

Научная статья

Original article

УДК 31.011

doi: 10.55186/2413046X_2026_11_1_11

edn: VBVSBL

**ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ГОРОДА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ
ТЕРРИТОРИАЛЬНЫМ РАЗВИТИЕМ
DIGITAL TWIN OF THE CITY AS A TOOL FOR MANAGING
TERRITORIAL DEVELOPMENT**



Колчанов Андрей Андреевич, аспирант, Государственная академия промышленного менеджмента имени Н. П. Пастухова – филиал Федерального Государственного Автономного Образовательного Учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Ярославль, e-mail: aakolchanov@yandex.ru

Kolchanov Andrey Andreevich, postgraduate, N.P. Pastukhov State Academy of Industrial Management - branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Tomsk State University», Yaroslavl, e-mail: aakolchanov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается концепция цифрового двойника города (ЦДГ) как инструмента повышения эффективности городского развития. Проанализирован междисциплинарный характер технологии на примере ФГИС ЕЦП «Национальная система пространственных данных» (НСПД). Определены функции ЦДГ и их роль в оптимизации бизнес-процессов и снижении издержек.

Abstract. The article examines the concept of the digital twin of the city (DTC) as a tool to increase the efficiency of urban development. The interdisciplinary nature of the technology was analyzed using the example of the FSIS UDP "National Spatial Data System" (NSDP). The functions of the DTC and their role in optimizing business processes and reducing costs have been identified.

Ключевые слова: градостроительство, недвижимость, территориальный анализ, цифровизация, геоинформационные системы, цифровой двойник города (ЦДГ), транзакционные издержки

Keywords: urban planning, real estate, territorial analysis, digitalization, geographic information systems, digital twin of the city (DTC), transaction costs

В российском нормативном поле термин «цифровой двойник города» пока отсутствует. В качестве аналогичного употребляется понятие «цифровой объект капитального строительства», зафиксированное в Стратегии развития строительной отрасли до 2030 года как модель, способная прогнозировать жизненный цикл объекта [3]. По аналогии можно получить определение цифрового двойника. Цифровой двойник города (ЦДГ) – синхронизированная цифровая копия города, представляющая собой виртуальную модель, воспроизводящую форму оригинального объекта и все характерные для него процессы. Такая модель позволяет не только однозначно идентифицировать все исторические изменения, произошедшие с оригиналом, но и прогнозировать жизненный цикл объекта, тем самым дополняя систему долгосрочного планирования. Таким образом, цифровой двойник города – это информационная система и составная часть городской управленческой архитектуры.

Концепт «цифрового двойника» возник в инженерной сфере в начале 2000-х годов и первоначально использовался в машиностроении для моделирования технических систем. Первое формальное упоминание концепции датируется работой Майкла Гривза, который представил идею

цифрового двойника на презентации в Университете Мичигана в 2002 году как компонент концепции Product Lifecycle Management (PLM) [9]. Впоследствии термин получил закрепление в отчетах NASA, где применялся к моделированию состояний космических аппаратов [13].

Позже технология начала адаптироваться к градостроительным задачам. Именно BIM стал технической предпосылкой для развития цифровых двойников в сфере городского управления [11]. На международном уровне цифровые двойники в урбанистике получили развитие начиная с конца 2010-х годов благодаря усилиям городов Сингапур, Хельсинки и Шанхай, которые внедряли их для моделирования транспортных потоков, сценариев застройки, инфраструктурной оптимизации и экологического мониторинга [8].

На сегодняшний день ЦДГ определяется как синхронизированная цифровая репрезентация урбанизированной среды, включающая как материальные элементы (здания, инфраструктура), так и нематериальные процессы (правовая информация, транспортные или пешеходные потоки, распределение плотности населения). ЦДГ позволяет воспроизводить текущее состояние городской системы и моделировать различные сценарии её развития, тем самым повышая адаптивность городской политики [8].

Цифровой двойник города не равен ни BIM-модели, ни кадастровой карте. Его отличает целостность и активность: он строится как интегративная система, включающая:

- Пространственные данные (ГИС);
- Параметры объектов капитального строительства (на основе BIM);
- Инженерные системы и инфраструктуру (цифровые паспорта);
- Правовые режимы и ограничения (зонирование, регламенты);
- Данные поведения жителей (на основе сенсоров, городской IoT-среды);
- Механизмы управления (решения и действия властей);
- Прогнозные модели и алгоритмы на базе искусственного интеллекта [10].

