

На правах рукописи

Чернов Александр Викторович



Разработка и исследование методики формирования
трехмерного кадастра объектов недвижимости

25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новосибирск – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Лисицкий Дмитрий Витальевич.

Официальные оппоненты:

Сизов Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии», заведующий кафедрой кадастра и основ земельного права;

Кустышева Ирина Николаевна, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», доцент кафедры геодезии и кадастровой деятельности.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (г. Томск).

Защита состоится 6 декабря 2018 г. в 12.00 на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <http://sgugit.ru/upload/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/chernov-aleksandr-viktorovich>

Автореферат разослан 12 октября 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дубровский Алексей Викторович

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 02.10.2018. Формат 60 × 84 1/16.
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 143.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плеханова, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плеханова, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одной из приоритетных целей развития экономики Российской Федерации (РФ) является совершенствование рынка земли и объектов недвижимости и попадание в пятерку стран – лидеров по показателю «регистрация собственности». Для достижения поставленной цели в период с 2012 по 2018 г. был разработан и принят ряд нормативно-правовых документов в области государственного кадастрового учета и регистрации прав на недвижимое имущество, а также утверждены и введены в действие отдельные элементы государственных программ развития РФ, касающиеся вопросов управления земельными ресурсами и объектами недвижимости.

Анализ документов позволил сделать вывод о поэтапном внедрении трехмерного пространственного описания объектов недвижимости (3D-моделирование) в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН). Такой подход направлен на решение существующих проблем при государственном кадастровом учете объектов недвижимости, расположенных на разных уровнях (надземный, наземный и подземный), в том числе многоэтажных зданий сложной конфигурации, уникальных объектов, мостов, инженерных коммуникаций, подземных сооружений и других объектов, связанных с пересечением проекций их конструктивных элементов с контуром объекта недвижимости.

Несмотря на законодательную возможность учета трехмерных моделей объектов недвижимости (3D-моделей) в ЕГРН, наличие геоинформационных технологий и геопортальных решений, современного геодезического оборудования и программного обеспечения, пригодных для 3D-кадастра, а также развитие информационного трехмерного моделирования зданий (BIM-технологии) и реализацию концепции «умный город» при управлении территориями, фактически учет 3D-моделей в кадастровых работах в России не производится.

Это противоречие связано в первую очередь с отсутствием соответствующего научно-методического обоснования для выполнения кадастровых работ по трехмерному моделированию объектов недвижимости (в том числе содер-

жание, структура, характеристики, способы формирования объектов недвижимости в трехмерном пространстве, методики и технологии сбора и систематизации трехмерных данных, степень детализации и необходимая пространственная точность определения координат характерных точек объектов), учитывающего отечественные особенности.

Для устранения указанного противоречия проведено исследование, направленное на обоснование содержания, структуры и характеристик трехмерного кадастра недвижимости и разработку методики формирования трехмерных моделей объектов недвижимости.

Таким образом, тема диссертационного исследования «Исследование и разработка методики формирования трехмерного кадастра объектов недвижимости» является своевременной и актуальной.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в изучение отдельных аспектов 3D-кадастра РФ и трехмерного моделирования объектов внесли следующие российские ученые: Басова И. А., Варламов А. А., Волков С. Н., Гальченко С. А., Карпик А. П., Комиссаров А. В., Кустышева И. Н., Лисицкий Д. В., Сизов А. П., Тикунов В. С., Цветков В. Я., Шаповалов Д. А.

Среди зарубежных ученых можно выделить работы Van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H., Zlatanova, S. (Нидерланды), Li, L., Ying, S. (Китай), Khoo, V. (Малайзия), Thompson, R., Rajabifard, A. (Австралия), Paulsson, J. (Швеция), Doner, F. (Турция), Господинова С. Г. (Болгария), посвященные изучению организационных, технических и правовых вопросов создания 3D-кадастров в различных странах, а также успешных технологических решений, позволивших выполнить переход от 2D к 3D-кадастру.

Анализ литературных источников отечественных и зарубежных авторов позволил сделать выводы о степени разработанности проблемы, а также о состоянии 3D-кадастра в мире:

– по состоянию на 2018 г. в 31 стране, в том числе и в России, проведены теоретические и экспериментальные исследования по разработке 3D-кадастров. При этом можно выделить лишь два государства, которые ведут полноценно

функционирующий 3D-кадастр: Нидерланды и Китай. В остальных странах имеется ряд ограничений при учете и регистрации 3D-моделей: отсутствие возможности регистрации инженерных коммуникаций как отдельных объектов недвижимости, проблемы хранения и отображения 3D-моделей в кадастре и пр., что не исключает возможность использования различных реализованных проектных решений зарубежных стран при разработке 3D-кадастра в РФ;

– большинство работ отечественных ученых основано на результатах совместного российско-нидерландского пилотного проекта по созданию 3D-кадастра в РФ на примере Нижегородской области (2010–2012 гг.) и содержит информацию об организационных решениях (прототип 3D-кадастра, предлагаемые шаги по переходу на трехмерный кадастр заинтересованными сторонами и пр.), а также предложения об учете технических и экономических критериев расчета точности построения 3D-моделей объектов недвижимости.

