

Научная статья

Original article

УДК 332.2

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_3_79

**ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЛИ КАК РАЦИОНАЛЬНО
ИСПОЛЬЗОВАТЬ ТЕРРИТОРИИ**
**DIGITAL DOPPELGANGERS OR HOW TO USE TERRITORIES
EFFICIENTLY**



Гвоздева Ольга Владимировна, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, gvozdeva_ov@bk.ru

Тынышева Айя Мирлановна, факультет кадастр недвижимости и инфраструктуры пространственных данных, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, tynysheva.aiya@mail.ru

Гасанов Александр Закарьяевич, доцент кафедры кадастра недвижимости и землепользования, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, az_g@icloud.com

Колбнева Елена Юрьевна, доцент кафедры земельного кадастра, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Воронеж, aneler@mail.ru

Gvozdeva Olga Vladimirovna, Associate Professor of the Department of Real Estate Cadastre and Land Use Candidate of Economics, State University of Land Management, Moscow, gvozdeva_ov@bk.ru

Tynysheva Aya Mirlanovna, Faculty of Real Estate Cadastre and Spatial Data Infrastructure, State University of Land Management, Moscow, tynysheva.aiya@mail.ru

Gasanov Alexandr Zakariaevic, Associate Professor of the Department of Real Estate Cadastre and Land Use Candidate of Economics, State University of Land Management, Moscow, az_g@icloud.com

Kolbneva Elena Urievna, Associate Professor of the Department of Real Estate Cadastre, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the I, Voronezh, aneler@mail.ru

Аннотация. Цифровые двойники представляют собой инновационную технологию, которая позволяет создавать виртуальные копии физических объектов, систем или процессов. В контексте управления территориями, цифровые двойники открывают новые возможности для рационального использования земельных ресурсов, оптимизации городского планирования и улучшения качества жизни населения. В данной статье рассматриваются основные аспекты применения цифровых двойников для управления территориями, их преимущества и потенциальные вызовы.

Рассмотрен проект «Цифровой двойник города Москвы», в котором применяются алгоритмы искусственного интеллекта, для обработки большого массива данных, и последующего создания и внедрении модели «оцифрованного» двойника. Большие объемы данных, таких как спутниковые снимки, данные о транспортных потоках и экологические показатели, позволяют обеспечить более точное и детализированное моделирование городской среды, что поспособствует оптимизации использования пространства и улучшить инфраструктуру.

Цифровые двойники открывают новые горизонты для рационального использования территорий, предлагая инструменты для оптимизации городского планирования. Однако для успешного внедрения этой технологии необходимо преодолеть существующие вызовы, связанные с обработкой данных и обеспечением безопасности. В будущем цифровые двойники могут

стать, ключевым элементом устойчивого развития городских территорий способствуя созданию более эффективных, безопасных и комфортных условий для жизни.

Abstract. Digital twins are an innovative technology that allows you to create virtual copies of physical objects, systems, or processes. In the context of territorial management, digital twins open up new opportunities for the rational use of land resources, optimization of urban planning and improvement of the quality of life of the population. This article discusses the main aspects of using digital twins to manage territories, their advantages and potential challenges.

The project "Digital Twin of the city of Moscow" is considered, which uses artificial intelligence algorithms to process a large amount of data, and then create and implement a model of a "digitized" twin. Large amounts of data, such as satellite imagery, traffic data, and environmental indicators, will allow for more accurate and detailed modeling of the urban environment, which will help optimize space use and improve infrastructure.

Digital twins open up new horizons for the rational use of territories, offering tools for optimizing urban planning. However, for the successful implementation of this technology, it is necessary to overcome the existing challenges related to data processing and security. In the future, digital twins may become a key element of the sustainable development of urban areas, contributing to the creation of more efficient, safe and comfortable living conditions.

