

УДК 624.04; 004.8

Пастухова С.В., старший викладач
Кузнєцов В.А., здобувач вищої освіти

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, kouznetsov595@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕФЕКТІВ У КОНСТРУКЦІЯХ

Складність будівельних конструкцій, прогнозування появи дефектів, моніторинг стану будівлі, опрацювання величезного масиву інформації та інше – це основні аспекти будівельної індустрії, для яких необхідно застосовувати функціонал штучного інтелекту (ШІ), бо саме він сприятиме підвищенню безпеки, раціоналізації використання ресурсів та оптимізації кожної будівельної операції. Так, за оцінками Mordor Intelligence, станом на 2024 рік обсяг глобального ринку інструментів ШІ для будівництва становив близько 3,9 млрд дол. США. Щодо прогнозів на майбутнє, то ШІ буде розвиватися із темпом зростання у 24%, а тому до 2029 року досягне позначки 11,8 млрд дол. США [1].

Одним з найперспективніших напрямів застосування потенціалу ШІ, є виявлення та прогнозування дефектів у будівельних конструкціях, що, на сьогодні, є досить актуальним явищем, оскільки частина житлового фонду України застаріла, частина – зруйнована і т.д. Використання інструментів машинного та глибокого навчання, спеціалізованого програмного забезпечення та оснащення, дозволить точно оцінювати стан як будівлі, так і окремих конструкцій, виявляти дефекти в будівельних конструктивах та прогнозувати подальшу поведінку конструкцій, враховуючи вплив різних факторів: температури, атмосферних опадів, тиску, природних явищ тощо.

Відомо, що дефекти виникають внаслідок поступового зносу компонентів будівлі, що, обумовлено впливом однієї або кількох зовнішніх сил, класифікація яких у стандарті ISO 19208 представлена п'ятьма групами: механічні (вітер, вібрація, шум теплове розширення, навантаження); електромагнітні (сонячна радіація, магнітні поля, радіоактивне випромінювання); теплові (тепло, мороз); хімічні (вода, кислоти, солі, окислювачі); біологічні (рослинні, мікробні, тваринні) [2]. Виявлення цих недоліків можливе за використання, так званих, комп'ютерного зору та глибокого навчання ШІ, зокрема, згорткових нейронних мереж (CNN). Ці системи не розглядають кілька типів дефектів одночасно, тобто зображення, що досліджуються моделлю, належать лише до однієї категорії дефектів. При цьому, вони аналізують лише зображення з видимими дефектами. При виконанні аналізу конструкції на наявність дефектів, для CNN застосовується методика САМ, тобто використовується градієнт об'єкта для створення карти грубої локалізації, яка виділяє найважливіші області на зображенні для прогнозування класу цього зображення (рисунком 1) [2].



Рис. 1 – Приклад виявлення плісняви за допомогою CNN

Також інструменти ШІ можна застосовувати для проведення заходів з моніторингу стану будівельних конструкцій, що дозволяє виявити не лише видимі дефекти, але й не видимі також, для цього на базі ШІ інтегруються дії датчиків Інтернету речей (IoT), комп'ютерного зору та машинного навчання для виявлення структурних аномалій, оцінки якості матеріалів та прогнозування збоїв/ризиків/дефектів ще до їх виникнення.

Так, наприклад, дрони на базі ШІ (рисунок 2, а) та роботизовані камери можуть обстежувати конструкції на наявність тріщин, деформацій, нерівностей поверхні та перекосів. Моделі машинного навчання здатні аналізувати дані датчиків (тензодатчиків, інклінометрів, п'єзометрів) для надання прогнозів втоми та руйнувань конструкцій. Інфрачервона термографія та ультразвукове тестування на основі ШІ можуть виявляти внутрішні дефекти матеріалу без руйнівного контролю.

Також інструменти ШІ здатні аналізувати масиви інформації щодо історичних даних проекту та показників датчиків у режимі реального часу, щоб прогнозувати появи потенційних дефектів ще до їх виникнення, а також опрацьовувати алгоритми оптимізації бетонної суміші для коригування водоцементних співвідношень та добавок в режимі реального часу для підвищення міцності та довговічності.

При роботі з металевими конструкціями, роботизовані зварювальні системи на базі ШІ (рисунок 2, б) можуть забезпечувати стабільну якість сталевих з'єднань, а комп'ютерний зір – контролювати появу мікрodefektів у зварних швах і з'єднаннях, з метою підвищення точності виготовлення продукції та зменшення кількості відмов/збоїв тощо.

Для аналізу стабільності ґрунтових основ та впливу на будівлю, можна використовувати геотехнічні системи на базі ШІ, які застосовують на прогнозів дані датчиків Інтернету речей (IoT) (рисунок 2, в), алгоритми машинного навчання та хмарні обчислення. Загалом, це дозволяє визначати ранні ознаки нестабільності ґрунту за допомогою розпізнавання образів, прогнозувати рухи ґрунтових шарів, осідання конструкцій та ризики руйнування на основі історичних тенденцій (рисунок 2, г). Також, алгоритми ШІ здатні до обробки масивів даних сейсмічних датчиків, тензодатчиків та акселерометрів для прогнозування реакції структур на землетруси, зокрема, завдяки цьому з'являється змога моделювати реакцію будівель на сейсмічні дії земної кори.

Щодо більш масштабних технологій, то використання супутникових знімків на основі ШІ та технології LiDAR-сканування (рисунок 2, г), надають змогу проводити масштабний моніторинг доріг, залізниць та дамб з виявлення різних дефектів, що вдається при структурному аналізі даних теплових, мультиспектральних та гіперспектральних зображень для виявлення невидимих структурних дефектів [3].

