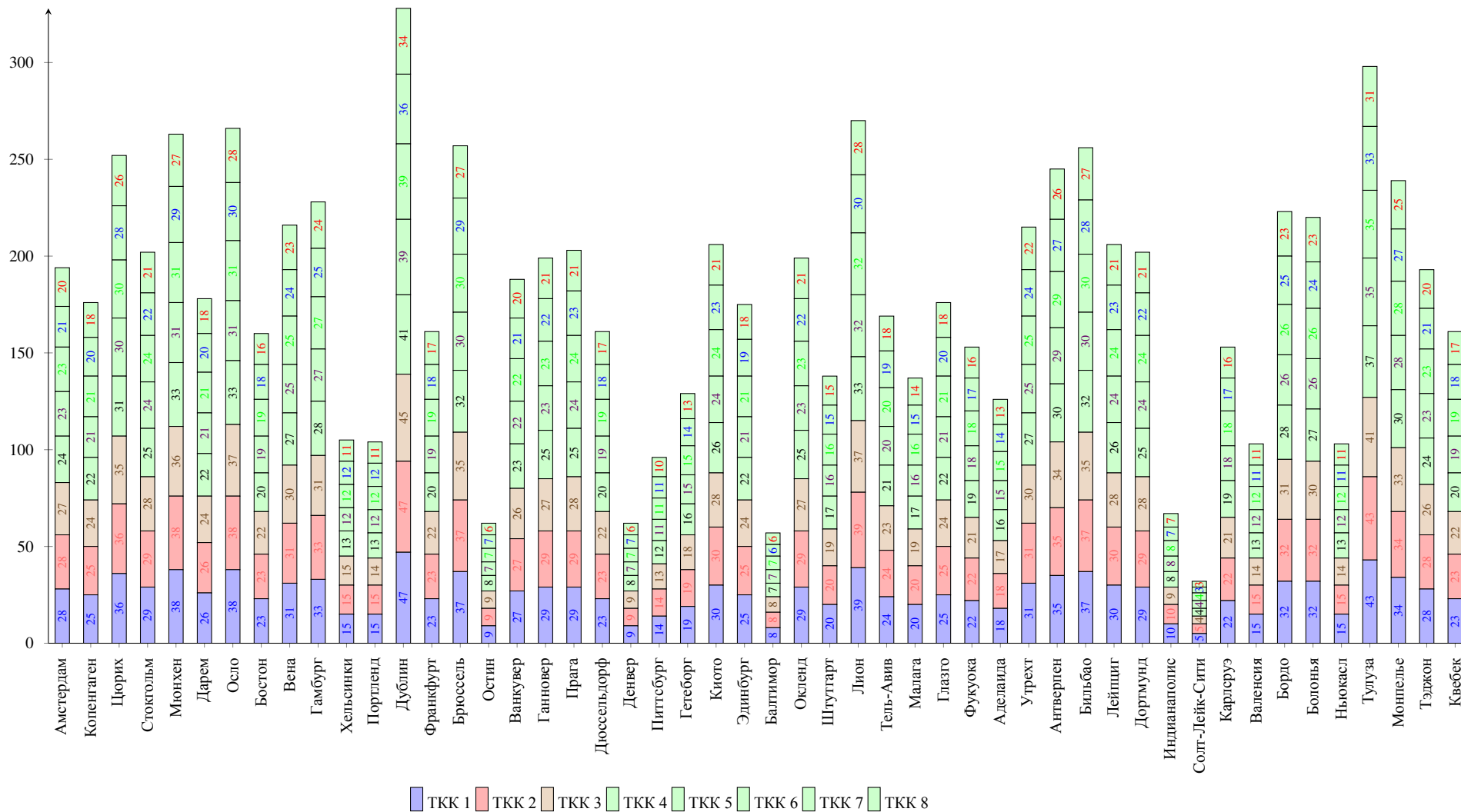
Города с населением 0,6–3 млн чел.

у.е.



