

УДК 338.49: 332: 004.05: 001.895
DOI: 10.26456/2219-1453/2026.1.064-074

Формирование методики оценки показателей качества цифровых двойников мезосистем на базе экспертных методов и методов анализа иерархий

О.Н. Панамарева

ФГАОУ «Военный инновационный технополис "ЭРА"», г. Анапа

Статья посвящена вопросу исследования аспектов оценки качества одной из ключевых сквозных информационных технологий в контексте цифровой отраслевой трансформации. Целью исследования является детерминирование, анализ и выбор методов, оптимально подходящих для включения их в основу методики оценки показателей качества цифровых двойников сложных организационно-технических систем мезоэкономического уровня в соответствии с начальной стадией разработанности обозначенной технологии и важностью обеспечения ее развития на динамичной инновационной основе. Научная новизна полученных результатов заключается в предложении применения обоснованно выбранных экспертных методов и методов анализа иерархий, ввиду их незаменимости на этапах структурирования задачи и формирования критериев, применительно к таким инновационным системам, как цифровые двойники сложных систем, а также в предложении автором их использования на основе комплексного подхода в целях нивелирования недостатков каждого из этих методов. Применение их в рамках новой методики позволит осуществлять комплексную оценку качества такого рода цифровых двойников, создав предпосылки для их формирования и развития в качестве действенных сбалансированных, глубоко интегрированных цифровых инструментов для обеспечения устойчивого развития, национальной безопасности, технологического суверенитета и достижения солидарного блага.

Ключевые слова: цифровые двойники, инновации, сложные организационно-технические системы, показатели качества, оценка, комплексный подход, экспертные методы, методы анализа иерархий, безопасность, устойчивость, развитие, суверенитет.

Введение

Несмотря на большое внимание, уделяемое вопросам цифровизации и цифровой трансформации (ЦТ) отраслей экономики России [2; 3; 4; 5; 6; 19; 21], попытки разработки наиболее эффективных инструментов и технологий, обеспечивающих ее реализацию, направленных на формирование научного, технического и технологического заделов, не демонстрируют достижение требуемых и ожидаемых результатов.

Последнее обусловлено тем, что практически все обозначенные меры разрабатываются в основном исходя из генеральной цели достижения существенного экономического роста (т.е. получения определенных количественных экономических показателей, достижения их динамики) и лоббирования краткосрочных частных интересов отдельных хозяйствующих акторов (в т.ч.: направленности во чтобы то ни стало продемонстрировать свою инновационную активность; стремлении к достижению определенного уровня цифровой зрелости и к его краткосрочному повышению). При этом можно констатировать факт отсутствия комплексного подхода к разработке, оценке качества, реализации взаимосвязанных (сложноструктурных) ИТ-инноваций, нацеленных на достижение устойчивости и сбалансированного развития всех заинтересованных экономических агентов на пути достижения солидарного блага. Таким образом, формирование целостной методики оценки качества комплексных инновационных ИТ-решений – важная открытая научно-техническая проблема, при разработке которой ключевым аспектом является выбор оптимальных методов для включения их в ее состав с учетом уровня разработанности ИТ-инструментов и их комплексного характера.

Обоснование актуальности проблематики

В современных условиях беспрецедентного санкционного давления на Россию и формирования новых международных отношений требуются новые отечественные высокотехнологичные и организационные решения, носящие межотраслевой, целостный характер, приоритетно нацеленные на обеспечение безопасности и устойчивого социально-экономического развития (УСЭР) хозяйствующих агентов всех уровней управления в контексте осуществления сбалансированного функционирования каждого актора в частности, региона и государства в целом, ориентированного на солидарное благо.