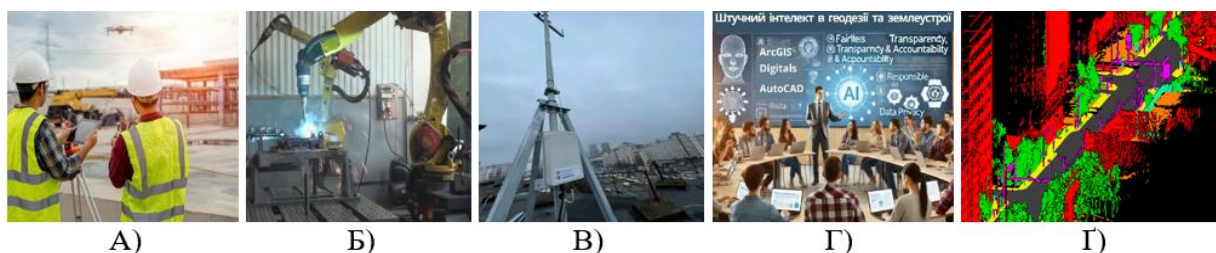


Рис. 2 – Приклади використання ШІ: А) застосування дронів; Б) роботизовані зварювальні системи; В) датчики IoT; Г) програмні комплекси та продукти; Е) LiDAR-сканування

Підсумовуючи, варто зазначити, що ШІ грає важливу роль у будівельній індустрії, оскільки здатний точно проаналізувати та спрогнозувати ті чи інші фактори, наприклад, появу дефектів. Для України, з огляду, застарілого та напівзруйнованого житлового фонду, незважаючи на, неповністю розвинені стандарти та норми, а також дефіцит висококваліфікованих кадрів, застосування інструментів ШІ буде досить перспективним напрямом у майбутньому, тому наразі стає за необхідне комплексне дослідження аспектів ШІ та аналіз його застосування в країнах світу (Японія, США, країни ЄС)

Список посилань

1. ШІ в будівництві: приклади, роль та переваги | Wezom. IT-компанія повного циклу розробки програмних продуктів WEZOM - Київ, Україна. URL: <https://wezom.com.ua/ua/blog/shi-v-budivnitstvi-vpliv-na-transformatsiyu-budivelnoyi-galuzi> (дата звернення: 15.05.2025)

2. Deep Learning for Detecting Building Defects Using Convolutional Neural Networks - PMC. *PMC Home*. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6720984/> (дата звернення: 15.05.2025)

3. AI in Construction: Enhancing Design, Risk Management & Monitoring. *Encardio Rite*. URL: <https://www.encardio.com/blog/ai-in-construction-design-monitoring> (дата звернення: 15.05.2025)

УДК 721:69:004.925.84

Друзь О.В., здобувач вищої освіти
diana615213@stu.cn.ua

Ткачук Д.В., здобувач вищої освіти

Національний університет «Чернігівська політехніка», tkachukdima@stu.cn.ua

3D-ДРУК У БУДІВНИЦТВІ: ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

У XXI столітті глобальні технологічні зрушення спричинили появу нових підходів до організації будівельних процесів. Однією з найперспективніших інновацій у цій сфері є технологія тривимірного друку (3D-друку), що належить до адитивних методів виробництва. Вона дозволяє створювати будівельні елементи або цілі об'єкти шляхом пошарового нанесення матеріалу відповідно до цифрової моделі, що відкриває широкі можливості для автоматизації будівництва, зниження витрат і реалізації складних архітектурних форм [1].

Незважаючи на активне поширення 3D-друку в будівництві у США, Китаї, Нідерландах та інших країнах, в Україні ця технологія досі перебуває на етапі становлення. Основними бар'єрами для її впровадження є відсутність нормативної бази, обмежений доступ до високоякісного обладнання та матеріалів, а також недостатній рівень інтеграції цифрового проектування в практику проектних організацій [2; 3].

Водночас, потенціал застосування 3D-друку в українському будівництві є надзвичайно високим: від виготовлення малих архітектурних форм і елементів фасадного декору до спорудження житла, інфраструктурних об'єктів і тимчасових будівель для зон надзвичайних ситуацій [1; 3]. Особливої актуальності дана технологія набуває в умовах воєнного та післявоєнного відновлення, коли виникає потреба у швидкому зведенні житлового фонду з мінімальними витратами ресурсів.

Актуальність дослідження

В умовах потреби у швидкому, економному та технологічно ефективному відновленні будівельної інфраструктури, зокрема в післявоєнний період, 3D-друк розглядається як перспективний інструмент трансформації галузі. Ця технологія дозволяє зводити об'єкти з мінімальними витратами часу та ресурсів, забезпечуючи при цьому архітектурну різноманітність і точність виготовлення конструкцій [1; 2]. Зважаючи на світовий досвід та зростання інтересу до адитивних технологій, дослідження потенціалу їх впровадження в Україні є вчасним і суспільно значущим.

Основна частина

Технологія 3D-друку належить до класу адитивного виробництва, що передбачає пошарове нанесення матеріалу відповідно до тривимірної цифрової моделі. У будівництві це дозволяє створювати об'ємні елементи конструкцій із високим рівнем точності та складністю геометрії без потреби у традиційній опалубці або значних трудових затратах [1]. Серед найбільш поширених технологічних підходів — екструзійний метод із використанням бетонних сумішей, лазерна стереолітографія (SLA) та селективне лазерне спікання (SLS) [1; 2].

У світовій практиці 3D-друк знаходить застосування у спорудженні житлових будинків, об'єктів інфраструктури, малих архітектурних форм та навіть у реставраційних проєктах. Приклади успішного використання цієї технології демонструють компанії **WinSun** (Китай),