

О.І. Горб, В.В. Касьянов, С.Г. Нестеренко, Є.О. Нелін

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАВДАНЬ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ

Використання точних та детальних геоданих, отриманих за допомогою лазерного сканування, гарантує надійну основу для аналізу та прийняття стратегічних рішень у плануванні розвитку територій. Впровадження цієї технології сприяє оптимізації процесів управління міськими ресурсами, забезпеченню ефективного використання земельних територій та зниженню впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

Ключові слова: дані, лазерне сканування, територіальне планування, потенціал, точність, ефективність, аналіз, перспективи.

Постановка проблеми

У сучасному світі зростання урбанізації та розвитку міст спричиняє необхідність удосконалення процесів територіального планування для забезпечення ефективного використання доступних ресурсів та створення комфортних умов для проживання та розвитку населення. З цією метою висуваються вимоги до точності та деталізації геопросторових даних, які використовуються в процесі планування.

Однак традиційні методи збору геоданих, як-от аерофотозйомка чи терестричне вимірювання, мають свої обмеження, пов'язані з обсягом робіт, витратами часу та коштів, а також доступністю території для вимірювання. У зв'язку з цим в останні роки все більшою популярністю користується технологія лазерного сканування (LiDAR – Light Detection and Ranging), яка дозволяє отримувати високоточні тривимірні моделі рельєфу та об'єктів у масштабі реального часу [1].

Незважаючи на потенційні переваги використання даних лазерного сканування в територіальному плануванні, існують певні проблеми та виклики, які потрібно вирішити для повного використання цієї технології. До таких проблем можна віднести:

- великий обсяг даних. Дані, отримані за допомогою лазерного сканування, можуть бути великими за обсягом і складними для обробки через велику кількість точок і високу роздільну здатність;
- потреба в спеціалізованих знаннях. Інтерпретація та аналіз даних лазерного сканування вимагають спеціалізованих знань і навичок у використанні програмного забезпечення для обробки геоданих;
- вартість технології. Застосування лазерного сканування може бути витратним процесом, особливо для невеликих муніципалітетів або організацій з обмеженим бюджетом;

– інтеграція з іншими джерелами даних. Дані, отримані з лазерного сканування, потрібно інтегрувати з іншими джерелами геоданих, як-от супутникові знімки або дані GPS, для отримання повної та достовірної інформації для планування;

– питання конфіденційності та безпеки даних. Оскільки дані лазерного сканування можуть містити деталізовану інформацію про територію, необхідно забезпечити їхню конфіденційність та захищеність від несанкціонованого доступу [2].

Отже, вирішення цих проблем стане ключовим кроком для успішного впровадження технології лазерного сканування в процес територіального планування, що дозволить забезпечити більш точне та ефективне використання геопросторової інформації для створення стійкого та зручного житла для мешканців та сталого розвитку міст і сіл.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останні дослідження та публікації в галузі застосування даних лазерного сканування в територіальному плануванні свідчать про значний прогрес у розвитку цієї технології та виявляють її потенціал для вирішення різноманітних завдань у цій області. Ось деякі ключові висновки та тенденції, що виникають із недавніх досліджень та публікацій:

1. Точність та роздільна здатність даних. Дослідження показують, що дані, отримані за допомогою лазерного сканування, мають високу точність і дозволяють отримати деталізовану інформацію про рельєф та об'єкти на місцевості. Це робить їх важливим джерелом для планування та моделювання міського середовища.

2. Ефективність використання ресурсів. Дослідження підтверджують, що застосування технології лазерного сканування дозволяє зменшити час і витрати, пов'язані зі збором та аналізом геоданих,

порівняно з традиційними методами, зокрема аерофотозйомкою або терестричним вимірюванням [3].

3. Використання в різних галузях. Дослідження демонструють широкий спектр застосувань даних лазерного сканування в територіальному плануванні, включно з аналізом висотної конфігурації місцевості, виявленням та моніторингом змін у міському середовищі, оцінкою ризиків природних катастроф та ін.