Таким образом, можно сделать вывод, что вопрос методического обоснования формирования 3D-кадастра в России не получил достаточного освещения в отечественной литературе и требует проведения исследований с учетом успешного зарубежного опыта.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего диссертационного исследования является разработка методики формирования трехмерного кадастра объектов недвижимости для повышения эффективности государственного кадастрового учета, планирования и управления территориальными образованиями.

Основные задачи диссертационного исследования:

– изучить особенности создания и ведения 3D-кадастра за рубежом и в России;

– исследовать структуру и содержание 3D-моделей объектов недвижимости методом теоретико-множественной формализации и обосновать необходимость изменения структуры и ряда характеристик моделей объекта недвижимости в РФ при переходе от 2D к 3D-кадастру;

– разработать классификацию 3D-моделей объектов недвижимости на основе анализа зарубежного опыта, оценить возможность их применения в РФ;

- предложить российский вариант формирования 3D-моделей объектов недвижимости в соответствии со структурой и требованиями ЕГРН;
- разработать методику формирования 3D-моделей объектов недвижимости для ЕГРН и провести ее апробацию.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является Единый государственный реестр недвижимости. Предметом исследования является методика выполнения кадастровых работ по формированию 3D-моделей объектов недвижимости.

Научная новизна диссертационного исследования:

- на основании информационно-аналитического исследования и научно-обоснованных требований ведения 3D-кадастра предложены классификация, структура и содержание 3D-моделей объектов недвижимости;
- разработано теоретико-множественное представление сущности 3D-моделей объектов недвижимости;
- разработана методика формирования 3D-моделей объектов недвижимости для ЕГРН, которые являются основой для создания и ведения на территории Российской Федерации трехмерного кадастра;
- предложен проект изменения кадастрового номера, отражающий мерность моделей объектов недвижимости.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в выполнении теоретического обоснования структуры и содержания 3D-моделей объектов недвижимости для ЕГРН, применение которых позволит проводить корректный кадастровый учет и регистрацию объектов сложной городской среды на разных уровнях (надземный, наземный и подземный).

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная методика позволяет кадастровым инженерам осуществлять кадастровую деятельность по формированию 3D-моделей объектов недвижимости в соответствии с требованиями ЕГРН, а также может быть использована при разработке

нормативно-правовых актов и методических рекомендаций при создании 3D-кадастра на территории РФ.

Методология и методы исследований. При выполнении исследований использовались методы системного анализа, теории множеств, формализации и математического моделирования, а также экспериментальный метод.

Положения, выносимые на защиту:

– предложенная классификация вариантов формирования 3D-моделей объектов недвижимости корректно отражает зарубежный опыт создания и ведения 3D-кадастров и является основой разработанной методики для России;

– наилучшим вариантом для 3D-моделирования объектов недвижимости в РФ является представление объектов недвижимости в виде ортогонального пересечения горизонтальных и вертикальных ограничивающих поверхностей (которые проходят через плоскости всех выступающих конструктивных элементов), дополненного «пустым пространством»;

– разработанная методика формирования 3D-моделей объектов недвижимости отвечает требованиям ЕГРН и позволяет учесть пространственное положение всех конструктивных элементов объектов недвижимости;

– при формировании отдельных 3D-моделей объектов недвижимости в условиях плотной городской застройки наиболее целесообразно применять совокупность беспилотных авиационных систем (БАС) и тахеометрической съемки (в безотражательном режиме).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика диссертации соответствует следующим областям исследований: 5 – Принципы сбора, документирования, накопления, обработки и хранения сведений о земельных участках. Разработка единой методики по ведению земельного кадастра; 7 – Информационное обеспечение государственного земельного кадастра паспорта научной специальности 25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России по техническим наукам.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность выполненных исследований подтверждается корректными результатами апробирования разработанной методики при формировании 3D-модели объекта недвижимости с кадастровым номером 54:35:064110:60. Для дальнейшей апробации и отработки методики в отношении различных видов объектов недвижимости в саморегулируемой организации «Кадастровые инженеры регионов» создана рабочая группа по 3D-кадастру и направлены официальные запросы к структурным подразделениям Росреестра с предложением совместной проработки различных аспектов формирования и учета 3D-моделей в ЕГРН.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались, обсуждались и нашли положительный отклик на пяти международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (2014–2018 гг.), Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием с элементами научной школы имени профессора М. К. Коровина по теме: «Арктика и ее освоение» (2017 г.), четырех ежегодных Молодежных научно-практических конференциях «Трехмерное моделирование для решения научных и прикладных задач» (2015–2018 гг.), Областном конкурсе «Научный потенциал студентов и молодых ученых Новосибирской области» (2016 г.), Национальной научно-практической конференции «Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения» (2017 г.).

Научная работа, выполненная в рамках диссертационного исследования, удостоена премии мэрии г. Новосибирска в сфере науки и инноваций в номинации «Лучший молодой исследователь в образовательных организациях высшего образования» (2017 г.).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс института кадастра и природопользования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по направлениям подготовки 21.03.02,

21.04.02 Землеустройство и кадастры при изучении дисциплины «Построение 3D моделей местности для целей землеустройства и кадастров».

