

Информационное обеспечение мониторинга строительства с использованием современных технологий

Ирина Михайловна Сутугина

Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье рассмотрено информационное обеспечение мониторинга строительства с использованием современных технологий, а именно применение аэро- и космических снимков для мониторинга строительства. Тема актуальна в связи с расширением возможностей применения цифровых технологий в строительстве, к которым относится цифровая фотограмметрическая обработка аэро- и космических снимков. Проанализировано отображение строительной площадки на таких снимках: строительная техника, стадии строительства, строительные материалы.

Материалы и методы. Для проведения анализа отображения на цифровых снимках объектов строительства, строительной техники и строительных материалов использованы материалы, полученные из ЯндексКарт на территорию г. Москвы, в которые на момент подготовки статьи были загружены фрагменты космических снимков и материалы аэрофотосъемки, соединенные в единое покрытие территории. При выполнении исследования для получения научных результатов применялись общенаучные методы познания: абстрагирование, анализ, синтез, группировка, аналогия, индукция, дедукция, моделирование; историко-логический, сравнительный, системный подходы. Приемы сбора, обработки и анализа информации определялись конкретными целями исследования.

Результаты. Представлен результат анализа отображения объектов на космических и аэроснимках, проанализированы геометрические размеры таких объектов и вытекающее из этого требуемое разрешение съемок.

Выводы. На основе рассмотренного материала можно сделать вывод, что для мониторинга строительства оптимально применение аэросъемки с самолета и беспилотного летательного аппарата, также возможно использование космической съемки сверхвысокого разрешения. Приведенные примеры показали, какие из интересующих объектов будут различимы на снимках, а значит, это даст возможность их дешифрирования и определения местоположения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аэро- и космические снимки, мониторинг, строительная площадка, строительная техника, строительные материалы, стадии строительства, параметры съемки, разрешение на местности

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Сутугина И.М. Информационное обеспечение мониторинга строительства с использованием современных технологий // Строительство: наука и образование. 2026. Т. 16. Вып. 2. Ст. 3. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2026.2.3

Автор, ответственный за переписку: Ирина Михайловна Сутугина, SutuginalM@mgsu.ru.

Information support for monitoring construction using modern technologies

Irina M. Sutugina

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The article considers information support for monitoring construction using modern technologies, namely the use of aerial and satellite images for monitoring construction. This topic is of particular relevance given the expanding scope of digital technologies in the construction industry, including digital photogrammetric processing of aerial and satellite imagery. The representation of the construction site in such images has been analyzed: construction machinery, stages of construction, and building materials.

Materials and methods. To analyze the representation of construction sites, construction machinery and building materials in digital images, data obtained from Yandex Maps covering the city of Moscow was used; at the time of writing, this data included sections of satellite imagery and aerial photographs, which had been combined to form a single map covering the area. In conducting the research to obtain scientific results, general scientific methods of inquiry were applied: abstraction, analysis, synthesis, grouping, analogy, induction, deduction and modelling; as well as historical-logical, comparative and systems approaches. The methods of collecting, processing and analyzing information were determined by the specific objectives of the research.

Results. The results of an analysis of how objects appear in satellite and aerial photographs are presented; the geometric dimensions of such objects are analyzed, along with the resulting required resolution for the imagery.

Conclusions. Based on the material reviewed, it can be concluded that the optimal method for monitoring construction is the use of aerial photography from aeroplanes and unmanned aerial vehicles; the use of ultra-high-resolution satellite imagery is also a possibility. The examples given have shown which of the objects of interest will be distinguishable in the images, and this will therefore make it possible to interpret them and determine their location.

KEYWORDS: aerial and satellite images, monitoring, construction site, construction machinery, building materials, construction stages, survey parameters, terrain resolution

FOR CITATION: Sutugina I.M. Information support for monitoring construction using modern technologies. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2026; 16(2):3. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2026.2.3

Corresponding author: Irina M. Sutugina, SutuginaIM@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Аэро- и космические снимки могут применяться для мониторинга строительства с помощью цифровой фотограмметрической обработки. Тема может быть отнесена к разделу информационного обеспечения инженерных изысканий и строительства. Актуальность определяется тем, что еще не все возможности внедрения цифровых технологий, использования дистанционных методов зондирования и искусственного интеллекта реализованы в сфере строительства. Снимки являются не только растровой подложкой для векторных карт, а источником данных, нацеленным на пространственный анализ и построение моделей принятия управленческих решений.

Применение материалов аэрокосмических съемок позволяет дистанционно получить качественную и достоверную пространственную информацию.

Действующими ГОСТами^{1, 2} регулируются вопросы выполнения аэрофотосъемки и применения беспилотных авиационных систем (БАС) для производства геодезических работ и изысканий в строительстве.

ГОСТ Р 59328–2021 «Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования» регулирует цифровую аэрофотосъемку, которая выполняется для создания и обновления топографических карт и планов, получения других пространственных данных. Стандарт устанавливает требования к комплексу работ по цифровой аэрофотосъемке, включая качество, оформление и сдачу получаемых материалов. ГОСТ распространяется на исполнителей и заказчиков цифровой аэрофотосъемки, проводимой в целях топографического картографирования, обеспечения кадастровых работ и используется при приемке материалов аэрофотосъемки. Он содержит требования к аэрофотокамерам (например, наличие центрального затвора, постоянство значений элементов внутреннего ориентирования), а также параметрам съемки: включает приложения с номинальными значениями проектируемых перекрытий аэрофотоснимков, допу-

сками отклонений при оценке фотограмметрического качества материалов и др. Цель стандарта — техническое регулирование технологических процессов проектирования и осуществления топографической аэрофотосъемки, установление требований к оборудованию, качеству получаемых материалов, их комплектности и оформлению.

Стандарт разработан ФГУП «СТАНДАРТИН-ФОРМ», ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» и ООО «Геоскан» при участии технического комитета по стандартизации ТК 404 «Геодезия и картография».

Стандарт разработан АО «Научно-исследовательский центр «Строительство»» совместно с НИИЖБ им. А.А. Гвоздева при участии более 30 профильных организаций в рамках технического комитета по стандартизации ТК 465 «Строительство». Стандарт введен в действие 1 февраля 2026 г. с правом досрочного применения.

Классические подходы к фотограмметрической обработке аэро- и космических снимков и применение материалов съемки в различных отраслях экономики описаны российскими авторами Н.Д. Ильинским, А.Н. Лобановым, Б.К. Малявским, А.И. Обираловым, А.А. Фостиковым [1–3].

В зарубежных изданиях приведены материалы по получению и цифровой обработке материалов дистанционного зондирования (авторы J. Albertz [4], H. Ziemann [5]).

Из числа авторитетных источников литературы необходимо отметить книги и статьи таких авторов, как А.Г. Чибуничев [6] и С.А. Кадничанский с соавт. [7–10].

В книге А.Г. Чибуничева «Фотограмметрия: учебник для вузов» [6] представлены действующие на сегодняшний день подходы к теории и практике получения и обработки снимков в современном и одновременно классическом изложении. Рассмотрены вопросы проективной фотограмметрии и автоматизации фотограмметрических измерений, выполняемых по цифровым изображениям, создания цифровых моделей поверхности рельефа, местности и ортофотопланов, воздушное и наземное лазерное сканирование, фотограмметрические методы обработки изображений, полученных сканерными съемочными системами, технология аэрофототопографической съемки, а также вопросы наземной фотограмметрии [6].

¹ ГОСТ Р 59328–2021. Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования. 2021.

² ГОСТ Р 71886–2024. Системы беспилотные авиационные в строительстве, применяемые для производства геодезических работ. 2025.

В монографии С.А. Кадничанского «Аэрофотограмметрия и аэрофототопография» [7] исследуются подходы к цифровой фотограмметрической обработке с позиций точности и детальности изображений, приведены сведения о современных съемочных системах и оценке точности результатов измерений, выполняемых по таким снимкам, и алгоритмы решения некоторых задач. Также [7] рассмотрена теория обработки снимков, особенности, свойства и характеристики цифровых аэрофотоснимков. Указаны методы и технологические процессы аэрофототопографической съемки, включая работы по составлению оригинала топографической карты и плана. Представленные в труде [7] результаты различных экспериментальных работ можно использовать для планирования и оптимизации технологий получения информации по аэрофотоснимкам, выбора параметров обработки информации и оборудования.

По теме мониторинга строительства опубликован ряд работ^{3, 4, 5}. Материалы и исследования, приведенные в презентации АО «ТерраТех», использованы при реализации модуля «Строй-Контроль» платформы «Цифровая Земля» Роскосмоса.

Вопросам применения аэро- и космических снимков и искусственного интеллекта в строительстве посвящены исследования Б.С. Садовского и И.М. Сутуиной [11, 12], а также М.М. Зиброва [13, 14].

