Научная статья

https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.90.2.002
УДК 656.071; 330

ЦИФРОВАЯ ЗРЕЛОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ РЕСУРС ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

Гузенко Н. В.*[1]
[1] *Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия*
** musamav@mail.ru*

Аннотация. *Введение.* В условиях цифровой трансформации транспортная инфраструктура приобретает новое стратегическое значение для пространственного развития регионов. Цель исследования – формализация модели оценки цифровой зрелости инфраструктуры с учетом отраслевой специфики и межрегиональных различий. *Материалы и методы.* Исследование основано на контент-анализе отечественных и зарубежных научных публикаций, сравнении зрелостных моделей, а также систематизации критериев цифровой трансформации транспортной инфраструктуры. Использованы методы системного анализа, сопоставления и концептуального моделирования. *Результаты исследования.* Разработана авторская модель цифровой зрелости транспортной инфраструктуры, включающая пять параметров (интеграция технологий, интеллектуальное управление, аналитика данных, кибербезопасность, кадрово-организационная зрелость) и пять уровней зрелости. Модель позволяет проводить как горизонтальные (межрегиональные), так и вертикальные (по типам транспортных систем) сравнения. Уточнены индикаторы и прогнозируемые эффекты перехода между уровнями зрелости. *Обсуждение и заключение.* Сравнительный анализ существующих моделей показал их ограниченность применительно к транспортной отрасли. Предложенная модель учитывает специфические риски и институциональные особенности инфраструктурных объектов. Ее применение дает возможность системно оценивать готовность регионов к цифровой трансформации и использовать зрелость как показатель устойчивого развития.

Ключевые слова: цифровая зрелость, транспортная инфраструктура, пространственное развитие, интеллектуальные транспортные системы, цифровая трансформация.

Для цитирования: Гузенко Н. В. Цифровая зрелость транспортной инфраструктуры как стратегический ресурс пространственного развития регионов. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).* 2025;2(32):21-34. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533. 2025.90.2.002.

Research article

JEL O33, L91, R11, R58

DIGITAL MATURITY OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS A STRATEGIC RESOURCE FOR SPATIAL DEVELOPMENT OF REGIONS

Guzenko N.[1*]
[1] *Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia*
** musamav@mail.ru*

Abstract. *Introduction.* In the context of digital transformation, transport infrastructure acquires new strategic importance for the spatial development of regions. The purpose of the study is to formalize a digital maturity assessment model tailored to sectoral and interregional characteristics. *Materials and methods.* The research is based on content analysis of Russian and international scientific literature, comparative evaluation of maturity models, and systematization of digital transformation criteria. Methods include systems analysis, comparative approach, and conceptual modelling. *Research results.* The author proposes a digital maturity model for transport infrastructure, comprising five parameters (technology integration, intelligent control, data analytics, cybersecurity, human-organizational maturity) and five maturity levels. The model allows both horizontal (interregional) and vertical (by transport system type) comparisons. Indicators and expected outcomes of maturity level transitions are specified. *Discussion and conclusion.* A comparative analysis of existing models reveals their limited applicability to the transport sector. The proposed model accounts for specific risks and institutional characteristics of infrastructure. Its application enables systematic evaluation of regional readiness for digital transformation and positions digital maturity as a metric of sustainable development.

Keywords: digital maturity, transport infrastructure, spatial development, intelligent transport systems, digital transformation.

For citation: Guzenko N. Digital maturity of transport infrastructure as a strategic resource for spatial development of regions. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH).* 2025;2(32):21-34. doi: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.90.2.002.

Введение

Современная транспортная инфраструктура является одной из основных предпосылок экономического роста и интеграции регионов. В современных условиях цифровая трансформация отрасли рассматривается как стратегический ресурс пространственного развития регионов. Политика цифровой трансформации объявлена национальной целью, а транспортный сектор включен в число приоритетных направлений развития до 2030 г. Цифровизация транспорта призвана повысить пропускную способность сетей, безопасность и экологичность перевозок, а также улучшить доступность удаленных территорий.

В последние годы понятие «цифровая зрелость» стало ключевым для оценки готовности организаций и отраслей к внедрению инноваций [14]. Цифровая зрелость рассматривается не как синоним цифровой трансформации, а как результат внедрения цифровых технологий и связанных с ними организационных изменений [14].

В транспортном секторе цифровизация инфраструктуры (дороги, ж/д, порты, терминалы) рассматривается как фактор повышения эффективности и безопасно-

сти перевозок. Под транспортной инфраструктурой обычно понимают совокупность фиксированных сооружений и сетей (дороги, мосты, туннели, железные дороги, каналы, порты, аэропорты и пр.), обеспечивающих функционирование транспортной системы [6]. Европейская комиссия определяет транспортную инфраструктуру как «все маршруты и фиксированные сооружения трех видов транспорта, необходимые для движения и безопасности» [5]. Анализ научных публикаций показывает, что отсутствует единое определение цифровой зрелости и транспортной инфраструктуры. Задача данной статьи – проанализировать сущность цифровой зрелости транспортной инфраструктуры, ее влияние на устойчивое развитие регионов, а также выявить перспективные направления развития и возникающие ограничения.