Апробация результатов исследований, изложенных в диссертации, подтверждается внедрением разработанной методики в деятельность Управления Росреестра по Новосибирской области, о чем свидетельствует соответствующий акт о внедрении.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 11 научных статьях, из них три – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, одна – в журнале, входящем в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus.

Структура диссертации. Объем диссертации составляет 159 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка литературы, включающего 144 наименования, содержит 7 таблиц, 50 рисунков и 3 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении раскрыта актуальность темы, сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования, представлены сведения об апробации результатов работы, ее структура, а также положения, выносимые на защиту.

В первом разделе диссертационной работы представлен анализ современного состояния 3D-кадастров за рубежом и выбрано направление исследований в области 3D-моделирования объектов недвижимости и их учета в кадастре РФ.

Существующая общемировая тенденция экономичного и рационального использования городских территорий путем многоуровневого (многослойного) расположения объектов недвижимости по вертикали, обусловленная глобальным процессом урбанизации, привела к необходимости перехода от двухмерно-

го к трехмерному кадастру недвижимости. На сегодняшний день многие страны внедрили элементы 3D-кадастра, некоторые – перешли полностью (Нидерланды и Китай). В то же время, наблюдается значительная дифференциация между темпами интеграции технологических решений в области 3D-кадастра, связанная с гибкостью законодательства, различиями в понятийном аппарате, национальными и техническими особенностями.

При анализе существующего порядка учета 3D-моделей объектов недвижимости в ЕГРН выявлены следующие особенности:

– содержание понятия «объект недвижимости» в России значительно отличается от аналогичного в зарубежной практике (для демонстрации различий в диссертации разработана соответствующая классификация), что затрудняет возможность транслирования международного опыта в ЕГРН;

– несмотря на законодательное закрепление понятия «3D-модель объекта недвижимости», а также ряд принятых нормативно-правовых и стратегических документов по формированию и учету таких моделей в ЕГРН, отсутствует научно-методическое обоснование для выполнения кадастровых работ по 3D-моделированию объектов недвижимости.

С учетом данных особенностей сформулирована задача разработки методики формирования трехмерного кадастра объектов недвижимости с использованием передового зарубежного опыта.

Во втором разделе диссертационной работы представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на изучение структуры и содержания, а также процессов формирования 3D-моделей объектов недвижимости.

При кадастровом учете из всего множества O_n объектов недвижимости каждому реальному объекту o_n ($o_n \in O_n$) может быть поставлен в соответствие его электронный образ, информационная модель m_o , которую можно выразить одноместным предикатом $R(m_o)$, представляющим собой логическое высказывание относительно содержания кадастровых характеристик учитываемого объекта.

Тогда для общего случая будут справедливыми выражения:

$$\forall m_o R(m_o), R(m_o) \equiv (m_o \leftrightarrow \langle n_o, d_n, k_v, k_n, n_s, N_v, m_{op}, m_{ou}, S_{ok}, T, Z \rangle), \quad (1)$$

где $\forall o_n$ – квантор всеобщности;

n_o – кадастровый номер учитываемого объекта недвижимости ($n_o \in N_o$; N_o – множество всех кадастровых номеров объектов недвижимости);

d_n – дата присвоения кадастрового номера n_o ;

k_v – код вида объекта недвижимости (земельный участок, здание, и т. д.);

k_n – код назначения объекта недвижимости;

n_s – кадастровый номер иного объекта недвижимости ($n_s \in N_o$), связанного с учитываемым объектом пространственным отношением вида «содержит» (например, кадастровый номер земельного участка, в пределах которого расположен объект капитального строительства);

N_v – множество кадастровых номеров других объектов недвижимости ($N_v \subseteq N_o$), связанных с данным учитываемым объектом пространственными отношениями вида «включает» (например, помещений и машино-мест, расположенных в здании или сооружении);

m_{op} – пространственная модель объекта недвижимости, включающая информацию о местоположении объекта и его геометрических параметрах;

m_{ou} – правовая (юридическая) модель объекта недвижимости;

S_{ok} – кадастровая стоимость объекта недвижимости;

T – множество технических характеристик объекта недвижимости;

Z – множество текстовых записей, относящихся к объекту недвижимости.

Часть перечисленных компонентов модели объекта m_o принципиально не зависит от мерности кадастра (2D или 3D-кадастр): это $d, k_v, k_n, S_{ok}, T, Z$. А вот три других компонента – кадастровые номера объектов из множества N_o , пространственная модель объекта m_{op} , правовая (юридическая) модель объекта не-

движимости m_{oi} – должны видоизменяться в зависимости от мерности кадастра, и поэтому представляют особый интерес для выполненного исследования.

Правовая (юридическая) модель объекта недвижимости m_{oi} содержит сведения о правах собственности, владения, аренды и пр., обременениях и сервитутах, частях объектов недвижимости, расположении земельных участков в границах различных зон (культурного наследия, особых экономических зон и др.) и т. д. Мировые тенденции интенсивного освоения подземного и надземного пространства порождают новые коллизии правовых норм по распределению прав на окружающее пространство. Отсюда следует изменение сути и содержания модели m_{oi} при переходе на трехмерный кадастр. Однако эти проблемы выходят за пределы компетенции технических наук в области кадастра, и поэтому не рассматривались в диссертационной работе.