С.А. Арбузовым разработана методика применения ярких, пространственных и геометрических признаков в комплексе для автоматизированного дешифрирования аэрофотоснимков и космических снимков, что дает возможность повысить точность определения изменений на застроенных территориях, в том числе установление высот зданий, а также мониторинг хода строительства [13].

Использование данных космической съемки сверхвысокого разрешения для решения задач территориального зонирования рассмотрено в работе О.Ф. Торсуновой [15].

В статьях М.А. Щеглова, А.И. Карелова, А.А. Майорова, А.А. Павловского представлены методы применения ГИС-технологий при контроле строительства

с использованием данных аэро- и космических съемок и мониторинг объектов строительства железнодорожной инфраструктуры с помощью информации с БАС [16, 17].

М.А. Плотникова и Е.П. Хлебникова изучают вопросы выявления изменений на территории городского пространства, связанных со строительством новых объектов, реновацией и реконструкцией, с помощью данных дистанционного зондирования. В работе проведен анализ алгоритмов автоматизированного выявления изменений по разновременным космическим снимкам в программе ERDAS IMAGINE 2010. Определены факторы, которые необходимо учитывать при мониторинге городских территорий [18].

Вопросам обработки аэро- и космических снимков для решения градостроительных задач (классификации фотограмметрических облаков точек, полученных по стереопарам космических снимков) в программном комплексе Photomod посвящена статья Р.В. Пермякова [19].

В целом, проанализировав имеющуюся информацию, можно сделать вывод, что тема мониторинга строительства по аэро- и космическим снимкам актуальна, есть ряд работ, в которых проведен анализ возможностей применения аэро- и космических снимков в строительной сфере, но можно также сделать вывод, что еще не все аспекты этого вопроса изучены, требуются дополнительные исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью анализа отображения на цифровых снимках объектов строительства, строительной техники и строительных материалов применены материалы, полученные из поисково-информационной картографической службы Яндекса ЯндексКарты. Использованы материалы для г. Москвы: фрагменты космических снимков и информация аэрофотосъемки, соединенные в единое покрытие территории. Для анализа выполнен поиск фрагментов покрытия на территории строительных площадок, расположенных в г. Москве. Также проанализирована работа⁶, содержащая примеры аэро- и космических снимков, полученных различными съемочными системами, применяющимся в Германии.

При проведении исследования для получения научных результатов применялись общенаучные методы познания: абстрагирование, анализ, синтез, группировка, аналогия, индукция, дедукция; моделирование, историко-логический, сравнительный, системный подход. Приемы сбора, обработки и анализа информации определялись конкретными целями исследования.

⁶ Flying Camera. Learning from the Bird's Eye View Geography in Aerial and Satellite Pictures // Doersdorf Germany. 2026. P. 25.

³ Вместо геодезиста и охранника: как беспилотники используются в строительстве // Геоскан. 2022. URL: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/vmesto-geodezista-i-okhrannika-kak-bpla-ispolzuyutsya-v-stroitelstve?ysclid=mm2xi4xy4d319006035>

⁴ Презентация АО «ТерраТех». Космический мониторинг строительных работ. 2026. URL: <https://terratech.ru/solutions/construction/?ysclid=mm3gx2272u4091267>

⁵ Изучение возможностей использования спутниковых снимков и данных дронов для контроля за ходом строительных работ. 2025. URL: https://gisproxima.ru/izuchenie_vozmozhnostey?ysclid=mm2xr82yv899424591

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На сегодняшний день для осуществления мониторинга строительства доступны данные ряда российских и зарубежных спутников. Также в 2025 г. Россия запустила 28 спутников различного назначения. Согласно статье Р. Пермякова «Итоги запусков космических аппаратов ДЗЗ и тенденции отрасли в 2025 году»: «на 2026 г. перенеслись планы Роскосмоса по запуску гидрометеорологического аппарата на высокой орбите Электро-Л № 5. Среди частных компаний в 2026 г. ГК «Спутникс» планирует вывести на орбиту аппарат Киноспутник с разрешением 0,8 м/пикс, а консорциум ООО «МТ-ЛАБ» и «Стилсофт» — аппарат КОЭН с разрешением 0,5 м/пикс. Кроме того, ожидается, что в 2026 г. на закупку данных ДЗЗ у частных и государственных спутниковых

компаний выделено для государственных заказчиков 5 млрд рублей из федерального фонда»⁷.

Для мониторинга строительства хорошо подходят по разрешающей способности и информативности космические снимки от аппаратов «Ресурс-П», обеспечивающих высокодетальную съемку местности, также данные аппаратов высокого разрешения «Канопус-В», «Аист-2Т» для стереосъемки и получения цифровых карт местности.

На рис. 1–4 приведены примеры фрагментов космических снимков (оптическая съемка) со спут-

⁷ Пермяков Р.В. Итоги запусков космических аппаратов ДЗЗ и тенденции отрасли в 2025 году. 2025. URL: <https://racurs.ru/press-center/articles/obshchie-voprosy/itogi-zapuskov-kosmicheskikh-apparatov-dzz-i-tendentsii-otrasli-v-2025-godu-/?ysclid=mm3fb0tg1a745825371>



Рис. 1. Фрагмент космического снимка со спутника: а — Ресурс-П (российский государственный спутник), пространственное разрешение — 0,7 м; ширина кадра — 38 км; б — Канопус-В, разрешение на местности — 2,5 м



Рис. 2. Группировка российских государственных спутников Канопус-В с пространственным разрешением 2,5 м на пиксел



Рис. 3. Коммерческий российский спутник СТИЛСАТ с пространственным разрешением 0,5 м на пиксел. Оператор спутника — частная космическая компания СТИЛСПЭЙС

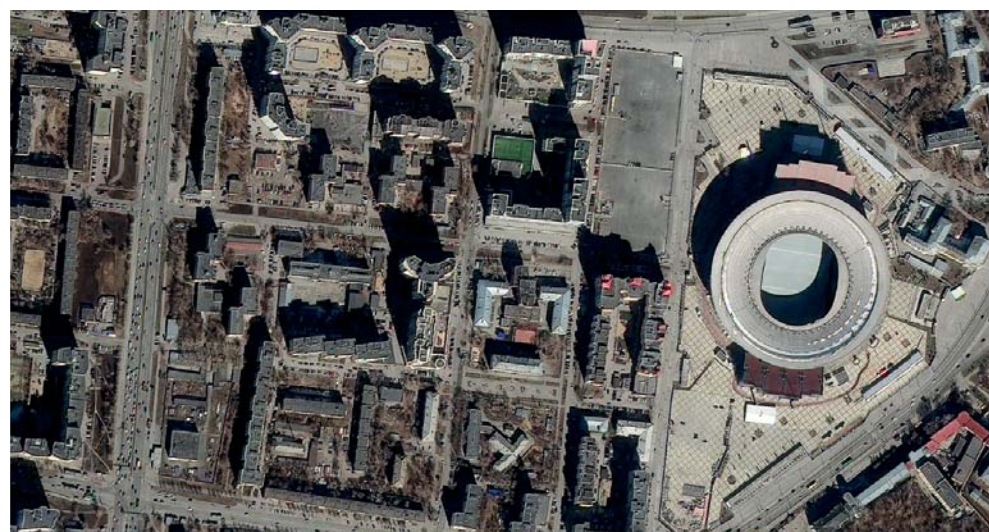


Рис. 4. Фрагмент китайского космического снимка Jilin-1 (EarthScanner) с разрешением на местности 0,5 м на пиксел, ширина кадра — 150 км

ников, доступных для заказа на сайте АО «ТерраТех» российских космических систем⁸.

Для получения автоматической экспертной аналитики о строительных площадках по конкретным объектам можно использовать облачный сервис «Цифровая Земля» модуль «Строй-контроль». В рамках этого сервиса доступно получение информации о состоянии конкретных объектов, заданных по координатам; аналитика, полученная на основе данных космических съемок и съемок с воздуха. Точность геопривязки материалов составляет 10 м.

Мониторинг строительства можно проводить и в организациях на основе информации дистанционного зондирования без использования сервиса, применяя специальное оборудование, программное обеспечение и сведения съемок.

⁸ Оптическая съемка. URL: <https://terratech.ru/data/optika/>

Космический мониторинг строительных работ может включать в себя следующие виды работ: определение стадий строительства, идентификацию работающей на строительной площадке техники; мониторинг карьеров; контроль объемов земляных работ, озеленения территории, хода строительства; мониторинг активности работ.

Нарис. 5–9 приведены примеры отображения выше-названных процессов на материалах, полученных из ЯндексКарт вкладки «Спутник». На ЯндексКартах была отметка, что материалы получены в 2024 г. из результатов аэрофотосъемки на территорию г. Москвы.