Материалы и методы

В основе проведенного исследования лежит синтез методов контент-анализа и системного сопоставления научных источников, охватывающих проблематику цифровой зрелости в отраслевом и межотраслевом разрезе. Информационной базой исследования послужили научные публикации авторов, раскрывающие как теоретико-методологические основы цифровой зрелости, так и эмпирические подходы к ее оценке в транспортной сфере.

Материал исследования структурирован в логике поиска: от дефиниций и концептуальных моделей – к инструментальным решениям и прикладным индикаторам.

Основным методологическим фокусом стало соотнесение выделяемых критериев зрелости с реальными возможностями применения этих моделей в контексте транспортной инфраструктуры. Это позволило выявить и обобщить системные ограничения существующих подходов и обосновать необходимость разработки собственной оценочной модели, адекватной задачам пространственного развития.

Результаты исследования

Предлагаемая модель разработана для оценки цифровой зрелости инфраструктуры в транспортном секторе. В ней определены пять основных параметров и пять уровней развития. Уровни соответствуют этапам эволюции от минимальной цифровизации к полной оптимизации работы инфраструктуры.

Параметры модели

Интеграция цифровых технологий – степень распространенности датчиков IoT и систем мониторинга по сети (дороги, мосты, порты), наличие единой платформы мониторинга.

Интеллектуальное управление – уровень автоматизации управления транспортными потоками (от ручного регулирования к ИИ-системам), использование цифровых двойников для моделирования трафика.

Сбор и аналитика данных – полнота сбора данных о состоянии сети и перевозках, применение аналитических платформ и машинного обучения для прогнозов (предиктивная аналитика).

Кибербезопасность и надежность – наличие комплексных мер защиты от кибератак, резервирования и самовосстановления систем, устойчивость к сбоям.

Персонал и организационная поддержка – уровень цифровых компетенций сотрудников, организационная культура инноваций, наличие нормативно-правовых актов и стандартов, стимулирующих цифровизацию.

Для каждого параметра определены пять уровней зрелости (1 – начальный, 5 – прогрессивный). Каждый параметр модели подробно развернут на подуровни. Так, «Интеграция цифровых технологий» учитывает распространенность сенсоров и систем телеметрии по всей сети, а также наличие платформы для их анализа и визуализации. «Интеллектуальное управление» отражает степень автоматизации – от простых светофорных регуляторов до использования ИИ-алгоритмов и цифровых двойников для адаптивного управления движением.

Аналогично для «Сбора и аналитики данных» определены показатели объема собираемой информации и уровня ее обработки (от базовых отчетов к предиктивной аналитике). «Кибербезопасность» предполагает движение от базовых политик безопасности к проактивному обнаружению и нейтрализации угроз. «Люди и организация» прогрессируют от единичных тренингов до культуры непрерывного обучения и гибкого управления изменениями.

Представим итоговую таблицу модели, где для каждого параметра перечислены уровни зрелости и ожидаемые эффекты их достижения (табл. 1).

Таблица 1 – **Параметры модели оценки цифровой зрелости инфраструктуры в транспортном секторе**
Table 1 – **Parameters of the model for assessing the digital maturity of infrastructure in the transport sector**

Параметр / Уровень	**1 (низкий)**	**3 (средний)**	**5 (высокий)**	**Ожидаемые эффекты при повышении уровня**
Интеграция технологий	Практически нет датчиков, локальные системы	Локальные датчики и АСУТД по отдельным участкам	Единая сеть IoT-сенсоров, централизованное управление	Прозрачность состояния сети, оперативное выявление аварий, экономия времени и ресурсов при мониторинге
Интеллектуальное управление	Ручное регулирование, расписные светофоры	Адаптивные светофоры, частичная автоматика	Автономные ИИ-системы управления всем трафиком	Увеличение пропускной способности, снижение пробок и ДТП, оптимизация маршрутов в реальном времени
Сбор и аналитика данных	Нет единой системы сбора данных	Сбор данных с ключевых точек, базовые отчеты	Платформы Big Data и машинного обучения (предиктивная аналитика)	Планирование ТОиР по загруженности, снижение незапланированных простоев, долгосрочное моделирование развития
Кибербезопасность	Базовая защита, стандартные пароли	Мониторинг, обновление политик безопасности	Автоматическое обнаружение атак, сегментация сети	Устойчивость к кибератакам, безопасность цифровых сервисов, доверие пользователей и перевозчиков
Персонал и организация	Низкая цифровая грамотность	Регулярное обучение, цифровые инициативы на пилотах	Культура инноваций, непрерывное обучение, гибкое управление изменениями	Снижение сопротивления изменениям, быстрое внедрение улучшений, эффективное управление проектами

Переход с уровня на уровень предполагает целенаправленные инвестиции и организационные преобразования. Например, повышение уровня в аналитике данных с 3 на 5 потребует внедрения платформ предиктивной аналитики и привлечения аналитических кадров. Ожидаемые эффекты таких шагов – оперативное планирование ремонтов и обслуживаний, рост эффективности работы и снижение рисков аварий. В качестве количественной метрики модель может

использовать интегральный индекс зрелости – сумму по всем параметрам (сравнимую, например, с суммарной оценкой от 5 до 25). Таким образом можно построить профиль цифровой зрелости транспортной инфраструктуры.

