

УДК 528.442

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-137-148>

От идеи до реализации концепции «умного города» и 3D-кадастра

А. Р. Байорис^{1✉}, А. В. Ершов¹, Л. А. Пластинин², В. И. Татаренко¹

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Российская Федерация

e-mail: baioris1999@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможностей реализации концепции «умного города» и развития 3D-кадастра как ключевого инструмента управления городской средой. Особое внимание уделяется информационной городской среде. Цель исследования заключается в оценке и формулировании практических рекомендаций по нормативно-правовой базе (НПБ) для реализации концепций «умного города» и 3D-кадастра, с акцентом на принципах устойчивого развития и интеграции современных технологий. Для исследования взят объект, расположенный в г. Москве. Задача исследования состоит в разработке трехмерной цифровой модели, которая будет использоваться для создания и обновления базы геоданных, а также для решения практических задач, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией объектов городской инфраструктуры. Результатом является проект, разработанный с применением ПО AutoCAD Civil 3D. Модель выполнена в местной системе координат (МСК-50) с использованием Балтийской системы высот 1977 г. В заключении проведен анализ результатов исследования и предоставлены рекомендации по улучшению правовой базы, способствующей устойчивому развитию «умных городов» с использованием 3D-кадастра.

Ключевые слова: кадастр, «умный город», нормативно-правовое обеспечение, информационные технологии, искусственный интеллект, 3D-модель, семантика

Для цитирования:

Байорис А. Р., Ершов А. В., Пластинин Л. А., Татаренко В. И. От идеи до реализации концепции «умного города» и 3D-кадастра. *Вестник СГУГиТ*. 2025. Т. 30, № 6. С. 137–148. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-137-148>

From concept to reality: implementing the Smart City and 3D cadastre framework

A. R. Bayoris^{1✉}, A. V. Ershov¹, L. A. Plastinin², V. I. Tatarenko¹

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²Altai State University, Barnaul, Russian Federation

e-mail: baioris1999@mail.ru

Abstract. The article examines the potential for implementing the Smart City concept and advancing the 3D cadastre as a fundamental tool for urban environment management. Particular emphasis is placed on the informational urban environment. The objective of the study is to evaluate and develop practical recommendations concerning the regulatory and legal framework that facilitates the realization of the Smart City and 3D cadastre concepts, with a focus on sustainable development principles and the integration of state-of-the-art technologies. The research centers on a case study located in Moscow. The primary task involves the development of a three-dimensional digital model intended for the creation

and updating of a geospatial database, as well as addressing practical challenges related to the design, construction, and operation of urban infrastructure. The resulting project was executed using AutoCAD Civil 3D software. The model is constructed within the local coordinate system (MSK-50) and employs the Baltic height system of 1977. In conclusion, the study presents an analysis of the results and proposes recommendations for enhancing the legal framework to support the sustainable development of Smart Cities through the application of 3D cadastre technologies.

Keywords: cadastre, smart city, regulatory framework, information technology, artificial intelligence, 3D model, semantics

For citation:

Bayoris A. R., Ershov A. V., Plastinin L. A., Tatarenko V. I. (2025). From concept to reality: implementing the Smart City and 3D cadastre framework. *Vestnik SSUGiТ [Vestnik SSUGT]* Vol. 30, No. 6. pp. 137–148. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-137-148>

Введение

В современной научной литературе и практике развитых государств концепция «умного города» рассматривается как комплексный подход к управлению городской средой, основанный на интеграции цифровых технологий и систем искусственного интеллекта для оптимизации процессов в различных сферах, включая социальную, экономическую и экологическую [1–4]. Ключевым элементом эффективного управления в «умном городе» являются точные трехмерные модели объектов недвижимости и городской инфраструктуры, которые обеспечивают возможность мониторинга состояния объектов, планирования развития территории, управления рисками и чрезвычайными ситуациями, а также повышения эффективности использования ресурсов [5–8].

Актуальность развития концепции «умного города» в России подчеркивается необходимостью повышения качества жизни населения, обеспечения устойчивого развития территорий и повышения конкурентоспособности экономики (Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года: распоряжение Правительства РФ от 28.12.2024 № 4146-р. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный). В связи с этим важной задачей является разработка практических рекомендаций по НПБ, регулирующих процессы создания и использования трехмерных моделей городской среды, а также внедрения 3D-кадастра.