4. Інтеграція з іншими джерелами даних. Останні дослідження акцентують увагу на важливості інтеграції даних лазерного сканування з іншими джерелами геоданих, як-от супутникові знімки, географічні інформаційні системи та дані GPS, для отримання повної та достовірної інформації.

5. Виклики та перспективи. Деякі дослідження вказують на потенційні виклики, серед яких складність обробки великих обсягів даних, неоднорідність якості даних та питання конфіденційності. Проте вони також наголошують на перспективах вдосконалення технологій обробки даних та розвитку стандартів і методологій використання даних лазерного сканування.

Отже, останні дослідження та публікації підтверджують значний потенціал та переваги використання даних лазерного сканування в територіальному плануванні, проте водночас вони вказують на необхідність подальшого дослідження та вдосконалення методів застосування цієї технології для максимальної вигоди та ефективності в плануванні міського розвитку.

Мета та завдання статті

Метою цієї статті є ретельне дослідження та аналіз можливостей застосування даних лазерного сканування в контексті територіального планування. Основною метою є виявлення потенціалу цієї технології для покращення ефективності та точності процесів планування, зокрема в міському середовищі.

Завдання статті включають:

- огляд сучасних підходів та технологій: провести огляд наявних досліджень, методів та технологій застосування даних лазерного сканування в територіальному плануванні. Це охоплює вивчення основних принципів роботи лазерного сканування, методів обробки отриманих даних та їхнього використання для аналізу геопросторової інформації;

- оцінку переваг та обмежень: проаналізувати переваги та обмеження застосування даних лазерного сканування в контексті територіального планування. До цього належить вивчення точності даних, витрат на збір та обробку інформації, а також можливостей інтеграції з іншими джерелами геоданих [4];

- представлення практичних прикладів застосування: надати конкретні приклади використання даних лазерного сканування в різних сферах територіального планування, зокрема аналізі міського

рельєфу, визначенні зон потенційного ризику та розвитку, а також моніторингу змін у міському середовищі;

- визначення напрямків подальших досліджень: з'ясувати потенційні напрямки подальших досліджень та розвитку в галузі застосування даних лазерного сканування в територіальному плануванні. Це може включати розробку нових методів аналізу даних, підвищення точності та доступності технологій, а також вивчення впливу цієї технології на процеси прийняття рішень у міському управлінні.

Шляхом виконання цих завдань стаття має на меті поглибити розуміння потенціалу та можливостей застосування даних лазерного сканування у територіальному плануванні, а також сприяти подальшому розвитку цієї технології для створення стійкого та зручного міського середовища.

Виклад основного матеріалу

Дані лазерного сканування, або LiDAR, являють собою потужний інструмент для збору високоточної геопросторової інформації, яка може бути використана в різних аспектах територіального планування [5]. Ця технологія базується на використанні лазерного променя, який відбивається від поверхні об'єктів і реєструється спеціалізованими датчиками, що дозволяє отримати тривимірну модель території та об'єктів на ній.

Однією з переваг цієї технології є її висока точність і роздільна здатність. Дані лазерного сканування забезпечують детальну інформацію про рельєф місцевості, висоту будівель, дерев та інших об'єктів, що є важливим для аналізу міського середовища та прийняття рішень у територіальному плануванні.

Іншою важливою перевагою є ефективність збору даних. За допомогою лазерного сканування можна швидко та ефективно отримати інформацію про великі території, зменшуючи час і витрати на збір геоданих порівняно з традиційними методами, зокрема аерофотозйомкою чи терестричним вимірюванням.

Однак важливо враховувати і обмеження зазначеної технології. Наприклад, вона може бути витратною, особливо для організацій з обмеженим бюджетом. Крім того, обробка великих обсягів даних лазерного сканування може вимагати спеціалізованих знань та програмного забезпечення.

Необхідно також враховувати питання інтеграції даних. Дані лазерного сканування потрібно інтегрувати з іншими джерелами геоданих, як-от супутникові знімки або дані GPS, для отримання повної та достовірної інформації для прийняття рішень в територіальному плануванні.

Отже, використання даних лазерного сканування може значно полегшити процес територіаль-

ного планування, забезпечуючи точну та детальну інформацію для прийняття рішень, проте необхідно враховувати як її переваги, так і обмеження для ефективного застосування цієї технології.