Разработанная модель отличается ключевой особенностью – отраслевой направленностью, поскольку в ее основе заложен учет специфики транспортной инфраструктуры, включая высокую долговечность объектов, их социально-экономическую значимость и мультисервисный характер транспортных сетей. Модель сочетает преимущества зрелостного подхода (уровни развития, многоуровневую структуру) с конкретными показателями и целевыми эффектами. Это позволяет адекватно оценивать и планировать цифровую трансформацию в транспортной отрасли, чего нельзя обеспечить стандартными моделями, ориентированными на промышленность или только на ИТ-компании.

Обсуждение

Анализ показал, что термин «цифровая зрелость» трактуется по-разному. Концепция цифровой зрелости рассматривается в научной литературе как мерило степени готовности к цифровой трансформации организационно-экономических систем. Так, в ряде работ цифровую зрелость рассматривают как комбинацию «цифровой интенсивности» (уровень инвестиций в цифровые решения и степень их использования) и «интенсивности управления трансформацией» (способность компании организовать процессы изменений) [7, 14, 22, 28]. Согласно определению Майкла Уэйда, цифровая зрелость означает вовлеченность организации в процесс постоянных изменений, обусловленных прогрессом цифровых технологий, что требует адаптации стратегии, бизнес-модели и инвестиций [4].

В ряде современных исследований цифровая зрелость трактуется как совокупность преобразований, при которых цифровые технологии постепенно замещают человеческое участие – как интеллектуальное, так и физическое – в управлении машинами и производственными системами. Представленное замещение направлено на преодоление пространственно-временных барьеров во взаимодействии между людьми, техническими средствами и комплексными системами, а также на минимизацию влияния присущих человеку ограничений, таких как эмоциональные реакции, предвзятость и ограниченная скорость обработки информации, при построении процессов и организации деятельности [17].

В отечественных источниках подчеркивается, что цифровая зрелость – это динамичный процесс, интегрирующий технологические, организационные и людские аспекты. Так, И. Ю. Мерзлов подчеркивает, что цифровую зрелость можно оценивать «как на уровне отдельных организаций, так и на уровне стран» [13]. При этом выделяются основные ее составляющие: стратегия, организация, люди, технологии и данные [13]. Такое широкое понимание согласуется с глобальными подходами Industry 4.0, где зрелость связана с интеграцией киберфизических систем и автоматизацией процессов.

Л. В. Шабалтина отмечает, что цифровая зрелость – прежде всего «способность к эффективному управлению изменениями» [20], а сами авторы Deloitte (Gurumurthy, Shatsky) делают вывод, что «цифровая зрелость – это не конечная статичная точка, а подвижная цель» развития организации [20]. При этом отмечено, что высокий уровень цифровой зрелости компании тесно связан с ее конкурентоспособностью и финансовыми результатами [19]. Другими словами, компании с более высоким уровнем зрелости получают ощутимые конкурентные преимущества и высокую прибыльность. Аналогичные взгляды разделяют и другие авторы, отмечая, что цифровая зрелость тесно связана с культурой непрерывных инноваций и обучаемостью организации [29].

В концептуальном плане цифровая зрелость включает и социальный компонент: ее связывают с ролью государства в замещении технологического уклада. Е. В. Попов развивает идею многоуровневой зрелости власти, выделяя шесть ступеней (от «отсутствия» до «автономного цифрового управления»), измеряемых долями цифровых решений в работе органов [17].

Эти трактовки подчеркивают, что цифровая зрелость имеет комплексный характер и требует учета технологических, организационных и институциональных факторов.

Современные целевые программы России также связывают успехи развития с цифровой зрелостью: в Указе Президента РФ № 474 (2020) среди целей на 2030 г. обозначено достижение цифровой зрелости ключевых секторов экономики. В транспортной сфере приоритет цифровизации очевиден: речь идет о внедрении интеллектуальных систем управления движением, цифровых двойников объектов и мониторинге инфраструктуры [16].

В транспортной инфраструктуре цифровая зрелость проявляется через реализацию концепций умного транспорта и Intelligent Transportation Systems. Это означает полное интегрирование систем навигации, коммуникаций и мониторинга в единую цифровую экосистему, способную адаптироваться к изменениям трафика и предсказывать потребности в обслуживании. Наивысший уровень зрелости достигается, когда «в цифровом двойнике» транспортной сети моделируются и оптимизируются все процессы. Таким образом, цифровая зрелость трактуется как интегральный показатель трансформационной готовности отрасли. В зарубежной практике цифровая зрелость обычно оценивается по нескольким ключевым параметрам: стратегия, структура, персонал, технологии и данные [13], что совпадает с подходами индустрии 4.0 и исследований в логистике [12].