Еще в 2020 г. Президент Российской Федерации в своем послании к Федеральному собранию обозначил важность и необходимость развития в России соответствующей концепции, призвал к созданию и внедрению собственных технологий, а также к разработке технического законодательного пакета. В том же году был принят ряд законов по различным направлениям деятельности (например, эксперимент по голосованию на цифровых избирательных участках (О продлении на 2020 год эксперимента по голосованию на цифровых избирательных участках на дополнительных выборах депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации седьмого созыва и выборах в органы государственной власти субъектов Российской Федерации: федеральный закон от 23.05.2020 № 151-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный), эксперимент по использованию электронных документов (О проведении эксперимента по использованию электронных документов, связанных с работой: федеральный закон от 24.04.2020 № 122-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный) и цифровых инноваций (Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации: федеральный закон от 31.07.2020 № 258-ФЗ. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный) и проч.).

В России активно применяются географические информационные системы (ГИС) для создания цифровых моделей городской среды. ГИС позволяют анализировать пространственные данные о городе, такие как

территориальное планирование, инфраструктура, зеленые насаждения, транспортная сеть, освещение и другие аспекты. С их помощью можно проводить симуляции и прогнозирование развития городского пространства, оценивать воздействие различных проектов на окружающую среду и население [9].

Другим распространенным методом моделирования городской среды в России является использование 3D-моделей городских территорий. ГИС и 3D-модели городских территорий – это два разных инструмента, которые могут быть использованы для анализа и представления пространственных данных, включая городские территории [10, 11]. Отличие между ГИС и 3D-моделями городских территорий заключается в том, что ГИС ориентирована на анализ и управление географической информацией в двухмерном пространстве, в то время как 3D-модели предназначены для визуализации и представления данных в трехмерном пространстве. В этой связи разработка рекомендаций по усовершенствованию НПБ реализации концепции «умного города» и 3D-кадастра является актуальной задачей.

Методы и материалы

В работе использованы методы геоинформатики, землеустройства и кадастра, системного анализа, системной инженерии и моделирования для изучения правовых аспектов внедрения 3D-кадастра в концепцию «умного города». Эмпирическую базу составили официальные сайты государственных органов, официальные статистические данные, а также нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы создания и использования геопространственных данных.

Проведен анализ существующей НПБ в сфере градостроительства, землеустройства и кадастра с целью выявления пробелов и противоречий, препятствующих эффективному внедрению 3D-кадастра и использованию трехмерных моделей городской среды. Результаты исследования позволили сформулировать рекомендации по усовершенствованию НПБ, направленные на создание благоприятных условий для развития «умных городов» в России.

Результаты

Зарубежный опыт внедрения концепции «умного города» и 3D-кадастра включает в себя примеры городов [12], представленных в табл. 1.

Таблица 1

Зарубежный опыт внедрения концепции «умного города» и 3D-кадастра

Территория	Проект	Результаты
Нидерланды	Nederlands digital system (NDS), что в переводе означает «цифровая система Нидерландов»	С помощью NDS в Нидерландах был запущен проект 3D-кадастра, который позволяет изображать городскую среду и земельные участки в трехмерном формате
Дубай	Dubai Smart City	В рамках внедрения «умного города» и 3D-кадастра в Дубае был введен ряд инновационных решений. Например, цифровые платформы для мониторинга и управления транспортной системой города, умные системы учета ресурсов, таких как вода и электроэнергия, цифровые модели зданий и территорий с применением технологии 3D-кадастра. Также создана цифровая база данных о недвижимости, земельных участках и городской инфраструктуре

Зарубежные практики демонстрируют важность интеграции современных технологий и нормативных актов для формирования эффективных систем управления городской средой, что может быть использовано при разработке рекомендаций по усовершенствованию правовой базы в Москве для реализации концепций «умного города» и 3D-кадастра.

Управление программами по внедрению «умного города» и 3D-кадастра осуществляется совместно государственными органами, местными властями, частными компаниями и академическими учреждениями. Основная цель – повышение эффективности городского управления, снижение нагрузки на инфраструктуру, улучшение жизненного уровня горожан и реше-

ние городских проблем с помощью инновационных технологий и цифровых решений.

Примеры в отношении российского опыта внедрения «умного города» и 3D-кадастра [13] представлены в табл. 2.

Таблица 2

Российский опыт внедрения «умного города» и 3D-кадастра

Территория	Проект	Результаты
Москва	«Москва-Сити»	В проекте архитекторы, инженеры и дизайнеры использовали 3D-модели для создания и визуализации концепции бизнес-центра и жилого комплекса, который сегодня является одним из самых высоких и современных небоскребов в Москве. Одной из программ ГИС, которая часто используется для моделирования городской среды, является ArcGIS от Esri [11]. Программы для планирования и управления городским развитием – SketchUp, Autodesk Revit, 3ds Max – широко используются для создания виртуальных 3D-моделей городских объектов и территорий [10]
Санкт-Петербург	«Санкт-Петербург 3D»	В рамках проекта создана трехмерная модель города Санкт-Петербурга с использованием данных ГИС. Модель используется для планирования городского развития, оптимизации транспортной инфраструктуры, анализа зон риска

Анализ зарубежного и российского опыта внедрения концепции «умного города» и 3D-кадастра, представленный в таблицах, демонстрирует разнообразие подходов и технологий.

