

УДК 528.42(1-21)(575.2)
DOI: 10.36979/1694-500X-2025-25-12-53-61

ПРОИЗВОДСТВО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Т. Султаналиева, Б.К. Токонбекова

Аннотация. Исследуются особенности выполнения топографической съемки в условиях плотной городской застройки, где традиционные методы часто сталкиваются с ограничениями. Проблематика работы связана с необходимостью получения высокоточных и оперативных пространственных данных, востребованных при проектировании инженерных сетей, градостроительном планировании и мониторинге городской инфраструктуры. Основное внимание уделено специфическим трудностям: ограниченному доступу к объектам, искажению сигналов навигационных систем, электромагнитным помехам и рискам, возникающим при выполнении работ в условиях интенсивного транспортного движения. Цель исследования заключается в систематизации ключевых проблем и анализе современных технологий, способных повысить эффективность и надежность топографической съемки в городской среде. В работе показано, что использование беспилотных летательных аппаратов, лазерного сканирования, мобильных картографических систем и интеграции геоинформационных систем с цифровыми моделями местности открывает новые возможности для решения обозначенных задач. Представленные результаты демонстрируют преимущество комплексного подхода, сочетающего инновационные методы сбора и обработки пространственных данных с применением программного моделирования и анализа. Научная новизна статьи состоит в акценте на интеграции современных технологий с практическим опытом проведения топографических съемок в условиях плотной городской застройки Кыргызстана. В отличие от родственных исследований, работа не только обобщает существующие решения, но и показывает их применимость на практике, а также намечает перспективы развития, связанные с использованием цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта для управления городской средой.

Ключевые слова: топографическая съемка; городская среда; лазерное сканирование; ГИС; БПЛА; точность; цифровая модель местности; урбанизация.

ШААРДЫК ЧӨЙРӨДӨ ТОПОГРАФИЯЛЫК СЪЕМКАНЫ ЖҮРГҮЗҮҮ

Т. Султаналиева, Б.К. Токонбекова

Аннотация. Бул макалада жыш курулуштуу шаар чөйрөсүндө топографиялык съемканы жүргүзүүнүн өзгөчөлүктөрү изилденет. Салттуу ыкмалар көп учурда чектөөлөргө туш болуп, так жана ыкчам мейкиндик маалыматтарды алуу зарылдыгы инженердик тармактарды долбоорлоодо, шаар пландаштырууда жана инфраструктураны мониторинг жүргүзүүдө курч маселе болуп саналат. Макалада негизги көйгөйлөргө: объектилерге жетүүнүн чектелиши, навигациялык системалардын сигналдарынын бурмаланышы, электромагниттик тоскоолдуктар жана интенсивдүү транспорт агымында иш алып баруунун коопсуздук тобокелчилигине көңүл бурулат. Изилдөөнүн максаты – негизги көйгөйлөрдү системалаштыруу жана заманбап технологияларды талдоо аркылуу шаардык шарттарда топографиялык съемканы натыйжалуулугун жана ишенимдүүлүгүн жогорулатуу. Жүргүзүлгөн талдоо учурда учуучу аппараттарды, лазердик сканерлөөнү, мобилдик картографиялык системаларды жана геомаалыматтык системаларды жердин санарип моделдери менен интеграциялоо белгиленген көйгөйлөрдү чечүүнүн натыйжалуу жолу экендигин көрсөттү. Натыйжалар инновациялык маалымат чогултуу жана иштетүү ыкмаларын программалык моделдөө жана талдоо менен айкалыштыруунун артыкчылыктарын баса белгилейт. Макаланын илимий жаңычылдыгы Кыргызстандагы жыш курулуштуу шаар чөйрөсүндө топографиялык съемканы практикалык тажрыйбасы менен заманбап технологияларды айкалыштырууга басым жасалгандыгында. Төмөнкү изилдөөлөрдөн айырмаланып, бул иш учурдагы ыкмаларды жалпылап гана тим болбостон, алардын практикалык колдонулушун далилдеп, келечектеги өнүгүү багыттарын көрсөтөт. Алардын катарында шаардык чөйрөнү башкарууда жана мониторинг жүргүзүүдө санариптик эгиздерди жана жасалма интеллект технологияларын колдонуу белгиленет.