Важным является и разграничение «цифровой трансформации» и «цифровой зрелости»: считается, что цифровая зрелость – это результат ряда действий, направленных на цифровую трансформацию [20]. Другими словами, цифровая зрелость отражает достигнутый уровень интеграции цифровых технологий в деятельности организации (системный характер процессов, компетенций и инноваций).

Следует учитывать различие между понятиями «цифровая готовность» и «цифровая зрелость». Готовность (digital readiness) обычно характеризует потенциал организации к трансформации (наличие ресурсов, инфраструктуры и стратегий), тогда как зрелость отражает достигнутый уровень внедрения технологий и процессов. Многие исследователи, включая отчеты ОЭСР и экспертов по Industry 4.0, подчеркивают необходимость перехода от готовности к зрелости. На практике это означает, что важно не только иметь цифровую стратегию, но и фактически интегрировать ее в работу отрасли.

В целом цифровая зрелость трактуется как интегральный показатель трансформационной готовности, включающий элементы технологической готовности, организационной культуры и управленческих практик. Важной характеристикой всех подходов является ориентация на непрерывность изменений: цифровая зрелость – это способность организации учиться и совершенствоваться, а не статичное состояние [13, 14, 15].

Существует множество методик оценки цифровой зрелости, предложенных консалтинговыми фирмами и исследователями. Чаще всего они включают комплексные опросники или индексы по нескольким измерениям.

Deloitte сформулировали семиблоковую модель цифровых возможностей, которая упор делает на бизнес-стратегии, операции и инновации [16].

Forrester предложил четырехуровневую Digital Maturity Model 4.0, акцентирующую внимание на культуре, людях, процессах и технологиях [25].

Microsoft разработала Corporate Digital Maturity Model, ориентированную на готовность ИТ-инфраструктуры и управленческих процессов [11]. В практических исследованиях цифровой зрелости особо анализируются отраслевые сценарии. К примеру, разработана модель оценки цифровой зрелости логистических процессов, выделив области стратегии, клиентов, операций, людей и технологий [26]. Авторы показали, что переход на более высокие уровни зрелости требует комплексных изменений и интеграции данных по всей логистической цепочке.

Преимущества современных подходов – в их комплексности: они одновременно охватывают стратегические, организационные и технические факторы. Модели позволяют оценить общее положение организации относительно зрелости и выстроить дорожные карты цифровой трансформации. Однако у каждого подхода есть ограничения. Исследователи отмечают, что многие методики оценки зрелости ориентированы преимущественно на ретроспективные данные и не гарантируют прогнозируемости [1,2].

Часто модели носят обобщенный характер и требуют адаптации под конкретную отрасль или регион. Многие методики основаны на опросах и экспертных оценках, что добавляет субъективности. Также встречаются подходы с избыточной детализацией параметров, затрудняющие практическое применение. В итоге выбор модели оценки обычно определяется балансом между детальностью и простотой, а также доступностью данных.

Представим сводную таблицу, в которой обобщены ключевые подходы к оценке цифровой зрелости, их сильные и слабые стороны (для примера приведены несколько репрезентативных моделей).

Таблица 2 – **Ключевые подходы к оценке цифровой зрелости, их сильные и слабые стороны**

Table 2 – **Key approaches to assessing digital maturity, their strengths and weaknesses**

Метод / Модель	**Ключевые параметры / области оценки**	**Преимущества**	**Ограничения**
Deloitte (7 цифровых возможностей) [18]	Стратегия, клиентский опыт, операции, бизнес-модели, технологии, культура, люди	Интегральный подход, эмпирическая связь зрелости с прибылью и конкурентоспособностью	Ориентирован на крупные компании, универсален, но не учитывает отраслевые нюансы, предполагает значимые затраты на оценку
Forrester DMM 4.0 [25]	Культура, люди, процессы, технологии (C, A, P, T)	Четкая структурированная модель, богатая практика применения в бизнесе	Платный доступ к анализам, акцент на отдельных аспектах (является узкоспециализированным инструментом консультантов)
CDMM (Microsoft) [11]	Технологическая инфраструктура, цифровая грамотность, инновации	Глубокий технологический фокус, пошаговые рекомендации по внедрению решений Microsoft	Сильно привязан к конкретным ИТ-продуктам, не охватывает полностью управленческие и отраслевые особенности
Региональный индекс [17]	Шесть уровней зрелости госуправления (от «нет цифровизации» до «автономного управления»), критерием служит доля цифровых процессов	Учитывает особенности управления, задает количественные критерии	Применим только к органам власти, для коммерческих организаций не адаптирован