Ключевые слова: цифровой двойник, территориальное планирование, мастер-план, градостроительные документы, генеральный план, искусственный интеллект

Keywords: digital twin, territorial planning, master plan, urban planning documents, master plan, artificial intelligence

Цифровой двойник – это сегмент киберполигона, состоящий из виртуальных машин, эмулирующих корпоративные и технологические сети типовых организаций отрасли. Именно такое понятие закреплено приказом

Минцифры России от 28.02.2022 года в методике расчета показателей федерального проекта «Информационная безопасность» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».[4]

Если говорить о цифровых технологиях, то согласно Национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной в июне 2019 года, выделяют следующие ключевые области:

- технологии интернет вещей,
- решения в сфере робототехники,
- разработки в области искусственного интеллекта,
- методы анализа больших данных,
- сфера электронной коммерции.

Системы цифрового двойника в силу недостаточно развитых технологий были не доступны ещё каких-то десять лет назад. В 2002 году Майкл Гривз сформулировал первую концепцию «цифрового двойника», которую назвал «модель зеркальных пространств», предсказав возможность появления новых знаний при создании виртуального пространства, зеркально отражающего реальное и обменивающегося с ним информацией (рисунок 1).[8]

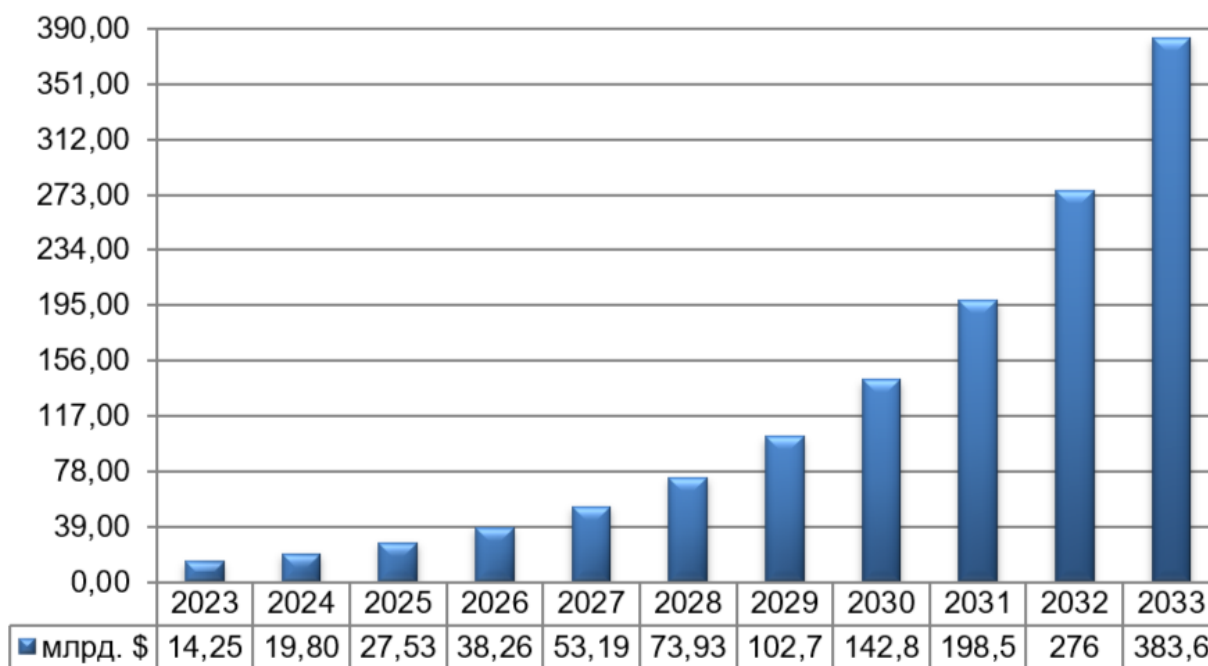


Рисунок 1. Мировой рост рынка цифровых двойников, млрд. долл

Тем не менее, в последние годы отмечается активное развитие систем цифровых двойников, что подтверждается анализом глобального рынка (рисунок). Ключевыми факторами роста доходов на рынке служат увеличение финансирования и инвестиций в компании, специализирующиеся на разработке и внедрении цифровых технологий, программного обеспечения и инновационных решений.