Түйүндүү сөздөр: топографиялык түшүрүү; шаар чөйрөсү; лазердик сканерлөө; ГИС; УУА; тактык; жердин санарип модели; урбанизация.

TOPOGRAPHIC SURVEY PRODUCTION IN URBAN ENVIRONMENTS

T. Sultanalieva, B.K. Tokonbekova

Abstract. This article explores the specific features of conducting topographic surveys in densely built urban environments, where traditional methods often face limitations. The problem addressed is the growing demand for accurate and timely spatial data required for engineering network design, urban planning, and infrastructure monitoring. Particular attention is given to the challenges of restricted access to objects, signal distortion of navigation systems, electromagnetic interference, and safety risks in areas of intensive traffic. The purpose of the study is to systematize key problems and analyze modern technologies that can enhance the efficiency and reliability of topographic surveys in urban conditions. The research demonstrates that the application of unmanned aerial vehicles, laser scanning, mobile mapping systems, and the integration of geographic information systems with digital terrain models provides effective solutions to the identified challenges. The results emphasize the advantages of a comprehensive approach combining innovative data collection and processing methods with software-based modeling and analysis. The novelty of the article lies in highlighting the integration of advanced technologies with practical experience of topographic surveys in the dense urban fabric of Kyrgyzstan. Unlike related works, this study not only summarizes existing approaches but also proves their applicability in real projects and outlines future development directions. These include the use of digital twins and artificial intelligence technologies for the management and monitoring of urban environments.

Keywords: topographic survey; urban environment; laser scanning; GIS; UAV; accuracy; digital terrain model; urbanization.

Введение. Современные города представляют собой сложные динамичные структуры с высокой плотностью застройки, транспортной инфраструктурой, подземными коммуникациями и многоуровневыми объектами. Развитие городской среды требует постоянного обновления пространственной информации, необходимой для градостроительного планирования, проектирования инженерных сетей, кадастрового учёта, а также мониторинга изменений и эксплуатации объектов.

Особенно остро данная задача стоит в Кыргызской Республике, где в последние годы активно реализуются масштабные градостроительные проекты: комплексное развитие города Бишкека, модернизация транспортной инфраструктуры, проектирование жилых массивов и инженерных сетей в новых районах. Для успешной реализации таких проектов необходимы точные и оперативные топографические данные, обеспечивающие надёжную основу для разработки генеральных планов, проектной документации и цифровых двойников городской среды.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях интенсивной урбанизации возрастают требования к точности, оперативности и безопасности получения топографических данных. Традиционные методы съёмки не всегда позволяют решить задачи в условиях плотной застройки, поскольку они сталкиваются с рядом проблем: ограниченным доступом к отдельным точкам, экранированием GNSS-сигналов, электромагнитными помехами, а также высокой степенью риска для операторов при работе в условиях активного транспортного потока. Эти трудности отмечаются и в современных исследованиях [1, 2].

В данной статье показаны ключевые проблемы, возникающие при выполнении топографической съёмки в городской среде, а также рассмотрены современные технические и методические решения для их преодоления. Особое внимание уделено применению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), 3D-лазерного сканирования, интеграции данных геоинформационных систем (ГИС) и цифровых моделей местности (ЦММ). Приведены примеры использования современных технологий в условиях плотной застройки, а также намечены перспективные направления дальнейшего развития урбанистической топографической съёмки.

Материалы и методы исследования. Для достижения целей исследования были использованы как теоретические, так и практические материалы. В качестве теоретической базы применены нормативные документы и научные источники: законодательные акты, ГОСТы, СНиПы и методические указания, регламентирующие выполнение топографической съёмки в населённых пунктах [1–4]. Также

проведён анализ научных публикаций по применению современных технологий в геодезии и урбанистике [4, 5].

