

Література

- [1] Zhang, Y., Xie, Y., Zhao, Q., Xu, X., Deng, H., & Yi, N. (2025). Vision-Based Grasping Method for Prosthetic Hands via Geometry and Symmetry Axis Recognition. *Biomimetics*, 10(4), 242.
- [2] Vonsevyich, K. (2024). Myographic system of the bionic wrist with surface type identification. In M. Bezuglyi, N. Bouraou, V. Mykytenko, G. Tymchyk, & A. Zaporozhets (Eds.), *Advanced System Development Technologies I* (Vol. 511, pp. 193–228). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44347-3_6
- [3] Zhao, D., Shao, F., Zhang, S., Yang, L., Zhang, H., Liu, S., & Liu, Q. (2024). Advanced Object Detection in Low-Light Conditions: Enhancements to YOLOv7 Framework. *Remote Sensing*, 16(23).
- [4] LOBUR, Y., VONSEVYCH, K., & BEZUGLA, N. (2025). Spatial identification of manipulable objects for a bionic hand prosthesis. *Applied Computer Science*, 21(1), 18–30. https://doi.org/10.35784/acs_6867.
- [5] Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L. C. (2018). Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4510-4520).

УДК 004.9:624.9

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ФІКСАЦІЇ ЇХ ПОШКОДЖЕНЬ

Воронков Р.О. Безуглий М.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: r.voronkov@kpi.ua, m.bezuglyi@kpi.ua

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У цьому дослідженні запропоновано модель автоматизованої системи, призначеної для розпізнавання будівельних матеріалів і фіксації пошкоджень конструкцій. На тлі сучасної практики обстеження інфраструктурних об'єктів простежується тенденція до відходу від ручних методів на користь автономних рішень, що поєднують алгоритми штучного інтелекту зі швидкою обробкою даних на місці [1]. З огляду на зростаючі потреби у відбудові об'єктів після масштабних руйнувань, такі технології стають більш необхідними - вони дозволяють оперативно визначати ступінь пошкодження будівель без залучення значних людських і технічних ресурсів.

На рисунку 1 зображено схему, яка охоплює всі етапи: від стартової ініціалізації до остаточного звіту щодо технічного стану об'єкта. Ключовими інструментами в цьому процесі є безпілотні літальні апарати (БПЛА), LiDAR-сенсори та нейромережеві алгоритми.

Початково система фіксує координати місця зльоту БПЛА, проводить орієнтацію навігаційного обладнання та активує канали збору даних. На етапі обльоту оператор за допомогою БПЛА отримує як детальні фото, так і координатну інформацію, зібрану LiDAR-модулем. Завдяки йому створюється

тривимірна модель об'єкта - саме це є критичним чинником для точної ідентифікації матеріалів і пошкоджених ділянок [2]. У ході польоту виконується первинна обробка зображень: вони стискаються, вирівнюється колір, і відбираються кадри за критеріями якості. Це дозволяє суттєво скоротити обсяг переданих даних, зберігаючи при цьому їхню аналітичну цінність. Отримані дані надсилаються до наземної станції. Якщо система ідентифікує нестачу інформації для прийняття рішення - відбувається повернення до етапу збору, що робить алгоритм адаптивним.