Для сбора данных и мониторинга аспектов жизни города в Москве используются различные технологии, такие как датчики, камеры видеонаблюдения, GPS-трекеры, радиочастотные идентификатор, системы учета ресурсов и др. Это оборудование устанавливается на объектах инфраструктуры, транспортных средствах, зданиях и других объектах для сбора информации в реальном времени.

Для создания цифровой модели города используются спутниковые снимки, лазерное сканирование, стереофотограмметрические модели местности, цифровые ортофотопланы и другие

источники геопространственных данных для моделирования урбанизированных территорий.

В Москве ведется активная работа по 3D-моделированию городской среды. Одним из крупных проектов, связанных с этим, является проект «Цифровая модель города», который был запущен в 2018 г. и предполагает создание детальной трехмерной модели города с учетом всех его инфраструктурных объектов [10, 14].

Управление проектом «Цифровая модель города» осуществляется Департаментом информационных технологий города Москвы. Для создания трехмерных моделей городской среды используется программное обеспечение CityEngine, а также специализированное оборудование, такое как лазерные сканеры, дроны и системы геопозиционирования.

В рамках внедрения 3D-кадастра в Москве создается цифровая платформа, объединяющая данные о недвижимости в трехмерном формате. Это позволяет эффективно управлять геопространственными данными и обеспечить более точное планирование городского развития [15, 16].

В 2019 г. Минстрой России утвердил базовые и дополнительные требования к умным городам (стандарт «Умный город») (Базовые и дополнительные требования к умным городам (стандарт «Умный город»): Утв. Минстроем России 04.03.2019. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный) и обозначил, что информационные ресурсы должны формироваться, как правило, на базе государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности либо с ними.

Таким образом, вопросы информационной безопасности граждан и нормативное регулирование «умного города» в целом являются ключевыми. Нормативное регулирование программы «Цифровая экономика» и стандарты ISO определяют уровни взаимодействия в рамках «умного города» [17].

В 2017 г. правительственная комиссия утвердила план мероприятий по нормативному регулированию программы цифровой экономики (Программа Цифровая экономика Российской Федерации. Расп. Правительства РФ 28.07.2017 № 1632-р. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный).

В соответствии с постановлением правительства (О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от

05.03.2021 № 331: постановление Правительства РФ от 20.12.2022 № 2357. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный), застройщики в сфере малоэтажного и многоэтажного строительства переходят на технологии информационного моделирования (ТИМ).

С 1 сентября 2024 г. вступили в силу новые правила формирования и ведения информационной модели объектов капитального строительства согласно постановлению (Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов: постановление Правительства РФ от 17.05.2024 № 614. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный). Это требует использования классификатора строительной информации и размещения всех данных об информационной модели в государственной информационной системе, поддерживающей градостроительную деятельность регионов.

Переход застройщиков на ТИМ и вступление в силу новых правил формирования и ведения информационной модели объектов капитального строительства (ИМОКС) подчеркивают важность использования геоданных из Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) для создания трехмерных моделей объектов.

ЕГРН предоставляет сведения об объектах недвижимости, которые могут быть использованы для создания трехмерных объектов в перспективе.

Новые правила формирования и ведения ИМОКС включают в себя требования к использованию геоданных для создания трехмерных моделей объектов.

Использование сведений ЕГРН для создания 3D-моделей позволяет получать более точные и реалистичные объекты, учитывая характеристики территории, зданий и сооружений. Тем не менее при использовании данных из ЕГРН следует учитывать возможное наличие ошибок и при необходимости проводить дополнительные проверки или корректировки данных.

Моделирование городской среды под землей в России в настоящее время является важной областью исследований и разработок, особенно в контексте инфраструктурных проектов и строительства подземных сооружений.

Для проведения моделирования городской среды под землей в России используется разнообразное оборудование, включающее в себя следующие типы [9, 10]: геодезическое оборудование, сейсмическое оборудование, камеры тепловизионного контроля, геофизическое оборудование.

Примеры оборудования, используемые для 3D-моделирования городской среды [9, 10]: лазерные сканеры (LiDAR), беспилотники, фотограмметрическое оборудование, GPS-приемники.

Конкретный набор оборудования зависит от масштаба проекта, его целей и требуемой точности модели.