Таким образом, для решения комплексных проблем требуются соответствующие комплексные решения, в ином случае существующие препятствия инновационному устойчивому развитию сохраняются. Кроме того, в современных условиях лавинообразного роста объемов информации и сокращения времени на принятие решений разработка и внедрение соответствующих инструментов, обеспечивающих автоматизированную, а в перспективе автоматическую и интеллектуальную поддержку принятия и реализации управленческих решений должны быть нацелены на получение не «точечных» краткосрочных результатов, а на достижение синергетического и мультипликативного долгосрочного эффектов. В качестве такого ключевого ИТ-инструмента ЦТ выступает технология цифровых двойников (ЦД) сложных организационно-технических систем (СОТС), поскольку технологию «цифровой двойник» («*Digital Twin*») рассматривают, как одну из передовых технологий, являющуюся «технологией-интегратором практически всех сквозных цифровых технологий и субтехнологий», «технологией-драйвером, обеспечивающей технологические прорывы и позволяющую высокотехнологичным

компаниям переходить на новый уровень технологического и устойчивого развития». По своей сути ЦД начинают рассматривать как высшую степень развития вычислительных ресурсов, когнитивных моделей, встроенных датчиков и других элементов [18], позволяющую интегрировать «сквозные технологии», разнообразные ИТ-технологии, технологии искусственного интеллекта (ИИ), *Big Data* и другие технологии, что, при корректном научно-методологическом подходе, даст возможность создавать системы поддержки принятия решений и управления инновациями на новом технико-технологическом и организационном уровне. Кроме того, необходимо учитывать, что технология ЦД все интенсивнее продолжает развиваться «под влиянием процессов конвергенции (вовлечения все новых технологий) и процессов дивергенции (применения технологии к разным группам пользователей и разным отраслям)» [14, с. 25-25], а это подразумевает необходимость реализации комплексного подхода к управлению инновациями такого рода, только в этом случае можно обеспечить эффективное воплощение прорывных и перспективных цифровых и других инновационных производственных технологий, направленных на достижение не частно-системного эффекта, а солидарного блага. Современный подход к данной технологии в основном нацелен на создание ЦД изделий (ЦДИ), отчасти – отдельных производственных процессов (и в промышленности, и на транспорте), и при этом не рассматривается СОТС в целом, ее сбалансированное функционирование и развитие. Последнее неизбежно вновь приведет к разрозненным экономическим и социальным эффектам, которые сегодня можно наблюдать в результате проводимой цифровизации отраслей отечественной экономики.

Таким образом, открытым основополагающим вопросом остается определение оптимального уровня реализации технологии ЦД, обуславливающего возможность использования ее потенциала в полном объеме для обеспечения безопасности и УСЭР в контексте достижения технологического суверенитета России. Для нивелирования обозначенной выше проблемы в качестве оптимального уровня реализации технологии ЦД в рамках настоящего исследования рассматриваем мезоэкономический уровень (МЭУ), позволяющий бесшовно интегрировать все остальные уровни управления при помощи ИТ-решений в составе такого рода ЦД. Ранее, в работах [10; 11], сформулированы и обоснованы ключевые предпосылки, обуславливающие целесообразность разработки и внедрения цифровых двойников СОТС, расположенных именно на МЭУ, какими, например, являются морские транспортные узлы (МТУ) РФ.

Для эффективной реализации обозначенной технологии ключевым вопросом становится вопрос обеспечения требуемого качества составляющих (т.е. ЦД каждого хозяйствующего актора) и ЦД СОТС МЭУ в целом. Следовательно, без предварительной оценки качества каждого из таких решений в контексте их влияния на действенность всей цифровой инфраструктуры, на функционирование и устойчивое развитие каждого экономического агента, региона и страны в целом, формирование такого рода ИТ-решений не целесообразно.

Таким образом, проработанность вопросов создания, применения, развития технологии ЦД, в первую очередь ЦД СОТС МЭУ, находятся на стадии формирования концепции. Тоже самое характерно и для степени разработанности аспектов оценки качества ЦД в составе ЦД МТУ; последнее практически не получило отражения в научных работах по проблематике. Данные факты и сказанное выше обуславливают актуальность темы настоящего исследования и новизну представленных в нем теоретико-практических результатов.