ЦДГ создаётся для трех взаимосвязанных функций:

1. Наблюдение: фиксация текущего состояния городской системы в цифровом виде.
2. Симуляция: прогнозирование последствий решений, сценариев застройки, изменений в транспорте и инфраструктуре.
3. Вовлечение: визуализация городских процессов для профессионального сообщества и граждан, повышение открытости и подконтрольности власти [12].

Целью создания цифрового двойника является не просто визуализация города. Поддержка принятия решений, повышение точности прогнозирования, прозрачности управления и вовлеченности граждан требует институализации [12].

Институты имеют значение и их эффекты можно измерить. Центральное место занимает концепция транзакционных издержек как индикатора эффективности институциональных решений, разработанная Эггертссоном [7]. Согласно этой концепции, результативность институционального устройства определяется не только формальной рациональностью норм, но и способностью снижать:

1. Издержки поиска информации (об альтернативах сделки);
2. Издержки ведения переговоров и заключения контракта;
3. Издержки мониторинга и контроля (контроля или третьей стороны).

Ключевая цель ЦДГ – оптимизация управленческой деятельности, которая операционализируется через снижение транзакционных издержек (издержек выполнения контракта). Базовой установкой неинституциональной теории является тезис «при низких транзакционные издержках экономика всегда будет развиваться по оптимальной траектории независимо от набора институтов» [5]. ЦДГ, сокращая издержки взаимодействия сторон, формирует новые модели деятельности, изменяя при это систему управления, а, следовательно, меняет производственные возможности работников фирмы.

Если цифровой двойник действительно встроен в управление, он выполняет роль не только отображающего, но и нормирующего механизма. Эггертссон в своей работе о несовершенных институтах развивает тезис о том, что институты являются несовершенными механизмами координации, и любые изменения в них наталкиваются на внутренние противоречия и ограничения [7]. Он показывает, что реформа может не привести к улучшению положения, если:

- Не устранены информационные асимметрии между участниками;
- Отсутствуют механизмы мониторинга и принуждения;
- Система сталкивается с «вторичными издержками» – издержками на адаптацию к новому институту;
- Происходит столкновение с укорененными интересами, создающими институциональную инерцию [7].

Нововведение в институты является возможным, но не гарантированным улучшением [7]. Их успех или неудача зависит от:

- Согласованности новых решений с существующими формальными нормами;
- Наличия доверия между участниками (институционального капитала);
- Гибкости структуры власти (возможности внедрения изменений без блокировок).

Цифровизация в городском управлении неизбежно сталкивается с правовыми барьерами. С точки зрения институциональной теории права, право функционирует как устойчивый институт, основанный на формализованных процедурах, органах и правилах. Оно одновременно легитимирует решения и ограничивает пространство действия. Право не только регулирует, но и производит социальную структуру, упорядочивая отношения через нормы, процедуры и компетенции.

Исследования, посвященные цифровой трансформации, главным образом ведутся в двух направлениях [14]: во-первых, изучение, описание и

объяснение результатов модернизации и изменений, которые были совершены благодаря ЦТ в обществе; во-вторых, характеристика «планов действий», моделей и полученного опыта разных государственных организаций, которые уже начали проводить цифровую модернизацию, чтобы на основе существующих примеров показать потенциальные проблемы и барьеры, а также составить рекомендации для дальнейшего успешного проведения ЦТ. Как фактические, так и потенциальные эффекты надо измерять. Если преобразования, связанные напрямую с инструментами информационно коммуникационных технологий (ИКТ), довольно легко оценить (появление новых услуг в электронной форме, наличие порталов государственных ведомств и т.д.), то организационные нововведения оценивать сложнее [4].

В рамках данной работы оценивать нововведения через призму снижения транзакционных издержек. В соответствии с международными и российскими практиками, можно выделить конкретные показатели, по которым оценивается эффект от внедрения ЦДГ через призму транзакционных издержек.