На основе анализа зарубежной практики формирования кадастровых номеров при переходе на 3D-кадастр, в диссертационной работе для обозначения мерности моделей объектов недвижимости в ЕГРН предложено увеличить рядность кадастрового номера в соответствии с кодом объекта недвижимости.

Пространственная модель объекта недвижимости m_{op} содержит набор метрических характеристик объекта. Существенные различия в структуре и содержании информации об объекте обусловлены видом объекта (обозначенного значением кода k_v) и его конструктивными особенностями. В общем случае эту пространственную модель m_{op} можно представить отображением, где каждому k_v соответствует кортеж следующего вида:

$$m_{op} : k_v \leftrightarrow \langle M, K, C, P, G \rangle, \quad (2)$$

где M – множество данных, характеризующих местоположение объекта учета;

K – множество (x, y) или (x, y, H) координат характерных точек объекта;

C – множество чертежей, планов и схем графической части кадастра;

P – множество результатов линейных измерений длин, высот и протяженности объектов;

G – множество значений геометрических параметров объекта (площадь помещений, объем застройки, число этажей и др.).

Для формирования пространственных 3D-моделей объектов недвижимости в мировой практике выполнения соответствующих кадастровых работ применяются следующие основные методы: тахеометрическая съемка (в безотражательном режиме), лазерное сканирование (воздушное (ВЛС), наземное (НЛС) и мобильное (МЛС)), фотограмметрические методы (в варианте применения БАС), а также интеграция BIM-моделей в кадастр.

Для обоснования выбора метода для условий России были выполнены экспериментальные исследования по получению пространственных 3D-моделей различных видов объектов недвижимости с помощью БАС, НЛС и BIM-моделирования. Результаты исследований легли в основу сравнительного анализа методов 3D-моделирования объектов недвижимости, проведенного на основании предложенного в работе *набора характеристик*: уровень и количество моделируемого/моделируемых объекта/объектов недвижимости; площадь моделируемой территории; условия съемки (ситуация на местности); точность моделирования объектов недвижимости; уровень детализации объектов; время сбора и обработки данных; экономическая эффективность.

На основании анализа полученных результатов и принятия гипотезы о первоочередности наполнения базы ЕГРН 3D-моделями многоэтажных зданий со сложной конфигурацией и индивидуальных жилых домов, сделан вывод о применении БАС (с использованием тахеометрической съемки для определения координат характерных точек, находящихся под навесами и перекрытиями) в качестве основного метода для современных условий кадастра РФ (не исключая возможности использования остальных методов).

В третьем разделе предложена система критериев и критериальных показателей, на основании которых разработана классификация вариантов формирования 3D-моделей объектов недвижимости.

После получения пространственных 3D-моделей объектов недвижимости возникает необходимость их интеграции в кадастровую систему. Доказано, что в 3D-кадастре модели объектов представляются в виде совокупности вершин, ребер и ограничивающих поверхностей, в отличие от описания с помощью точек, линий и полигонов, используемых в традиционных двухмерных кадастрах.

Юридические, технические и институциональные особенности различных стран не позволяют выделить единую методику формирования 3D-моделей для кадастра. Представлены *основные варианты* формирования 3D-моделей объектов недвижимости, применяемые в разных странах: модель-отпечаток – 1; модель определенной высоты/глубины (модель, ограниченная по максимальной высоте/глубине конструктивных элементов – 2.1; модель, заданная высотой/глубиной – 2.2); модель на основе блоков фиксированной высоты/глубины – 3; модель – однозначный ступенчатый срез – 4; модель – многозначный ступенчатый срез – 5; общая трехмерная модель – 6; модель – «пустое пространство» – 7.

Для этого были разработаны графические модели каждого варианта и выполнен анализ содержания и характеристик каждой из перечисленных вариантов моделей. Особого внимания заслуживают общая трехмерная модель (рисунок 1, *а*), описывающая объекты с максимальной степенью детализации (включая наклонные поверхности), и модель – «пустое пространство» (рисунок 1, *б*), которая учитывает пространство между конструктивными элементами объектов недвижимости и поверхностью земли, что в условиях ограниченного пространства служит для установления сервитута.

Для сравнения вариантов формирования моделей разработана система критериев и критериальных показателей, а также предложена классификация 3D-моделей, представленная в таблице 1.

Четвертый раздел включает в себя обоснование условий формирования 3D-моделей объектов недвижимости для России, а также разработку и апробацию соответствующей методики.

