

А. А. Синивирта¹✉

Переход от 2D к 3D-кадастру: опыт зарубежных стран и перспективы в России

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: rabota-mo-ptz@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются понятия «3D-данные, 3D-кадастр, 3D-визуализация», сформулированы основные тезисы по направлению развития 3D-кадастровых систем. Обосновывается актуальность исследования 3D-кадастровых данных, их визуализация в трехмерном измерении в различных странах и как итог создание единой 3D-кадастровой системы. Приводится сравнение и обсуждение концепций 3D-недвижимости в выбранных странах, находящихся на разных этапах в трехмерном кадастровом построении. Поскольку страны находятся на разных этапах внедрения системы 3D-кадастра, это исследование способствует обнаружению основных концепций 3D-недвижимости, которые применяются на международном уровне, а также недостатков, препятствующих внедрению 3D-кадастровых систем. Для сравнения предлагается набор критериев для проведения сравнительного анализа. Приведен результат тематических исследований существующих концепций 3D-недвижимости в исследуемых странах, описывающих их сходства и различия в использовании, с упором на правовую основу 3D-кадастров. Сделан вывод о необходимости создания экспертной системы определений и технических решений, которые будут являться достаточно общими, чтобы вписаться в любую правовую базу.

Ключевые слова: 3D-данные, 3D-кадастр, трехмерный кадастр недвижимости, трехмерная визуализация

A. A. Sinivirta¹✉

Transition from 2D to 3D cadastre: experience of foreign countries and prospects in Russia

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: rabota-mo-ptz@yandex.ru

Abstract. The article explores the concepts of “3D data, 3D cadastre, and 3D visualization”, outlining key points on the development of 3D cadastral systems. The study justifies the relevance of studying 3D cadastral data and their visualization in three-dimensional space across different countries, ultimately aiming to establish a unified 3D cadastral system. The study compares and discusses 3D property concepts in selected countries at different stages of 3D cadastral implementation. Since countries vary in their progress toward adopting such systems, this research helps identify key internationally applied 3D property concepts as well as the challenges hindering implementation. A set of criteria for conducting a comparative analysis is provided. The results of case studies on existing 3D property concepts in the examined countries are presented, highlighting their similarities and differences in application, with a focus on the legal framework of 3D cadastres. The study concludes that an expert system of definitions and universal technical solutions adaptable to any legal framework has to be developed.

Keywords: 3D data, 3D cadastre, 3D real property, 3D visualization

Введение

Область исследования представляет переход от 2D-данных к 3D-данным в системе кадастра недвижимости. В основном в англоязычных странах и Скандинавии используется BIM. В других странах подобные ГИС приложения практически не известны. Это хороший аргумент в пользу создания 3D-кадастра. Перспективные тенденции в настоящее время это увеличение количества подземных объектов, таких как туннели, метрополитены, трубопроводы, газопроводы, кабельные линии и т.п. Это ведет к необходимости перехода к 3D представлению кадастра. Регистрация подземных инфраструктур представляет собой проблему для государственных земельных систем управления в связи с национальными правовыми спецификациями и уникальными характеристиками подземных объектов [1].

Существует несколько стран, которые уже внедряют правовые аспекты 3D недвижимости, однако большинство стран мира используют 2D-систему в качестве основы управления земельными ресурсами.

Задача конечной цели исследования – получить кадастровые карты в трехмерном измерении. Объектом исследования выступают земельные участки и объекты капитального строительства, расположенные над и под землей.

При создании 3D-кадастра необходимо решить несколько ключевых вопросов. Во-первых, способно ли существующее программное обеспечение ГИС удовлетворить требования по управлению трехмерными данными. Во-вторых, какими должны быть основные важные разработки производителей программного обеспечения в ближайшее будущее. Необходимо выявить сходство и различия концепций по развитию 3D кадастров в конкретных странах мира, установить стандарты 3D-данных. В-третьих, каким образом будет осуществляться регистрация прав и учет 3D-кадастровых объектов.

Методы и материалы

С 2011 года замечен интерес профессионального сообщества в области землеустройства и кадастра, и государства к внедрению трёхмерного реестра недвижимости, поэтому проанализированы публикации последних 15 лет [2].