Таблица №1. **Определение транзакционных издержек**

Категория	Метрика	Ожидаемый эффект
Информационный доступ	Среднее время поиска нормативной и градостроительной информации	Сокращение времени на сбор исходных данных
Согласовательные процедуры	Количество согласующих инстанций по проекту	Сокращение числа инстанций через интеграцию данных
Время прохождения проектной документации	Среднее время получения разрешений	Сокращение сроков административных процедур
Мониторинг исполнения	Доля объектов, мониторинг которых осуществляется через ЦДГ	Повышение качества контроля без увеличения издержек
Прозрачность данных	Процент информации, открытой через цифровую платформу	Повышение доверия инвесторов и населения
Урегулирование споров	Среднее количество обращений/жалоб в рамках градостроительных проектов	Снижение конфликтности и повышение легитимности политики

Выбор критериев эффективности через параметры транзакционных издержек позволяет:

- выйти за рамки поверхностной оценки «наличия технологий»;
- обеспечить сопоставимость результатов внедрения ЦДГ в разных городах и странах;
- выявить «узкие места» цифровизации, не устраняющие институциональные барьеры.

Цифровые инструменты в современном мире стали неотъемлемым аспектом в стратегическом и тактическом городском планировании. На практике в России зачатком системы цифрового двойника является ФГИС ЕЦП «Национальная система пространственных данных» (далее НСПД) [1]. НСПД наполняется в порядке межведомственного взаимодействия из 13 ГИС, 3 реестров и 3 фондов данных. Это единый портал, который включает в себя данные об объектах недвижимости, пространственные данные, сведения о зарегистрированных правах на недвижимое имущество и государственной кадастровой оценке. Цели создания НСПД, установленными ПП РФ от 01.12.2021 N 2148, ст. 376, в первую очередь говорят о кодификации данных к концу 2030 года:

- Повышение качества государственных услуг по осуществлению государственного кадастрового учета и (или) государственной регистрации прав, в том числе в связи с доступностью государственных услуг в электронном виде до 95 процентов.
- Достижение «цифровой зрелости» в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество при организации инфраструктуры пространственных данных.
- Создание и внедрение цифрового отечественного геопропространственного обеспечения, интегрированного с муниципальными и региональными информационными системами, на территориях.

– Обеспечение полноты и качества сведений в Едином государственном реестре недвижимости в объеме 95 процентов.

Как цифровой продукт, НСПД можно разделить на два уровня в соответствии с выполняемыми задачами:

1. геоинформационный ресурс – набора слоев с пространственными данными, которые создаются органами власти для собственных нужд и (или) для предоставления отраслевой информации гражданам и бизнесу;
2. цифровые сервисы – готовые решения в сфере земли, недвижимости и строительства, оптимизирующие и объединяющие бизнес-процессы государственных и муниципальных услуг [6].

Цифровые сервисы являются непосредственно составляющими цифрового двойника города. В рамках НСПД уже полностью в публичном доступе находится ряд сервисов, которые можно выделить в укрупненные группы:

1. Сервисы, обеспечивающие градостроительное планирование и управление строительством.

Одним из ключевых направлений НСПД является поддержка пользователей в процессе получения разрешительной документации и анализа условий для застройки.

Сервис «Согласования в стройке» разработан для автоматизации этапов, предшествующих получению разрешения на строительство. Он предоставляет доступ к актуальным сведениям о правовом режиме территорий, наличии охранных зон, инженерных коммуникаций и иных факторов, влияющих на возможность размещения объекта капитального строительства. Таким образом, сервис снижает административную нагрузку на застройщиков и повышает прозрачность процедур. С этим функционально связан сервис «Градостроительная проработка онлайн», обеспечивающий сводный анализ участка, включая градостроительные регламенты, сведения о зонировании, санитарных ограничениях и наличии инфраструктуры. Этот

сервис особенно полезен на предварительной стадии проектирования, когда необходимо оперативно оценить целесообразность реализации строительного проекта на конкретной территории.

Сервис «Комплексное развитие территории», ориентированный на анализ и планирование преобразования крупных участков в городском или сельском контексте. Он позволяет оценить потенциал территории с учетом пространственных, правовых, экологических и инфраструктурных параметров, предоставляя инструментальное сопровождение для стратегического развития. Сервис востребован муниципальными и региональными органами власти, девелоперами и институтами пространственного планирования.