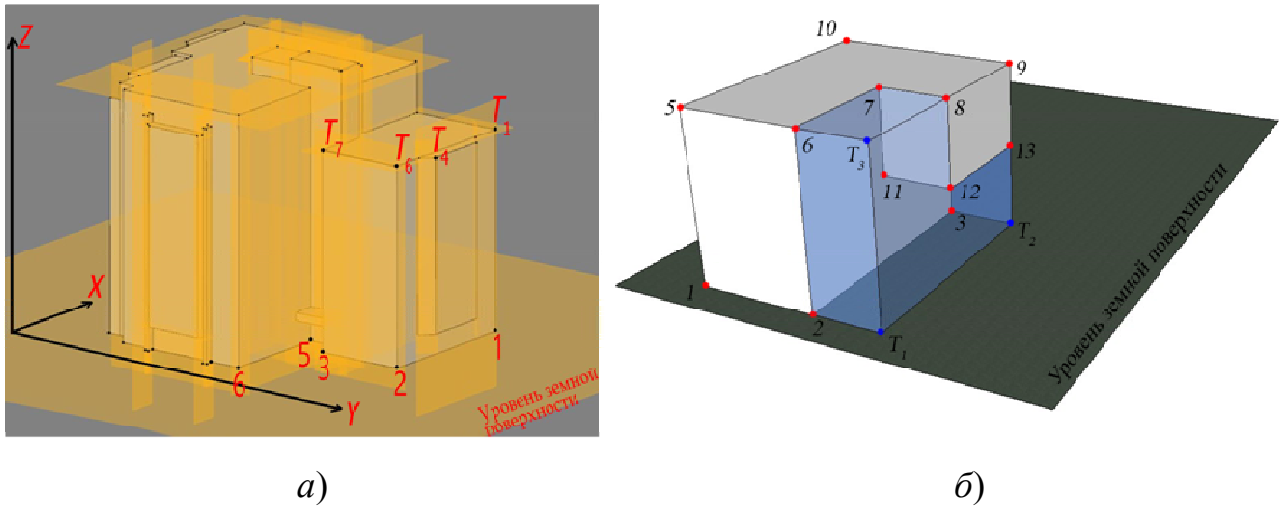


Рисунок 1 – Варианты формирования 3D-моделей:

а) общая трехмерная модель; б) модель – «пустое пространство»

Исходя из действующей формы XML-схемы, используемой при подготовке технических планов объектов недвижимости, и обозначений компонентов пространственных 3D-моделей, представленных в (2), компонент K можно представить в виде следующего выражения:

$$K = \langle T, M_t, H_1, H_2, V \rangle, \quad (3)$$

где T – совокупность множества двумерных координат (x, y) характерных точек объекта недвижимости с указанием типа контура (подземный, наземный или надземный);

M_t – средняя квадратическая погрешность определения координат характерных точек контура;

H_1 – высота (глубина) от контура объекта недвижимости до точки начала конструктивного элемента объекта недвижимости;

H_2 – высота (глубина) от контура объекта недвижимости до точки окончания конструктивного элемента объекта недвижимости;

V – вид контура (дополнительная информация).

Таблица 1 – Классификация вариантов формирования 3D-моделей объектов недвижимости

Критерий	Критериальный показатель		Вид 3D-моделей объектов недвижимости							
			1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
а) система координат	Плоская прямоугольная (x, y, H)		+	+	+	+	+	+	-	+
	Пространственная прямоугольная (X, Y, Z)		-	-	-	-	-	-	+	+
б) точность измерений в плане и по высоте	Равноточные		-	-	-	-	+	+	+	+
	Разноточные		-	+	+	+	-	-	-	-
	Не определена		+	-	-	-	-	-	-	-
в) пространственная ориентированность ограничивающих поверхностей, описывающих конструктивные элементы объектов недвижимости	Моделирование с помощью горизонтальных и вертикальных ограничивающих поверхностей		+	+	+	+	+	+	-	+
	Моделирование горизонтальными, вертикальными и наклонными ограничивающими поверхностями		-	-	-	-	-	-	+	+
г) конфигурация горизонтальных ограничивающих поверхностей	<i>Одноуровневые</i>	Совпадают с плоскостью земельного участка	+	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Двухуровневые</i>	Проходят через высшую и низшую точки объекта недвижимости	-	+	-	-	-	-	-	-
		Проходят на заданной высоте/глубине	-	-	+	+	-	-	-	-
		Проходят через плоскости наиболее выступающих конструктивных элементов объектов недвижимости	-	-	-	-	+	-	-	-
	<i>Многоуровневые</i>	Проходят на уровне выступающих конструктивных элементов объекта недвижимости	-	-	-	-	-	+	+	+
д) конфигурация вертикальных ограничивающих поверхностей	<i>Одноуровневые</i>	Проходят через ребра ограничивающих поверхностей, описывающих контур объекта недвижимости	+	+	+	+	-	-	-	-
	<i>Двухуровневые</i>	Проходят через наиболее выступающие конструктивные элементы объекта недвижимости	-	-	-	-	+	-	-	-
	<i>Многоуровневые</i>	Ограничивают все выступающие конструктивные элементы объекта недвижимости	-	-	-	-	-	+	+	+
е) степень учета пространства между ограничивающими поверхностями и плоскостью земельного участка/участков, на котором/которых расположен объект недвижимости	Учитывается		-	-	-	-	-	-	-	+
	Не учитывается		+	+	+	+	+	+	+	-

Сделан вывод, что пространственное описание конструктивных элементов объектов недвижимости базируется на использовании совокупности множества двумерных координат (x, y) и высот H характерных точек относительно контура объекта недвижимости, с указанием уровня (надземный, наземный или подземный). Данный факт, в совокупности с применяемыми для ведения ЕГРН плоскими прямоугольными местными системами координат, обуславливает выбор показателя «плоская прямоугольная (x, y, H) » критерия «система координат».