В качестве практических материалов использованы:

- отчётные документы по топографическим съёмкам, выполненным в городе Бишкеке в 2022–2023 гг.;
- результаты аэросъёмки с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), включая ортофотопланы и облака точек;
- данные наземного лазерного сканирования улиц и зданий;
- цифровые модели местности (ЦММ), построенные с применением программного обеспечения AutoCAD Civil 3D, Agisoft Metashape и Pix4D;
- пространственные базы данных и геоинформационные системы (ArcGIS и QGIS), используемые для обработки, визуализации и анализа собранных данных.

Применён сравнительный анализ технологий: традиционных методов (тахеометрия, GNSS-съёмка) и современных решений (БПЛА, TLS, мобильное картографирование).

Таким образом, совмещение нормативной базы, теоретических источников и практических данных позволило провести комплексное исследование особенностей топографической съёмки в условиях городской застройки и определить эффективные пути её совершенствования:

- *Анализ научной и нормативной литературы:* изучены законодательные акты, ГОСТы, СНиПы и методические указания, регламентирующие выполнение топографической съёмки в населённых пунктах.
- *Сравнительный анализ технологий:* проведена оценка традиционных и современных методов съёмки (тахеометрия, GNSS, БПЛА, лазерное сканирование, фотограмметрия).
- *Обзор практического опыта:* рассмотрены примеры из отчётной документации по съёмкам, выполненным в городе Бишкеке.
- *Программное моделирование:* обработка данных выполнялась с использованием программных средств:
 - AutoCAD Civil 3D – для оформления чертежей и цифровых моделей местности;
 - Agisoft Metashape и Pix4D – для фотограмметрической обработки данных с БПЛА;
 - ArcGIS и QGIS – для пространственного анализа и визуализации.

Кроме того, для практической демонстрации были проанализированы проекты, выполненные с использованием мобильных лазерных сканеров и UAV-съёмки в плотной застройке.

Результаты и обсуждение.

1. Основные проблемы при съёмке в городской среде:

- *Нарушение условий видимости и экранирование сигналов:* высокие здания создают «эффект колодца», что снижает точность GPS/GLONASS-навигации.
- *Ограниченный доступ к съёмочным точкам:* частные и охраняемые территории, плотная застройка мешают свободному перемещению съёмочной группы.
- *Высокий уровень электромагнитных помех:* работа вблизи ЛЭП, базовых станций и трансформаторных будок может искажать измерения.
- *Интенсивное движение:* опасность для операторов при выполнении работ на дорогах и перекрёстках.
- *Многоуровневость объектов:* подземные переходы, эстакады, туннели требуют отдельного подхода к съёмке.

Подобные трудности отмечаются в работах Чижова (2020), Волкова (2009), Панкова (2021), а также в зарубежных исследованиях по применению беспилотных летательных аппаратов [5].

Для их решения активно внедряются современные технологии. Так, применение беспилотных летательных аппаратов позволяет оперативно получать ортофотопланы и трёхмерные модели местности [5]. Наземное лазерное сканирование обеспечивает высокую точность документации зданий

и инженерных сооружений (Чижов, 2020). Мобильное картографирование значительно ускоряет процесс сбора данных в условиях плотной застройки [5]. Кроме того, интеграция данных с геоинформационными системами позволяет проводить пространственный анализ и хранение данных [2].

На рисунках 1 и 2 приведены фотографии, сделанные авторами во время съёмки.

В ходе анализа были систематизированы основные проблемы, возникающие при проведении топографической съёмки в городской среде, а также рассмотрены современные технологии, применяемые для их преодоления. Для наглядности результаты представлены в таблицах 1 и 2.

2. Современные решения:

- *Беспилотная аэросъёмка (БПЛА)*: позволяет получать ортофотопланы, облака точек и 3D-модели за короткое время, без необходимости захода на частные участки.
- *Наземное лазерное сканирование (TLS)*: обеспечивает высокоточную 3D-документацию фасадов, улиц, инженерных объектов с миллиметровой точностью.
- *Мобильное картографирование*: использование автомобилей с установленными датчиками (LiDAR, GNSS, камеры) позволяет быстро собирать данные с городских улиц.
- *Интеграция с ГИС*: обеспечивает хранение, визуализацию и анализ собранных данных с возможностью обновления и мониторинга.
- *Использование BIM-технологий*: Моделирование городской среды в 3D позволяет интегрировать геоданные с проектной документацией.