Для подготовки исследования был использован широкий спектр методов и материалов. В основе получения конечных результатов исследования – метод 3D-моделирования. На данном этапе сделан анализ зарубежной и литературы, научные публикации, документы международных конференций и диссертации. Изучены стадии перехода на 3D-кадастр в других странах, проведено анкетирование заинтересованных лиц в получении трехмерного изображения объектов недвижимости, таких как: сотрудники органов власти, нотариусы, инвесторы, бизнес-сообщества, кадастровые инженеры, геодезисты, работники строительной отрасли, архитекторы, дизайнеры. Для исследования элементов 3D-кадастра используется метод сравнительного анализа практик зарубежных стран по интересующим параметрам (статус, юридическое определение, права).

Результаты

Направление 3D кадастровых объектов начало обсуждаться уже давно. Так, на 4-ой Международной конференции в Дубае в ноябре 2014 года обсуждалась правовая основа для 3D-кадастров, первичная регистрация 3D-участков земли, управление 3D-данными, визуализация, распределение и передача данных 3D-участков земли [3]. Резюмируя дискуссии с 2011 по 2014 года по данному направлению, выявлено:

- необходимость учитывать категории и требования пользователей;
- просмотр физических объектов прост (доступны 3D-модели, но просмотр юридических объектов гораздо более сложен, поскольку эти объекты по своей природе невидимы и основаны на человеческом решении;
- наличие трехмерного изображения участков (по сравнению с двухмерным представлением) не является обязательным;
- измерение в 3D нетривиально, доступ к новым инструментам для выбора и привязки был бы лучше. Дизайнерам часто не удается достичь баланса между дизайном и функцией;
- передача информации (кадастровых и юридических данных);
- веб-картография – решение для интеграции различных источников данных, важно иметь стандарты для хранения и запроса трехмерных данных;
- необходимость разработки решений с открытым исходным кодом и средств трехмерного просмотра, таких как Adobe (широкая публика);
- интерес к использованию краудсорсинга для составления карт.

Ряд стран таких как Австралия (Karki, 2011; Shojaei, 2012), Китай (Guo, 2013), Индонезия (Aditya, 2011), Корея (Jeong, 2011) и Россия (Вандышева, 2011, 2012) реализовали прототипы для визуализации систем трехмерного кадастра. Достижения в области трехмерной ГИС (географической информационной системы), такой как CityEngine или программного обеспечения САПР (автоматизированного проектирования), такого как BIM или 3D-печать, а также успех WebGL и HTML5 предоставляют дополнительные технические возможности для трехмерной визуализации участков. Интерактивная визуализация на основе браузера вызвала большой интерес, потому что она улучшает доступ для широкой публики. В конструкции прототипа Shojaei (2014) выявили несколько недостатков существующих платформ: визуализация подземных трехмерных участков плохо поддерживается в Google-картах; существует нехватка исследований в области стереоскопической и иммерсивной виртуальной реальности для визуализации 3D-участков. Гуо и др. (Guo, 2013; Ying, 2012) предлагают использовать двумерное представление с несколькими точками видения, чтобы обеспечить визуализацию трехмерных участков, когда устройство 3D-визуализации недоступно или если юридические и организационные требования предусматривают документ [4].

Канадская группа ученых (Pouliot, 2014 и Wang, 2012) предложила проанализировать эффективность визуальных переменных и пересмотреть картографические основы. В их выводах говорилось об идентификации принципов

картографии и моделирования, адаптированных для трехмерной визуализации юридической собственности. Ученые исследовали эффективность визуализации, чтобы установить физические и юридические различия (Shojaei, 2013, Pouliot, 2014). Визуализация подземных объектов, таких как сети связи, газопроводы или горнодобывающие объекты, также может быть исследована с этой точки зрения. Guo (2012), Jeong (2012), Shojaei, (2013) и Вандышева предложили визуализацию этой конкретной категории юридических объектов как части целых трехмерных моделей. Pouliot и др. (2015) предлагают специальную схему визуализации для подземных юридических объектов (проблемы: быть невидимым, иметь единую геометрию, пересекающую другие множественные объекты, требующие топологического анализа).