2. Сервисы, ориентированные на частных застройщиков и владельцев недвижимости.

Сервис «Индивидуальное жилищное строительство» предоставляет пользователям возможность разместить цифровую модель будущего дома на кадастровом участке, проверить соблюдение градостроительных требований и сформировать документы, необходимые для уведомления органов местного самоуправления. Данный сервис в особенности актуален в рамках процесса перевода индивидуального жилищного строительства на систему проектного финансирования [2] и как следствие строительства в рамках ДДУ, регламентируемого 214 ФЗ. «Мои объекты недвижимости» – это персонализированный кабинет, в котором собственники могут отслеживать изменения, касающиеся их объектов: кадастровую стоимость, правовой статус, границы и обременения. Дополнительно предусмотрена возможность размещения публичных предложений о продаже или сдаче объекта в аренду, что делает сервис полезным и в контексте сделок на рынке недвижимости.

3. Инструменты пространственного анализа и инженерной подготовки.

Сервис «Визуализация пространственных данных» обеспечивает отображение пространственных объектов на карте с наложением

тематических слоёв, включая кадастровые границы, инженерные сети, объекты культурного наследия и зонирование. Он поддерживает работу с многослойной картографией и подходит как для частных пользователей, так и для специалистов в области территориального планирования.

«Помощник изыскателя» предоставляет данные, необходимые для предварительной оценки геологических и геодезических условий территории. В состав сведений входят инженерно-геологические изыскания, информация о наличии подземных коммуникаций и результаты предыдущих исследований. Это позволяет инженерным компаниям минимизировать риски и оптимизировать проектные решения. Также в эту группу входит сервис «Инструменты ГКО», предназначенный для расчёта и анализа кадастровой стоимости объектов недвижимости. Он позволяет получить справочную информацию, необходимую для налогового планирования, оценки сделок и оформления прав собственности.

4. Сервисы по предоставлению и подбору земельных участков.

Сервис «Земля просто» позволяет в несколько шагов подобрать и оформить участок в собственность или аренду. Пользователь вводит базовые параметры, получает список доступных участков и автоматически формирует комплект документов. Особенностью является возможность обходиться без услуг специалиста, так как большинство процедур автоматизировано.

Уточненные версии этого инструмента представлены в виде трёх отдельных сервисов, соответствующих целевому назначению земель.

– «Земля для фермера» предлагает участки, пригодные для ведения сельского хозяйства, с фильтрацией по категории земель, наличию ограничений и инфраструктуры.

– «Земля для стройки» ориентирована на тех, кто ищет участки под капитальное строительство; сервис учитывает градостроительные регламенты и доступ к инженерным сетям.

– «Земля для туризма» позволяет определить участки с природным, рекреационным и ландшафтным потенциалом, подходящие для туристических объектов, включая базы отдыха, кемпинги и гостиницы.

5. Сервисы для бизнеса и социокультурных инициатив.

«Места для малого бизнеса» – это сервис, предназначенный для подбора земельных участков, пригодных для размещения объектов малого формата: павильонов, нестационарных торговых точек, кафе и прочих конструкций. Он предоставляет данные об участках, включенных в программы поддержки МСП, а также информацию о возможностях аренды или участия в конкурсах. Сервис «Языки народов Арктики» выполняет образовательную и культурную функцию, предоставляя информацию о распространении языков коренных народов, уровне владения ими и ареалах расселения. Он служит инструментом мониторинга и сохранения нематериального наследия на фоне урбанизационных процессов, затрагивающих северные территории России.

В заключении можно сказать, что на данный момент описанные сервисы хорошо распознают градостроительную документацию, могут отражать наложение слоев и формировать справки и выписки о градостроительном анализе территории, что снижает издержки поиска информации, составления контракта и осуществления начальных этапов мониторинга. При должном уровне распространения сервисы НСПД могут модифицировать бизнес-процессы, что конвертируется в сокращении инвестиционно-строительного цикла и экономии средств для стейкхолдеров.

Список источников

1. Правительство Российской Федерации Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Национальная система пространственных данных // Постановление. 2021. С. 23
2. Проектное финансирование ИЖС // ЕИСЖС [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--80az8a.xn-->

[d1aqf.xnp1ai/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5?tab=%D0%B8%D0%B6%D1%81&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.google.com).