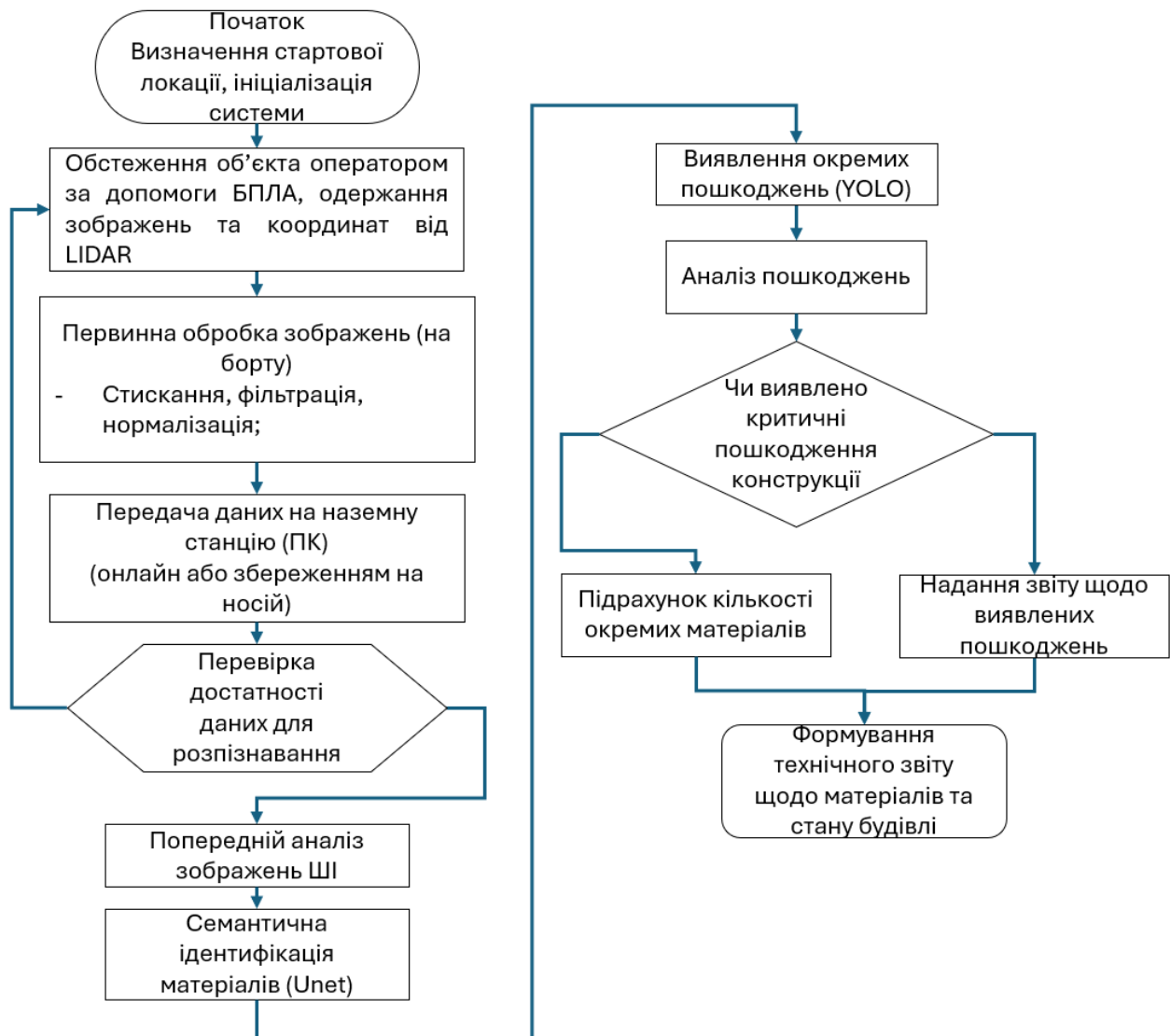


Рис. 1. Блок схема процесу визначення складу будівельних конструкцій та фіксації їх пошкоджень

Далі виконується класифікація матеріалів за допомогою архітектури U-Net - спеціалізованої нейронної мережі, розробленої для семантичної сегментації [3]. Завдяки цьому кожен піксель на зображенні співвідноситься з певним типом будівельного матеріалу - цеглою, бетоном, деревом тощо. Паралельно з цим система запускає процедуру локалізації пошкоджень, в якій застосовується

YOLO - одна з найефективніших моделей реального часу для виявлення об'єктів [4].

Після ідентифікації пошкоджень програма аналізує їх критичність. Якщо виявлені зони мають ознаки серйозної загрози - автоматично формується звіт із відповідним маркуванням. Якщо ж об'єкт не зазнав критичних ушкоджень, здійснюється підрахунок матеріалів, що зберегли цілісність і можуть бути повторно використані. У результаті користувач отримує деталізований технічний звіт, який відображає як фізичний склад будівлі, так і рівень її структурної надійності.

Прогрес у галузі комп'ютерного зору, нейронних мереж та вбудованих систем обробки відкриває нові перспективи для розвитку мобільних платформ моніторингу [5]. Зокрема, безпілотні літальні апарати, оснащені аналітичними модулями, демонструють здатність ефективно працювати у складних умовах, охоплюючи великі території та забезпечуючи деталізовану картину стану об'єкта практично в реальному часі [6]. Це створює передумови для формування інтегрованих рішень, де сенсорні технології, алгоритмічне ядро та обчислювальні ресурси об'єднуються в одному пристрої, придатному для застосування безпосередньо у польових умовах.

Висновки

Система автоматизованого визначення матеріального складу будівельних конструкцій та аналізу пошкоджень розроблена з урахуванням потреб оперативної оцінки стану об'єктів, що зазнали часткового або повного руйнування. Її використання дозволяє мінімізувати участь людського фактору в польових умовах, забезпечуючи високу швидкість обробки та точність отриманих результатів[7].

Представлена блок-схема, яка узагальнює послідовність дій - від стартового етапу збирання зображень до отримання фінального технічного висновку, - демонструє потенціал для суттєвого скорочення часу на обстеження. Крім того, вона дає змогу зменшити залежність від людського фактора, що особливо важливо в умовах високої складності доступу до об'єктів. Однією з ключових переваг системи є її здатність не лише ідентифікувати матеріали, які становлять основу будівельних конструкцій, але й точно виявляти критичні пошкодження. Це, у свою чергу, дозволяє обґрунтовано приймати подальші інженерні рішення - як-от збереження, демонтаж або відновлення споруди. Варто також зазначити, що впровадження подібних систем може відігравати значну роль у розвитку циркулярної економіки у будівельній галузі. Автоматизоване виявлення матеріалів, придатних до повторного використання чи переробки, сприяє не лише раціональнішому ресурсоспоживанню, але й позитивно впливає на навколишнє середовище.

Ключові слова: семантична сегментація, глибоке навчання, будівельні конструкції, реконструкція, БПЛА, YOLO, Unet, LiDAR, утилізація, сталий розвиток

Література

- [1] B. F. Spencer Jr., V. Hoskere, and Y. Narazaki, “Advances in computer vision-based civil infrastructure inspection and monitoring,” *Automation in Construction*, vol. 102, pp. 196–213, 2019.
- [2] X. Xiong et al., “Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data,” *Automation in Construction*, vol. 31, pp. 325–337, 2013.
- [3] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, “U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation,” in *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, Munich, Germany, Oct. 5–9, 2015, Proc., Part III. Springer, 2015, pp. 234–241.
- [4] H. Wang et al., “YOLOv8-QSD: An improved small object detection algorithm for autonomous vehicles based on YOLOv8,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2024.
- [5] S. Halder and K. Afsari, “Robots in inspection and monitoring of buildings and infrastructure: A systematic review,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 4, p. 2304, 2023. doi: [10.3390/app13042304](https://doi.org/10.3390/app13042304)
- [6] G. Morgenthal and N. Hallermann, “Quality assessment of unmanned aerial vehicle (UAV) based visual inspection of structures,” *Advances in Structural Engineering*, vol. 17, no. 3, pp. 289–302, 2014.
- [7] Yeum C. M. Computer vision-based structural assessment exploiting large volumes of images : дис. – Purdue University, 2016.