Трехмерная визуализация трехмерных участков также была исследована в корреляции с концептуальным моделированием данных и структурой данных (Aien, 2013, Fredericque, 2011). Несколько исследователей изучили распределение и передачу данных 3D-участков в составе 3D-инфраструктуры пространственных данных, чтобы работать вместе с другими 3D-пространственными данными для различных целей (Абдул-Рахман, 2012, Stoter, 2011, Riecken и Seifert, 2012). Стандарты, которые объединяют третье измерение данных являются одной из основ распределения и передачи данных. Модель данных управления земельными ресурсами (LADM), принятая в качестве стандарта ISO, определенно является основным стандартом, который следует учитывать (ISO-TC, 2011, Jeong, 2012, Pouliot и Vasseur, 2011). Исследователи также протестировали CityGML как семантически богатый формат данных (Van den Brink, 2013) и X3D-формат данных, ориентированный на визуализацию (Aditya, 2011). Веб-сервис 3D OGC использовался в качестве прототипа 3D-кадастра (Вандышева, 2011) [5].

Изучены данные 5-го международного семинара по 3D-кадастру, проходившему в октябре 2016 года в Афинах. В этом документе сравниваются и обсуждаются концепции 3D-недвижимости в шести выбранных странах: Австрия, Бразилия, Хорватия, Греция, Польша и Швеция на основании национального опыта авторов. Правовая система каждой из этих стран основана на разном происхождении гражданского права, включая немецкое, наполеоновское и скандинавское гражданское право. Анализ систем показал, что страны находятся на разных этапах внедрения 3D-кадастровой системы, что способствует выявлению основных концепций трехмерной недвижимости, а также недостатков, препятствующих внедрению 3D-кадастровых систем, выделению проблем, которые, возможно, еще не всплыли. Описаны характерные особенности кадастровых объектов, описываемых как трехмерные в рамках правовой и кадастровой баз.

Кадастры признаны основой систем управления земельными ресурсами. Кадастровая карта должна представлять полную и исчерпывающую пространственную информацию для представления земельных прав, ограничений и обязанностей (RRRs) на земельные участки (Kaufmann и Steudler, 1998) [6]. До сегодняшнего дня большинство стран мира используют 2D земельные участки в качестве основы для их систем управления земельными ресурсами (Ho, 2015). Трехмерного пространства требует рост развития городских территорий, уплотнительная

застройка, сложные конструкции: высотные здания, здания с нестандартными формами, многоуровневые объекты и подземные сооружения. Права кадастровых объектов могут относиться к пространствам над или под поверхностью земли (Stoter, 2011). В общем, возможна регистрация прав по частям здания. Пространственное представление обычно разбито на слои в двумерном представлении. Увеличение количества туннелей, подземных работ и объектов инфраструктуры (например, вода, газ, электричество, телефония, Интернет и другие трубопроводные сети) под землей или над землей не принадлежат владельцу земли выше или ниже (Roic, 2012) [7].

Для проведения систематического сравнительного анализа был предложен набор критериев: что послужило причиной внедрения 3D-системы или зачем это было нужно; каков текущий статус; каково юридическое определение 3D-объектов и каковы возможности разграничения собственности; какие типы прав можно зарегистрировать в 3D?

Результатом тематических исследований является обзор существующих концепций 3D-недвижимости в исследуемых странах, описывающих их сходства и различия в использовании, с упором на правовую основу 3D-кадастров. Их можно резюмировать в таблицу. В таблице 1 обобщена информация, предоставленная по каждой из исследованных стран.

Таблица 1

Резюме национальных тематических исследований

Страна	Справочная информация	Статус	Юридическое определение 3D-объектов	Права, которые можно зарегистрировать в 3D
Австрия	Давно установленная кадастровая система. В настоящее время фокусируется на оцифровке аналогового кадастрового архива.	Только 2D пространственные зарегистрированные ограничения.	Не применяется.	Нет прав, зарегистрированных в 3D.
Бразилия	Отсутствие единого городского кадастра, находящегося под властью муниципалитетов.	Различия между правами на застройку и выделенной собственностью.	Предпосылки идентификации происходят от количества единиц на основе ортогональной проекции.	Нет прав, зарегистрированных в 3D.