Научная гипотеза настоящего исследования состоит в предположении, что обоснованный выбор групп конкретных методов, оптимально подходящих для оценки показателей качества ЦД СОТС МЭУ – технологии, находящейся на начальной стадии разработанности, является важным аспектом при формировании целостной методики оценки показателей качества цифровых двойников таких СОТС МЭУ, как МТУ – основы инновационного развития хозяйствующих акторов разного уровня управления; а применение такой методики на основе комплексного подхода обеспечит формирование оптимальной структуры ИТ-решений в составе ЦД СОТС МЭУ с учетом технологических трендов, обеспечивая сбалансированное цифровое развитие и УСЭР путем стимулирования роста сбалансированной реальной (а не разрозненной номинальной) инновационной активности в транспортной и смежной отраслях и сферах, в результате чего создаваемая инновационная цифровая основа будет способствовать достижению и сохранению технологического суверенитета не только транспортной отрасли, но и экономики России в целом. Для решения обозначенной научно-практической задачи целесообразно использовать такие методы научного познания, как абстрагирование (учитывая большую размерность задачи), анализ, сравнение и синтез.

Обзор исследований

Последнее время в виду серьезного внимания, уделяемого сквозным технологиям, их роли в обеспечении технологического и экономического суверенитетов России, вопросы разработки и внедрения ЦД, как одной из прорывных технологий, стали дискуссионной темой. Раскрытию особенностей оценки качества ЦД посвящены труды отечественных ученых, а именно: И.Г. Перевезенцева, А.Е. Привалова, А.М. Зубачева, В.В. Кравцова, В.А. Тушавина и др. [8; 10; 11; 13; 16].

В работах И.Г. Перевезенцева исследуются аспекты оценки качества ЦДИ [10; 11]. Данный автор подчеркивает, что на сегодня в существующем стандарте (ГОСТ Р 57700.37-2021) [1] даже косвенно не затрагиваются вопросы оценки качества ЦДИ. Действительно, данная проблематика только сегодня начинает разрабатываться и не имеет законодательного закрепления. Автором при ее исследовании декомпозирована категория «качество цифрового двойника изделия» на две части («качество модели, на основе которой построен ЦД» и «качество двусторонних информационных связей с моделируемым физическим объектом-аналогом (изделием или его частями)». Он остановился на второй ее части, обозначив ее как «качество функционирования ЦД». Интерес представляет предлагаемый подход к

оценке качества ЦДИ, базирующийся на общем подходе, основанном на показателе «Общая взаимосопряженность цифрового двойника» (*Overall Digital Twin Entanglement, ODTE*)» [11], который может реализовываться в различных конкретных метриках и моделях. В качестве основных метрик И.Г. Перевезенцевым выбраны своевременность и полнота информации.

В другой своей работе [10, с. 55-56], продолжая исследование особенностей оценки качества ЦДИ, автор приходит к выводу, что измерение качества ЦДИ целесообразно рассматривать как многомерную, контекстно-зависимую задачу, требующую комплексного подхода для учета разнообразных атрибутов, способствующих их эффективности, надежности и ценности (при учете технических аспектов – точности, совместимости и масштабируемости; эксплуатационных факторов – своевременности и удобства использования; этических норм – устойчивости и адаптивности, хозяйственных вопросов – повышения эффективности, безопасности и устойчивости физических систем в цифровом мире). Видно, что автор в своих исследованиях направляет внимание только на ЦДИ, не раскрывая особенности ЦД СОТС.

Относительно последнего аспекта стоит отметить, что, в принципе, стандартов, регламентирующих вопросы создания, развития и оценки качества ЦД СОТС, не сформировано, имеются лишь отдельные научные первоначальные наработки в этой области. Так в работе А.Е. Привалова, А.М. Зубачева, В.В. Кравцова [13] представлено исследование вопроса «оценивания эффективности применения «цифровых двойников» при управлении сложными организационно-техническими системами» в военной сфере (без конкретизации категории «сложные организационно-технические системы»), результаты которого позволили авторам предложить методику обоснования общих требований к «цифровым двойникам». Авторы при проведении исследования отталкиваются от восприятия ЦД всего лишь как «модели объекта управления, которая отличается от реального объекта». В работе сделан акцент на необходимости разработки формального критерия принятия решения, опираясь на то, что эффективность управления зависит от объема поступающей информации и что «управление, основанное на информации, полученной от ЦД, сопряжено с ошибками», а также от того, что больший объем информации обеспечивает возрастание эффективности управления, снижая количество ошибок [13, с. 14]. Авторами для оценки качества ЦД предложен коэффициент достижения ситуационной осведомленности лица, принимающего решения, в качестве критериев – «критерий пригодности (в случае анализа одного варианта)» и «критерий оптимальности (в случае необходимости выбора из нескольких альтернатив)». Такой подход более характерен для функционирования систем в условиях Индустрии 4.0, при которой цифровые технологии – инструмент оптимизации, повышения эффективности производственных процессов в краткосрочной перспективе и нивелирования непосредственного участия человека в них.

