

Научная статья

Original article

УДК 528.441.2, 347.214.2

doi: 10.55186/2413046X_2026_11_1_8

edn: BHNAIK

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ САМОВОЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
POSSIBILITIES OF USING 3D-IDENTIFICATION TECHNOLOGIES FOR REAL ESTATE OBJECTS IN AUTOMATED SYSTEMS FOR DETECTING UNAUTHORIZED CONSTRUCTION



Исследование проведено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках проектах № ЛАБ-24.1/2

Гура Дмитрий Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар; доцент кафедры геодезии, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, e-mail: gda-kuban@mail.ru

Тихонов Тимофей Андреевич, ассистент кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, e-mail: timka2015@yandex.ru

Зеленская Кристина Витальевна, лаборант-исследователь кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, e-mail: zelenskayaa-072512@mail.ru

Степаненко Ксения Олеговна, лаборант-исследователь кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, e-mail: Ksen1stepanenko@yandex.ru

Шаркова Елена Александровна, лаборант-исследователь кафедры кадастра и геоинженерии, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, e-mail: sharkova.e.a@gmail.com

Gura Dmitry Andreevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar; Associate Professor of the Department of Geodesy, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, e-mail: gda-kuban@mail.ru

Tikhonov Timofey Andreevich, Assistant Professor of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: timka2015@yandex.ru

Zelenskaya Kristina Vitalievna, Research Assistant of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: zelenskayaa-072512@mail.ru

Stepanenko Kseniya Olegovna, Research Assistant of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: Ksen1stepanenko@yandex.ru

Sharkova Elena Aleksandrovna, Research Assistant of the Department of Cadastre and Geoengineering, Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: sharkova.e.a@gmail.com

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности государственного земельного контрольного (надзора), направленного на оперативное выявление самовольно построенных объектов недвижимости. Традиционные методы мониторинга, основанные на 2D-данных и выборочных проверках, не обеспечивают необходимой оперативности, полноты и объективности.

Целью работы является разработка научно-методических основ и оценка эффективности применения технологий 3D-идентификации объектов недвижимости в составе автоматизированных систем мониторинга для обнаружения самовольного строительства.

Методы исследования включают сравнительный анализ современных измерительных технологий (лазерное сканирование, аэросъемка с беспилотного воздушного судна, мобильные картографические системы, космическая съемка), методы пространственного анализа и 3D-моделирования, а также технологии машинного обучения для автоматического сопоставления эталонных и реальных 3D-моделей территорий.

Результаты исследования демонстрируют, что комплексное использование данных воздушного лазерного сканирования и съемки с БВС позволяет создавать высокоточные цифровые двойники местности с точностью распознавания зданий и сооружений, достаточной для юридически значимых выводов. Рассмотрена концепция автоматизированной системы, в которой процедура 3D-идентификации заключается в сравнении базовой 3D-модели кадастрового квартала с актуализированной, с последующей автоматической индикацией объектов-нарушителей по пространственно-геометрическим признакам. Научная новизна заключается в систематизации требований к исходным геопространственным данным для 3D-идентификации, формализации признаков самовольной постройки в трехмерном пространстве и алгоритмизации процесса их автоматического детектирования.

Практическая значимость исследования подтверждается тем, что внедрение предлагаемой методики на основе технологий 3D-идентификации позволит перейти от реактивного к проактивному мониторингу, существенно сократить трудозатраты и сроки выявления несанкционированных объектов, минимизировать субъективный фактор и сформировать надежную

доказательную базу для административных и судебных процедур. Направления дальнейших исследований связаны с интеграцией предложенной автоматизированной системы мониторинга с ЕГРН и региональными геопорталами в режиме, близком к реальному времени.

Abstract. The relevance of the study is due to the urgent need to increase the effectiveness of state land and construction supervision aimed at detecting and suppressing unauthorized construction. Traditional monitoring methods based on 2D data and spot checks do not provide the necessary efficiency, completeness and objectivity.

The aim of the work is to develop scientific and methodological foundations and evaluate the effectiveness of the use of 3D identification technologies for real estate objects as part of automated monitoring systems for the detection of unauthorized construction.

The research methods include a comparative analysis of modern measurement technologies (laser scanning, UAV photogrammetry, mobile cartographic systems, satellite imagery), spatial analysis and 3D modeling methods, as well as machine learning technologies for automatic comparison of reference and current 3D models of territories.

The results of the study demonstrate that the integrated use of aerial laser scanning and drone imagery data makes it possible to create high-precision digital terrain doubles (digital models of terrain, terrain and objects) with the accuracy of identifying buildings and structures sufficient for legally significant conclusions. The concept of an automated system has been developed in which the 3D identification procedure consists of comparing the basic 3D model of a cadastral quarter with an updated one, followed by automatic indication of intruder objects based on spatial and geometric features. The scientific novelty lies in the systematization of the requirements for the initial geospatial data for 3D identification, the formalization of signs of unauthorized construction in three-

dimensional space and the algorithmization of the process of their automatic detection.