Страна	Справочная информация	Статус	Юридическое определение 3D-объектов	Права, которые можно зарегистрировать в 3D
Хорватия	Части здания и другие земли, связанные функционально с временной целью, не регистрируются.	Регистрация доли владения зданием вносится в земельный кадастр. Владение квартирой/помещением (собственность) – это вид 3D-реестра.	Права, относящиеся к ограниченному использованию территории, будут зарегистрированы в земельной книге как 2D-участки, зарегистрированные в кадастре.	То же, что и в 2D – ситуационный чертеж отображения положения данных о высоте на видимых естественных и созданных характеристических особенностях.
Греция	Нет законодательства о 3D-кадастре, несмотря на значительное количество 3D-объектов недвижимости.	Значительное число законов, регулирующих объекты недвижимости с 3D-характеристиками.	Не применяется.	Нет прав, зарегистрированных в 3D.
Польша	Регистрируются двухмерные участки.	Подход «слоями» предлагается для польского 3D-кадастра.	Не применяется.	Нет прав, зарегистрированных в 3D.
Швеция	Совокупность прав, ограничений и обязанностей на недвижимое имущество	«3D-кадастр» законодательство с 2004 года, «кондоминиум»-законодательство (совместное владение) установлено с 2009 года.	3D-недвижимость определяется как единица собственности, которая в своей целостности ограничена по горизонтали и по вертикали (Земельный кодекс Швеции, глава 1, раздел 1a).	Нет разницы с 2D-недвижимым имуществом – нет ограничений в 3D-правах, ограничениях и обязанностях.

Обсуждение

Понятия 3D-недвижимости стали предметом внимания к управлению землепользованием, в литературе представлены примеры обширных исследований

в отношении 3D-кадастров, а также уже и внедрение самих 3D-кадастровых систем.

Темы публикаций разделяются на юридические, технические, регистрационные и организационные. В имеющихся публикациях по 3D-кадастру внимание уделяется техническим вопросам и регистрации [9].

Тенденции в области трехмерной геовизуализации и компьютерного зрения дает предложения относительно дальнейших действий в области визуализации, распределения и передачи данных 3D-участков: приемы рендеринга для тематического отображения цветов; фотореалистичная визуализация (например, текстурная мозаика); иммерсивный и интерактивный 3D-визуальный дисплей; мультимедиа, дополненная реальность и мобильные технологии; обобщение данных высокого измерения (трехмерные и временные данные); данные GeoBIM (сочетание наземного и подземного применения); ringmap для отображения временного ряда.

Какие же успехи достигнуты с 2011 года в области визуализации, распределения и передачи данных 3D-участков. На основании более 100 статей, найденных в зарубежной литературе по 3D-кадастру начиная с 2011 года около 10 публикаций посвящены визуализации 3D-участков. Прогресс будет, если количество публикаций в научных журналах будет расти.

Описание недвижимости в 3D также позволяет более эффективно использовать недвижимость, поскольку можно предотвратить ограничения, связанные с неделимостью земельного участка и ограниченными вещными правами. В случае, если для эксплуатации требуется только объемная часть недвижимого имущества, это позволяет «извлекать» конкретный объем недвижимого имущества вместо всего самого недвижимого имущества [8].

Тема по переходу от 2D к 3D-кадастру по-прежнему актуальна. Сравнительные исследования использования трехмерных концепций недвижимости должны учитывать различия в национальном законодательстве, они являются ценным вкладом для понимания других правовых систем и дальнейшего развития собственной правовой системы. Не только исследователи должны продолжать эту важную задачу, но и юристам следует участвовать в исследованиях трехмерного кадастра. Концепции 3D-недвижимости должны быть разъяснены в отношении терминологии и областей применения. Трехмерная недвижимость должна стать знакомой государству и профессионалам, а не усложнять управление собственностью.

Заключение

Это исследование показало, что взаимосвязь между техническими и административными структурами систем управления земельными ресурсами имеет важное значение для достижения эффективного 3D-кадастра. Реалии вышли за рамки того времени, когда «земельный кадастр» и «карты» рассматривались как отдельные объекты. Дальнейшие исследования могут способствовать разработке эффективных систем управления земельными ресурсами, способных управлять

как пространственными, так и текстовыми 3D-компонентами данных, независимо хранится ли информация в одной или нескольких базах данных.