Однако, в условиях формирующейся Индустрии 5.0, в основу которой в первую очередь заложено достижение сбалансированной и

устойчивой модели производства, а в перспективе и хозяйствования (авторское видение), с акцентом на благополучие работников путем усовершенствования взаимодействия человека и машины, ЦД СОТС важно рассматривать в качестве киберсоциофизической сложной саморазвивающейся, развивающей, балансирующей системы, обеспечивающей устойчивое развитие СОТС МЭУ на основе динамичных технико-технологических, организационных, культурных инноваций.

Таким образом, как показывают результаты проведенного выше исследования, в настоящее время, ввиду начальной стадии разработки проблематики формирования ЦД СОТС МЭУ, не сформулировано целостной методики оценки его качества. Однако при рассмотрении ЦД СОТС МЭУ с позиций Индустрии 5.0 предлагаемый И.Г. Перевезенцевым подход [10, 11] может быть полезен при формировании ЦДИ, т.е. ЦД первоначального уровня в структуре ЦД СОТС МЭУ. Подход к оценке ЦД сложной организационно-технической системы, описанный в работе А.Е. Привалова, А.М. Зубачева, В.В. Кравцова [13], можно рассматривать как составную часть методики оценки ЦД СОТС МЭУ, ввиду его ориентации на неполный охват аспектов, важных при создании и функционировании СОТС в контексте формирования Индустрии 5.0.

Результаты

В свете сказанного выше стоит отметить, что оценка качества ЦД СОТС МЭУ – это многокритериальная задача. В настоящее время можно выделить целый ряд методов многокритериальной оптимизации, среди них особое место занимают методы парето-оптимального множества [12], SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) [17], SMARTE [15], SMARTS [20], последовательных уступок, равноценных замен, целевого программирования и другие. Каждый из этих методов имеет свои сильные стороны и ограничения (табл. 1), поэтому выбор зависит от специфики решаемой задачи, доступных данных и требуемой точности оценки.

Таблица 1

Характеристики традиционных методов многокритериальной оптимизации

Метод	Определение	Достоинства	Недостатки	Ключевая особенность	Наилучшее направление для применения
Метод парето-оптимального множества	Решения, при которых невозможно улучшить один критерий без ухудшения другого	Объективность (не требует весов критериев). Позволяет увидеть полный спектр компромиссов	Множество Парето может быть слишком большим. Не дает единственного оптимального решения	Объективность, полный набор решений	Анализ компромиссов
SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique)	Метод оценки альтернатив по нескольким критериям с использованием линейной свертки	Простота и прозрачность. Легкость визуализации результатов	Линейность (игнорирует нелинейные зависимости). Требуется точных весов критериев	Простота, линейная свертка	Быстрые решения с явными весами
SMARTS (SMART с функциями)	Расширение SMART с нелинейными	Учитывает нелинейные предпочтения.	Сложность выбора функций	Нелинейные функции полезности	Учет сложных предпочтений