Метод / Модель	Ключевые параметры / области оценки	Преимущества	Ограничения
Академические модели (Кузнецова и др.) [9]	Производственные технологии, цифровизация процессов, цифровая экономика	Ориентированы на национальные условия и стратегию развития, подчеркивают роль инновационного развития	Тенденциозны (смотрят в будущее), часто требуют апробации на практике, уровень обобщения может быть недостаточен для отдельных компаний

У всех моделей есть общие черты: многомерность (измерения, связанные с технологиями, процессами, организационными факторами и т. д.), градация уровней от «базовых» к «продвинутым» и использование экспертных оценок. По словам авторов [26], большинство таких моделей построено по принципам CMMI, где каждому уровню назначаются критерии, а области оценки могут расширяться на подчиненные подсистемы. В целом выбор модели определяется целями: отраслевые модели (например, для портов или водного транспорта) учитывают специфические функции, тогда как универсальные более гибки.

Сравнение критериев и шкал

Во всех перечисленных моделях используются 4–5-балльные шкалы зрелости. Критерии зрелости охватывают технологические, организационные и управленческие аспекты. Анализ литературы показывает, что типичные области оценки включают стратегию, лидерство, клиентский сервис, товары/услуги, операционные процессы, культуру, персонал, управление и технологии [15, 19, 27, 26]. Например, авторами [26] этапы описываются через технологический прогресс и интеграцию (от бумажной документации до ИИ и IoT). У моделей логистики оценивается, насколько внедрены цифровые инструменты для измерения эффективности, поддержки сотрудников и автоматизации процессов [10].

Преимущества таких моделей – широкий охват аспектов зрелости и наглядная структура уровней. Недостатки – их сложность и субъективность. Модели с большим числом измерений дают полную картину, но требуют много данных и согласований; упрощенные модели легче применять, но они могут упустить важные факторы (например, культурные или институциональные). Стадированный подход ясен (каждый следующий уровень требует выполнения предыдущих требований), но может быть слишком жестким и не учитывать постепенную эволюцию (что отмечено авторами как проблема множества моделей) [26]. Непрерывные модели более гибки, но менее интуитивны. Во многих исследованиях также подчеркивается влияние отраслевых особенностей: организации, ориентированные на потребителя, обычно достигают более высоких показателей цифровой зрелости, чем традиционные B2B-компании [26].

Анализ и сравнение показывают, что ни один из существующих подходов не удовлетворяет требованиям системной оценки цифровой зрелости транспортной инфраструктуры в региональном разрезе: методики, ориентированные на промышленность, недостаточно учитывают управленческий и сервисный характер транспортных систем, а бизнес-модели консалтинга – специфику больших инфраструктурных проектов.

Отсутствие единой рамочной модели, учитывающей специфику длительно функционирующих технических объектов, их институциональную среду, а также необходимость межведомственной координации, создает методологический вакуум. Он особенно ощутим при решении задач стратегического пространственного планирования, где зрелость инфраструктуры должна рассматриваться не как сумма локальных ИТ-индикаторов, а как способность системы обеспечивать связанность, надежность и устойчивость территории в цифровой

парадигме. Это обосновывает необходимость разработки специализированной модели, учитывающей интеграцию транспортных систем, требования безопасности и социально-экономические эффекты. Ее основа – не попытка механически адаптировать существующую шкалу зрелости к транспорту, а системный подход к структуре цифровой инфраструктуры как элемента развития региона. Модель включает не только технологические характеристики (инфраструктура, сенсорика, системы управления), но и такие параметры, как институциональная обеспеченность, устойчивость к сбоям, способность к межведомственной интеграции и организационная адаптивность. Это позволяет использовать модель не только для диагностики, но и как инструмент проектирования цифровой трансформации.

К числу ключевых достоинств модели относятся:

– отраслевая привязка. Структура модели учитывает особенности транспортной инфраструктуры: длительный жизненный цикл, капиталоемкость, критичность к отказам;

– функциональная полнота. В оценку включены технологические, управленческие и организационные компоненты, включая киберустойчивость и кадровую зрелость;

– проекционность. Модель не просто фиксирует состояние, но дает прогнозируемые эффекты от перехода между уровнями: повышение пропускной способности, снижение аварийности, рост устойчивости логистических маршрутов и т. п.;

– оценочная совместимость. Шкала параметров и уровней дает возможность проводить горизонтальные сравнения между регионами и вертикальные – по типам транспортных систем (автомобильные дороги, железные дороги, порты и др.).

Заключение

Сравнительный анализ показал, что понятие «цифровая зрелость» в литературе включает многоаспектные компоненты – от технологической готовности до управленческой культуры. Все авторы сходятся в том, что зрелость – это динамичный процесс, требующий постоянного обучения организации. Существующие модели оценки зрелости демонстрируют ценность комплексного подхода, но часто упускают отраслевые факторы и оперируют преимущественно параметрами уровня технологической инфраструктуры или процесса.

Современные подходы к оценке цифровой зрелости отличаются широкой палитрой методологических решений. Наиболее распространены три типа моделей.