Как инструмент для мониторинга строительства ЯндексКарты не может быть использован в связи с тем, что нет возможности получить информацию о дате проведения съемок, точных параметрах съемки, а также нет материалов с определенным временным интервалом для мониторинга хода строитель-

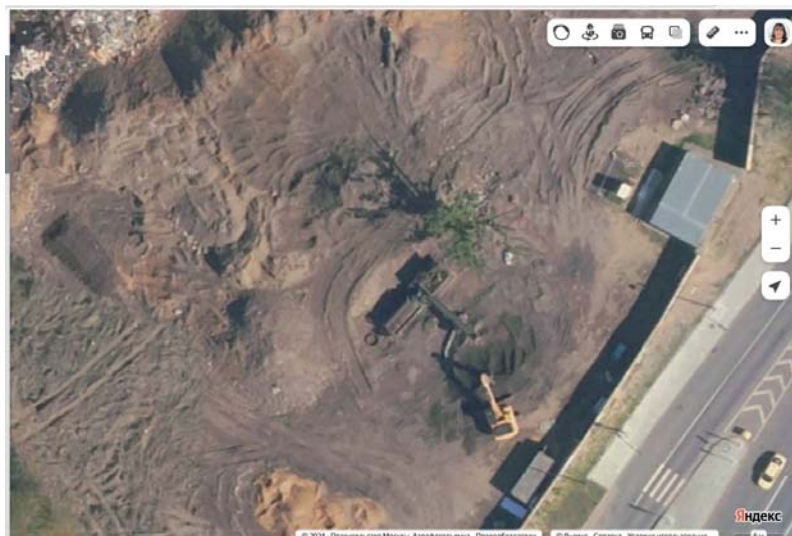


Рис. 5. Буровые и земляные работы



Рис. 6. Сваи



Рис. 7. Возведение этажей



Рис. 8. Внутренняя и внешняя отделка, благоустройство территории

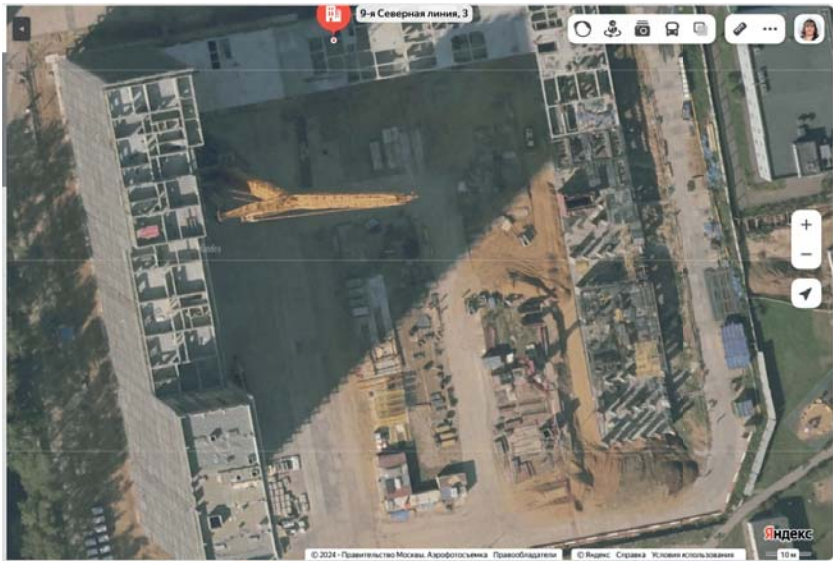


Рис. 9. Определение работающей техники — кран

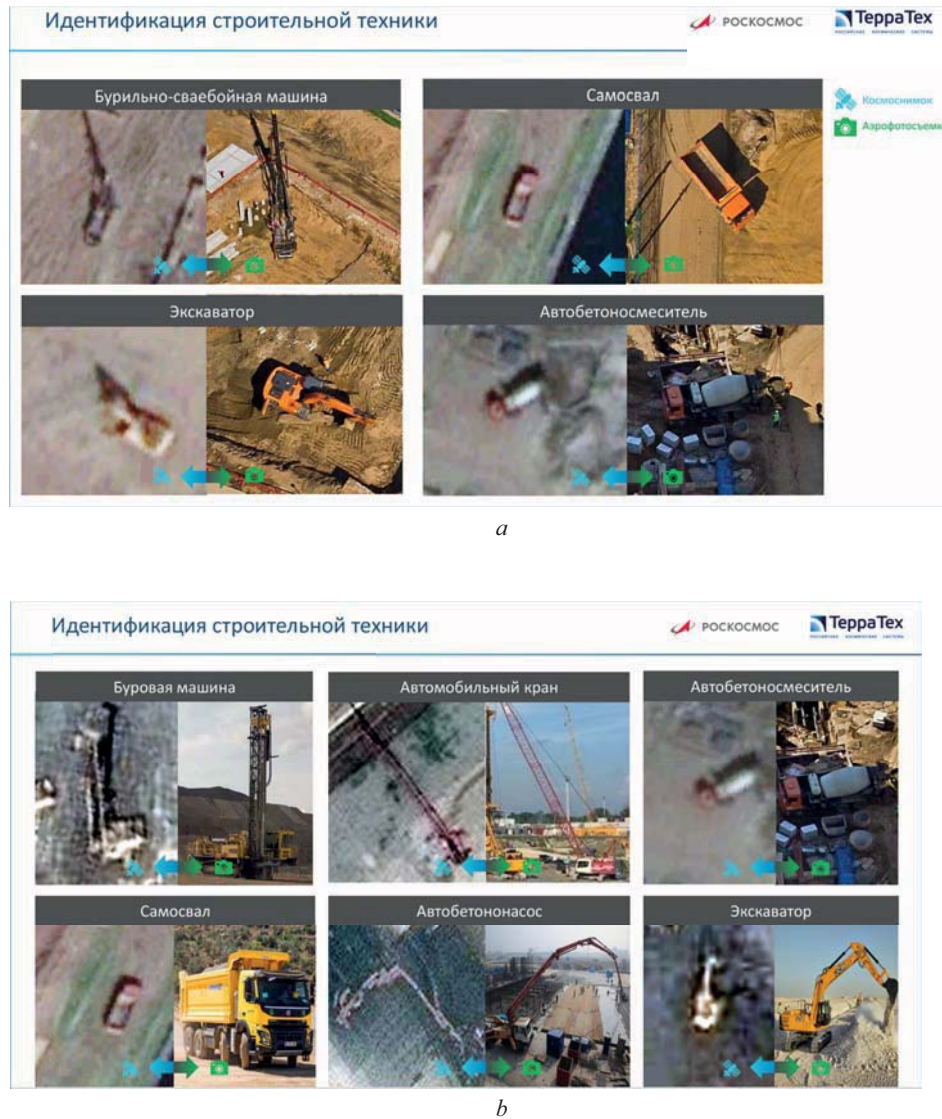


Рис. 10. Идентификация строительной техники на космических и аэроснимках (а); идентификация строительной техники на космических снимках в сравнении с наземной съемкой (б)

ства. Но для решения некоторых исследовательских задач инструмент подходит.

На рис. 10, 11 можно сравнить отображение строительной техники на снимках из космоса и полученных по материалам аэрофотосъемки⁴.

Оценивая представленные на рис. 10 изображения техники, можно сказать, что точно определить модель техники возможно по аэрофотоснимкам благодаря высокой разрешающей способности таких снимков. По космическим снимкам это сделать сложнее, при этом доступно установление факта присутствия машин определенного вида на строительной площадке.

Также актуальным является определение и контроль по аэро- и космическим снимкам строительных материалов на объекте (рис. 11 по материалам Терра-Тех Роскосмоса).

Применение тех или иных видов снимков для мониторинга строительства будет зависеть в большей

степени от требований к отображению мелких деталей на снимках, чем от требований к геометрической точности.

В книге С.А. Кадничанского «Аэрофотограмметрия и аэрофототопография» приведены сведения о техническом обеспечении аэрофотосъемки, методах и технологических процессах съемки, характеристики аэросъемочных камер, подходы к оценке точности материалов и разрешающей способности снимков, в том числе сведения, которые представлены в табл. 1: рекомендованные значения размера пикселя на местности для различных вариантов масштабов плана или карты [7].

Также на выбор параметров съемки будет влиять реальный размер объектов, которые мы планируем определять (идентифицировать и дешифровать) по снимкам, на местности.