The practical significance of the study is confirmed by the fact that the introduction of the proposed methodology based on 3D identification technologies will make it possible to switch from reactive to proactive monitoring, significantly reduce labor costs and time to identify unauthorized objects, minimize the subjective factor and form a reliable evidence base for administrative and judicial procedures. The directions of further research are related to the integration of the proposed system with the EGRN and regional geoportals in a mode close to real time.

Ключевые слова: самовольное строительство, 3D-идентификация, автоматизированный мониторинг, цифровая модель местности, геопространственные данные, кадастр недвижимости, земельный надзор

Keywords: unauthorized construction, 3D identification, automated monitoring, digital terrain model, geospatial data, real estate cadaster, land supervision

Введение

Интенсивное развитие селитебных территорий сопровождается высокой строительной активностью, что приводит к увеличению случаев нарушений земельного законодательства. Одной из наиболее острых проблем в данной сфере остается массовое самовольное строительство, под которым в соответствии со ст. 222 Гражданского кодекса РФ понимается возведение объектов капитального строительства без необходимых разрешений или с нарушением градостроительных и строительных норм и правил. Самовольное строительство приводит к нарушению прав и ущемлению интересов соседних землепользователей, а также создает угрозы безопасности граждан. Существующие механизмы выявления самовольно построенных объектов, основанные преимущественно на заявлениях граждан и плановых выездных проверках контролирующих органов власти,

отличаются высокой трудоемкостью, низкой оперативностью и зачастую не позволяют выявить нарушения на ранних стадиях строительства.

Также существует проблема по самовольно построенным объектам недвижимости, и для ее решения возможно использовать современные технологии (современное геодезическое оборудование, искусственный интеллект и т.д.) – трехмерную идентификацию объектов недвижимости (ТИОН).

Целью исследования является разработка научно-методических основ применения технологий ТИОН в автоматизированных системах мониторинга земель для повышения оперативности и эффективности обнаружения самовольного строительства.

Материалы и методы

В процессе работы были использованы методы наблюдения и сравнения, проводился анализ литературы и информационных ресурсов. Синтез полученной информации в результате теоретического анализа использовался для разработки методологии по внедрению технологий ТИОН в практику государственного земельного надзора.

Комплекс методов позволяет обеспечить научную обоснованность исследования и практическую значимость его результатов для создания эффективных автоматизированных систем обнаружения самовольного строительства.

Результаты и обсуждения

Для задач государственного кадастрового учёта и мониторинга земель традиционные методы двумерного представления данных становятся недостаточными [2]. Самовольное строительство, как объект контроля, представляет собой изменение не только в плане, но и в трёхмерном пространстве (высота, объём). Эффективное обнаружение самовольно построенных объектов недвижимости требует перехода к трёхмерной

парадигме описания объектов недвижимости, основанной на создании и периодическом обновлении цифровых 3D-моделей территорий [8, 3].

Технологическим фундаментом для ТИОН выступают методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), обеспечивающие получение данных с высокой детализацией (LOD 2-3). Данные ДЗЗ можно классифицировать по типу сбора данных и физическому принципу работы:

1. Воздушное лазерное сканирование (ВЛС) и методы фотограмметрии

ВЛС является одним из наиболее точных методов получения трёхмерных данных на больших территориях. Установленный на БВС самолёт или вертолёт лидар излучает лазерные импульсы и регистрирует их отражение, вычисляя расстояние до объектов. Результатом ВЛС является облако точек лазерного отражения (ТЛО), которое точно отражает рельеф территории и объекты с точностью в плане и высоте до 5-10 см [3, 7, 12].

Преимуществами ВЛС является независимость от освещённости, способность фиксировать сквозь разреженную растительность, высочайшая точность высотных измерений. Позволяет создавать эталонные высокоточные цифровые модели рельефа и местности, служащие основой для сравнения.

Если ВЛС традиционно задает высокую планку точности за счет прямых измерений лидаром, то развитие цифровой аэрофотограмметрии стремится к переходу методов, где ключевую роль играет не специализированное дорогостоящее оборудование, а вычислительные алгоритмы.

Цифровая аэрофотограмметрия, особенно с использованием БВС, стала массовой и высокоэффективной технологией. Путём обработки перекрывающихся снимков с высоким разрешением (до 1-3 см/пиксель) специализированное ПО (например, Agisoft Metashape, Pix4D) методом структурирования по движению SfM (Structure from Motion – метод фотограмметрии, который позволяет восстановить трёхмерную структуру

объекта из набора двумерных изображений, полученных с разных ракурсов) строит фотореалистичные 3D-модели, ортофотопланы и облака ТЛО [3, 10].