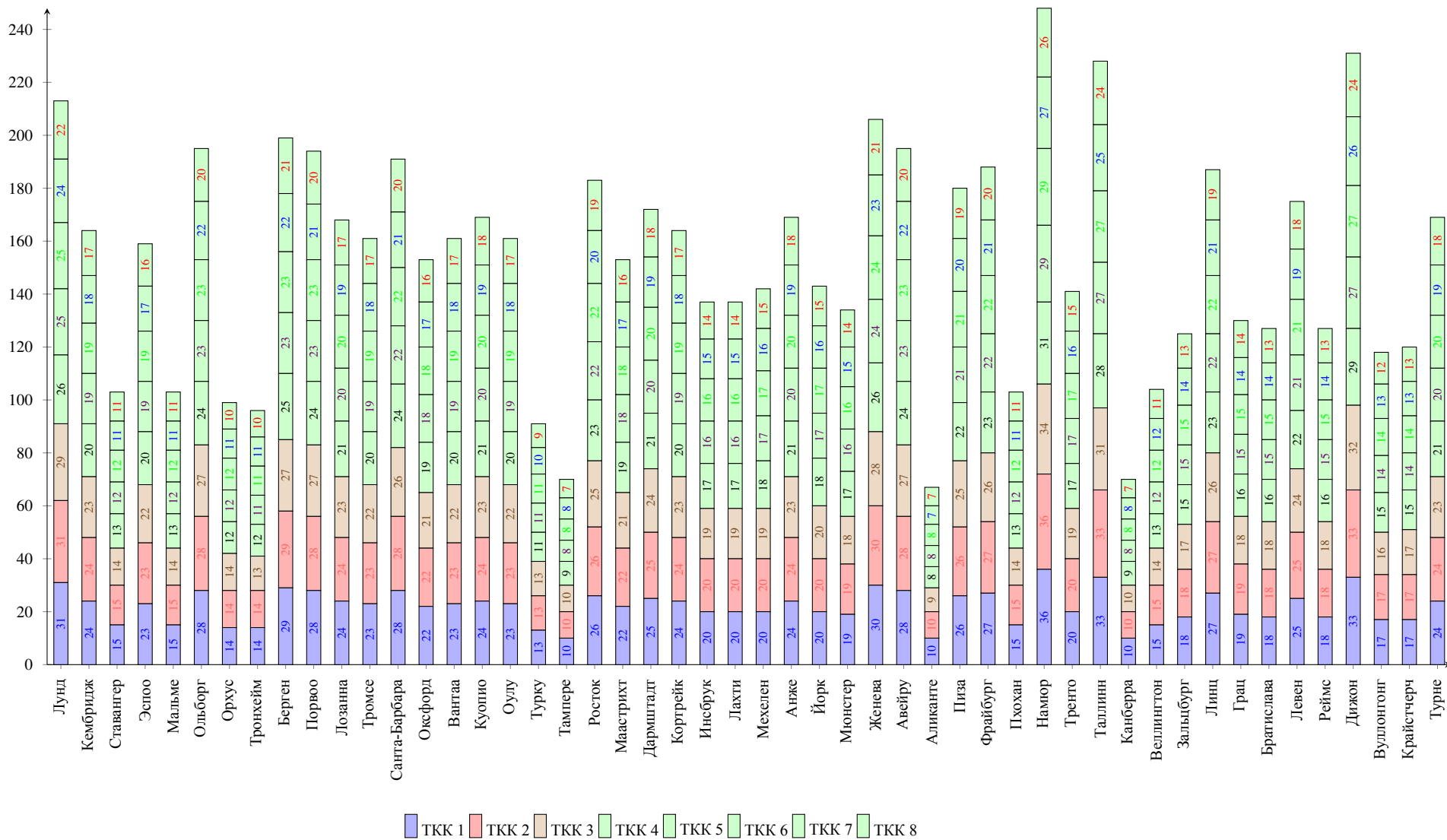
у.е.

При перспективной модели



Города с населением 0,6–3 млн чел.