В табл. 2 приведены варианты объектов, приведенные на рис. 5–11, б, ориентировочно указаны

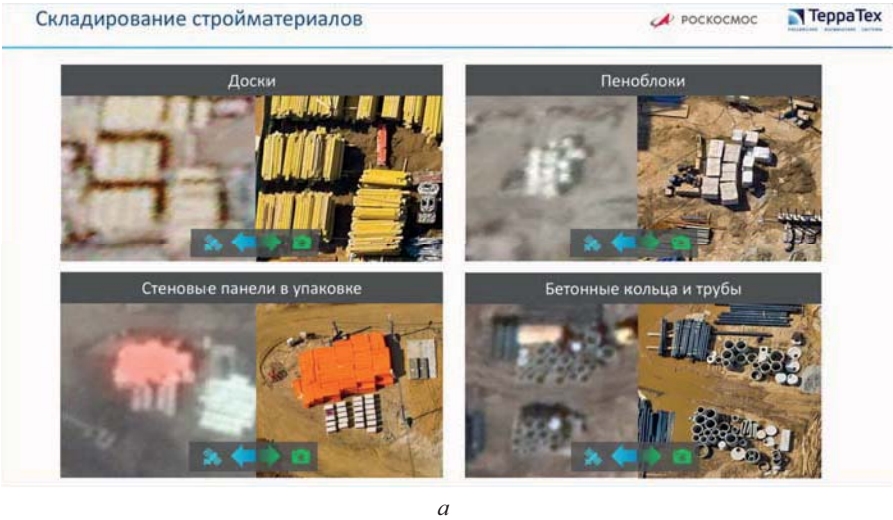


Рис. 11. Складирование стройматериалов: *a* — доски, пеноблоки, стеновые панели в упаковке и бетонные кольца и трубы; *b* — арматура, бетонные кольца, бетонные блоки, гидроизоляция

Табл. 1. Рекомендуемое номинальное пространственное разрешение аэрофотоснимков для построения топографического плана или карты

Масштаб топографического плана или карты	Рекомендуемый размер пикселя на местности (не более), см
1:500	6
1:1000	9
1:2000	20 (14 для территории городских населенных пунктов с многоэтажной и плотной застройкой)
1:5000	30
1:10 000	50
1:25 000	70

минимальные размеры объектов или элементов объектов, которые должны отображаться на снимках. Для этих вариантов показаны некоторые подходящие по параметрам снимки.

Дополнительно следует отметить, что тонкие протяженные объекты (например, арматура, доски, электропровода) будут раздельно различимы и лучше распознаваться на снимках, чем компактные объек-

Табл. 2. Варианты размеров объектов строительной площадки на местности

Объекты	Размер объектов и их элементов на местности (или ширина размытости границы объекта на местности), м	Снимки, на которых они будут отображаться раздельно
Стадии строительства		
Буровые и земляные работы (элементы рельефа, техника)	Техника (очертания, форма) — 1,00 м 0,50 м 0,30 м 0,10 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности. Космическая съемка с разрешением 0,30–0,50 м
Железобетонные сваи	0,20–3,00 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности. Космическая съемка с разрешением 0,30–0,50 м
Возведение этажей (стены), внутренняя и внешняя отделка	Для наружных стен в умеренных широтах стандартная толщина — 0,51 м (в 2 кирпича). В северных регионах — 0,64 м (в 2,5 кирпича). Для внутренних стен используется кладка толщиной от 0,25 до 0,38 м. Для межкомнатных, межквартирных и офисных стационарных перегородок — не меньше 0,12 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности. Космическая съемка с разрешением 0,30 м
Строительная техника		
Буровая машина, самосвал, кран, экскаватор (элементы техники, например колеса, фары, крылья)	0,10 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности
Строительные материалы		
Доски	Толщина 0,013–0,016 м — для обшивки; 0,020–0,025 м — для полов, перегородок; 0,040–0,050 м — для несущих конструкций, опалубки; до 0,075 мм — для особо нагруженных элементов	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности
Пеноблоки	Габариты 0,60 × 0,30 × 0,20 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности. Космическая съемка с разрешением 0,30 м
Арматура (прутковая)	Диаметр от 0,01 м и более	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности
Бетонные кольца	Диаметр от 0,70 до 2,50 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности. Космическая съемка с разрешением 0,30 м
Гидроизоляция (например, рулонные материалы, гидроизол)	Ширина — 1,00 м. Длина — 8,00, 10,00 или 15,00 м	Аэросъемка с разрешением 0,06–0,10 м на местности. Космическая съемка с разрешением 0,50 м

ты, например блоки при прочих равных по разрешению условиям.

Выбор параметров аэрофотосъемки может быть представлен следующей последовательностью действий, описанной в статье [11]:

«... 1. Рассчитывается максимальная допустимая высота фотографирования: $H_{\max} = \frac{p\delta h}{\delta(\Delta p)}$, где $H_{\max}$ — высота фотографирования; — среднее значение продольных параллаксов точек стереопары; δh — допустимая ошибка определения высот; $\delta(\Delta p)$ — ошибка определения разности продольных параллаксов.

2. Рассчитывается знаменатель масштаба съемки:

$m \leq \frac{\delta_{\text{пл}}}{\delta_{\text{сн}}} M$, где m — знаменатель масштаба снимка; $\delta_{\text{пл}}$ — допустимая погрешность определения положения точки на плане; $\delta_{\text{сн}}$ — погрешность измерения точки на снимке; M — знаменатель масштаба плана.

3. Корректируются вычисленные параметры с учетом требований к итоговой точности конкретной задачи в сфере строительства.

4. Вычисляется фокусное расстояние по формуле: $f = H/m$, где f — фокусное расстояние камеры».



Рис. 12. Примеры увеличенных фрагментов цифровых аэроснимков, полученных с беспилотного летательного аппарата, с отображенной на них техникой

Необходимо отметить, что существуют и другие возможные методики выбора параметров съемки.

Использование съемки с небольшой высоты для мониторинга строительных площадок становится все более актуальным. Применение такой аэросъемки позволяет получать высококачественные снимки земельных участков, отслеживать ход работ и оценивать прогресс в режиме реального времени.

Далее приведены данные по расчету разрешения на местности для съемки, полученной камерой SonyDSC-RX1R с БПЛА. На этих снимках достаточно четко отображалась строительная техника, границы земельных участков, здания, строительные материалы.

Рассчитаем масштаб аэроснимка (так как он будет на матрице цифрового фотоаппарата): формат (размеры) снимка для данной камеры составит 6000 pñx (36,0000 мм) на 4000 pñx (24,0000 мм).

Вычислим физический размер пикселя для каждой из сторон кадра снимка:

- $36 \text{ мм}/6000 \text{ pñx} = 0,006 \text{ мм} = 6 \text{ мкм}$;
- $24 \text{ мм}/4000 \text{ pñx} = 0,006 \text{ мм} = 6 \text{ мкм}$.

Знаменатель масштаба снимка определим по формуле: $1/m = f/H$.

- $m = 12\,687$;
- $f = 34 \text{ мм}$ — фокусное расстояние камеры;
- $H = 12\,683 \cdot 0,0340925 = 432,53 \text{ м}$ — высота съемки.

Разрешение на местности (размер минимального объекта, который будет отображаться на снимке) составит $pñx = 0,006 \text{ мм}$ — на снимке; $0,006 \text{ мм}$ на снимке составит на местности $0,006 \cdot 12\,687 = 76,122 \text{ мм}$.

Размер пикселя или разрешение на местности будет соответствовать $pñx = 7,6 \text{ см}$.

На рис. 12 приведены примеры изображения техники для описанного выше материала съемки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе рассмотренного выше материала и табл. 2 можно сделать вывод, что для мониторинга строительства оптимально применение аэросъемки с разрешением на местности от 0,06 до 0,10 м, также возможно применение космической съемки сверхвысокого разрешения от 0,30 м. Приведенные примеры показали, какие объекты будут различимы на снимках.

Использование аэросъемки для мониторинга строительных площадок более удобный вариант, потому что позволит проводить необходимое количество съемок с заданными интервалами времени с применением более простого съемочного оборудования, чем для аэрофотосъемки профессиональными аэрофотосъемочными камерами [8].

Планируется дальнейшая работа по данной теме с учетом полученных результатов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильинский Н.Д., Обиралов А.И., Фостиков А.А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков : учебник. М. : Недра, 1986. 375 с.
2. Малявский Б.К., Жарновский А.А. Аналитическая обработка фотограмметрической информации в целях инженерных изысканий. М. : Недра, 1984. 220 с.
3. Лобанов А.Н. Фотограмметрия : учебник. М. : Недра, 1984. 552 с.
4. Albertz J. Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft und Satellitenbildern. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2007. 250 p.
5. Ziemann H. Investigation of digital colour images // Enthalten in: Revue française de photogrammétrie et de télédétection. 2006. Vol. 183. Pp. 86–89.
6. Чибуничев А.Г. Фотограмметрия : учебник. М. : Издательство МИИГАиК, 2022. 328 с.
7. Кадничанский С.А. Аэрофотограмметрия и аэрофототопография. СПб. : Первый ИПХ, 2025. 444 с.
8. Кадничанский С.А. Комплексы аэрофототопографические ПАК Геоскан201, ПАК Геоскан701, ПАК ГеосканGemini — средства измерений // Геопрофи. 2024. № 1. С. 9–13.
9. Кадничанский С.А. Сравнительная оценка производительности цифровых аэросъемочных систем // Геопрофи. 2011. № 6. С. 18–24.
10. Kadnichansky S.A., Kurkov M.B., Kurkov V.M., Chibunichev A.G., Trubina L.K. Results of researches on photogrammetric calibration of the Sony CYBER-SHOT

DSC-RX1RM2 camera // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019. Vol. XLII-2/W18. Pp. 73–77. DOI: 10.5194/isprs-archives-xlii-2-w18-73-2019

11. Сутугина И.М., Садовский Б.С. О цифровой фотограмметрической обработке аэроснимков для решения задач строительной отрасли // Строительство и архитектура. 2023. Т. 11. № 4. С. 21 DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-4-21-21. EDN NWEQJA.