Цифровая аэрофотограмметрия, преобразующая серии перекрывающихся аэрофотоснимков в детальные трёхмерные модели и ортофотопланы, создает не просто визуальную копию территории, а её точную измеримую цифровую основу. Это позволяет принципиально изменить подход к мониторингу: ключевые преимущества метода заключаются в полной автоматизации сбора актуальных данных на обширных площадях, высокой точности получаемых 3D-данных для измерений и анализа, а также в экономической эффективности за счёт использования БВС и мощного программного обеспечения для обработки. В результате на смену эпизодическим выездам и ручным замерам приходит система непрерывного и документально точного цифрового контроля.

Однако, несмотря на высокую эффективность цифровой аэрофотограмметрии при создании 3D-моделей обширных территорий и крупных объектов, этот метод имеет определённые ограничения, обусловленные самой природой технологии. Его точность и детализация напрямую зависят от условий съёмки и характеристик объекта. Так, при работе в плотной городской застройке или для моделирования сложных архитектурных элементов (козырьков, ниш или сильно затенённых фасадов) могут возникать «теневые зоны» из-за недостаточной видимости для камер. Кроме того, качество результата критически зависит от освещённости, погодных условий и наличия на сцене однородных, слаботекстурированных поверхностей, которые алгоритмы не могут корректно сопоставить. Эти особенности сужают область автономного применения цифровой аэрофотограмметрии, требуя для комплексного мониторинга интеграции с другими методами, такими как лазерное сканирование [7].

Таким образом, сравнительный анализ [3, 7] показывает, что ВЛС предпочтительнее для создания базовой эталонной модели крупных

территорий с высокой точностью, в то время как БВС-фотограмметрия является оптимальным инструментом для частого и оперативного контроля выявленных «зон риска».

В то время как ВЛС и фотограмметрия обеспечивают эффективное получение обзорных данных «сверху» и идеальны для мониторинга обширных территорий по крышам объектов недвижимости. Для комплексной цифровой инвентаризации объектов недвижимости этого зачастую недостаточно. Ограниченность угла обзора с воздуха приводит к появлению «теневых зон» — недостаточной детализации фасадов, элементов инфраструктуры на уровне земли и пространств в плотной городской застройке.

Для восполнения пробелов «теневых зон» при сканировании объектов недвижимости применяют наземное лазерное сканирование (НЛС), которое обеспечивает сверхвысокую детализацию (миллиметровая точность) и плотность облака точек для отдельных зданий или сооружений. Применяется для точного фиксирования геометрии объекта, в том числе для последующего сравнения с проектными данными или для создания паспорта объекта [8].

Однако классическое наземное лазерное сканирование, обеспечивающее эталонную точность, зачастую остается операцией точечной и ресурсоемкой — каждый перенос сканера требует времени и планирования. Для задач, где необходим баланс между детализацией и оперативностью, логичным развитием становится переход к мобильным сканирующим системам.

В мобильном лазерном сканировании (МЛС) системы, установленные на автомобиле или при ручной переноске человеком, совмещают в себе скорость сбора данных и высокую плотность. Они эффективны для оперативного сканирования протяжённых городских территорий, дворовых пространств, где важно зафиксировать не только здания, но и объекты благоустройства, возможные пристройки и заборы [4].

Данные НЛС и МЛС служат для уточнения и верификации результатов измерения, полученных с воздуха, и являются незаменимыми при документальной фиксации нарушений для судебных целей [9].

В то время как НЛС и МЛС обеспечивают сбор трехмерных данных с высокой степенью детализации на городском уровне, их масштабирование становится экономически и технологически непрактичным. С экономической точки зрения масштабирование непрактично из-за высокой стоимости такого проекта, так как требуется парк дорогих сканеров, большие команды инженеров для ручного сбора данных на тысячах точек и колоссальные вычислительные ресурсы для обработки терабайтов информации, которая устареет ещё до завершения работ, а с технологической точки зрения — полная детализация недостижима из-за «теневых зон», потому что сканеры не видят закрытые дворы, внутренние помещения и объекты за преградами, а скорость сбора и большие объёмы данных делают задачу управления ими нерешаемой для таких масштабов. Возникает закономерный вопрос: какая технология способна обеспечить непрерывность пространственного мониторинга, переходя от детализированных «точек» к широкому «полю»? Эффективным связующим звеном и инструментом для решения задач более крупного масштаба выступает спутниковая радиолокационная интерферометрия (InSAR).