1. Интегральные модели опираются на множественные измерения – от технологической инфраструктуры до культуры изменений. Они позволяют получить обобщенную картину зрелости, но страдают от чрезмерной универсализации. Их слабость – в ограниченной применимости к инфраструктурным отраслям: например, цифровая зрелость региональной дорожной сети и производственной компании оцениваются по одинаковым матрицам, игнорируя природу активов и длительность жизненного цикла объектов.

2. Функциональные модели, применяемые в логистике и управлении цепями поставок, как правило, выделяют параметры по операционным блокам: процессы, ИТ, персонал, клиентский сервис, инновации. Их достоинство – детализация внутренних процессов и ориентация на повышение эффективности. Однако такие модели ограничены рамками организации, плохо учитывают системные взаимосвязи между объектами транспортной инфраструктуры, необходимыми для пространственной связанности.

3. Отраслевые модели, разрабатываемые для транспорта, энергетики, ЖКХ, часто строятся на основе экспертных индексов или рейтинговых анкет. Они ближе к прикладной реальности, однако почти не предполагают сопоставимости между субъектами или регионами, по-

скольку критерии и весовые коэффициенты зависят от постановщика задачи. Типичная проблема – нет обоснованной шкалы, затруднена интерпретация результатов в сравнительном разрезе.

В обобщенном виде выявлены следующие недостатки существующих подходов.

1. Дисбаланс между универсальностью и отраслевой спецификой. Модели либо чересчур абстрактны (и потому неоперабельны в транспортной инфраструктуре), либо избыточно заточены под бизнес-среду.

2. Нечеткая шкала оценки. Большинство моделей используют 4-5 уровней зрелости, но не задают четких границ перехода между ними, что делает сравнение между субъектами субъективным.

3. Недостаток межсистемной логики. Зрелость транспортной инфраструктуры не может быть сведена к состоянию ИТ или процессной автоматизации. Важна взаимосвязь с пространственными эффектами, синхронностью между подсистемами (дороги, порты, логистика, телеком).

4. Проблема источников данных. Оценка зрелости во многих случаях базируется на самоотчетах, что искажает картину. Универсальные модели не дают верифицируемых и повторяемых результатов в отрасли с долгими жизненными циклами.

Предложенная модель цифровой зрелости транспортной инфраструктуры позволяет восполнить методологический разрыв между универсальными концепциями цифровой трансформации и реальной оценкой готовности региональных транспортных систем. Ее применение даст возможность не только системно измерять зрелость, но и планировать развитие с учетом социально-экономических эффектов. Модель ориентирована на практику и может быть интегрирована в инструменты стратегического планирования пространственного развития.

Цифровая зрелость транспортной инфраструктуры рассматривается сегодня как стратегический ресурс регионального развития. Высокий уровень цифровизации транспорта усиливает региональные конкурентные преимущества и повышает качество жизни населения за счет более эффективных и экологичных перевозок. Теоретический анализ и практический опыт показывают, что совершенствование транспортной сети с учетом цифровых технологий является важным драйвером зеленого и равномерного экономического роста. Однако для успешной трансформации необходимо преодолеть существующие риски: обеспечить кибербезопасность, мобилизовать инвестиции и квалифицированные кадры, а также выстроить координированную государственную политику. Важно, что цифровые решения транспортной инфраструктуры рассматриваются именно как ресурс устойчивого развития, а не самоцель: только в этом случае они будут способствовать сбалансированному пространственному развитию регионов России.

Список литературы

1. Критерии оценки цифровой зрелости российских предприятий малого и среднего бизнеса / В. И. Абрамов, А. В. Борзов, К. Ю. Семенков // Социально-экономическое развитие России: проблемы, тенденции, перспективы : сб. науч. статей XX Международной научно-практической конференции в рамках III Московского академического экономического форума, Курск, 25 мая 2021 г. – Курск, 2021. – С. 7-12.

2. Методы оценки цифровой зрелости предприятий: обзор и перспективы / В. И. Абрамов, В. Н. Борзов, Д. А. Семенков // Экономические науки. – 2021. – № 8. – С. 6-12.

3. Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance / A. Burduk, E. Chlebus, T. Nowakowski, A. Tubis (eds.). – Berlin : Heidelberg : Springer, 2019. – Vol. 835. – P. 771-781.

4. Digital Vortex: How Digital Disruption Is Redefining Industries [Элек-

тронный ресурс]. – URL: https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/industry-solutions/digital-vortex-report.pdf.

5. European Environment Agency Report 2014 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-indicator-report-2014.

6. Sustainable Transportation Infrastructure's Role in Attaining Sustainable Development Goals / R. Kapur, S. Das, R. D. Nandineni // Industry, Innovation and Infrastructure. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals / W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, A. Lange Salvia, T. Wall (eds.). – Cham : Springer, 2021.

7. *Khachatryan, G., Mukhina, I.* Managing the digital transformation of a company: a corporate model of express assessment of «digital maturity» // Actual problems of economics and management. – 2020. – № 3 (27). – P. 149-162.