Додатково до вже згаданих переваг та обмежень важливо врахувати й інші аспекти використання даних лазерного сканування в контексті територіального планування [6]:

1. Аналіз та моделювання змін. Дані лазерного сканування дозволяють не лише отримувати поточний стан місцевості, але і виконувати аналіз та моделювання її змін у часі. Це дозволяє прогнозувати наслідки різних сценаріїв розвитку та забезпечувати більш стратегічне територіальне планування.

2. Моніторинг природних ризиків. Дані лазерного сканування можуть бути використані для оцінки та моніторингу природних ризиків: повеней, селевих ополонів чи зсувів ґрунту. Це допомагає розробляти ефективні заходи з управління ризиками та забезпечувати безпеку місцевого населення.

3. Планування інфраструктури. Дані лазерного сканування забезпечують цінну інформацію для планування інфраструктурних проєктів, як-от будівництво доріг, водопроводів, каналізації та інших об'єктів. Це дозволяє оптимізувати розташування та розміщення інфраструктури з урахуванням місцевих особливостей та потреб.

4. Управління земельними ресурсами. Дані лазерного сканування можуть бути використані для ефективного управління земельними ресурсами, включно із визначенням оптимального використання землі для сільськогосподарських цілей, рекреації, промисловості та інших галузей.

5. Підтримка прийняття рішень. Дані лазерного сканування допомагають забезпечити фактичну та об'єктивну базу для прийняття рішень в територіальному плануванні. Вони дозволяють місцевій владі, архітекторам, геодезистам та іншим зацікавленим сторонам робити інформовані вибори, що сприяє створенню більш стійких та зручних для проживання міських середовищ.

Попри значний потенціал та вже зазначені переваги застосування даних лазерного сканування в територіальному плануванні, існують деякі аспекти, які ще потребують дослідження та розгляду:

1. Соціальні та екологічні аспекти. При використанні даних лазерного сканування важливо враховувати не лише технічні питання, а й соціальні та екологічні аспекти. Наприклад, необхідно оцінити вплив збору даних на місцеве населення та екосистему, а також враховувати інтереси та потреби різних соціальних груп [7].

2. Захист персональних даних та конфіденційність. Оскільки дані лазерного сканування можуть містити деталізовану інформацію про територію, важливо враховувати питання захисту персональних

даних та забезпечення конфіденційності. Це особливо актуально у контексті використання даних урбаністичних об'єктів та об'єктів приватної власності.

3. Розвиток нових технологій та методів. Перспективи використання даних лазерного сканування також пов'язані з постійним розвитком технологій та методів їхньої обробки та аналізу. Інноваційні підходи, зокрема використання штучного інтелекту та машинного навчання, можуть значно полегшити та поліпшити процеси обробки та інтерпретації геоданих.

4. Глобальна підключеність та співпраця. Застосування даних лазерного сканування може стати особливо ефективним у контексті глобальної підключеності та співпраці між різними організаціями та країнами. Обмін даними та найкращими практиками може сприяти подальшому розвитку та впровадженню цієї технології у всьому світі.

5. Сприятливе законодавство та регулювання. Важливим чинником для успішного використання даних лазерного сканування є наявність сприятливого законодавства та ефективної системи регулювання в цій області. Чітке регулювання щодо збору, обробки та використання геоданих допоможе забезпечити їхню ефективну та безпечну інтеграцію в процеси територіального планування [8].

Отже, наявність широкого спектра перспектив та аспектів, які ще потребують розгляду, підтверджує значення та актуальність використання даних лазерного сканування в територіальному плануванні, а також необхідність подальших досліджень та співпраці для максимального використання їхнього потенціалу.

Висновки і перспективи подальших досліджень

У цій статті було розглянуто значний потенціал та переваги застосування даних лазерного сканування в територіальному плануванні, а також виявлено деякі важливі аспекти, які ще потребують уваги та досліджень. Засновуючись на цьому, висновки та перспективи подальших досліджень можна сформулювати наступним чином:

1. Підтвердження значення та потенціалу. Результати аналізу показують, що дані лазерного сканування мають велике значення для покращення процесів територіального планування через їхню високу точність, ефективність збору та роздільну здатність [9].