Особое место занимают радиолокационные спутниковые системы (например, Sentinel-1, TerraSAR-X). Метод радиолокационной интерферометрии (InSAR) позволяет обнаруживать мельчайшие смещения земной поверхности и конструкций, а также детектировать появление новых объектов путём анализа когерентности сигналов за разные периоды времени [8, 6].

Эта технология использует радиоволны, способные снимать сквозь облака и работать независимо от освещения, что обеспечивает регулярный мониторинг деформаций земной поверхности и объектов с миллиметровой

точностью. Ключевыми преимуществами метода являются всепогодность, глобальный охват и возможность анализа изменений за длительные периоды на основе архивных данных. Однако у технологии существуют и ограничения: относительно невысокое пространственное разрешение большинства общедоступных спутниковых снимков не позволяет детально идентифицировать малые объекты, а интерпретация данных требует высокой экспертизы для исключения влияния атмосферных помех и других факторов. Таким образом, InSAR выступает мощным инструментом для выявления самовольно построенных объектов недвижимости или крупных сооружений, дополняя, но не заменяя детальные наземные или воздушные 3D-методы.

Однако, несмотря на свои уникальные способности к мониторингу деформаций, данные радиолокационной интерферометрии редко используются изолированно. Их истинная сила раскрывается при синтезе с данными других методов — высокодетальными 3D-моделями, ортофотопланами и кадастровой информацией. Такой мультисенсорный подход позволяет не только зафиксировать факт смещения, но и с высокой точностью привязать аномалию к конкретному зданию, фундаменту или инженерному сооружению. Обработка и интерпретация данных массивов смешанного типа уже немыслима без автоматизации анализа. Алгоритмы машинного обучения и нейросетевые модели становятся ключевым инструментом для выявления объектов, сегментации, сравнения одновременных снимков и моделей, а также для генерации комплексных отчетов. Современный мониторинг объектов недвижимости эволюционирует от применения единичных технологий к созданию интеллектуальных аналитических систем, основанных на слиянии разнородных данных и автоматизированном принятии решений. Ключевым этапом технологического процесса является не просто получение 3D-данных, а их интеграция в геоинформационные системы (ГИС) и автоматизированный анализ. [7, 8]

Таким образом, технологический фундамент для 3D-идентификации объектов недвижимости - это интегрированная система сенсоров, где каждый компонент выполняет свою часть общей задачи: сбор пространственных данных, фиксация геометрических параметров, распознавание материалов и текстуры поверхностей, а также привязка объекта к реальным координатам для создания его точной цифровой копии.

Только сам по себе технологический фундамент — будь то создание 3D-модели из двух фотографий, лазерное сканирование или анализ радиолокационных данных для построения 3D-моделей — не является конечной целью. Он создает критически важный цифровой слой, точную пространственную «канву», на которую наносятся динамические данные мониторинга. Превращение этого статического объемного слепка в интеллектуальную систему, способную в автоматическом режиме выявлять изменения, аномалии и тренды, требует перехода от отдельных методов к целостной, продуманной архитектуре. Такой архитектуре, где 3D-модель выступает не просто визуализацией, а единой системой координат для синхронизации потоков данных, алгоритмов машинного обучения и предметной логики. Концептуальная основа архитектуры предлагаемой системы строится на интеграции технологий точного 3D-мониторинга, ГИС и нормативно-справочных данных. Целью архитектуры является создание замкнутого цикла: от регулярного сбора актуальных пространственных данных до автоматизированного формирования перечня объектов-нарушителей для проверки контролирующими органами. Ключевой принцип — переход от реактивного (по жалобам) к превентивному, сплошному и объективному мониторингу территории. Уровневая архитектура системы может быть представлена в виде четырех взаимосвязанных модулей (слоев): слой данных отвечает за хранение и доступ к информации, слой бизнес-логики содержит правила и алгоритмы обработки, слой приложения управляет пользовательскими сценариями и процессами, а презентационный

слой обеспечивает интерфейс взаимодействия с пользователем. Эти модули взаимодействуют последовательно, что обеспечивает масштабируемость, безопасность и лёгкость поддержки системы.

Следовательно, продуманная архитектура, с её четко определенными модулями, протоколами взаимодействия и аналитическими контурами, задает лишь «цифровой скелет» системы. Её реальная жизнеспособность и эффективность всецело зависят от непрерывных потоков пространственных данных, поступающих на вход. Поэтому логика самой архитектуры закономерно приводит нас к её фундаментальному, исходному уровню — этапу сбора и первичной обработки геоданных. Это базовый технологический слой, отвечающий за формирование цифрового двойника территории. Основными источниками выступают воздушное, наземное и мобильное лазерное сканирование, аэрофотограмметрия с БВС [2, 4].