8. *Кугаева Л. В., Никольская, С. Г.* Инструменты цифровой трансформации и оценки зрелости предприятий // Логистика и управление цепями поставок. – 2020. – № 3. – С. 25-35.

9. *Кузнецова, Е. К., Ивашкевич Т. В.* Организация и развитие системы государственного мониторинга достижения «цифровой зрелости» промышленности в России // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 1993-2004.

10. Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community / C. Legner, T. Eymann, T. Hess, C. Matt, T. Böhmann, P. Drews, A. Mädche, N. Urbach, F. Ahlemann // Business and Information Systems Engineering. – 2017. – Vol. 59. – P. 301-308.

11. Maturity Model for Microsoft 365 – Infrastructure Competency. Microsoft Learn [Электронный ресурс]. – URL: https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-365/community/microsoft365-maturity-model--infrastructure.

12. *Mecheva, T., Kakanakov, N.* Cybersecurity in Intelligent Transportation Systems // Computers. – 2020. – Vol. 9, № 4. – P. 83.

13. *Мерзлов, И. Ю.* Методы оценки цифровой зрелости: обзор международной практики // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 503-520.

14. *Мусина, Д. Р., Ганиева, М. Р.* Цифровая зрелость отрасли и предприятия: понятие и методы оценки // Human Progress. – 2024. – Т. 10, Вып. 4. – С. 5.

15. *Oleśków-Szłapka, J., Stachowiak, A.* The Framework of Logistics 4.0 Maturity Model // Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance; ISPEM 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing.

16. О Национальных целях развития РФ на период до 2030 г. : Указ Президента РФ от 21.07.2020 № 474 (ред. от 21.07.2020).

17. *Попов, Е. В.* Уровни цифровой зрелости региональной власти // Economics of Science. – 2025. – Т. 11, № 1. – С. 10-22.

18. *Ragu, Gurumurthy, Schatsky, D.* Pivoting to digital maturity. Seven capabilities central to digital transformation. Deloitte [Электронный ресурс]. – URL: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/digital-maturity/digital-maturity-pivot-model.html (дата обращения: 23.04.2025).

19. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises / A. Schumacher, S. Erol, W. Sihn // Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 52. – P. 161-166.

20. *Шабалтина, Л. В.* Цифровая зрелость как инструмент целенаправленной трансформации технологических укладов // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, № 6. – С. 2055-2072.

21. *Симонова, В. Л., Черепанов, В. В.* Уровни цифровой зрелости промышленного предприятия // Journal of New Economy. – 2021. – Т. 22, № 2. – С. 88-109.

22. *Силин, Я. П., Коковихин, А. Ю.* Цифровая зрелость государственного управления на мезоуровне: компетентностный подход // Human Progress. – 2022. – Т. 8, Вып. 4. – С. 12.

23. Digital transformation of transport infrastructure: risks and directions of development / E. Simaeva, N. Simaeva, I. Tyutyunnik, et al. // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2476, Issue 1. – Art. 040041. – P. 6.

24. *Sardarabady, N. J., Durst, S.* A systematic literature review on the economic impact of digitalization technologies in transport logistics // Transport Economics and Management. – 2024. – Vol. 2, № 1. – P. 76-89.

25. The Digital Maturity Model 4.0. Forrester's Digital Maturity Model 4.0.

26. Digital Maturity of Logistics Processes Assessed in the Areas of Technological Support for Performance Measurement, Employees, and Process Management / A. A. Tubis, A. Koliński, H. Poturaj // Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – P. 7893.

27. *Werner-Lewandowska, K., Kosacka-Olejnik, M.* Logistics 4.0 Maturity in Service Industry: Empirical Research Results // Procedia Manufacturing. – 2019. – Vol. 38. – P. 1058-1065.

28. *Zeynep Tuğçe Kalender, Žilka, M.* A Comparative Analysis of Digital Maturity Models to Determine Future Steps in the Way of Digital Transformation // Procedia Computer Science. – 2024. – Vol. 232. – P. 903-912.

29. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. – 2022. – № 5.

List of references

1. Criteria for assessing the digital maturity of Russian SMEs / V. Abramov, A. Borzov, K. Semenkov // Socio-economic development of Russia: problems, trends, prospects : Proceedings of the 20th International Scientific and Practical Conference within the III Moscow Academic Economic Forum, Kursk, 25 May 2021. – Kursk, 2021. – P. 7-12.

2. Methods for assessing digital maturity of enterprises: review and prospects / V. Abramov, V. Borzov, D. Semenkov // Economic Sciences. – 2021. – № (8). – P. 6-12.

3. Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance / A. Burduk, E. Chlebus, T. Nowakowski, A. Tubis (eds.). – Berlin : Heidelberg : Springer, 2019. – Vol. 835. – P. 771-781.

4. Digital Vortex: How Digital Disruption Is Redefining Industries [Electronic resource]. – URL: https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/industry-solutions/digital-vortex-report.pdf.