Метод	Определение	Достоинства	Недостатки	Ключевая особенность	Наилучшее направление для применения
полезности)	функциями полезности для учета предпочтений	Более гибкий, чем SMART	полезности. Требуется больше данных		
SMARTER (SMART с упрощенным ранжированием)	Упрощенная версия SMART, использующая ранжирование весов вместо точных значений	Быстрее и проще, чем SMART/SMARTS. Меньше требований к информации	Меньшая точность. Не учитывает интенсивность предпочтений	Упрощенное ранжирование весов	Решения при ограниченных данных
Метод последовательных уступок	Пошаговая оптимизация с приоритизацией критериев	Проста в применении. Четкая структура принятия решений	Риск потери эффективных решений. Жесткая зависимость от порядка критериев	Жесткая приоритизация критериев	Иерархические задачи
Метод равноценных замен	Поиск компромиссов через замену ухудшения одного критерия улучшением другого	Гибкость в управлении компромиссами и полезен для задач с взаимозаменяемыми критериями	Сложность определения коэффициентов в замены. Не подходит для нечисловых критериев	Гибкие компромиссы	Взаимозаменяемые критерии
Метод целевого программирования	Минимизация отклонений от заданных целевых значений по критериям	Позволяет работать с разнородными критериями. Учитывает приоритеты целей	Сложность выбора реалистичных целей. Может игнорировать Парето-оптимальность	Фокус на достижение целей	Задачи с четкими целевыми значениями

Источник: составлено автором на основе источников [12; 15; 17; 20].

Описанные выше методы (табл. 1) требуют четких количественных данных и критериев, получение которых на этапе формирования концепции ЦД СОТС МЭУ проблематично (практически не возможно), поскольку связано с объективностью неполноты информации; в то время, как применение методов экспертных оценок и методов анализа иерархий (МАИ) на этом этапе наиболее целесообразно, поскольку обосновано целым рядом факторов (табл. 2).

Таблица 2
Преимущества методов экспертных оценок и МАИ

Преимущество методов	Описание
Работа с качественными данными	Методы позволяют учитывать мнения экспертов при отсутствии количественных метрик (например, оценка удобства интерфейса цифрового двойника)
Структурирование сложных задач	Методы позволяют декомпозировать задачу на уровни (цель → критерии → альтернативы), что упрощает анализ в условиях неопределенности
Гибкость	Методы адаптируются к уникальным требованиям системы (например, учет экологических рисков в портах)
Снижение когнитивной нагрузки	Парные сравнения, например, в МАИ, минимизируют ошибки при оценке множества критериев

Источник: составлено автором.

Как и любые методы, методы экспертных оценок и МАИ обладают недостатками (в т.ч. субъективность суждений, противоречивость результатов, отсутствие средств для проверки достоверности данных). Однако они компенсируются их уникальной применимостью в условиях неполноты данных, так:

– субъективность суждений становится преимуществом, когда требуется учесть мнения специалистов из разных областей (логистики, экологии, информационных технологий, инноваций);

– противоречивость результатов устраняется через итерационные процедуры (например, посредством применения метода Дельфи);

– отсутствие средств для проверки достоверности данных компенсируется прозрачностью МАИ; например, коэффициент согласованности Саати позволяет оценить логичность экспертных суждений.

В табл. 3 сведены данные результата сравнения методов экспертных оценок и МАИ с методами многокритериальной оптимизации.

Таблица 3

Сравнительные характеристики методов многокритериальной оптимизации и методов экспертных оценок и МАИ

Наименование метода	Недостатки метода в условиях неполноты данных	Преимущества экспертных методов и МАИ
Метод парето-оптимального множества	Требует четких количественных данных, игнорирует качественные факторы	Учитывает экспертные мнения о компромиссах (например, экология, экономика)
Метод SMART/SMARTER/SMARTS	Линейные модели не отражают неочевидные зависимости между критериями	Методы позволяют моделировать иерархические связи (например, влияние IoT на логистику)
Метод последовательных уступок	Жесткая приоритизация критериев ведет к потере эффективных решений	Эксперты могут гибко корректировать приоритеты
Метод целевого программирования	Зависит от точности целевых значений, которые сложно задать без экспертизы	Эксперты помогают определить реалистичные цели

Источник: составлено автором.