Разнообразие пространственных данных, получаемых современными методами, сами по себе не дают ответа на практические вопросы. Задача уровня сбора и обработки заключается в их трансформации в структурированную, пригодную для анализа информацию. Именно здесь вступают в силу алгоритмы фильтрации «шума», автоматизированного сопоставления разновременных снимков и облаков ТЛЮ, а также процедуры семантического обогащения данных — когда объекту присваиваются не только геометрические, но и смысловые атрибуты («здание», «крыша», «трещина»). Результатом этой технологической цепочки становятся готовые к анализу цифровые двойники территорий, динамические модели и векторные слои, которые уже напрямую служат для решения прикладных задач мониторинга: от выявления несанкционированных построек до оценки последствий чрезвычайных ситуаций.

Итак, безусловно подготовленные пространственные данные — очищенные, структурированные и приведенные к единой системе координат — становятся ценным активом. Но их изолированное существование в виде

разрозненных файлов или временных баз данных резко ограничивает потенциал для комплексного анализа. Чтобы данные обрели системную ценность и стали основой для системного подхода к измерению эффективности маркетинга и продаж, необходим следующий архитектурный этап — уровень интеграции и хранения. Это центральное звено системы, где осуществляется консолидация разнородных данных для их последующего анализа [6].

Однако создание единой цифровой среды, в которую стекаются и где взаимодействуют данные, недостаточно. Для того чтобы это взаимодействие было эффективным — логичным развитием уровня интеграции становится проектирование структуры самого хранилища, которое включает в себя: эталонные 3D-модели и данные Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН), нормативно-справочную информацию, актуальные 3D-данные мониторинга [8], атрибутивную информацию.

Продуманная структура хранилища, с её чёткой схемой, системой метаданных и оптимизированными механизмами доступа, решает критически важную, но вспомогательную задачу: она обеспечивает порядок и доступность. Однако сам по себе порядок — ещё не результат. Истинная ценность архитектуры данных раскрывается на следующем, ключевом этапе — аналитическом уровне. Это интеллектуальный модуль, где реализуются алгоритмы автоматического выявления нарушений.

Автоматизированное сопоставление актуальной 3D-модели местности с эталонными данными. Методы пространственного анализа (наложения, вычисления объемов, измерения высот) выявляют появление новых объемов (зданий, сооружений), отсутствующих в ЕГРН, изменение геометрических параметров объектов недвижимости или этажности существующих объектов, выход конструкций за пределы границ земельного участка (наложение на соседний участок или красные линии) [2, 9], критерии анализа,

формализующие юридические признаки. Система трансформирует правовые нормы ст. 222 ГК РФ [9] в проверяемые пространственные параметры:

Нарушение 1: Строительство на участке, где запрещено строительство. Алгоритм проверяет, попадает ли новый объект в границы участка, сведения о котором отсутствуют в ЕГРН у застройщика.

Нарушение 2: Нарушение градостроительных норм. Автоматически проверяется соответствие высоты, отступов от границ, процента застройки установленным ПЗЗ параметрам.

Нарушение 3: Отсутствие разрешительной документации.

Факт существования объекта, не имеющего аналога в базе данных легальных построек, является сигналом для проверки.

Предложенная архитектура представляет собой целостную концепцию, где каждый уровень решает четкую задачу: от создания высокоточной пространственной основы до принятия управленческого решения. Интеграция 3D-моделей реальности с данными ЕГРН и нормативными правилами в рамках единого аналитического ядра является научной основой для перехода к автоматизированному, объективному и эффективному контролю за использованием территорий, что отвечает современным вызовам в сфере градостроительства и земельных отношений.

Сложная архитектура автоматизированной системы с её модулями сбора, хранилищами данных и интерфейсами визуализации является лишь технологическим фундаментом. Истинная ценность и практическая эффективность системы оживают в её алгоритмическом ядре, которое превращает сырые 3D-данные в конкретные аналитические заключения.

Ядро автоматизированной системы составляют алгоритмы, преобразующие юридические признаки самовольной постройки, установленные статьей 222 ГК РФ, в формализованные пространственные критерии, пригодные для анализа в цифровой среде. В соответствии с законом, ключевыми признаками являются: возведение объекта на земельном

участке, который стоит на кадастровом учёте, но не прошел процедуру межевания или межевание было проведено по старым, неточным правилам (неопределенный участок), нарушение вида разрешенного использования территории, а также несоблюдение градостроительных и строительных норм и правил [9]. В контексте 3D-модели эти признаки интерпретируются следующим образом (Таблица 1).