В рамках пилотного проекта 3D-кадастра авторами разработан проект с использованием программного обеспечения AutoCAD Civil 3D [18] (рис. 1–3).

Аэрофотосъемочные работы проводились с использованием беспилотного летательного комплекса GeoScan 201.

Создание 3D-модели проводилось в несколько этапов:

- моделирование объекта (создание трехмерных чертежей и модели объекта недвижимости);
- присвоение семантики.



а)



б)

Рис. 1. Проект здания: а) вид слева; б) вид справа



Рис. 2. Проект здания, вид сверху

Рис. 1, 2, представленные в ПО AutoCAD Civil 3D, демонстрируют реализацию данной модели, отражая ее геометрические и пространственные характеристики. Это служит визуализацией итогов работы и подтверждает практическую применимость результатов. На основе разработанной модели будет проведен анализ данных, что позволит не только оценить применимость технологий, но и сделать выводы о возможности дальнейшего использования подобных решений в контексте «умного города».

Представленная трехмерная модель здания, выполненная в местной системе координат (МСК-50) и с использованием Балтийской системы высот 1977 г., станет основным инструментом при формировании рекомендаций по улучшению правовой базы. Это подчеркивает значимость интеграции 3D-кадастра в систему управления городской средой для создания устойчивых «умных городов».

Для объективной оценки точности и полноты 3D-модели приведем количественные показатели. Среднеквадратическое отклонение (RMSE) координат точек 3D-модели от контрольных геодезических измерений составляет

1 см, служит ключевым параметром, характеризующим точность геометрического представления. Согласно исследованию, опубликованному в журнале [19], допустимые значения RMSE зависят от масштаба модели и целей ее применения, но, как правило, не должны превышать нескольких сантиметров для обеспечения надежности аналитических операций.

Коэффициент соответствия, определяемый путем сопоставления 3D-модели с исходными данными, такими как данные лазерного сканирования, позволяет оценить степень детализации и полноты представления. Этот показатель может быть выражен как процент перекрытия или как индекс подобия, разработанный [20]. Процент покрытия территории моделью отражает область, охваченную 3D-моделированием, и является важным параметром для оценки применимости модели в масштабе всего кадастрового района.

Количество семантических атрибутов, присвоенных каждому объекту недвижимости в 3D-модели, определяет объем информации, доступной для анализа и принятия решений. Эти атрибуты могут включать данные о материалах, конструкциях, функциональном назначении помещений и т. д. Эффективность использования 3D-модели проявляется в сокращении времени, затраченного на решение типовых задач, таких как проектирование, анализ видимости и оценка инсоляции. Сравнение с традиционными методами, проведенное в работе [21], демонстрирует потенциальное снижение трудозатрат на 30–50 % при использовании 3D-моделей. Интеграция 3D-моделей в процессы проектирования и строительства позволяет выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях, что приводит к значительной экономии ресурсов.

1. Владелец	Российская Федерация
1. Владелец (владелец)	ФГБОУВПО «Кубанский государственный технологический университет», ИНН 2310018876
2. Вид, номер и дата государственной регистрации права	Собственность: 1 (целая), 23-23-01/518/2006-568, 08.12.2006
2. Вид, номер и дата государственной регистрации права	оперативное управление: 1 (целая), 23-23-01/144/2006-348, 08.12.2006 г.
3. Документы-основания	Сведения не предоставляются
3. Документы-основания	сведения не предоставляются
4. Ограничение прав и обременение объекта недвижимости	не зарегистрировано
4. Ограничение прав и обременение объектов недвижимости	-
4.1.1. Вид	Аренда
4.1.2. Дата государственной регистрации	19.07.2013
4.1.3. Номер государственной регистрации	23-23-01/414/2013-524
4.1.4. Срок, на который установлено ограничение прав и обременение объекта недвижимости	с 19.07.2013 г. по 30.11.2017 г.
4.1.5. Лицо, в пользу которого установлено ограничение прав и обременение объекта недвижимости	Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом-ЮГ», ИНН 2310117845

Рис. 3. Пример семантики здания

Семантика объектов недвижимости может включать в себя информацию о типе и категории объекта (жилое здание, офисное здание, земельный участок и т. д.), характеристики и параметры здания (площадь, количество этажей, материалы строительства и т. д.), а также данные о владельце, правах и ограничениях на объект [11].

Использование облаков точек, полученных в результате лазерного сканирования или фотограмметрии, для создания 3D-моделей зданий в Civil 3D с целью последующего применения в 3D-кадастре представляет собой перспективный подход, обладающий рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами. Существующие подходы, описанные, например, в работе [22], часто опираются на упрощенные геометрические модели и ручную оцифровку, что приводит к значительным временным затратам и потенциальным неточностям.