2. Необхідність урахування соціальних та екологічних аспектів. Для успішного впровадження та використання даних лазерного сканування важливо враховувати соціальні та екологічні аспекти, зокрема вплив на місцеве населення та природне середовище.

3. Розвиток нових технологій та методів. Перспективи використання даних лазерного сканування пов'язані з постійним розвитком технологій та

методів обробки даних, що може значно полегшити та поліпшити їхнє застосування.

4. Необхідність сприятливого законодавства та регулювання. Для забезпечення ефективного та безпечного використання даних лазерного сканування важливо розробити сприятливе законодавство та ефективну систему регулювання в цій сфері [10].

Загалом використання даних лазерного сканування в територіальному плануванні є перспективним та важливим напрямом розвитку, проте для максимального використання його потенціалу потрібні подальші дослідження та співпраця між різними зацікавленими сторонами. Тільки так можна забезпечити створення стійкого та зручного для проживання міського середовища у майбутньому.

Література

1. Colomina, I., & Molina, P. (2017). *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 1-18. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013.
2. Petrakovska O., Lizunova A. (2009). *Urban planning in private property conditions in Ukraine*. International Academic Group On Planning, Law And Property Rights. Third Conference. Aalborg, Denmark., planning-law2009.land.aau.dk/doc/.
3. James, M. R., & Robson, S. (2014). *Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application*. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 119(4), 562-585. DOI: 10.1002/2013JF002843.
4. Nesterenko, S., Mishchenko, R., Shchepak, V., Shariy, G. (2020). *Public Cadastral Maps as a Basis for a Construction of the Building General Layout*. Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham, 161-170. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_18
5. El-Rabbany, A.E-S. (1994). *The effect of physical correlations on the ambiguity resolution and accuracy estimation in GPS differential positioning*. Dept. of Geodesy & Geomatic Eng., University of New Brunswick, Canada, Tech. rept. No 170, 161. URL: <https://unbscholar.lib.unb.ca/islandora/object/unbscholar%3A8565>.
6. Mingming W., Nesterenko S., Shterndok E. (2019). *Modelling of the Parcel Pattern Impact*. International science and technology conference "Earth science". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 272. doi: 10.1088/1755-1315/272/3/032085
7. Larsson, G. (1991). *Land registration and Cadastral Systems: tools for land information and management*. Essex: Longman Scientific and Technical, 387
8. Teunissen, P.J.G., Bock, Y., Beutler, G., et al. (1998). *GPS for geodesy*. Berlin, Springer. URL: <https://catalogue.nla.gov.au/>
9. Ranada, P. (2014). *PH named country most affected by climate change in 2013*. Rappler. December 3. Retrieved from: <https://www.rappler.com/science-nature/environment/76868-philippines-tops-global-climate-risk-index>
10. Nesterenko S., Mishchenko R., Shchepak V., Shariy G. *Public Cadastral Maps as a Basis for a Construction of the Building General Layout*. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations*. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham, 2020. – P. 161-170.