В будущих исследованиях следует изучить вопросы: 1) как реализация национальной правовой базы, разрешающей создание трехмерных форм собственности, повлияет на стоимость собственности; и 2) как трехмерная недвижимость повлияет на уровень цен на местных рынках недвижимости по сравнению с 2D-использованием прав собственности.

Концепции формирования и управления недвижимостью в 3D также должны быть разработаны в сельской местности, например для регистрации прав на недропользование в районах добычи, так как эти месторождения еще должным образом не разведаны. Другой вопрос, требующий дальнейшего изучения, – это то, как законодательство может быть адаптировано к трехмерной реальности с точки зрения положений публичного права, которые в значительной степени влияют на управление земельными ресурсам.

Юридические определения собственности на землю различаются в зависимости от страны. Некоторые страны не имеют права собственности на землю, другие основаны на германском, римском праве или других правовых традициях. [10] Однако, кадастровые системы 2D способны справиться с каждым типом правил. Необходимо будет добиться того же и для 3D-кадастров, то есть найти определения и технические (геометрические) решения, которые являются достаточно общими, чтобы без особых усилий вписаться в любую правовую базу. Это позволит передавать знания, полученные в ходе национальных проектов, в другие страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Marcin Karabin, Dimitrios Kitsakis, Mila Koeva, Gerhard Navratil, Jesper Paasch, Jenny Paulsson, Nikola Vučić, Karel Janečka and Anka Lisec Layer approach to ownership in 3D cadastre – a subway case 6th International FIG 3D Cadastre Workshop 2-4 October 2018, Delft, The Netherlands.

2. Литвиненко М.В., Илюшина Т.В., Сизов А.П., Атаманов С.А., Григорьев С.А. Мониторинг публикационной активности по проблеме «3D кадастр, трехмерный кадастр недвижимости» за период 2021 - начало 2024 гг. Мониторинг. Наука и технологии выпуск № 1 статья № 15, 2024. URL: <https://doi.org/10.25714/MNT.2024.59.015> (дата обращения – 18.01.2025).

3. Paasch, J.M., Paulsson, J. 2014. Legal Framework 3D Cadastres – Position Paper 1. In: van Oosterom, P., Fendel, E. (Eds.), Proceedings 4th International FIG 3D Cadastre Workshop, 9-11 November 2014, Dubai, UAE, pp. 411-416.

4. Dimopoulou, E., Elia, E. (2012). Legal aspects of 3D property rights, restrictions and responsibilities in Greece and Cyprus. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüsser, S. (Eds.), Proceedings 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, 25-26 October 2012, Shenzhen, China, pp. 41-60.

5. Hicret Gursoy Surmeneli and Mehmet Alkan Design and Determine 3D Cadastal Systems: A Case Study of Turkey 6th International FIG 3D Cadastre Workshop 2-4 October 2018, Delft, The Netherlands.

6. Kitsakis, D., Paasch, J., Paulsson, J., Navratil, G., Vučić, N., Karabin., M., Tenorio Carneiro, A., El-Mekawy, M., 2016. 3D Real Property Legal Concepts and Cadastre - A Comparative Study of Selected Countries to Propose a Way Forward, In: v. Oosterom, P., Dimopoulou, E., Fendel,

E. (Eds.), Proceedings of 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18-20 October 2016, Athens, Greece, pp. 1-24.

7. Kaufmann, J. and Steudler, D. 1998. Cadastre 2014, A Vision for a Future Cadastral System. Copenhagen: International Federation of Surveyors.

8. Jesper M. Paasch, Jenny Paulsson, Gerhard Navratil, Nikola Vučić, Dimitrios Kitsakis, Marcin Karabin, Mohamed El-Mekawy Building a modern cadastre: Legal issues in describing real property in 3D. Article in Geodetski Vestnik June 2016, Volume 60, pp. 256-269.

9. Paasch J.M., & Paulsson J. (2021). New Trends in 3D Cadastre Research: A Literature Survey. In E. Kalogianni, A.A. Rahman, P.V. Oosterom (Eds.), Proceedings 7th International FIG 3D Cadastre Workshop, pp. 129-142.

10. FIG publication. Best practices 3d cadastres. Extended version. Editor: Peter van Oosterom. International Federation of Surveyors, March 2018. URL: www.fig.net pp.48-52 (дата обращения – 01.02.2025).

© *A. A. Синивирта*, 2025