12. Сутугина И.М. О применении искусственного интеллекта и аэрокосмических снимков для решения государственных задач // Естественные и технические науки. 2025. № 3 (202). С. 21–26. EDN IJVGFB.

13. Арбузов С.А. Разработка методики автоматизированной обработки аэро- и космических снимков для мониторинга городских территорий : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2011. 23 с.

14. Зиборов М.М. Над строителями появится недреманное космическое око // Отраслевой журнал «Строительство». 2019. № 9. С. 50–52.

15. Торсунова О.Ф. Использование данных космической съемки сверхвысокого разрешения для решения задач территориального зонирования // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2018. Т. 23. № 2. С. 219–230. EDN XSDDFZ.

16. Щеглов М.А., Карелов А.И., Павловский А.А. Методика сбора и анализа разнородной геоинформации для решения задач строительного контроля на объектах строительства железных дорог // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2025. Т. 69. № 2. С. 23–34. DOI: 10.30533/GiA-2025-011. EDN NBYFJX.

17. Щеглов М.А., Карелов А.И., Майоров А.А., Павловский А.А. Мониторинг объектов строительства железнодорожной инфраструктуры с применением данных с беспилотных авиационных систем // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2025. Т. 67. № 5. С. 153–164. DOI: 10.30533/GiA-2023-069. EDN JZMDAD.

18. Плотникова М.А., Хлебникова Е.П. Мониторинг городской территории по материалам космических съемок // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2019. Т. 6. № 1. С. 86–93. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-1-86-93. EDN EEBCPZ.

19. Василенко Д.В., Пермяков Р.В. Классификация фотограмметрических облаков точек, полученных по стереопарам космических снимков в ЦФС PHOTOMOD, для решения градостроительных задач // Геодезия и картография. 2025. Т. 86. № 4. С. 40–47. DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-40-47. EDN AYTVHS.

Поступила в редакцию 10 марта 2026 г.

Принята в доработанном виде 11 апреля 2026 г.

Одобрена для публикации 4 мая 2026 г.

ОБ АВТОРЕ: **Ирина Михайловна Сутугина** — преподаватель кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SutuginIM@mgsu.ru.

INTRODUCTION

Aerial and satellite imagery can be used to monitor construction projects through digital photogrammetric processing. This topic falls within the field of information support for engineering surveys and construction. The relevance of this topic stems from the fact that not all the potential for implementing digital technologies, remote sensing methods and artificial intelligence has yet been realized in the construction sector. Images serve not only as a raster base for vector maps, but also as a data source aimed at spatial analysis and the development of models for management decision-making.

The use of aerospace survey data enables high-quality and reliable spatial information to be obtained remotely.

Current GOST standards^{1, 2} regulate the conduct of aerial photography and the use of unmanned aerial

systems (UAS) for surveying and exploration work in the construction industry.

GOST R 59328–2021 “Topographic Aerial Photography. Technical Requirements” regulates digital aerial photography carried out for the purpose of producing and updating topographic maps and plans, and for obtaining other spatial data. The standard sets out requirements for the scope of work involved in digital aerial photography, including the quality, presentation and delivery of the resulting materials. GOST applies to contractors and clients of digital aerial photography carried out for the purposes of topographic mapping and cadastral work, and is used during the acceptance of aerial photography materials. It contains requirements for aerial cameras (for example, the presence of a central shutter and the consistency of internal orientation parameters), as well as for survey parameters: it includes appendices with nominal values for the designed overlap of aerial photographs, tolerances for deviations when assessing the photogrammetric quality of materials, and so on. The aim of the standard is to provide technical regulation of the processes involved in the design and implementation of topographic aerial pho-

¹ GOST R 59328–2021. Topographic aerial photography. Technical requirements. 2021.

² GOST R 71886–2024. Unmanned aerial vehicle systems in the construction industry, used for surveying work. 2025.

tography, and to establish requirements for equipment, the quality of the resulting data, their completeness and presentation.

The standard was developed by FSUE “STANDART-INFORM”, FSBI “Centre for Geodesy, Cartography and Spatial Data Infrastructure” and Geoscan LLC, with the participation of Technical Committee for Standardization TC 404 “Geodesy and Cartography”.

The standard was developed by JSC “Research Centre of Construction” jointly with the A.A. Gvozdev Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete, with the participation of more than 30 specialized organizations within the framework of Technical Committee for Standardization TC 465 “Construction”. The standard came into effect on February 1, 2026, with the right of early application.

Classical approaches to the photogrammetric processing of aerial and satellite imagery, and the application of such imagery in various sectors of the economy, are described by the Russian authors N.D. Ilyinsky, A.N. Lobanov, B.K. Malyavsky, A.I. Obiralov and A.A. Fostikov [1–3].

Foreign publications contain material on the acquisition and digital processing of remote sensing data (authors: J. Albertz [4], H. Ziemann [5]).

Among the authoritative sources in the literature, it is worth noting the books and articles by authors such as A.G. Chibunichev [6] and S.A. Kadnichansky et al. [7–10].

A.G. Chibunichev’s book “Photogrammetry: A Textbook for Universities” [6] presents current approaches to the theory and practice of image acquisition and processing in a modern yet classical style. It examines issues relating to projective photogrammetry and the automation of photogrammetric measurements carried out using digital images, the creation of digital models of terrain and topography as well as orthophotos, aerial and ground-based laser scanning, photogrammetric methods for processing images obtained by scanning survey systems, aerial phototopographic surveying technology, as well as issues relating to ground-based photogrammetry [6].

In S.A. Kadnichansky’s monograph “Aerial Photogrammetry and Aerial Phototopography” [7], approaches to digital photogrammetric processing are examined from the perspective of image accuracy and detail; information is provided on modern surveying systems and the assessment of the accuracy of measurements derived from such images, along with algorithms for solving certain problems. Furthermore, [7] examines the theory of image processing, as well as the features, properties and characteristics of digital aerial photographs. It outlines the methods and technological processes involved in aerial phototopographic surveying, including work on the compilation of the original topographic map and plan. The results of various experimental studies presented in [7] can be used to plan and optimize techniques for extracting information

from aerial photographs, and to select parameters for information processing and equipment.

A number of papers have been published on the subject of construction monitoring^{3, 4, 5}. The materials and research cited in the presentation by TerraTech JSC were utilized in the development of the “Sroy-Kontrol” module for Roscosmos’s “Digital Earth” platform.

The research by B.S. Sadovsky and I.M. Sutugina [11, 12], as well as that by M.M. Zibrov [13, 14], is devoted to the application of aerial and satellite imagery and artificial intelligence in construction.

S.A. Arbuzov has developed a methodology for the combined use of brightness, spatial and geometric features for the automated interpretation of aerial and satellite imagery, which makes it possible to improve the accuracy of identifying changes in built-up areas, including determining building heights, as well as monitoring the progress of construction [13].

The use of ultra-high-resolution satellite imagery for land-use zoning is discussed in the work by O.F. Torsunova [15].

Articles by M.A. Shecheglov, A.I. Karelov, A.A. Mayorov and A.A. Pavlovsky present methods for applying GIS technologies to construction supervision using aerial and satellite survey data, and for monitoring railway infrastructure construction projects using information from the BAS [16, 17].

M.A. Plotnikova and E.P. Khlebnikova investigate methods for identifying changes within urban areas associated with the construction of new facilities, renovation and reconstruction, using remote sensing data. The study analyses algorithms for the automated detection of changes using multi-temporal satellite imagery in the ERDAS IMAGINE 2010 software. It identifies the factors that must be taken into account when monitoring urban areas [18].

An article by R.V. Permyakov [19] is devoted to the processing of aerial and satellite imagery for urban planning purposes (the classification of photogrammetric point clouds derived from stereo pairs of satellite images) using the Photomod software suite.