Преимущество подхода – автоматизированное извлечение геометрии зданий из обла-

ков точек, что ускоряет создание точных 3D-моделей. Civil 3D позволяет интегрировать и обрабатывать облака для получения детализированных моделей, особенно в сложных архитектурных и городских условиях. Это улучшает предоставление прав на недвижимость, визуализацию границ и планирование, а также помогает в управлении и предотвращении незаконныхстроек.

Для отображения учтенных объектов недвижимости, содержащихся в реестре недвижимости, используется публичная кадастровая карта (ПКК). ПКК предоставляет возможность просматривать информацию о земельных участках и объектах недвижимости, зарегистрированных на определенной территории.

При этом на ПКК отсутствует функция трехмерного кадастра. В 2020 г. функция была доступна через отдельную кнопку, которая открывала трехмерную модель объекта недвижимости [10]. До обновления ПКК в 2020 г. уже были показаны пилотные объекты в городе Москве, представленные на рис. 4.

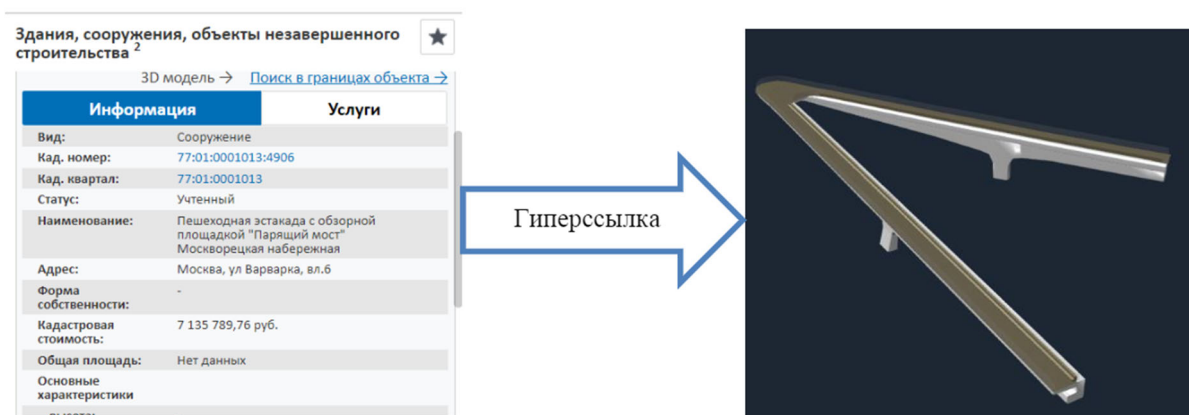


Рис. 4. Пилотные объекты «Парящий мост»

Переход с ПКК к трехмерному объекту недвижимости через гиперссылку является распространенной практикой в различных странах [5, 7]. В трехмерном пространстве отображается только 3D-модель объекта на определенной высоте, однако на данный момент сервис «Публичной кадастровой карты» не имеет функции трехмерного отображения объектов недвижимости.

Анализ функциональности ПКК выявил отсутствие прямой интеграции с трехмерными

моделями объектов недвижимости, что ограничивает возможности визуализации и анализа пространственных данных. В то время как переход к 3D-отображению через гиперссылки зарекомендовал себя как эффективный метод в зарубежных кадастровых системах [3, 5], российская ПКК на текущий момент не предоставляет подобной функциональности.

Внедрение концепции трехмерного кадастра в России требует пересмотра подходов к представлению и управлению данными об

объектах недвижимости. Необходимо обеспечить возможность отображения не только геометрических параметров зданий и сооружений, но и их взаимосвязи с подземной инфраструктурой и окружающей средой. Это позволит повысить точность учета объектов, оптимизировать процессы планирования и строительства, а также улучшить взаимодействие с общественностью [1, 23].

Внедрение трехмерного отображения объектов недвижимости на ПКК требует пересмотра архитектуры платформы и разработки специализированных инструментов визуализации и анализа геопространственных данных. Одним из возможных подходов является использование веб-технологий и открытых стандартов, таких как CityGML, для обеспечения совместимости и интероперабельности с другими геоинформационными системами [24].

Моделирование занимает центральное место в процессе трансформации идеи «умного города» и 3D-кадастра в реальность. Оно служит мостом между абстрактным видением и конкретными решениями, позволяя прогнозировать, оптимизировать и визуализировать сложные взаимосвязи [19–24]:

- создание концептуальной модели: определение ключевых элементов, связей и целей системы;
- разработка математической модели: преобразование концепции в уравнения для оценки влияния факторов;
- компьютерное моделирование: создание виртуальных прототипов для тестирования сценариев и выявления проблем;
- визуализация и 3D-моделирование помогают понять данные и улучшить коммуникацию;
- анализ и оптимизация: оценка результатов для повышения эффективности системы.