Столичный проект "Цифровой двойник Москвы", отмеченный рядом престижных наград, включая международную BRICS Solutions Award (октябрь 2024), уже шесть лет успешно развивается. Это не просто 3D-модель города, а комплексная информационная система, содержащая обширный архив панорамных изображений улиц, а также высокодетализированные цифровые модели зданий и сооружений. Для создания виртуальной копии Москвы была проведена масштабная работа по оцифровке городской среды с применением передовых технологий лазерного сканирования и фотограмметрии.

Виртуальная копия Москвы была создана на основе более чем 12 миллионов городских аэрофотоснимков. Для поддержания актуальности этой цифровой модели ежегодно требуется аналогичный объем материалов. Электронный архив платформы «Цифровой двойник города Москвы», начиная с 2013 года, насчитывает свыше 13 тысяч километров панорамных изображений.[5]

Сбор информации о населённых пунктах традиционными методами — затратный по времени и ресурсам процесс, занимающий от нескольких месяцев до нескольких лет. Необходимо было бы запрашивать документацию, проводить выездные исследования, брать пробы для экологического анализа и проводить этот анализ, и это далеко не полный перечень необходимых действий. Даже базовые цифровые технологии позволяют, как минимум, вдвое сократить затраты и минимизировать влияние человеческого фактора, снижая вероятность ошибок. Современные

же цифровые решения способны сократить время, необходимое для сбора данных, до нескольких дней в зависимости от объёма информации.

Возвращаясь к теме, цифровые двойники позволяют проводить детализированный анализ использования земельных ресурсов, что способствует их рациональному использованию. Так, например, с помощью цифровых двойников можно симулировать изменения в городской инфраструктуре и прогнозировать их влияние на транспортные потоки, экологическую обстановку и социальные условия. Это позволяет разрабатывать более устойчивые и эффективные планы развития городов, учитывающие долгосрочные последствия принятых решений, что особенно важно в условиях ограниченных земельных ресурсов и роста городских территорий.

Сегодня для решения подобных задач разрабатывается цифровой мастер-план. Важно отметить, что мастер-план отличается от генерального плана. В отличие от генерального плана, имеющего статус градостроительного документа, цифровой мастер-план относится, скорее, к сфере проектирования территорий. Тем не менее весной 2025 года ожидается внесение поправок в Градостроительный кодекс, которые узаконят понятие цифрового мастер-плана и регламентируют процесс его создания.

В отличие от генерального плана, ограниченного рамками и требующего разработки нового документа для каждого изменения, мастер-план представляет собой более адаптивный инструмент, способный изменяться в процессе работы. Оценки экспертов показывают, что разработка одного мастер-плана занимает порядка полутора лет и требует финансовых вложений от 20 до 250 миллионов рублей. Для реализации мастер-плана формируется рабочая группа на базе муниципалитета и создается проектный офис. Результаты цифрового планирования, по требованию правообладателей, учитываются при принятии решений о комплексном развитии нежилых территорий как в Москве, так и во всем столичном регионе.[6]

В октябре 2024 года для Москвы был принят регламент обмена данными при цифровом мастер-планировании. Он устанавливает четкие требования к информационному обмену, охватывая все этапы: от создания определений и правил их формулирования до форматов отображения данных в системе цифрового двойника.

Применение технологий искусственного интеллекта расширяется, охватывая все новые сферы, включая территориальное зонирование. Нейросети, обученные на больших объемах данных, могут генерировать концепции зонирования и моделировать различные сценарии. Это позволяет специалистам выбирать наиболее подходящий вариант для последующей реализации на стадии проектирования. Автоматизация задач подготовительного, аналитического и проектного этапов с помощью искусственного интеллекта значительно оптимизирует рабочий процесс, сокращая временные и ресурсные затраты. Несмотря на это, экспертная оценка и контроль человека на данном этапе остаются критически важными.

В Москве действует проект «Активный гражданин», который позволяет жителям столицы участвовать в решении вопросов по развитию города. Что является одним из инструментов применения цифрового мастер-планирования.

Важным недостатком цифровых мастер-планов, является наличия большого массива данных, требуемых обработки для рационального использования территорий. Эту проблему может решить внедрение искусственного интеллекта, который будет сортировать и анализировать всю поступающую информацию. Но и здесь есть свои проблемы, для корректной работы системы потребуется много времени, чтобы обучить искусственный интеллект, при этом требуется человек, который будет следить за работой системы, чтобы в нужный момент вмешаться и исправить недочеты.