References

1. Colomina, I., & Molina, P. (2017). *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 1-18. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013.
2. Petrakovska O., Lizunova A. (2009). *Urban planning in private property conditions in Ukraine*. International Academic Group On Planning, Law And Property Rights. Third Conference. Aalborg, Denmark., planning-law2009.land.aau.dk/doc/.
3. James, M. R., & Robson, S. (2014). *Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application*. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 119(4), 562-585. DOI: 10.1002/2013JF002843.
4. Nesterenko, S., Mishchenko, R., Shchepak, V., Shariy, G. (2020). *Public Cadastral Maps as a Basis for a Construction of the Building General Layout*. Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham, 161-170. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_18
5. El-Rabbany, A.E-S. (1994). *The effect of physical correlations on the ambiguity resolution and accuracy estimation in GPS differential positioning*. Dept. of Geodesy & Geomatic Eng., University of New Brunswick, Canada, Tech. rept. No 170, 161. URL: <https://unbscholar.lib.unb.ca/islandora/object/unbscholar%3A8565>.
6. Mingming W., Nesterenko S., Shterndok E. (2019). *Modelling of the Parcel Pattern Impact*. International science and technology conference "Earth science". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 272. doi: 10.1088/1755-1315/272/3/032085
7. Larsson, G. (1991). *Land registration and Cadastral Systems: tools for land information and management*. Essex: Longman Scientific and Technical, 387
8. Teunissen, P.J.G., Bock, Y., Beutler, G., et al. (1998). *GPS for geodesy*. Berlin, Springer. URL: <https://catalogue.nla.gov.au/>
9. Ranada, P. (2014). *PH named country most affected by climate change in 2013*. Rappler. December 3. Retrieved from: <https://www.rappler.com/science-nature/environment/76868-philippines-tops-global-climate-risk-index>
10. Nesterenko S., Mishchenko R., Shchepak V., Shariy G. *Public Cadastral Maps as a Basis for a Construction of the Building General Layout*. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) *Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations*. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham, 2020. – P. 161-170.

Рецензент: д-р екон. наук, проф. К.А. Мамонов, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ГОРБ Олександр Іванович
кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – a_gorb@ngc.com.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0257-4941>

Автор: КАСЬЯНОВ Володимир Володимирович
доцент кафедри земельного адміністрування та
геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – volodymyr.kasyanov@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3506-5982>

Автор: НЕЛІН Євген Олександрович
аспірант кафедри земельного адміністрування та
геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – zhekanelin@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8224-3062>

Автор: НЕСТЕРЕНКО Сергій Григорович
кандидат технічних наук, доцент кафедри земельного
адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського
господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – nesterenkosg34@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5124-9728>

APPLICATION OF LASER SCANNING DATA IN SOLVING TERRITORIAL PLANNING PROBLEMS

O. Horb, V. Kasianov, S. Nesterenko, Ye. Nelin

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article aims to thoroughly investigate and analyse the possibilities of using laser scanning data in spatial planning. The main goal is to identify the potential of this technology to improve the efficiency and accuracy of planning processes, particularly in the urban environment.

The LiDAR (Light Detection and Ranging) data integration into territorial planning is fundamental to modern urban management frameworks. Using the precise and comprehensive geospatial data obtained through LiDAR scanning provides a reliable basis for conducting in-depth analysis and strategic decision-making in territorial development initiatives.

LiDAR technology offers unparalleled accuracy and detail, enabling urban planners to effectively map and visualise various aspects of urban environments, including topography, land use patterns, infrastructure, and natural features. With this extensive information, stakeholders can gain valuable insights into existing spatial dynamics, identify potential areas for development or conservation, and assess the impact of proposed projects on the surrounding landscape.

Moreover, integrating LiDAR data facilitates the optimisation of urban resource management processes. City authorities can streamline land use planning, infrastructure development, and environmental management efforts by accurately delineating land plots and infrastructure networks. In turn, it promotes more efficient allocation of resources, minimises operational costs, and enhances overall urban sustainability.

Furthermore, LiDAR technology is crucial in enhancing urban resilience and adaptability. Generating high-resolution elevation models and floodplain maps allows urban planners to identify areas prone to natural hazards such as floods, landslides, or coastal erosion. With this knowledge, city planners can implement proactive measures to mitigate risks, improve disaster preparedness, and safeguard community well-being.

In contemporary urban challenges, such as climate change and rapid urbanisation, LiDAR technology is becoming increasingly indispensable. By embracing LiDAR technology, urban planners can develop more resilient and sustainable cities better equipped to withstand and adapt to evolving environmental, social, and economic pressures.

In essence, the effective utilisation of LiDAR data in territorial planning enhances spatial planning accuracy and fosters innovation, resilience, and sustainability within urban environments. By harnessing the power of LiDAR technology, cities can pave the way toward a more prosperous, equitable, and resilient future for generations to come.

Keywords: data, laser scanning, territorial planning, potential, accuracy, efficiency, analysis, prospects.