Таким образом, исходя из результатов исследования, приведенных выше, можно отметить, что методы многокритериальной оптимизации эффективны для финального выбора решений, когда данные уточнены, а приоритеты верифицированы, а экспертные методы и МАИ незаменимы на этапах структурирования задачи и формирования критериев, особенно при работе с инновационными многоагентными гетерогенными системами, такими как ЦД СОТС МЭУ.

Заключение

Подводя итог вышеобозначенному, приходим к выводу, что ЦД СОТС МЭУ [7; 9] как таковых не существует как в России, так и за

рубежом, однако развитие этой технологии интенсивно продолжается, сопровождается переходом из области отдельных изделий, производств в сферу организационно-технических процессов. Поскольку технология ЦД СОТС находится на стадии формирования концепции, когда данные не уточнены и приоритеты не верифицированы, в последующем исследовании первоначально целесообразно остановиться на формировании методики оценки показателей качества ЦД СОТС МЭУ (как основы инновационного сбалансированного развития) на базе экспертных методов и МАИ. При этом также необходимо понимать, что в дальнейшем (т.е. при достижении уровня зрелости рассматриваемой технологии) сочетание экспертных методов, МАИ и методов многокритериальной оптимизации позволит нивелировать недостатки каждого из подходов и обеспечить формирование комплексной методики оценки качества цифровых двойников СОТС МЭУ (на всех этапах их жизненных циклов), являющихся базисом формирующейся единой доверенной цифровой среды взаимодействия экономических агентов, нацеленной на формирование фундамента для достижения солидарного блага.

Список литературы

1. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТР 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16.09.2021 г. N 979-ст). М.: Российский институт стандартизации, 2021.
2. Апатова Н.В. Цифровые трансформации бизнеса и социума // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2022. № 4(60). С. 60–71. DOI 10.26456/2219-1453/2022.4.060-071.
3. Веретехин А.В. Управление цифровыми трансформациями коммерческой организации: концептуальная модель и диджитализация на практике // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2023. № 2(62). С. 46–55. DOI 10.26456/2219-1453/2023.2.046-055.
4. Горбушин В.А., Вологдин С.С. Инновационная цифровизация как вектор развития национальной экономики // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2022. № 3(59). С. 172–182. DOI 10.26456/2219-1453/2022.3.172-182.
5. Кох Л.В., Кох Ю.В., Санжина О.П. Стратегическое управление цифровой трансформацией интеллектуальной экономики и промышленности в новой реальности: монография. СПб. 2024. С. 315–343.
6. Морозов А.В., Панамарев Г.Е., Гусеница Я.Н. Состояние и перспективы развития современной науки в области информационно-телекоммуникационных технологий в военном инновационном технополисе «ЭРА» // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «ИТ-технологии». Сб. трудов II Всероссийской научно-технической конференции. Анапа: ВИТ «ЭРА». 2023. С. 7–18.
7. Панамарева О.Н. Научное осмысление цифровой трансформации морских транспортных узлов для обеспечения экономической безопасности: монография. Анапа: ВИТ «ЭРА». 2024. 419 с.