Таблица 1. Соответствие юридических признаков самовольной постройки аналитическим критериям в 3D-модели

Юридический признак (статья 222 ГК РФ)	Критерий в 3D-пространстве	Метод автоматизированного выявления
1. Строительство на непредоставленном участке	Наличие нового объекта или его части вне границ земельного участка, зарегистрированного в ЕГРН за лицом-застройщиком.	Топологический анализ пересечения геометрии объекта с границами кадастрового квартала и участка.
2. Нарушение вида разрешенного использования	Несоответствие типа объекта (капитальное жилое здание) установленной для территории функциональной зоне.	Семантическое сопоставление атрибутов объекта, выявленных по форме и текстуре (классификация), с данными ПЗЗ.
3. Нарушение градостроительных норм	Превышение установленной высотности, плотности застройки; нарушение минимальных отступов от красных линий, границ соседних участков.	Измерение линейных и объемных параметров в 3D-модели и их сравнение с нормативными значениями.
4. Нарушение строительных норм	Превышение допустимых габаритов; изменение конфигурации объекта (несанкционированные пристройки, надстройки) относительно проектных решений или предыдущего состояния.	Сравнение актуального облака ТЛО (или BIM-модели) с эталонной проектной моделью или моделью предыдущего обследования.

Алгоритмическая обработка для выявления указанных нарушений представляет собой последовательную структуру:

1. Эталонное моделирование и пространственное позиционирование. Исходной основой служит цифровая 3D-модель территории, интегрирующая

данные ЕГРН о границах участков и ранее учтенных объектах, а также градостроительные ограничения (красные линии, зонирование) [7, 6]. Актуальное состояние фиксируется с помощью технологий МЛС и аэрофотограмметрии с БВС, обеспечивающих высокую детальность и точность (до 10 см) [2, 3]. Алгоритмы коррекции и сшивки данных приводят облака ТЛО к единой системе координат, что является критически важным для последующего точного сопоставления.

2. Автоматизированное сравнение и выявление изменений. Ядро системы выполняет пространственное наложение актуальной модели на эталонную. Используются методы сегментации облаков ТЛО и анализа пространственных различий (разности высот, объемов). Алгоритмы идентифицируют зоны, где появились новые объекты или произошло изменение геометрии существующих (увеличение объема, высоты, площади застройки) [3]. Особую значимость приобретает концепция 4D-моделирования, где к трем пространственным измерениям добавляется шкала данных, позволяющая отслеживать динамику изменений и устанавливать момент возникновения потенциального нарушения [8].

3. Верификация изменений по формализованным критериям. Каждое выявленное изменение анализируется на соответствие критериям из таблицы 1: определяется, пересекается ли новый объект недвижимости с границами участка. Рассчитывается расстояние до красных линий и границ смежных участков. Автоматически измеряются основные габаритные размеры объекта, этажность (по данным о высоте), объем здания. Эти показатели сравниваются с предельно допустимыми параметрами, закрепленными в ПЗЗ. На основе данных текстуры и формы производится предварительная классификация типа объекта (жилое здание и гараж), что позволяет проверить соответствие виду разрешенного использования земельного участка.

4. Формирование карты рисков и отчетов. Результатом работы алгоритмического ядра является тематический слой ГИС, визуализирующий

зоны потенциальных нарушений. Для каждого выявленного объекта-кандидата система генерирует предварительный отчет с указанием типа возможного нарушения (например, «Нарушение отступа от красной линии на 1.5 м», «Обнаружена несанкционированная надстройка 3-го этажа»), количественными показателями и привязкой к кадастровому номеру участка. Это позволяет инспектору перейти от сплошного мониторинга всей территории к целенаправленной выездной проверке конкретных адресов, значительно повышая эффективность контрольных мероприятий [6].

Таким образом, предложенное алгоритмическое ядро выполняет функцию интеллектуального фильтра, переводя большой массив сложных пространственных данных в конкретные, верифицируемые сигналы о возможных правонарушениях. В отличие от традиционных методов, основанных на визуальном анализе 2D-карт или реагировании на жалобы, данный подход обеспечивает: превентивное выявление нарушений на ранних стадиях, полный и системный охват территории без пробелов, значительное повышение эффективности и сокращение временных затрат на контроль, возможность прогнозной аналитики и предотвращения потенциальных нарушений.

Вывод

Проведенное исследование подтверждает, что существующая система контроля за соблюдением градостроительных норм, основанная на двухмерных кадастровых данных и выборочных проверках, обладает фундаментальными недостатками в оперативности, полноте и объективности выявления самовольного строительства.

Внедрение технологий трехмерной идентификации объектов недвижимости, таких как воздушное лазерное сканирование и фотограмметрия с БВС, является закономерным и необходимым шагом для создания объективной цифровой основы мониторинга. Высокая детализация, точность и скорость получения данных этими методами позволяют

формировать актуальные 3D-модели территорий, которые превосходят традиционные 2D-планы в задачах однозначного описания сложных, многоуровневых объектов и пространственных отношений между ними.