Современные исследования подтверждают высокую эффективность использования беспилотных летательных аппаратов при картографировании сложных городских объектов [6, 7]. LiDAR и фотограмметрия позволяют получать высокоточную трёхмерную документацию городской инфраструктуры, что показано в ряде недавних работ [8]. Кроме того, вопросы правового регулирования и внедрения технологий в городскую среду рассматриваются в работах зарубежных специалистов [9].

Таким образом, таблицы 1 и 2 отражают комплексный характер исследования: они основаны как на анализе современных литературных источников, так и на собственных наблюдениях авторов, полученных в ходе проведения топографических съёмок в городе Бишкеке в 2022–2023 гг. Это позволяет сопоставить теоретические положения с реальными практическими условиями и подтвердить их применимость в конкретных градостроительных проектах Кыргызской Республики (рисунки 3–6).



Рисунок 1 – Съёмка с GPS-приемником (GNSS I50 CHCNAV)



Рисунок 2 – Съёмка с GPS-приемником

Таблица 1 – Основные проблемы при проведении топографической съёмки в условиях городской среды. Составлено авторами по результатам анализа литературных источников и собственных наблюдений в г. Бишкеке (2022–2023 гг.)

№ п/п	Проблема	Характеристика	Источник
1	Ограниченный доступ к объектам	Частные территории, плотная застройка препятствуют съёмке	[1]
2	Нарушение условий видимости GNSS	«Эффект колодца» в застройке снижает точность навигации	[5]
3	Электромагнитные помехи	ЛЭП, трансформаторные будки, базовые станции искажают сигнал	[1]
4	Интенсивное транспортное движение	Опасность для операторов при работах на улицах	[2]
5	Многоуровневость городской инфраструктуры	Подземные переходы, эстакады, туннели требуют специальных методов	[4]

Таблица 2 – Современные технологии топографической съёмки и их преимущества. Систематизировано авторами на основе литературных источников и практических материалов (отчётные документы по съёмкам в г. Бишкек, 2022–2023 гг.)

№ п/п	Технология	Преимущества	Источник
1	БПЛА (UAV)	Быстрое получение ортофотопланов и 3D-моделей, возможность съёмки труднодоступных зон	[2]
2	Лазерное сканирование (TLS)	Высокая точность 3D-моделей зданий и инженерных объектов (мм-погрешности)	[1]
3	Мобильное картографирование	Быстрая съёмка уличных пространств с LiDAR, GNSS и камерами	[4]
4	Интеграция с ГИС	Удобное хранение, визуализация и мониторинг данных	[2]
5	BIM-технологии	Интеграция геоданных с проектной документацией, 3D-моделирование городской среды	[4]



Рисунок 3 – БПЛА WingtraOne gen II



Рисунок 4 – БПЛА CHCNAV V200



Рисунок 5 – Снимок местности с БПЛА (снимок части г. Бишкека)