По критерию «точность измерений в плане и по высоте» в диссертационной работе проведено исследование, на основании которого предложены варианты оценки пространственной точности 3D-моделей в зависимости от типов контуров объектов недвижимости, укрупненный алгоритм оценки точности «внутренних» 3D-моделей объектов, описывающих топологические отношения между объектами недвижимости внутри моделей. По результатам исследований предложено использовать критериальный показатель «разноточные».

На основании анализа данных, представленных в таблице 1, сделан вывод, что критериальный показатель «моделирование горизонтальными, вертикальными и наклонными ограничивающими поверхностями» критерия «пространственная ориентированность ограничивающих поверхностей, описывающих конструктивные элементы объектов недвижимости» применяется лишь в моделях, основанных на использовании пространственной прямоугольной системы координат. Таким образом, с учетом выбора критериального показателя «плоская прямоугольная (x, y, H) » для условий России, по данному критерию предлагается использовать моделирование с помощью горизонтальных и вертикальных ограничивающих поверхностей.

По критериям, описывающим конфигурацию ограничивающих поверхностей (горизонтальные и вертикальные), предлагается выбрать критериальные показатели: «двухуровневые» (через плоскости наиболее выступающих конст-

руктивных элементов) и «многоуровневые» (через плоскости всех выступающих конструктивных элементов). Благодаря наличию современного оборудования и соответствующего программного обеспечения, получение необходимых данных не вызывает сложностей и позволяет учитывать пространство между ограничивающими поверхностями и плоскостью земельного участка/участков, на котором/которых расположен объект недвижимости (модель «пустое пространство»), соответственно показатель – «учитывается».

Следовательно, модель, соответствующая условиям РФ, не является ни одной из рассмотренных в таблице 1 и имеет собственный набор показателей: а) «плоская прямоугольная (x, y, H) »; б) «разноточные»; в) «моделирование с помощью горизонтальных и вертикальных ограничивающих поверхностей»; г) и д) «двухуровневые», «многоуровневые»; е) «учитывается» (рисунок 2).

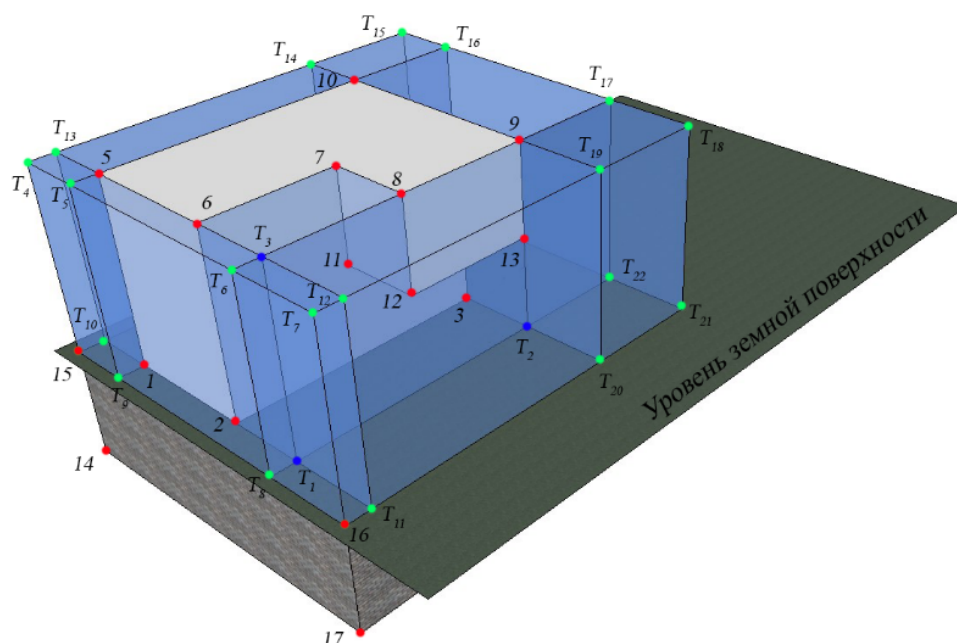


Рисунок 2 – 3D-модель, предлагаемая для условий
Российской Федерации

Для формирования этой модели предложена соответствующая методика, представленная в виде укрупненной технологической схемы (рисунок 3).