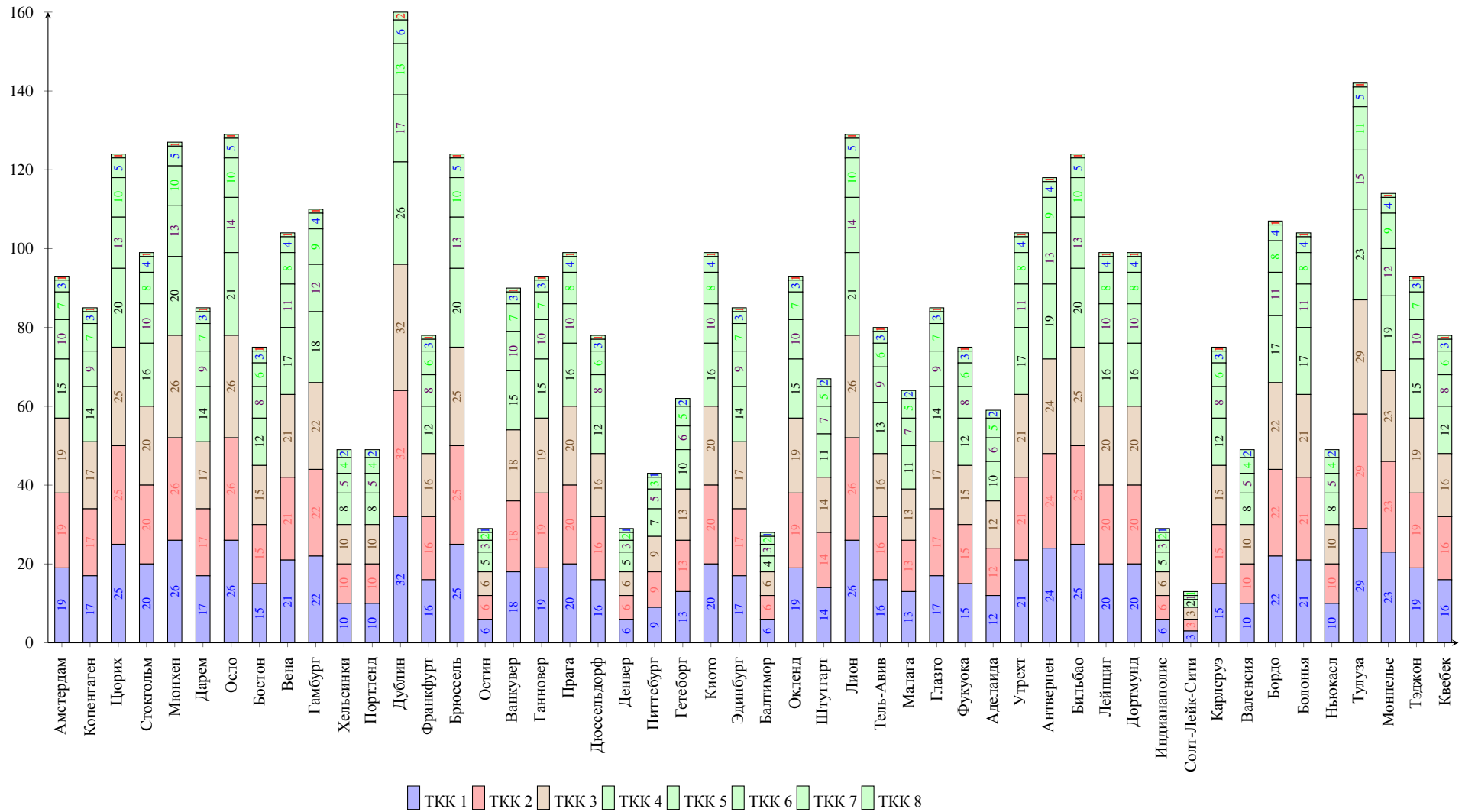
у.е.



При инновационной модели

410

у.е.



Города с населением 0,6–3 млн чел.