Ключевым результатом работы является обоснование концепции автоматизированной системы обнаружения самовольного строительства, основанной на 4D-подходе, где к трем пространственным измерениям добавляется шкала данных. Принцип ее работы заключается в автоматическом сравнении текущей 3D-модели местности, полученной в результате периодической съемки, с эталонными данными (утвержденными проектными решениями, градостроительными планами, предыдущими съемками). Это позволяет алгоритмически выявлять несанкционированные изменения: появление новых конструкций и зданий, увеличение этажности или площади существующих зданий, нарушение красных линий и границ участков. Таким образом, юридические признаки самовольной постройки, закрепленные в ст. 222 ГК РФ, получают количественное пространственное выражение для автоматического анализа.

Практическая значимость предлагаемого подхода заключается в переходе от реактивной к превентивной модели контроля. Система обеспечивает:

1. Повышение оперативности и частоты мониторинга больших территорий.
2. Снижение субъективного фактора и человеческих ошибок за счет автоматизации процесса выявления изменений.
3. Формирование объективной доказательной базы в виде точных 3D-моделей и протоколов расхождений для административных и судебных процедур.

Перспективой развития системы является интеграция с искусственным интеллектом для более глубокой семантической классификации обнаруженных изменений и прогнозирования зон повышенного риска возникновения нарушений. Внедрение подобных автоматизированных решений на основе 3D-технологий способно существенно повысить

эффективность государственного земельного надзора, обеспечить устойчивое пространственное развитие территорий и минимизировать правовые и экономические риски, связанные с самовольным строительством.

Список источников

1. Аكوпова А. Н., Осенняя А. В., Андрющенко А. Е. Проблемы выявления объектов самовольного строительства на территории городов и пути их решения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник) — 2025. — № 1. — с. 19-21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=81616432> (дата обращения: 04.01.2026).
2. Горобцов С. Р. Применение 3D технологий для корректного учета объектов недвижимости // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2015 г. — с. 1-7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-3d-tehnologiy-dlya-korrektного-ucheta-obektov-vedvizhimosti?.ysclid=mk2lfoceqc310815130> (дата обращения: 02.01.2026).
3. Гура Д. А. Анализ эффективности современных измерительных технологий для трехмерной идентификации объектов недвижимости // Вестник СГУГиТ. — 2025. — Т. 30, № 3. — С. 132–142. — DOI: <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-3-132-142> (дата обращения: 02.01.2026).
4. Гура Д. А., Дьяченко Р. А., Емтыль С. М., Щарифуллин С. Р., Саввиди К. Л. Системный анализ методов трёхмерной идентификации объектов для актуализации информационного обеспечения ГИС // Научные труды КубГТУ. — 2025. — № 4. — с. 52-65. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0114/5044.pdf> (дата обращения: 03.01.2026).
5. Данилов В. А., Федоров А. В., Безверщенко Л. С. Сравнение методов фотограмметрии и лазерного сканирования для создания трехмерных моделей объектов и территорий археологических ГИС (на примере археологического раскопа Увекского городища) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 72-78. DOI:

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-72-78> (дата обращения: 04.01.2026).

6. Завьялов А.Ю., Максимова С.В., Мельцова Е.С., Лоренс П.З. Информационно-аналитическая система для комплексного градостроительного анализа // Architecture and Modern Information Technologies. — 2015. — с. 1-12. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-dlya-kompleksnogo-gradostroitel'nogo-analiza> (дата обращения: 04.01.2026).

7. Иванова А. И., Чернов А. В. Особенности формирования 3-D моделей недвижимости для дальнейшего учета в ЕГРН // Интерэкспо Гео-Сибирь. — 2021. — с. 206-217. URL: <https://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2021/sborniki/tom7-1/206-217.pdf>

(дата обращения: 03.01.2026).

8. Рыбкина А. М., Сацкевич В. А., Аксенов Е. Д., Денисова Д. Д., Курбанова М. И., Пиманова А. А. Применение 4D-моделирования для целей государственного кадастрового учета // Столыпинский вестник. — 2021. — с. 1-9. URL: <https://stolypin-vestnik.ru/wp-content/uploads/2021/11/27.pdf> (дата обращения: 02.01.2026).

9. Терещенко А. Н. Понятие и признаки самовольной постройки в новой редакции статьи 222 Гражданского кодекса Российской Федерации // Правовая политика и правовая жизнь. — 2016. — с. 90-96. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-i-priznaki-samovolnoy-postroyki-v-novoy-redaktsii-stati-222-grazhdanskogo-kodeksa-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 04.01.2026).