За последние два десятилетия города столкнулись с множеством проблем [19, 25]: увеличение численности населения и рост плотности застройки, нехватка ресурсов и инфраструктуры для обеспечения устойчивого развития, необходимость интеграции новых технологий в уже существующие системы.

Учитывая эти вызовы, необходимо искать эффективные решения для успешной реализации концепции умного города (рис. 5).



Рисунок 5. Эффективные решения для успешной реализации концепции «умного города»

Реализация трехмерного кадастра позволит создать более полное и точное представление о пространственном расположении объектов недвижимости, что приведет к повышению эффективности управления земельными ресурсами и улучшению качества предоставляемых государственных услуг. Кроме того, внедрение 3D-кадастра будет способствовать развитию инновационных технологий в сфере геоинформатики и строительства [7, 8].

Обсуждение

Внедрение концепции «умного города» и 3D-кадастра представляет собой многоуровневый процесс, требующий комплексного подхода, в том числе в правовом аспекте. Существующая законодательная база не в полной мере отвечает современным требованиям, связанным с цифровизацией и трехмерным моделированием городской среды. Это создает барьеры для полноценной реализации 3D-кадастра как важного инструмента управления недвижимостью и городской инфраструктурой.

Одной из ключевых проблем является отсутствие единых правовых стандартов для

3D-кадастра, что усложняет его интеграцию в системы «умного города». На данный момент законодательство о кадастровой деятельности сосредоточено на традиционных двухмерных моделях, которые не могут в полной мере отразить пространственные характеристики объектов недвижимости. Трехмерная учетно-регистрационная система требует внесения изменений в правовые акты, касающиеся определения границ собственности, регистрации прав и обязательств, а также методов сбора и хранения геоданных.

Для успешной реализации концепции «умного города» важно провести диагностику инфраструктуры с учетом мнений жителей и бизнеса, а затем разработать стратегию внедрения, определив цели и ресурсы. Необходима координация между государственными органами, бизнесом и гражданами, с четкими правовыми механизмами и интеграцией данных. Внедрение технологий должно проходить поэтапно с использованием методов Agile или Lean. После завершения важно собирать обратную связь для постоянного улучшения системы.

Заключение

Путь от идеи до реализации концепции «умного города» и 3D-кадастра является сложным и многогранным процессом. Он требует комплексного подхода, включающего анализ данных, взаимодействие с различными заинтересованными сторонами и внедрение инновационных технологий. Несмотря на существующие вызовы, с правильной стратегией и четким планом действий можно эффективно решать возникающие проблемы.

Развитие концепции «умного города» тесно связано с внедрением современных цифровых технологий, включая 3D-кадастр, который позволяет значительно повысить качество управления городской средой и недвижимостью. В статье рассмотрены различные аспекты, необходимые для успешного функционирования 3D-кадастра в рамках концепции «умного города».

Анализ существующей НПБ показал, что для внедрения 3D-кадастра требуются дополнительные нормативные механизмы, регулирующие вопросы пространственного моделирования, сбора и обработки геоданных, защиты персональной информации и прав собственности. Особое внимание следует уделить созданию правовой инфраструктуры, обеспечивающей доступ к 3D-геоинформации при соблюдении принципов прозрачности и информационной безопасности.

Правовые аспекты внедрения концепции «умного города» для 3D-кадастра играют ключевую роль в обеспечении эффективного функционирования данной системы. Необходимо учитывать законодательные нормы и правила, а также обеспечить защиту данных и конфиденциальность информации. Наземное и воздушное лазерное сканирование могут стать ключевыми инструментами для создания 3D-кадастра, отвечающего современным требованиям точности и оперативности в сборе и обновлении данных.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку конкретных правовых инструментов, которые позволят преодолеть выявленные барьеры и создать условия для полноценного внедрения 3D-кадастра в систему «умного города».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Harrison, C., & Donnelly, I. A. A theory of smart cities. In Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS-2011, Hull, UK. 2011. URL: <https://journals.iss.org/index.php/proceedings-55th/article/view/1703>.
2. Batty, M. (2013). Smart cities: A guide to the knowledge economy. *Journal of the Knowledge Economy*. 2013. 4 (3). P. 311–321.
3. Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2015). An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems*. 49. P. 25–38.
4. Isikdag, U., Zlatanova, S., & Underwood, J. (2013). A BIM-based model for delivering lifecycle information of buildings. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*. 2 (3). P. 1–16.