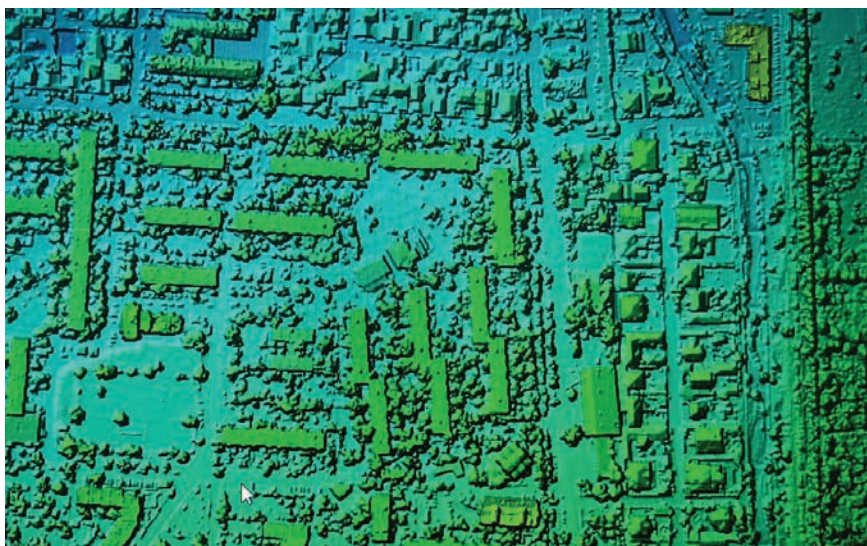


Рисунок 6 – Обработка данных съемки местности с БПЛА с программой Metashape Agisoft (снимок части города Бишкека)

В перспективе требуется развитие 5G и IoT, осуществляющих высокоскоростную передачу данных с полевых устройств в реальном времени [6].

Использование искусственного интеллекта обеспечивает автоматизацию классификации объектов на снимках, распознавание форм, фильтрацию шумов.

Интеграция съемочных данных с городскими цифровыми двойниками (Digital Twins) позволяет проводить мониторинг в реальном времени и планировать развитие городской инфраструктуры.

Особое внимание в развитии топографической съёмки заслуживает интеграция цифровых двойников и искусственного интеллекта (ИИ) в связке с геоинформационными системами (ГИС). Цифровые двойники позволяют создавать динамичные виртуальные модели городской среды, которые синхронно обновляются на основе данных топографической съёмки, лазерного сканирования, беспилотной аэрофотосъёмки и сенсоров IoT. Такая технология открывает широкие возможности для:

- мониторинга городской инфраструктуры в реальном времени – например, отслеживания состояния дорожного покрытия, деформации зданий или нагрузки на инженерные сети;
- прогнозирования развития территории – ИИ на основе больших массивов пространственных данных может моделировать сценарии роста транспортной нагрузки, плотности застройки и изменения экологических условий;
- автоматизированной классификации объектов – алгоритмы машинного зрения способны автоматически распознавать здания, дороги, инженерные коммуникации и зеленые зоны на ортофото-планах и облаках точек, что существенно ускоряет обработку данных;
- оптимизации градостроительных решений – цифровые двойники в связке с ГИС и BIM-технологиями дают возможность комплексно оценивать последствия проектных решений ещё на стадии моделирования.

Таким образом, использование ИИ и цифровых двойников в интеграции с ГИС позволяет не только повысить точность и актуальность топографической информации, но и превратить её в инструмент стратегического управления развитием городской среды [4].

Несмотря на активное внедрение современных технологий, остаются нерешёнными вопросы комплексной интеграции данных, их стандартизации и юридического регулирования при выполнении топографических съёмок в условиях городской среды. Так, по мнению Nex и Remondino (2019), ключевой проблемой является отсутствие единой методологии совмещения результатов фотограмметрии и лазерного сканирования в едином геопространственном проекте [6]. Подобные выводы подтверждаются и в исследованиях Stöcker et al. (2019), где отмечается, что нормативная база и регламенты часто отстают от темпов внедрения беспилотных технологий [9].

Авторы настоящего исследования считают, что решение указанных проблем возможно через:

- разработку унифицированных стандартов обработки и интеграции данных БПЛА, TLS и ГИС-платформ;
- использование технологий искусственного интеллекта для автоматизированной классификации объектов и фильтрации шумов в облаках точек [9];
- внедрение цифровых двойников как базовой платформы для актуализации топографической информации в реальном времени;
- усиление подготовки специалистов в области геоинформатики и урбанистической геодезии, что позволит повысить качество и скорость выполнения съёмочных работ.

Таким образом, дальнейшее развитие топографической съёмки в городской среде должно строиться не только на технологических инновациях, но и на институциональных изменениях, включая совершенствование нормативной базы и развитие научно-образовательного потенциала отрасли.