Overall, having analyzed the available information, it can be concluded that the topic of construction monitoring using aerial and satellite imagery is a topical one; there are a number of studies which have analyzed

³ Replacing surveyors and security guards: how drones are used in construction. *Geoscan*. 2022. URL: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/vmesto-geodezista-i-okhrannika-kak-bplaispolzuyutsya-v-stroitelstve?ysclid=mm2xi4xy4d319006035>

⁴ Presentation by TerraTech JSC. Satellite monitoring of construction works. 2026. URL: <https://terratech.ru/solutions/construction/?ysclid=mm3gx2272u4091267>

⁵ A study into the potential use of satellite imagery and drone data for monitoring the progress of construction works. 2025. URL: https://gisproxima.ru/izuchenie_vozmozhnostey?ysclid=mm2xr82yv899424591

the potential applications of aerial and satellite imagery in the construction sector, but it can also be concluded that not all aspects of this issue have yet been explored, and further research is required.

MATERIALS AND METHODS

In order to analyze the representation of construction sites, construction machinery and building materials in digital images, data obtained from Yandex’s search and information mapping service, Yandex Maps, was utilized. Data for the city of Moscow was used: sections of satellite imagery and aerial photography data, combined into a single map coverage of the area. For the analysis, a search was carried out for coverage fragments within the boundaries of construction sites located in Moscow. A study containing examples of aerial and

satellite imagery obtained by various surveying systems used in Germany was also analyzed⁶.

In conducting this study to obtain scientific results, general scientific methods of inquiry were applied: abstraction, analysis, synthesis, grouping, analogy, induction and deduction; as well as modelling and the historical-logical, comparative and systems approaches. The methods used to collect, process and analyse information were determined by the specific objectives of the study.

RESEARCH RESULTS

At present, data from a number of Russian and foreign satellites is available for monitoring construc-

⁶ Flying Camera. Learning from the Bird’s Eye View Geography in Aerial and Satellite Pictures. *DoersdorfGermany*. 2026; 25.



Fig. 1. Extract from a satellite image: *a* — Resurs-P (Russian state satellite), spatial resolution — 0.7 m; frame width — 38 km; *b* — Kanopus-V, ground resolution — 2.5 m



Fig. 2. A constellation of Russian state-owned Kanopus-B satellites with a spatial resolution of 2.5 metres per pixel



Fig. 3. The Russian commercial STILSAT satellite, with a spatial resolution of 0.5 metres per pixel. The satellite is operated by the private space company STILSPACE



Fig. 4. A section of a Chinese Jilin-1 satellite image (EarthScanner) with a ground resolution of 0.5 m per pixel and a frame width of 150 km

tion activities. Furthermore, in 2025, Russia launched 28 satellites for various purposes. According to R. Peryamkov's PAPER "Results of Earth Observation Satellite Launches and Industry Trends in 2025": "Roscosmos plans to launch the Elektro-L No. 5 high-orbit hydro-meteorological satellite have been postponed until 2026. Among private companies, in 2026, the Sputnicks Group plans to launch the Kinosputnik satellite with a resolution of 0.8 m/pixel, whilst the consortium comprising MT-LAB LLC and Stilsoft plans to launch the KOEN satellite with a resolution of 0.5 m/pixel. Furthermore, it is expected that in 2026, 5 billion roubles from the federal fund will be allocated to government customers for the procurement of Earth observation data from private and state-owned satellite companies⁷".

Satellite imagery from the "Resurs-P" satellites, which provide highly detailed imagery of the terrain, is well suited for monitoring construction in terms of resolution and information content, as is data from the high-resolution "Kanopus-V" and "Aist-2T" satellites for stereo imaging and the production of digital topographic maps.

Fig. 1–4 show examples of sections of satellite imagery (optical imagery) from satellites, which can be ordered via the website of TerraTech JSC, a provider of Russian space systems⁸.

To obtain automated expert analytics on construction sites for specific projects, you can use the "Digital Earth" cloud service, specifically the "Construction Monitoring" module. This service provides information on the status of specific sites specified by their coordinates, as well as analytics derived from satellite and aer-

ial imagery. The georeferencing accuracy of the data is 10 metres.

Construction monitoring can also be carried out within organizations using remote sensing data without relying on the service, by employing specialized equipment, software and survey data.

Satellite monitoring of construction works may include the following activities: determining the stages of construction; identifying machinery operating on the construction site; monitoring quarries; monitoring the volume of earthworks, landscaping and the progress of construction; and monitoring the level of activity on site.

Fig. 5–9 show examples of how the above-mentioned processes are depicted in imagery obtained from the "Satellite" tab on Yandex Maps. Yandex Maps indicated that the imagery was obtained in 2024 from aerial photography of the Moscow area.

Yandex Maps cannot be used as a tool for monitoring construction, as it is not possible to obtain information on the date the images were taken or the exact parameters of the survey, nor are there any images taken at regular intervals to monitor the progress of construction. However, the tool is suitable for addressing certain research objectives.

Fig. 10 and 11 allow a comparison of the depiction of construction machinery in satellite imagery and in imagery obtained from aerial photography⁴.

Judging by the images of machinery shown in Fig. 10, it is possible to identify the exact model of the machinery from aerial photographs, thanks to the high resolution of such images. This is more difficult to do using satellite imagery; however, it is possible to establish the presence of specific types of machinery on the construction site.

It is also important to identify and monitor construction materials at the site using aerial and satellite imagery (Fig. 11, based on data from Roscosmos, TerraTech).

The choice of specific types of aerial photographs for construction monitoring will depend to a greater ex-

⁷ Permyakov R.V. *Results of Earth Observation Satellite Launches and Industry Trends in 2025*. 2025. URL: <https://racurs.ru/press-center/articles/obshchie-voprosy/itogi-zapuskov-kosmicheskikh-apparatov-dzz-i-tendentsii-otrasli-v-2025-godu-/?ysclid=mm3fb0tg1a745825371>