5. Guo, R., Luo, F., Zhao, Z., He, B., Li, L., Luo, P., & Ying, S. The applications and practices of 3D cadastre in Shenzhen. In Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates. 2014. Pp. 9–11.
6. Guo, R., Li, L., He, B., Luo, P., Ying, S., Zhao, Z., & Jiang, R. 3D cadastre in China—a case study in Shenzhen City. In Proceedings of the 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands. 2011. Pp. 16–18.
7. Guo, R., Li, L., Ying, S., Luo, P., He, B., & Jiang, R. Developing a 3D cadastre for the administration of urban land use: A case study of Shenzhen, China. Computers, environment and urban systems. 2013. 40. Pp. 46–55.
8. Stoter, J., Van Oosterom, P., & Ploeger, H. The phased 3D cadastre implementation in the Netherlands. In Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, Shenzhen, China. 2012. Pp. 25–26.
9. Ветошкин Д. Н. Разработка усовершенствованной модели земельно-информационной системы муниципального образования [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ветошкин Дмитрий Николаевич. Новосибирск, 2021. С. 184.
10. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М. : ДМК-Пресс, 2015. С. 410.
11. Зазолина Е. В. Правовое регулирование цифровизации документооборота в России – на примере цифровой трансформации Росреестра. Заметки ученого. 2022. № 2. С. 267–274.
12. Мировые практики Smart City: открытая база знаний [Электронный ресурс]. URL: <https://ict.moscow/projects/smart-cities>.
13. Приоритетные направления внедрения технологий умного города в российских городах. Пространственное развитие: экспертно-аналитический доклад [Электронный ресурс]. – URL: https://www.csr.ru/upload/iblock/bdc/bdc711b002e9651fb27_63d98c7f7daa6.pdf.
14. Золотых З. А., Борецкий Д. С. Умный город как способ организации городской среды. Тенденции развития науки и образования. 2024. № 105-13. С. 15–18.
15. Амелин Р. В., Чаннов С. Е. Эволюция права под воздействием цифровых технологий. М. : НОРМА, 2023. 280 с.
16. Алтухов А. В., Ершова И. В., Кашкин С. Ю. Платформенное право как драйвер развития инноваций. Предпринимательское право. 2020. № 4. С. 17–24.
17. Жарова А. К. (2019). Правовое обеспечение информационной безопасности в «умных городах». Юрист. 2019. 12. С. 69–76.
18. Ткаченко А. В. AutoCAD Civil 3D. Как это работает? М. : Принтлето, 2016. – 239 с.
19. Vosselman, G., & Maas, H. G. (2010). Airborne and terrestrial laser scanning. CRC Press (Taylor & Francis). 2010.
20. Besl, P. J. and McKay, N. D. (1992) A Method for Registration of 3D Shapes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1992. 14. P. 239–254. DOI 10.1109/34.121791.
21. Eastman, J. K., Faulk, D., Iyer, R., Shepherd, C. D., & Heugel, A. (2018). Do They Shop to Stand out or Fit in? The Luxury Fashion Purchase Intentions of Young Adults. Psychology & Marketing. – 2018. —35. – P. 220–236. – DOI 10.1002/mar.21082/.
22. van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H., Lemmen, C., Thompson, R., & Karki, S. Initial analysis of the second FIG 3D cadastres questionnaire: Status in 2014 and expectations for 2018. In Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates. 2014. Pp. 9–11.
23. Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2015). An improved LOD specification for 3D building models. Computers, Environment and Urban Systems. 2015. 49. P. 25–38.
24. ISO 19152:2012. Geographic information – Land Administration Domain Model (LADM). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2012.
25. Никиташина Н. А. «Умный город» как основа «умного туризма» в эпоху цифровых технологий: правовые и философские прогнозы. Туризм: право и экономика. 2023. № 3. С. 11–13.