8. Панамарева О.Н. Оценка качества инновационного инструмента интеллектуализации цифрового двойника сложной организационно-технической системы // Метрологическое обеспечение инновационных технологий: Сб. статей VI Международного форума, Санкт-Петербург, 01 марта 2024 г. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024. С. 301–303.
9. Панамарева О.Н. Предпосылки разработки концепции умного цифрового двойника сложных организационно-технических систем мезоэкономического уровня // Молодежный вестник Новороссийского филиала БГТУ им. В.Г.Шухова. 2024. Т. 4. № 2(14). С. 112–123. Режим доступа: https://doi.org/10.51639/2713-0576_2024_4_2_112 (дата обращения: 12.10.2025).
10. Перевезенцев И.Г. Актуальные аспекты оценки качества цифровых двойников. Наука, общество, технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сб. статей Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 февраля 2025 г. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). 2025. С. 54–56.
11. Перевезенцев И.Г. Оценка качества функционирования инновационных цифровых двойников // Индустриальная экономика. 2024. Т. 1. С. 131–136. Режим доступа: <https://doi.org/10.47576/2949-1886.2024.64.67.019> (дата обращения: 27.11.2025).
12. Построение компромиссных решений и определение эффективности Парето в многокритериальных системах / Блог компании OTUS. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/750038/> (дата обращения: 14.11.2025).
13. Привалов А.Е., Зубачев А.М., Кравцов В.В. Методика обоснования требований к «цифровым двойникам» в системе управления сложными организационно-техническими системами // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2022. № 5-6 (167-168). С. 13–18.
14. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. / Науч. ред. профессор Боровков А. Издание перв., испр. и доп. М.: ООО «АльянсПринт». 2020. 401 с.
15. Расширенные методики: что такое SMARTER? Режим доступа: <https://sky.pro/wiki/profession/rasshirennye-metodiki-chto-takoe-smarter/> (дата обращения: 14.11.2025).
16. Тушавин В.А., Фролова Е.А., Чабаненко А.В. Квалиметрическая оценка качества цифровых двойников аддитивного производства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25. № 6(116). С. 84–91. Режим доступа: <https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-6-84-91> (дата обращения: 10.11.2025).
17. Цели SMART. Режим доступа: <https://www.sravni.ru/kursy/info/celi-smart/> (дата обращения: 14.11.2025).
18. Цифровые двойники в промышленности: истоки, концепции, современный уровень развития и примеры внедрения. Режим доступа: <https://digitaltwin.ru/digital-twins-in-industry/> (дата обращения: 13.10.2025).
19. Цуркан М.В. Роль бережливого управления в достижении эффекта цифровой трансформации организации // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2025. № 3(71). С. 88–96. DOI 10.26456/2219-1453/2025.3.088-096.
20. Что такое SMART-цели, зачем нужны и как правильно ставить. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/social/661f98579a79474b6503e16a> (дата обращения: 14.11.2025).

21. Zhou K.Yu, Xie W., Lyu J., Zheng Z., Zhou S. Digital Twin-Enabled Smart Maritime Logistics Management in the Context of Industry 5.0 // IEEE Access. 2024. Vol. 12. PP. 10920-10931.

Об авторе:

ПАНАМАРЕВА Олеся Николаевна – кандидат экономических наук, доцент, научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГАОУ «Военный инновационный технополис "ЭРА"» (353456, г. Анапа, Пионерский пр-т, д. 41), e-mail: era_otd1@mil.ru, ORCID: 0000-0002-0147-4254, Spin-код: 4859-5542

Formation of a methodology for assessing the quality indicators of digital twins of mesosystems based on expert methods and methods for analyzing hierarchies

O.N. Panamareva

FGAOU VO «Military Innovative Technopolis «ERA», Anapa

This article examines aspects of assessing the quality of a key end-to-end information technology in the context of digital industry transformation. The objective of the study is to identify, analyze, and select methods optimally suited for incorporation into a methodology for assessing the quality indicators of digital twins of complex organizational and technical systems at the mesoeconomic level, taking into account the initial stage of development of the technology and the importance of ensuring its development on a dynamic, innovative basis. The scientific novelty of the obtained results lies in the proposed application of well-founded expert methods and hierarchy analysis techniques, given their indispensability at the stages of problem structuring and criteria formation, as applied to innovative systems such as digital twins of complex systems. The author also proposes their use based on an integrated approach to mitigate the shortcomings of each of these methods. Their application within the framework of the new methodology will enable a comprehensive assessment of the quality of such digital twins, creating the preconditions for their formation and development as effective, balanced, and deeply integrated digital tools for ensuring sustainable development, national security, technological sovereignty, and achieving the common socio-economic benefits.

Keywords: *twins, innovation, complex organizational and technical systems, quality indicators, assessment, integrated approach, expert methods, hierarchy analysis methods, security, sustainability, development, sovereignty.*

About the author:

PANAMAREVA Olesya Nikolaevna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Researcher of Research Department FGAOU VO «Military Innovativ Tehnopolis «ERA» (353456, Anapa, Pionersky Prospekt, 41), e-mail: era_otd1@mil.ru

Статья поступила в редакцию 25.02.2026 г.

Статья подписана в печать 15.03.2026 г.