Так, например, цифровой двойник, благодаря интеграции систем мониторинга состояния окружающей среды в реальном времени, позволяет оперативно отслеживать показатели качества воздуха и воды, а также быстро

реагировать на их изменения, принимая необходимые меры для поддержания экологического баланса. Более того, такие цифровые модели дают возможность прогнозировать и моделировать различные чрезвычайные ситуации, разрабатывая эффективные стратегии их предотвращения и ликвидации последствий. Это особенно актуально для обеспечения безопасности и устойчивости городской инфраструктуры в условиях меняющегося климата и возрастающих рисков.

Цифровой мастер-планирование — это комплексный процесс сбора, анализа и подготовки данных, необходимых для принятия стратегических решений по развитию городской инфраструктуры (рисунок 2).

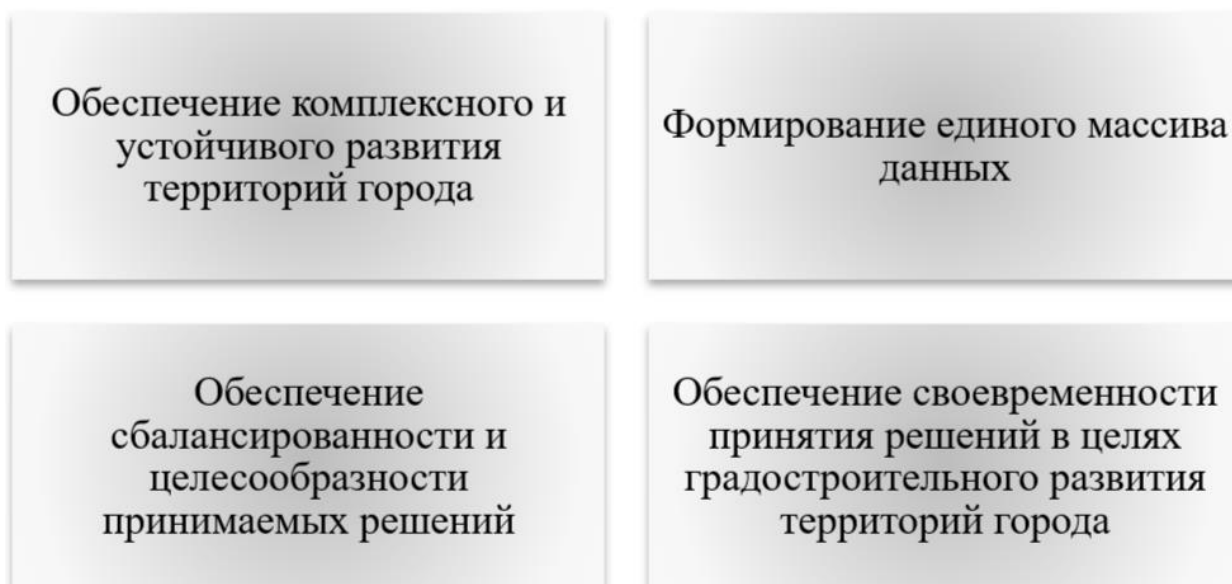


Рисунок 2. Основные цели цифрового мастер планирования

Международное признание проекта «Цифровой двойник города Москвы» подтверждается получением премии BRICS Solutions Award в октябре 2024 года. Этот успех дополняет ряд престижных наград, таких как ComNews Awards в категории «Лучшие решения цифровой экономики», награда премии ISO CARP 2020) и звание «Цифровой двойник года» по версии TAdviser IT-PRIZE 2020.

Так же в октябре 2024 года был утвержден регламент автоматизированной информационной системы «Цифровой двойник», содержащий данные об участниках проекта (рисунок 3).