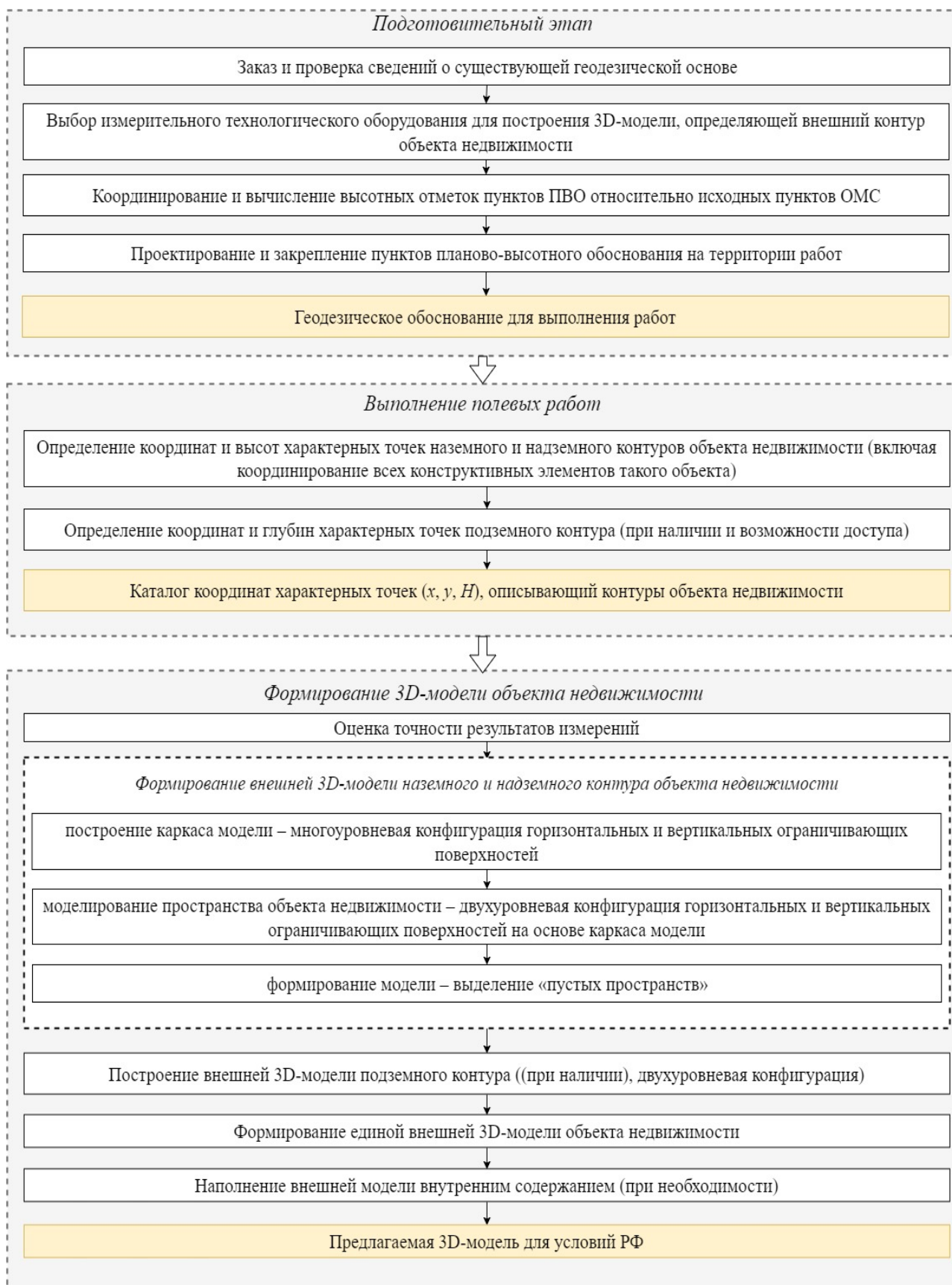


Рисунок 3 – Укрупненная технологическая схема формирования 3D-моделей объектов недвижимости для условий Российской Федерации

Характерные особенности выполнения каждой технологической операции подробно рассмотрены в диссертационной работе. Предложенная методика не требует серьезной реорганизации информационной структуры ЕГРН и соответствует существующим требованиям, предъявляемым к структуре и содержанию 3D-моделей объектов недвижимости. Кроме того, выделение «пустых пространств» является важным аспектом моделирования геопространства и позволяет значительно оптимизировать процесс организации пространства в условиях уплотнения городской застройки.

Для апробации методики был выбран объект недвижимости, расположенный на территории Новосибирской области, который представляет собой многоэтажное здание сложной конфигурации (блоки различной высоты, в том числе нависающие конструктивные элементы), включающее в себя надземный и наземный контур (рисунок 4).



Рисунок 4 – Объект недвижимости и его 3D-модель

В соответствии с выводами, сформулированными во втором разделе, для получения пространственных данных, необходимых для формирования 3D-моделей, использовалась БАС с неметрической камерой (применение тахеометрической съемки не потребовалось благодаря совмещению результатов плановой, перспективной и фасадной съемки).

В качестве программных продуктов для 3D-моделирования использовалась совокупность программ «Agisoft Photoscan» (обработка данных аэрофотосъемки), «Cyclone» (формирование модели из массива (облака) точек) и «Autodesk AutoCAD» (экспорт в требуемый для ЕГРН формат).