5. Environmental Indicator Report 2014 [Electronic resource]. – URL: https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-indicator-report-2014.

6. Sustainable transportation infrastructure's role in attaining Sustainable Development Goals / R. Kapur, S. Das, R. D. Nandineni // Industry, Innovation and Infrastructure / W. Leal Filho, A. M. Azul, L. Brandli, A. Lange Salvia, T. Wall (eds.). – Cham : Springer, 2021.

7. *Khachatryan, G., Mukhina, I.* Managing the digital transformation of a company: a corporate model for rapid assessment of digital maturity // Actual Problems of Economics and Management. – 2020. – № 3 (27). – P. 149-162.

8. *Kugayeva, L., Nikolskaya, S.* Digital transformation tools and enterprise maturity assessment // Logistics and Supply Chain Management. – 2020. – № 3. – P. 25-35.

9. *Kuznetsova, E., Ivashkevich, T.* Organization and development of the state monitoring system for achieving «digital maturity» in Russian industry // Issues of Innovative Economics. – 2023. – Vol. 13, № 4. – P. 1993-2004.

10. Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community / C. Legner, T. Eymann, T. Hess, C. Matt, T. Böhmann, P. Drews, A. Mädche, N. Urbach, F. Ahlemann // Business and Information Systems Engineering. – 2017. – Vol. 59. – P. 301-308.

11. Microsoft, 2023. Maturity Model for Microsoft 365 – Infrastructure Competency [Electronic resource]. – URL: https://learn.microsoft.com/en-us/microsoft-

365/community/microsoft365-maturity-model--infrastructure.

12. *Mecheva, T., Kakanakov, N.* Cybersecurity in intelligent transportation systems // Computers. – 2020. – № 9 (4). – P. 83.

13. *Merzlov, I.* Methods for assessing digital maturity: overview of international practice // Creative Economy. – 2022. – № 16 (2). – P. 503-520.

14. *Musina, D., Ganieva, M.* Digital maturity of industry and enterprises: concepts and evaluation methods // Human Progress. – 2024. – № 10 (4). – P. 5.

15. *Stachowiak, A., Oleśków-Szłapka, J.* 2018. The framework of Logistics 4.0 maturity model // Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance (ISPEM 2018). Advances in Intelligent Systems and Computing.

16. On the National Development Goals of Russian Federation until 2030 : Decree of President of Russian Federation from 21.07.2020 № 474.

17. *Popov, E.* Levels of digital maturity of regional authorities // Economics of Science. – 2025. – № 11 (1). – P. 10-22.

18. *Gurumurthy, R., Schatsky, D.* Pivoting to digital maturity: Seven capabilities central to digital transformation [Electronic resource]. – URL: https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/digital-maturity/digital-maturity-pivot-model.html (date of access: 23.04.2025).

19. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises / A. Schumacher, S. Erol, W. Sihn // Procedia CIRP. – 2016. – № 52. – P. 161-166.

20. *Shabaltina, L.* Digital maturity as a tool for targeted transformation of technological paradigms // Creative Economy. – 2022. – № 16 (6). – P. 2055-2072.

21. *Simonova, V., Cherepanov, V.* Levels of digital maturity of an industrial enterprise // Journal of New Economy. – 2021. – № 22 (2). – P. 88-109.

22. *Silin, Ya., Kokovikhin, A.* Digital maturity of public administration at the mesolevel: a competence-based approach // Human Progress. – 2022. – № 8 (4). – P. 12.

23. Digital transformation of transport infrastructure: risks and directions of development / E. Simaeva, N. Simaeva, I. Tyutyunnik et al. // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2476, Issue 1. – Art. 040041. – P. 6.

24. *Sardarabady, N., Durst, S.* A systematic literature review on the economic impact of digitalization technologies in transport logistics // Transport Economics and Management. – 2024. – № 2 (1). – P. 76-89.

25. Forrester, 2024. The Digital Maturity Model 4.0. Forrester Research Report.

26. Digital maturity of logistics processes assessed in the areas of technological support for performance measurement, employees, and process management / A. A. Tubis, A. Koliński, H. Poturaj // Applied Sciences. – 2024. – № 14. – P. 7893.

27. *Werner-Lewandowska, K., Kosacka-Olejnik, M.* Logistics 4.0 maturity in service industry: empirical research results // Procedia Manufacturing. – 2019. – № 38. – P. 1058-1065.

28. *Kalender, Z. T., Žilka, M.* A comparative analysis of digital maturity models to determine future steps in the way of digital transformation // Procedia Computer Science. – 2024. – № 232. – P. 903-912.

29. The Sixth Technological Paradigm // Science and Life. – 2022. – № (5).

Об авторах:

Гузенко Наталья Владимировна, *кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры коммерции и логистики Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), Ростов-на-Дону, Россия, musamav@mail.ru*

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

About the Authors:

Natalia Guzenko, *Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commerce and Logistics of Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don, Russia, musamav@mail.ru*

Conflict of Interest: The authors declare no conflicts of interest.