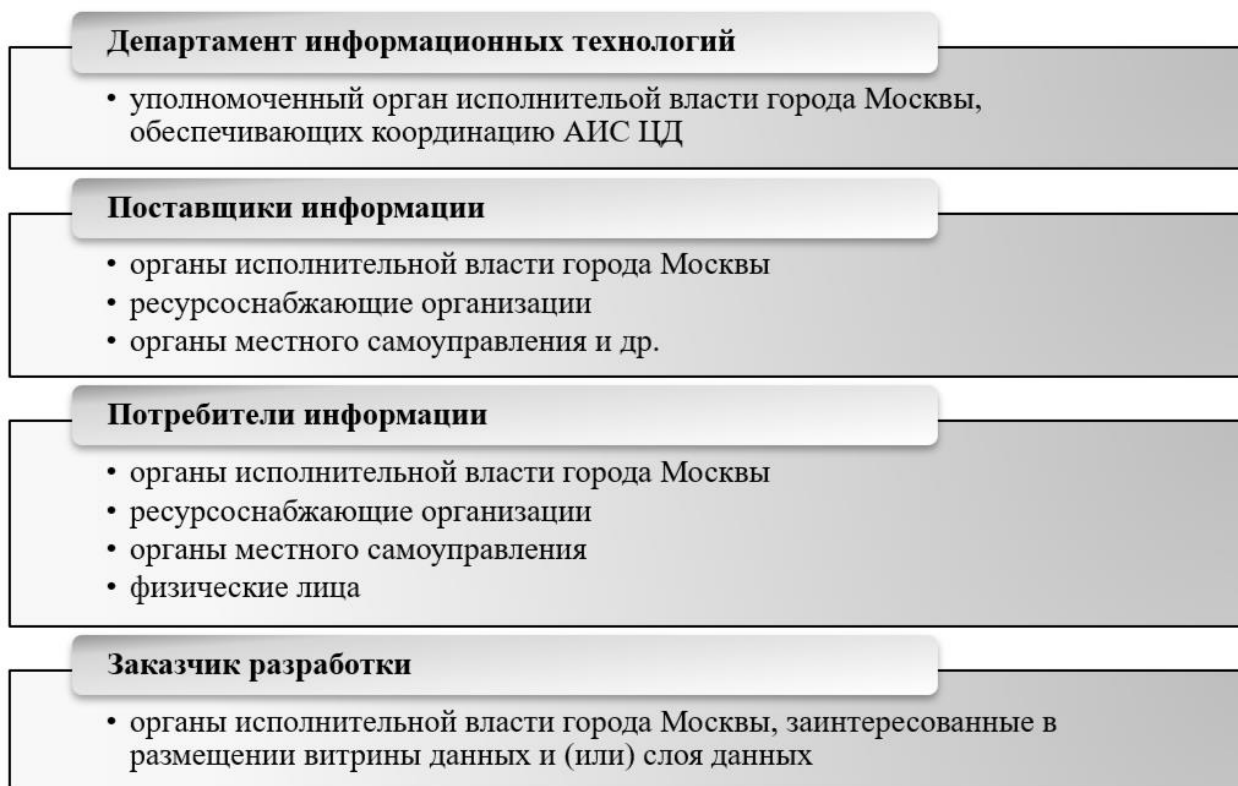


Рисунок 3. Участники информационного взаимодействия

Цифровые двойники открывают новые горизонты для рационального использования территорий, предлагая инструменты для оптимизации городского планирования. Однако для успешного внедрения этой технологии необходимо преодолеть существующие вызовы, связанные с обработкой данных и обеспечением безопасности. В будущем цифровые двойники могут стать, ключевым элементом устойчивого развития городских территорий способствуя созданию более эффективных, безопасных и комфортных условий для жизни.

Список источников

1. Российская Федерация. Законы. [Электронный ресурс]: Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ

(ред. от 26.12.2024) // Информационно-правовая система «Консультант Плюс».

2. Российская Федерация. Законы. О цифровом мастер-планировании территории города Москвы [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Москвы от 01.03.2024 № 438-ПП

3. Российская Федерация. Законы. Об утверждении регламента информационного взаимодействия в процессе цифрового мастер-планирования территории города Москвы [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Москвы от 03.10.2024 № 64-16-552/24

4. Российская Федерация. Законы. Об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и признании утратившими силу некоторых приказов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Приказ Минцифры России от 28.02.2022 № 143 (ред. от 10.12.2024) // Информационно-правовая система «Консультант Плюс».