Полученная в формате .dxf модель полностью соответствует требованиям ЕГРН к 3D-моделям объектов недвижимости и подтверждает возможность использования методики ее формирования для условий РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута поставленная цель – разработана методика формирования трехмерного кадастра объектов недвижимости для повышения эффективности государственного кадастрового учета, планирования и управления территориальными образованиями.

Итоги диссертационного исследования заключаются в следующем:

– выполнен аналитический обзор современного состояния вопроса формирования и учета трехмерных моделей объектов недвижимости в кадастрах различных стран (включая Россию), на основании которого определено содержание исследований и разработок в направлении перехода к 3D-кадастру на территории РФ;

– выполнено теоретическое обоснование структуры и содержания 3D-моделей объектов недвижимости с помощью метода теоретико-множественной формализации и выявлены компоненты моделей, зависящие от мерности кадастра: кадастровый номер, пространственная и правовая (юридическая) модели объектов недвижимости;

– выполнен сравнительный анализ процессов формирования пространственных 3D-моделей объектов недвижимости на основании предложенного в работе набора характеристик, влияющих на выбор метода трехмерного моделирования, сделан вывод о целесообразности использования совокупности БАС

и тахеометрической съемки (не исключая возможности применения других методов) для 3D-моделирования многоэтажных зданий со сложной конфигурацией и индивидуальных жилых домов;

– разработана система критериев и критериальных показателей, на основании которой предложена классификация вариантов формирования 3D-моделей объектов недвижимости;

– предложен вариант формирования 3D-моделей объектов недвижимости, отвечающий требованиям ЕГРН и не требующий серьезной реорганизации действующих XML-схем, применяемых при подготовке технических планов, в состав которых включаются 3D-модели объектов недвижимости;

– разработана методика формирования 3D-моделей объектов недвижимости, включающая «пустые пространства» для повышения качества государственного кадастрового учета и управленческих решений по организации городских территорий;

– осуществлена апробация разработанной методики трехмерного кадастра на примере объекта недвижимости со сложной конфигурацией (многоэтажное здание различной этажности с большим количеством выступающих конструктивных элементов).

Результаты диссертационного исследования могут быть успешно использованы кадастровыми инженерами при выполнении кадастровых работ по формированию 3D-моделей объектов недвижимости в соответствии с требованиями ЕГРН, а также при разработке нормативно-правовых актов и методических рекомендаций по созданию 3D-кадастра на территории РФ.

Перспективы дальнейших исследований в этой области должны быть направлены на интеграцию внутреннего наполнения моделей (помещения, инженерные коммуникации) в формируемые 3D-модели, адаптацию строительных BIM-моделей для целей кадастра и учет подземных коммуникаций для обеспечения эффективного пространственного развития и управления территориями.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Лисицкий, Д. В. Теоретические основы трехмерного кадастра объектов недвижимости [Текст] / Д. В. Лисицкий, А. В. Чернов // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – 2018. – С. 153–170.

2 Чернов, А. В. Исследование вариантов построения 3D-модели объектов недвижимости для целей кадастра [Текст] // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 192–210.

3 Оценка точности 3D-моделей, построенных с использованием беспилотных авиационных систем [Текст] / Е. И. Аврунев, Х. К. Ямбаев, О. А. Оприцова, А. В. Чернов, Д. В. Гоголев // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 211–228.

4 Технологические аспекты построения 3D-модели инженерных сооружений в городах арктического региона РФ [Текст] / Е. И. Аврунев, А. В. Чернов, А. В. Дубровский, А. В. Комиссаров, Е. Ю. Пасечник // Известия Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 7. – С.131–137.

5 Чернов, А. В. Вычисление площадей земельных участков для трехмерного кадастра недвижимости [Текст] / А. В. Чернов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 4 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 3. – С. 223–229.

6 Чернов, А. В. Трехмерный кадастр – основной вектор развития успешной кадастровой системы [Текст] / А. В. Чернов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 81–87.

7 Митрофанова, Н. О. Возможности использования BIM-технологий [Текст] / Н. О. Митрофанова, А. В. Чернов, Е. В. Березина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 177–183.

8 Чернов, А. В. Моделирование пространственных объектов недвижимости в 3D-кадастре [Текст] / А. В. Чернов // Современные вопросы землеустройства, кадастра и мониторинга земель : материалы региональной научно-практ. конф., 26 нояб. 2016 г. / отв. ред. А. М. Олейник. – Тюмень : ТИУ, 2016. – С. 190–199.

9 Чернов, А. В. Основные этапы становления и развития 3D-кадастра в странах-членах FIG [Текст] / А. В. Чернов, М. И. Окунева // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч.-технолог. конф. студентов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Технологии» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 1. – С. 35–43.

10 Чернов, А. В. Анализ преимуществ применения технологии информационного моделирования объектов недвижимости при ведении ЕГРН [Текст] / А. В. Чернов, Д. В. Гоголев, А. А. Ким // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч.-технолог. конф. студентов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Технологии» : сб. материалов (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 1. – С. 43–50.

11 Чернов, А. В. Современные технологические решения при ведении кадастра в различных странах [Текст] / А. В. Чернов // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов Национальной научно-практ. конф., 14–15 дек. 2017 г. В 2 ч. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – Ч. 2. – С. 2–8.