10. Хлебникова Т. А., Арбузов А. С., Лисицкий Д. В., Опритова О. А. Использование материалов БВС для выявления фактов нарушения земельного законодательства на территории г. Новосибирска // Вестник СГУГиТ. — 2023. — с. 33-39. — DOI: <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2023-28-5-33-40> (дата обращения: 05.01.2026).

11. Шевченка О. Ю., Боричевский А. Б. Использование беспилотных летательных аппаратов для ведения мониторинга использования территорий // Экономика и экология территориальных образований. — 2015. — № 3. — с. 1-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-dlya-vedeniya-monitoringa-ispolzovaniya-territoriy> (дата обращения: 05.01.2026).

12. Геодезическое обеспечение кадастровых работ : монография / Е. И. Аврунев, С. Р. Горобцов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – 239 с. – Текст : непосредственный. ISBN 978-5-907711-78-5

References

1. Akopova A. N., Osennaya A. V., Andryushchenko A. E. Problems of identifying unauthorized construction sites in cities and ways to solve them. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin) — 2025. — No. 1. — pp. 19-21. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=81616432> (accessed: 04.01.2026).

2. Gorobtsov S. R. Application of 3D technologies for correct accounting of real estate objects // Interexpo Geo-Siberia. — 2015. — pp. 1-7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-3d-tehnologiy-dlya-korrektного-ucheta-obektov-nedvizhimosti?.ysclid=mk2lfoceqc310815130> (accessed: 01.02.2026).

3. Gura D. A. Analysis of the effectiveness of modern measuring technologies for three-dimensional identification of real estate objects // Bulletin of the SSUGiT. — 2025. — Vol. 30, No. 3. — pp. 132-142. — DOI: <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-3-132-142> (accessed: 01.01.2026).

4. Gura D. A., Dyachenko R. A., Emytl S. M., Sharifullin S. R., Savvidi K. L. System analysis of methods of three-dimensional identification of objects for updating GIS information support // Scientific works of KubSTU. — 2025. — No. 4. — pp. 52-65. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0114/5044.pdf> (accessed: 03.01.2026).

5. Danilov V. A., Fedorov A. V., Bezvershenko L. S. The Comparison of the Methods of Photogrammetry and Laser Scanning for the Establishment of Three-Dimensional Models of Objects and Territories of Archeological GIS (on the Example of the Archeological Excavation of Uvek Hillfort). /zv: Saratov Univ: (N. S.), Ser. Earth Sciences, 2019, vol. 19, iss. 2, pp. 72-78 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-2-72-78> (accessed: 04.01.2026).
6. Zavyalov A.Yu., Maksimova S.V., Meltsova E.S., Lawrence P.Z. Information and analytical system for integrated urban planning analysis // Architecture and Modern Information Technologies. — 2015. — pp. 1-12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-dlya-kompleksnogo-gradostroitel'nogo-analiza> (accessed: 04.01.2026).
7. Ivanova A. I., Chernov A.V. Features of the formation of 3-D real estate models for further accounting in the Unified State Register of Legal Entities // Interexpo Geo-Siberia. - 2021. — pp. 206-217. URL: <https://geosib.sgugit.ru/wp-content/uploads/2021/sborniki/tom7-1/206-217.pdf> (accessed: 01.01.2026).
8. Rybkina A.M., Satskevich V. A., Aksenov E. D., Denisova D. D., Kurbanova M. I., Pimanova A. A. Application of 4D modeling for the purposes of state cadastral registration // Stolypin Bulletin. - 2021. — pp. 1-9. URL: <https://stolypin-vestnik.ru/wp-content/uploads/2021/11/27.pdf> (accessed: 02.01.2026).
9. Tereshchenko A. N. The concept and signs of unauthorized construction in the new edition of Article 222 of the Civil Code of the Russian Federation // Legal policy and legal life. - 2016. — pp. 90-96. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-i-priznaki-samovolnoy-postroyki-v-novoy-redaktsii-stati-222-grazhdanskogo-kodeksa-rossiyskoy-federatsii> (accessed: 04.01.2026).
10. Khlebnikova T. A., Arbuzov A. S., Lisitsky D. V., Opritova O. A. The use of BVS materials to identify violations of land legislation in Novosibirsk // Bulletin of the SGUGiT. — 2023. — pp. 33-39. DOI: <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2023-28-5-33-40> (accessed: 05.01.2026).

11. Shevchenko O. Yu., Borichevsky A. B. The use of unmanned aerial vehicles for monitoring the use of territories // Economics and ecology of territorial entities. — 2015. — No. 3. — pp. 1-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-dlya-vedeniya-monitoringa-ispolzovaniya-territoriy> (accessed: 05.01.2026).

© Гуря Д.А., Тихонов Т.А., Зеленская К.В., Степаненко К.О., Шаркова Е.А.,
2026. Московский экономический журнал, 2026, № 1.