⁸ Optical survey. URL: <https://terratech.ru/data/optika/>

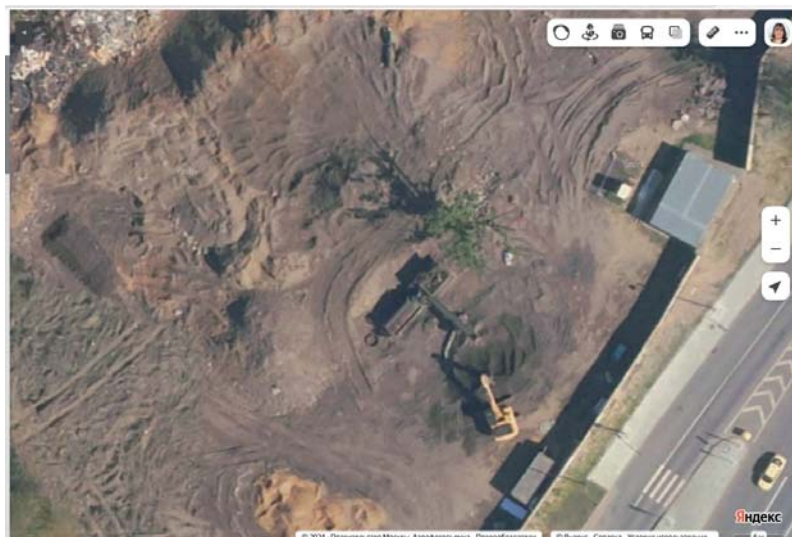


Fig. 5. Drilling and earthworks



Fig. 6. Piles



Fig. 7. Construction of storeys



Fig. 8. Interior and exterior finishes, landscaping

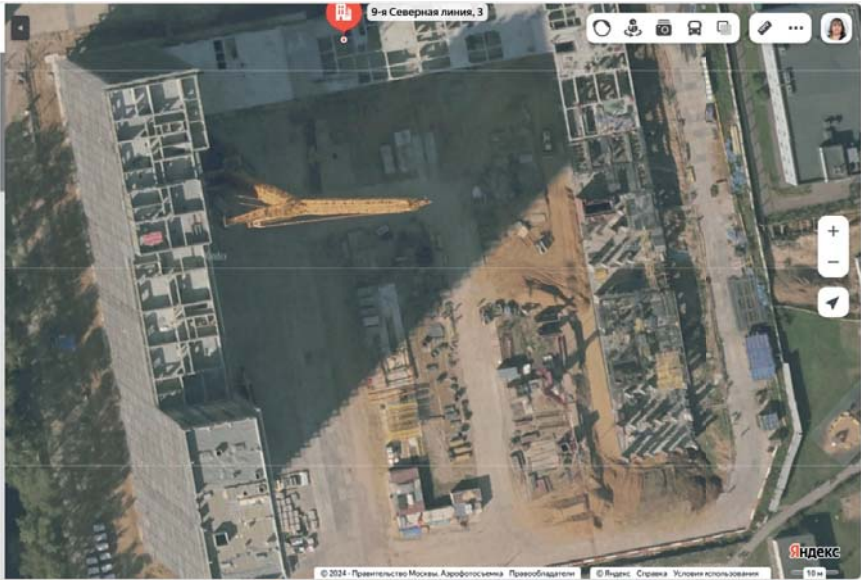
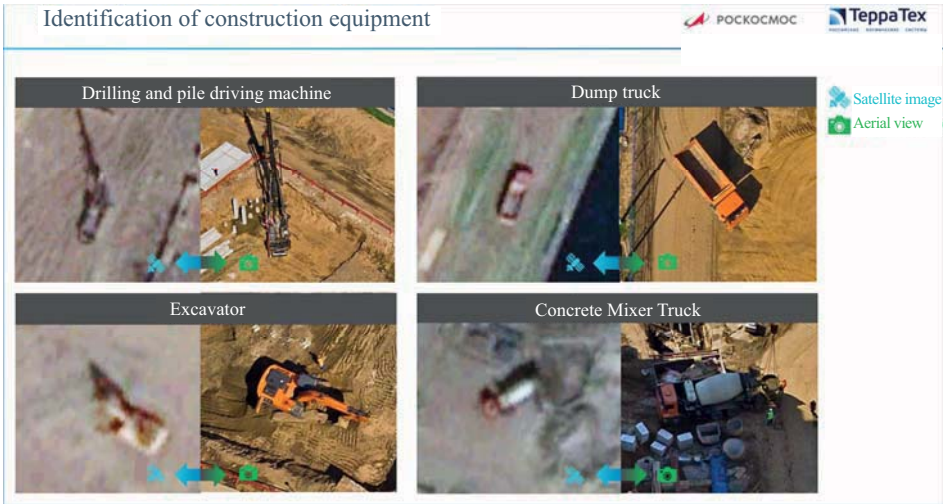
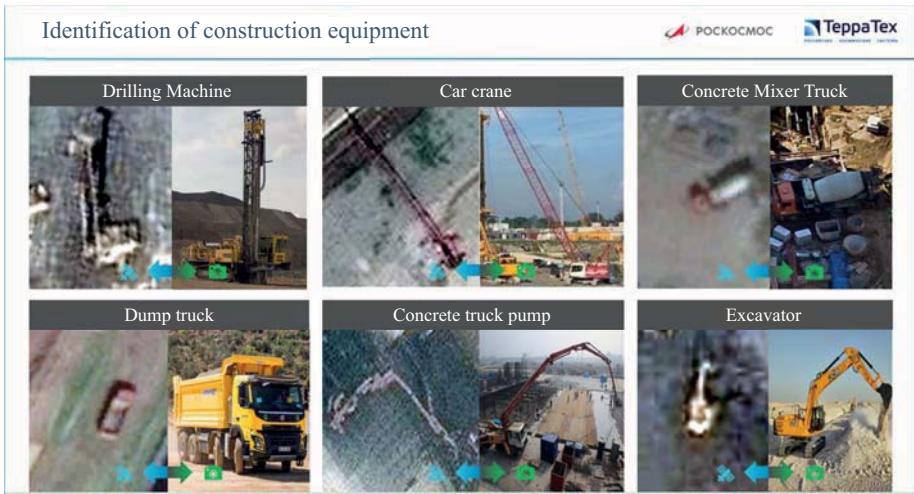


Fig. 9. Identification of operational machinery — a crane



a



b

Fig. 10. Identification of construction machinery in satellite and aerial photographs (a); identification of construction machinery in satellite images compared with ground-based photography (b)

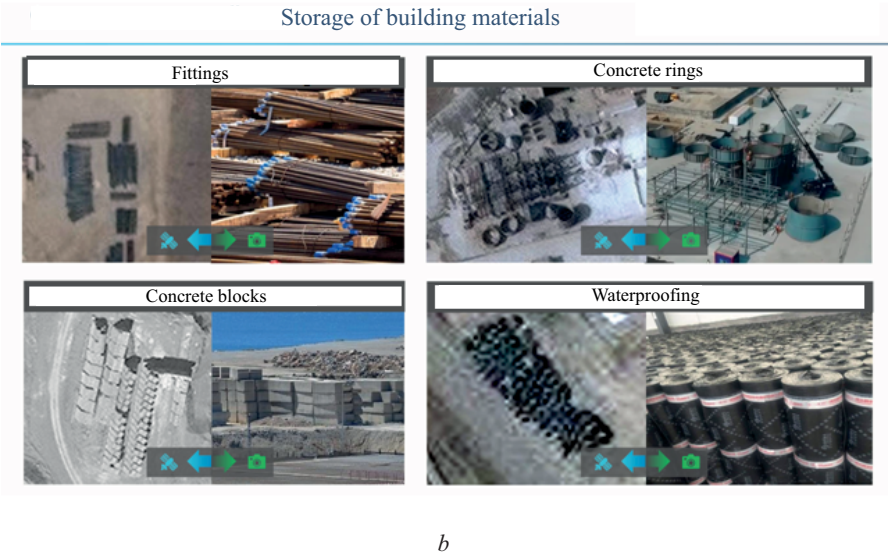
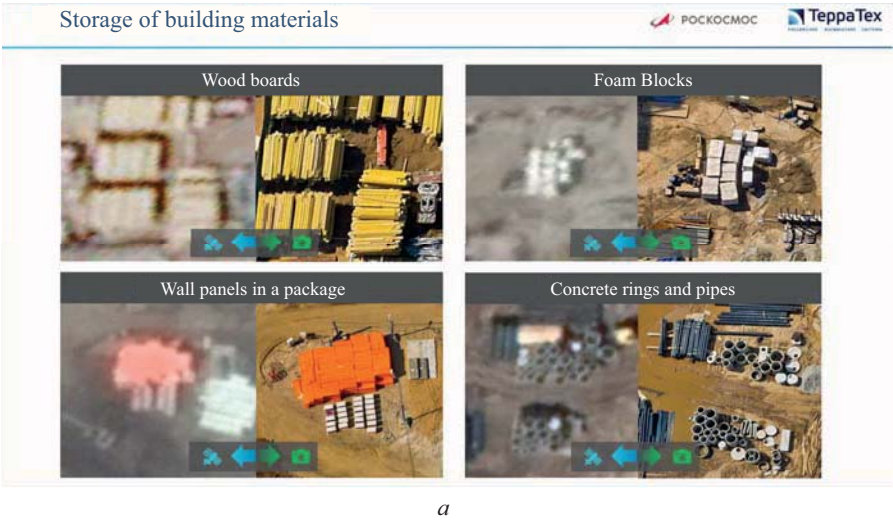


Fig. 11. Storage of building materials: *a* — planks, foam blocks, wall panels in packaging, and concrete rings and pipes; *b* — reinforcing bars, concrete rings, concrete blocks, and waterproofing

tent on the requirements for the representation of fine details in the photographs than on the requirements for geometric accuracy.

The book by S.A. Kadnichansky’s book “Aerial Photogrammetry and Aerial Phototopography” provides information on the technical aspects of aerial photography, surveying methods and processes, the characteristics of aerial cameras, and approaches to assessing the accuracy of data and the resolution of images, including the information presented in Table 1: recommended values for ground-level pixel size for various map or plan scales [7].

The choice of imaging parameters will also be influenced by the actual size of the objects we intend to identify (and interpret) from the images, as they appear on the ground.

Table 2 lists the types of features shown in Fig. 5–11, *b*, and provides approximate minimum sizes for the features or feature elements that should be visible in the images.

For these types, some images with suitable parameters are shown.

It should also be noted that thin, elongated objects (such as reinforcement bars, planks and electrical cables) will be distinguishable as separate entities and will be more easily recognized in images than compact objects, such as blocks, all other things being equal in terms of resolution.