REFERENCES

1. Harrison, C., & Donnelly, I. A. (2011). A Theory of Smart Cities. Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS - 2011, Hull, UK, 55(1). Retrieved from <https://journals.is-ss.org/index.php/proceedings55th/article/view/1703>.
2. Batty, M. (2013). Smart cities: A guide to the knowledge economy. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(3), 311-321.
3. Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2015). An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 25-38.
4. Isikdag, U., Zlatanova, S., & Underwood, J. (2013). A BIM-based model for delivering lifecycle information of buildings. *International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM)*, 2(3), 1-16.
5. Guo, R., Luo, F., Zhao, Z., He, B., Li, L., Luo, P., & Ying, S. (2014, November). The applications and practices of 3D cadastre in Shenzhen. In *Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates* (pp. 9-11).
6. Guo, R., Li, L., He, B., Luo, P., Ying, S., Zhao, Z., & Jiang, R. (2011, November). 3D cadaster in China-a case study in Shenzhen City. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands* (pp. 16-18).
7. Guo, R., Li, L., Ying, S., Luo, P., He, B., & Jiang, R. (2013). Developing a 3D cadaster for the administration of urban land use: A case study of Shenzhen, China. *Computers, environment and urban systems*, 40, (pp. 46-55).
8. Stoter, J., Van Oosterom, P., & Ploeger, H. (2012, October). The phased 3D cadastre implementation in the Netherlands. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, Shenzhen, China* (pp. 25-26).
9. Vetoshkin, D. N. Development of an improved model of the land information system of a municipality [Text]: dis. candidate of technical sciences / Vetoshkin Dmitry Nikolaevich. - Novosibirsk, S. 2021. - 184.
10. Talapov V. V. (2015). *Tekhnologiya BIM: sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy. [BIM technology: the essence and features of the implementation of building information modeling.]* Moscow DMK-Press. P. 410.
11. Zazolina E. V. (2022). Legal regulation of document flow digitalization in Russia - on the example of the digital transformation of Rosreestr *Zametki uchenogo [Notes of a scientist]*. No. 2. P. 267-274.
12. Smart City World Practices: Open Knowledge Base. Retrieved from <https://ict.mos-cow/projects/smart-cities>.
13. Priority Areas for the Implementation of Smart City Technologies in Russian Cities. Spatial Development: Expert-Analytical Report. Retrieved from https://www.csr.ru/upload/iblock/bdc/bdc711b002e9651fb27_63d98c7f7daa6.pdf.
14. Zolotykh Z. A., Boretsky D. S. (2024). Smart City as a Way of Organizing the Urban Environment *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya [Trends in the Development of Science and Education]* No. 105-13. P. 15-18.
15. Amelin R. V., Channov S. E. *Evolutsiya prava pod vozdeystviyem tsifrovyykh tekhnologiy [Evolution of law under the influence of digital technologies]*. Moscow NORMA, 2023. - 280 p.
16. Altukhov A. V., Ershova I. V., Kashkin S. Yu. (2020). Platform law as a driver for innovation development *Predprinimatel'skoye parvo [Entrepreneurial law]*. No. 4. Pp. 17-24.
17. Zharova, A.K. (2019). Legal support of information security in "smart cities". *Lawyer [Jurist]*, (12), 69-76.
18. Tkachenko A. V. (2016). *AutoCAD Civil 3D. Kak eto rabotayet? [AutoCAD Civil 3D. How does this work?]* Moscow Printleto, 239 p.
19. Vosselman, G., & Maas, H. G. (2010). *Airborne and terrestrial laser scanning*. CRC Press (Taylor & Francis).
20. Besl, P.J. and McKay, N.D. (1992) A Method for Registration of 3D Shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14, 239-254. DOI 10.1109/34.121791.

21. Eastman, J. K., Faulk, D., Iyer, R., Shepherd, C. D., & Heugel, A. (2018). Do They Shop to Stand out or Fit in? The Luxury Fashion Purchase Intentions of Young Adults. *Psychology & Marketing*, 35, 220-236. <https://doi.org/10.1002/mar.21082>.
22. van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H., Lemmen, C., Thompson, R., & Karki, S. (2014, November). Initial analysis of the second FIG 3D cadastres questionnaire: Status in 2014 and expectations for 2018. In *Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates* (pp. 9-11).
23. Biljecki, F., Ledoux, H., & Stoter, J. (2015). An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 25–38.
24. ISO 19152:2012. Geographic information - Land Administration Domain Model (LADM). *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*, 2012.
25. Nikitashina N. A. (2023) «Smart city» as the basis for «smart tourism» in the era of digital technologies: legal and philosophical forecasts *Turizm: pravo i ekonomika [Tourism: law and economics]*. No. 3. Pp. 11–13.

Об авторах

Байорис Александра Ромасовна – аспирант кафедры кадастра и территориального планирования.

Ершов Анатолий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования.

Леонид Александрович Пластинин – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник.

Валерий Иванович Татаренко – доктор экономических наук, профессор кафедры техно-сферной безопасности.

Author details

Alexandra R. Bayoris – Ph. D. Student, Department of Cadastre and Territorial Planning.

Anatoly V. Ershov – Ph. D., Associate Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning.

Leonid A. Plastinin – D. Sc., Professor, Chief Researcher.

Valery I. Tatarenko – D. Sc., Professor, Department of Technosphere Security.

Получено / Received 23.01.2025

Поступила после рецензирования / Revised 30.07.2025

Принята к публикации / Accepted 13.08.2025