5. Официальный сайт Мэра Москвы [Электронный ресурс]: «Цифровой двойник Москвы»: как 3D-моделирование и искусственный интеллект изменили управление городом URL: <https://www.mos.ru/news/item/126225073/> (дата обращения: 15.01.2025)

6. Платформа [Электронный ресурс]: Проектирование мастер-планов: актуальный инструмент развития территорий URL: <https://pltf.ru/2024/04/17/proektirovanie-master-planov-aktualnyj-instrument-razvitiya-territorij/> (дата обращения: 05.03.2025)

7. Digital Twin Market (By Solutions: Component, Process, System; By Applications: Agriculture, Manufacturing, Telecommunication, Aerospace & Defense, Retail & Consumer Goods, Residential & Commercial, Healthcare & Lifesciences, Energy & Utilities, Automotive & Transport, Automotive &

Transport, By Enterprises: Large Enterprises, Medium Enterprises, Small Enterprises) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023–2033. Precedenceresearch.com. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.precedenceresearch.com/digital-twin-market> (дата обращения: 20.01.2025)

8. Grieves M, Vickers J: Digital Twin: Mitigating unpredictable undesirable emergent behavior in complex systems. Springer International Publishing Switzerland. 2017

References

1. Rossijskaya Federaciya. Zakony`. [E`lektronny`j resurs]: Gradostroitel`ny`j kodeks Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 № 190-FZ (red. ot 08.08.2024) // Informacionno-pravovaya sistema «Konsul`tant Plyus».
2. Rossijskaya Federaciya. Zakony`. O cifrovom master-planirovanii territorii goroda Moskvy` [E`lektronny`j resurs]: Postanovlenie Pravitel`stva Moskvy` ot 01.03.2024 № 438-PP
3. Rossijskaya Federaciya. Zakony`. Ob utverzhdenii reglamenta informacionnogo vzaimodejstviya v processe cifrovogo master-planirovaniya territorii goroda Moskvy` [E`lektronny`j resurs]: Rasporyazhenie Pravitel`stva Moskvy` ot 03.10.2024 № 64-16-552/24
4. The Russian Federation. Laws. On approval of methods for calculating indicators of federal projects of the national program "Digital Economy of the Russian Federation" and invalidation of Certain orders of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation on approval of methods for calculating indicators of federal projects of the national program "Digital Economy of the Russian Federation" [Electronic resource]: Order of the Ministry of Finance of Russia dated 02/28/2022 No. 143 (ed. dated 12/10/2024) // Information and legal system "Consultant Plus".
5. Oficial`ny`j sajt Me`ra Moskvy` [E`lektronny`j resurs]: «Cifrovoj dvojniki Moskvy`»: kak 3D-modelirovanie i iskusstvenny`j intellekt izmenili upravlenie

gorodom URL: <https://www.mos.ru/news/item/126225073/> (data obrashheniya: 05.03.2025)

6. Platform [Electronic resource]: Designing master plans: an actual tool for the development of territories URL: <https://pltf.ru/2024/04/17/proektirovanie-master-planov-aktualnyj-instrument-razvitiya-territorij> // (date of request: 03/05/2025)

7. Digital Twin Market (By Solutions: Component, Process, System; By Applications: Agriculture, Manufacturing, Telecommunication, Aerospace & Defense, Retail & Consumer Goods, Residential & Commercial, Healthcare & Lifesciences, Energy & Utilities, Automotive & Transport, Automotive & Transport, By Enterprises: Large Enterprises, Medium Enterprises, Small Enterprises) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023–2033. Precedenceresearch.com. [E`lektronny`j resurs]. URL: <https://www.precedenceresearch.com/digital-twin-market> (data obrashheniya: 10.03.2025)

8. Grieves M, Vickers J: Digital Twin: Mitigating unpredictable undesirable emergent behavior in complex systems. Springer International Publishing Switzerland. 2017

© Гвоздева О.В., Гасанов А.З., Колбнева Е.Ю., Тынышева А.М., 2025.

Московский экономический журнал, 2025, № 3.