The selection of aerial photography parameters can be illustrated by the following sequence of steps, as described in [17]:

“... 1. The maximum permissible height for photography is calculated as: $H_{\max} = \frac{p\delta h}{\delta(\Delta p)}$, where $H_{\max}$ is the height at which the photograph is taken; p is the mean value of the longitudinal parallaxes of the points in the stereo pair; δh is the permissible error in height deter-

Table 1. Recommended nominal spatial resolution of aerial photographs for the production of a topographic plan or map

The scale of a topographical plan or map	Recommended pixel size on the ground (maximum), cm
1:500	6
1:1000	9
1:2000	20 (14 for urban areas with high-rise and high-density development)
1:5000	30
1:10 000	50
1:25 000	70

Table 2. Dimensions of construction site structures on site

Objects	Size of objects and their elements on the ground (or width of the blurred object boundary on the ground), m	Imagery on which they will be displayed separately
<i>Construction stages</i>		
Drilling and earthworks (terrain elements, equipment)	Equipment (outlines, shape) — 1.00 m 0.50 m 0.30 m 0.10 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m. Satellite imagery with a resolution of 0.30–0.50 m
Reinforced concrete piles	0.20–3.00 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m. Satellite imagery with a resolution of 0.30–0.50 m
Floor construction (walls), interior and exterior finishing	For external walls in temperate latitudes, the standard thickness is 0.51 m (2-brick wall). In northern regions, 0.64 m (2.5-brick wall). For internal walls, masonry with a thickness of 0.25–0.38 m is used. For interior, inter-apartment, and office permanent partitions — not less than 0.12 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m. Satellite imagery with a resolution of 0.30 m
<i>Construction equipment</i>		
Drilling rig, dump truck, crane, excavator (equipment elements such as wheels, headlights, fenders)	0.10 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m
<i>Construction materials</i>		
Boards	Thickness 0.013–0.016 m — for sheathing 0.020–0.025 m — for floors and partitions; 0.040–0.050 m — for load-bearing structures and formwork up; to 0.075 m — for heavily loaded elements	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m
Foam concrete blocks	Dimensions 0.60 × 0.30 × 0.20 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m. Satellite imagery with a resolution of 0.30 m
Reinforcing bars	Diameter from 0.01 m and above	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m
Concrete rings	Diameter from 0.70 to 2.50 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m. Satellite imagery with a resolution of 0.30 m
Waterproofing materials (e.g., roll materials, hydroisol)	Width — 1.00 m. Length — 8.00, 10.00 or 15.00 m	Aerial imagery with a ground resolution of 0.06–0.10 m. Satellite imagery with a resolution of 0.50 m



Fig. 12. Examples of enlarged sections of digital aerial photographs taken by an unmanned aerial vehicle, showing the equipment

mination; $\delta(\Delta p)$ is the error in determining the difference in longitudinal parallaxes.

2. The denominator of the survey scale is calculated as follows: $m \leq \frac{\delta_{pl}}{\delta_{ph}} M$, where m is the denominator of the photograph scale; δ_{pl} is the permissible error in determining the position of a point on the plan; δ_{ph} is the error in measuring a point on the photograph; M is the denominator of the plan scale.

3. The calculated parameters are adjusted to take account of the final accuracy requirements for a specific construction project.

4. The focal length is calculated using the formula: $f = H/m$, where f is the camera's focal length".

It should be noted that there are other possible methods for selecting imaging parameters.

The use of unmanned aerial vehicles (UAV) for monitoring construction sites is becoming increasingly common. The use of UAV enables high-quality images of land plots to be captured, work progress to be tracked, and progress to be assessed in real time.

Below are details on calculating the ground resolution for imagery captured by a Sony DSC-RX1R camera mounted on a UAV. These images clearly showed construction machinery, plot boundaries, buildings and building materials.

Let's work out the scale of the aerial photograph (as it will be captured on a digital camera's sensor): the image format (dimensions) for this camera will be 6,000 pixels (36.0000 mm) by 4,000 pixels (24.0000 mm).

Let's work out the physical size of a pixel for each side of the image frame:

- $36 \text{ mm}/6,000 \text{ pixels} = 0.006 \text{ mm} = 6 \text{ }\mu\text{m}$;

- $24 \text{ mm}/4,000 \text{ pixels} = 0.006 \text{ mm} = 6 \text{ }\mu\text{m}$.

We shall determine the denominator of the image scale using the formula: $1/m = f/H$.

- $m = 12,687$;
- $f = 34 \text{ mm}$ — the camera's focal length;
- $H = 12,683 \cdot 0.0340925 = 432.53 \text{ m}$ —

the shooting height.

The ground resolution (the size of the smallest object that will be visible in the image) will be $\text{pix} = 0.006 \text{ mm}$ — in the image; 0.006 mm in the image corresponds to $0.006 \cdot 12,687 = 76.122 \text{ mm}$ on the ground.

The pixel size, or ground resolution, will correspond to $\text{pix} = 7.6 \text{ cm}$.

Fig. 12 shows examples of images of machinery for the survey material described above.

CONCLUSION AND DISCUSSION

Based on the material discussed above and Table 2, it can be concluded that, for monitoring construction, the optimal approach is to use aerial photography from aeroplanes and UAV with a ground resolution of between 0.06 and 0.10 m ; it is also possible to use ultra-high-resolution satellite imagery with a resolution of 0.30 m . The examples given have shown which features will be distinguishable in the images.

The use of UAV for monitoring construction sites is a more convenient option, as it allows the required number of surveys to be carried out at specified time intervals using simpler surveying equipment than that required for aerial photography with professional aerial cameras [8].

Further work on this topic is planned, taking into account the results obtained.

REFERENCES

1. Ilyinsky N.D., Obiralov A.I., Fostikov A.A. *Photogrammetry and image decoding : textbook*. Moscow, Nedra, 1986; 375. (rus.).
2. Malyavsky B.K., Zharnovsky A.A. *Analytical processing of photogrammetric information for the purposes of engineering surveys*. Moscow, Nedra, 1984; 220. (rus.).

3. Lobanov A.N. *Photogrammetry : textbook*. Moscow, Nedra, 1984; 552. (rus.).
4. Albertz J. Einführung in die Fernerkundung. *Grundlagen der Interpretation von Luft und Satellitenbildern*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2007; 250.
5. Ziemann H. Investigation of digital colour images. *Enthalten in: Revue française de photogrammétrie et de télédétection*. 2006; 183:86-89.
6. Chibunichev A.G. *Photogrammetry : textbook*. Moscow, Publishing House MIIGAiK, 2022; 328. (rus.).
7. Kadnichansky S.A. *Aerophotogrammetry and aerophotopography*. St. Petersburg, First IPKH, 2025; 444. (rus.).
8. Kadnichansky S.A. Aerial phototopographic complexes PAK Geoscan201, PAK Geoscan701, PAK GeoscanGemini — measuring instruments. *Geoprofi*. 2024; 1:9-13. (rus.).
9. Kadnichansky S.A. Comparative assessment of the performance of digital aerial photography systems. *Geoprofi*. 2011; 6:18-24. (rus.).
10. Kadnichansky S.A., Kurkov M.B., Kurkov V.M., Chibunichev A.G., Trubina L.K. Results of researches on photogrammetric calibration of the Sony CYBERSHOT DSC-RX1RM2 camera. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2019; XLII-2/W18:73-77. DOI: 10.5194/isprs-archives-xxlii-2-w18-73-2019
11. Sutugina I., Sadovskiy B. Regarding digital photogrammetric processing of aerial photos to create solutions for the construction industry. *Construction and Architecture*. 2023; 11(4):21. DOI: 10.29039/2308-0191-2023-11-4-21-21. EDN NWEQJA. (rus.).
12. Sutugina I.M. On the use of artificial intelligence and aerospace imagery to solve government problems. *Natural and Technical Sciences*. 2025; 3(202):21-26. EDN IJVGILB. (rus.).
13. Arbuzov S.A. *Development of a methodology for automated processing of aerial and satellite images for monitoring urban areas : abstract of a diss. ... cand. of technical sciences*. Novosibirsk, 2011; 23. (rus.).
14. Ziborov M. An unsleeping cosmic eye will appear above the builders. *Branch journal "Construction"*. 2019; 9:50-52. (rus.).
15. Torsunova O.F. Use of aerial superresolution survey data for solving the tasks of territorial zoning. *Vestnik SGUGiT*. 2018; 23(2):219-230. EDN XSDDFZ. (rus.).
16. Scheglov M.A., Karelov A.I., Pavlovsky A.A. The methodology of collecting and analyzing heterogeneous geoinformation for solving problems of construction control at railway construction sites. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025; 69(2):23-34. DOI: 10.30533/GiA-2025-011. EDN NBYFJX. (rus.).
17. Scheglov M.A., Karelov A.I., Maiorov A.A., Pavlovsky A.A. Monitoring of railway infrastructure construction facilities using data from unmanned aircraft systems. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025; 67(5):153-164. DOI: 10.30533/GiA-2023-069. EDN IJZMDAD. (rus.).
18. Plotnikova M.A., Khlebnikova E.P. Monitoring of urban area with satellite imagery. *Interexpo GEO-Siberia*. 2019; 6(1):86-93. DOI: 10.33764/2618-981X-2019-6-1-86-93. EDN EEBPZ. (rus.).
19. Vasilenko D.V., Permyakov R.V. Classification of photogrammetric point clouds obtained from stereo pairs of satellite images with photomod dps for solving urban planning tasks. *Geodesy and Cartography*. 2025; 86(4): 40-47. DOI: 10.22389/0016-7126-2025-1018-4-40-47. EDN AYTIVHS. (rus.).

Received March 10, 2026.

Adopted in revised form on April 11, 2026.

Approved for publication on May 4, 2026.

B I O N O T E S : **Irina M. Sutugina** — lecturer at the Department of Information Systems, Technologies, and Automation in Construction; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SutuginaIM@mgsu.ru.