Ожидаемые результаты

Ожидается, что применение современных технологий топографической съёмки в условиях городской среды позволит:

- повысить точность и оперативность получения пространственных данных за счёт интеграции методов БПЛА, лазерного сканирования и мобильного картографирования [5, 6];
- минимизировать влияние внешних факторов (экранирование GNSS-сигналов, электромагнитные помехи, интенсивное движение транспорта) за счёт комплексного подхода к выбору технологий [1, 4];
- создать цифровые модели городской среды, которые могут быть использованы для градостроительного планирования, проектирования инженерных сетей и мониторинга инфраструктуры [7, 8];
- сформировать основу для внедрения цифровых двойников и технологий искусственного интеллекта, что обеспечит прогнозирование развития территорий и повышение эффективности управления городской инфраструктурой [4, 9];
- разработать методические рекомендации по интеграции инновационных технологий в практику топографо-геодезических работ в Кыргызстане [1, 3, 10].

Таким образом, ожидаемые результаты исследования будут способствовать совершенствованию методологии топографической съёмки и её адаптации к специфическим условиям городской среды.

Выводы. Топографическая съёмка в городской среде сопряжена с рядом специфических проблем, включая затруднённый доступ к отдельным участкам, наличие плотной застройки, большое количество инженерных коммуникаций и интенсивный транспортный поток.

Основными препятствиями для точного измерения являются ограниченная видимость, многолучевость GPS-сигналов, а также электромагнитные помехи, характерные для плотной городской застройки.

Эффективное проведение съёмки возможно за счёт интеграции различных технологий, таких как беспилотные летательные аппараты (БПЛА), мобильные картографические системы (ММС), лазерное сканирование (LiDAR) и использование высокоточных ГНСС-приёмников в сочетании с поправками RTK/PPK.

Большое значение имеет применение геоинформационных систем (ГИС) для обработки, анализа и хранения полученных данных. Это позволяет повысить точность, актуальность и наглядность топографической информации.

Важным направлением решения проблем остаётся разработка нормативно-методической базы, адаптированной под условия городской застройки, а также повышение квалификации специалистов, работающих в данной сфере.

Таким образом, современный подход к топографической съёмке в городской среде требует комплексного использования инновационных технических решений, междисциплинарного подхода и постоянного обновления профессиональных знаний.

Поступила: 25.09.2025; рецензирована: 09.10.2025; принята: 13.10.2025.

Литература

1. Чижов И.В. Современные методы топографической съёмки / И.В. Чижов. М.: Геодезиздат, 2020. 304 с.
2. Волков С.Н. Землеустройство в Кыргызской Республике: учебник / С.Н. Волков, В.В. Денисов. Бишкек: Илим, 2009. 501 с.
3. Земельный кодекс Кыргызской Республики. Бишкек: Правительство Кыргызской Республики, 1999. 84 с.
4. Панков В.Ю. Геоинформационные системы в управлении территорией / В.Ю. Панков. СПб.: Питер, 2021. 256 с.
5. Milenkovic M. Urban Surveying with UAVs: Efficiency and Accuracy in Complex Environments // Journal of Geospatial Science. 2021. Vol. 15(2). P. 120–134.
6. Nex F., & Remondino, F. UAV for 3D mapping applications: a review // Applied Geomatics. 2019, 11 (1), 1–15.

7. *Turner D., Lucieer A., & Watson C.* An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution UAV imagery, based on structure from motion // *Remote Sensing*. 2020, 12 (2). P. 233.
8. *Roca D., Moyano J., & Gil J.* LiDAR and photogrammetry for the 3D documentation of urban heritage: case studies and accuracy assessment // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2021, 10 (4). P. 250.
9. *Stöcker C., Bennett R., Nex F., Gerke M., & Zevenbergen J.* Review of the current state of UAV regulations // *Remote Sensing*. 2019, 11 (17). P. 2056.
10. *Басова В.В.* Инвентаризация земель / В.В. Басова, А.С. Ладоскина, А.С. Коротин // Студенческий научный форум. 2018. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018002149> (дата обращения: 08.10.2025).