3. Правительство Российской Федерации Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года // Распоряжение. 2022. С. 130.
4. Стырин Е., Дмитриева Н. Цифровая трансформация в государственном управлении / Е. Стырин, Н. Дмитриева, Москва: НИУ ВШЭ, 2023. 209 с. С. 12-13.
5. Капелюшников Р. Неоинституционализм // Отечественные записки. 2004. № 6 (21).
6. Национальная система пространственных данных // БФТ [Электронный ресурс]. URL: <https://bft.ru/projects/federal/natsionalnaya-sistema-prostranstvennykh-dannykh-nspd-edinaya-tsifrovaya-platforma/>.
7. Эггертссон Т. Несовершенные институты: возможности и границы реформ / Т. Эггертссон, Санкт-Петербург: Институт Гайдара, 2022. 480 с.
8. Batty M. Digital Twins for Urban Modelling // Environment and Planning B. 2018. № 5 (45). С. 817–820.
9. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication // 2025.
10. International Organization for Standardization Digital Twin Framework for Manufacturing // International Standard. 2021. С. 12.
11. Lehtola V. [и др.]. Digital twin of a city: Review of technology serving city needs // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2022. (114). С. 1–14.
12. Rose G. Visualising human life in volumetric cities: City digital twins and other disasters // Dialogues in Urban Research. 2024.

13. Shafto M. [и др.]. Modeling, Simulation, Information Technology and Processing Roadmap // 2010.

14. Van Veldhoven Z., Vanthienen J. Designing a Comprehensive Understanding of Digital Transformation and its Impact University of Maribor Press, 2019. С. 745–763.

References

1. Pravitel`stvo Rossijskoj Federacii Ob utverzhenii gosudarstvennoj programmy` Rossijskoj Federacii Nacional`naya sistema prostranstvenny`x danny`x // Postanovlenie. 2021. С. 23

2. Proektnoefinansirovanie IZhS // EISZhS [E`lektronny`j resurs]. URL: https://xn--80az8a.xn--d1aqf.xnp1ai/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5?tab=%D0%B8%D0%B6%D1%81&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F.

3. Pravitel`stvo Rossijskoj Federacii Strategiya razvitiya stroitel`noj otrasli i zhilishhno-kommunal`nogo xozyajstva Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda s prognozom do 2035 goda // Rasporyazhenie. 2022. С. 130.

4. Sty`rin E., Dmitrieva N. Cifrovaya transformaciya v gosudarstvennom upravlenii / E. Sty`rin, N. Dmitrieva, Moskva: NIU VShE`, 2023. 209 с. С. 12-13.

5. Kapelyushnikov R. Neoinstitucionalizm // Otechestvenny`e zapiski. 2004. № 6 (21).

6. Nacional`naya sistema prostranstvenny`x danny`x // BFT [E`lektronny`j resurs]. URL: <https://bft.ru/projects/federal/natsionalnaya-sistema-prostranstvennykh-dannykh-nspd-edinaya-tsifrovaya-platforma/>.

7. E`ggertsson T. Nesovershenny`e instituty`: vozmozhnosti i granicy reform / T. E`ggertsson, Sankt-Peterburg: Institut Gajdara, 2022. 480 с.

8. Batty M. Digital Twins for Urban Modelling // Environment and Planning B. 2018. № 5 (45). С. 817–820.
9. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication // 2025.
10. International Organization for Standardization Digital Twin Framework for Manufacturing // International Standard. 2021. С. 12.
11. Lehtola V. [i dr.]. Digital twin of a city: Review of technology serving city needs // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2022. (114). С. 1–14.
12. Rose G. Visualising human life in volumetric cities: City digital twins and other disasters // Dialogues in Urban Research. 2024.
13. Shafto M. [i dr.]. Modeling, Simulation, Information Technology and Processing Roadmap // 2010.
14. Van Veldhoven Z., Vanthienen J. Designing a Comprehensive Understanding of Digital Transformation and its Impact University of Maribor Press, 2019.С. 745–763.

© Колчанов А.А., 2026. Московский экономический журнал, 2026, № 1.