

ПОТЕНЦІАЛ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ПРИСКОРЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Кишкан Андрій

ORCID ID: 0009-0007-3498-764X

магістр

Національний Університет "Львівська Політехніка", Україна

Ігор Кархут

ORCID ID: 0000-0002-9205-5118

канд.техн.наук, доцент

Національний Університет "Львівська Політехніка", Україна

Вступ

У динамічній сфері технологічного прогресу штучний інтелект (ШІ) перетворився на рушійну силу інновацій, яка готова переосмислити операційні ландшафти в широкому спектрі галузей, включно з будівництвом. Ця важлива галузь, яка відіграє важливу роль у формуванні інфраструктури як міських, так і сільських громад, стоїть на порозі глибокої трансформації під впливом технологій штучного інтелекту. Ця стаття присвячена ролі штучного інтелекту в удосконаленні традиційних практик цивільного будівництва та сприянні впровадженню нових методологій і підвищенню ефективності. [1, 2]

Впровадження штучного інтелекту в цивільне будівництво виходить за рамки спекулятивного футуризму і стає реальністю, що розгортається. З появою методологій автоматизованого проектування та інтелектуальних систем управління інфраструктурою застосування ШІ в цивільному будівництві поступово стає повсюдним, провіщаючи майбутнє, в якому такі технології стануть невід'ємною частиною архітектурної тканини нашого суспільства. Мета цієї статті подвійна: по-перше, дослідити нинішнє проникнення ШІ в цей сектор, а по-друге, спрогнозувати його потенціал, який може спровокувати революційні зміни в цій галузі. Ця дискусія підкреслює ключову роль інноваційних технологій у вирішенні глобальних проблем, зокрема урбанізації, сталого розвитку та безпеки. В статтях [3, 4] наведені популярні тенденції які утворилися на стику будівельних та ШІ технологій. Вони в загальному описують дослідження які проводилися, або активно проводяться. Я ж в свою чергу наведу конкретні приклади фактичного і потенційного застосування нейронних мереж в сфері будівництва.

Завдяки цьому дослідженню ми бачимо майбутнє, в якому принципи цивільного будівництва нерозривно пов'язані з ідеалами ефективності, сталості та стійкості, що досягається завдяки безперешкодній інтеграції технологій штучного інтелекту. Цей перехід не тільки обіцяє переосмислити сферу цивільного будівництва, а й встановити парадигму розвитку, що відповідає принципам розумного, безпечного та сталого зростання. [4]

Ключові слова: ШІ, ML, будівництво, цивільне будівництво, автоматизація, автоматизація будівництва

Історичний контекст

Розвиток штучного інтелекту (ШІ) від зародкової ідеї до стрижня сучасної інженерії є визначною сторінкою в історії людських інновацій та розвитку

технологій. У цьому розділі ми розглянемо історичну траєкторію розвитку штучного інтелекту, акцентуючи увагу на його інженерних застосуваннях і важливих моментах, що підкреслюють його інтеграцію в сферу цивільного будівництва. [7]

Еволюція цивільного будівництва з технологічним прогресом

Технологічні інновації суттєво вплинули на розвиток цивільного будівництва, особливо з появою автоматизованого проектування (САПР) у 1960-70-х роках, що ознаменувало зміну парадигми від традиційного креслення до оцифрованих процесів [7]. Цей перехід значно підвищив точність та ефективність інженерних проектів. Впровадження систем інформаційного моделювання будівель (BIM) ще більше трансформувало цю сферу, сприяючи більш згуртованим і спільним методологіям у проектуванні та будівництві.

ШІ прискорив цей розвиток, інтегрувавши такі можливості, як прогностична аналітика та автоматизована модифікація дизайну, тим самим не лише спростивши процес проектування, а й підвищивши стійкість і стабільність інженерних рішень.

Важливі віхи інтеграції ШІ в інженерному секторі

Знаковою подією в інтеграції ШІ в цивільне будівництво стала поява інтелектуальних алгоритмів оптимізації наприкінці 1980-х - на початку 90-х років [6]. Ці алгоритми допомогли поліпшити розподіл ресурсів і планування проектів, проклавши шлях для передових застосувань ШІ в управлінні проектами та логістиці.

Поява методів машинного навчання і глибокого навчання на початку 21-го століття є ще однією важливою віхою. Ці технології полегшили аналіз об'ємних масивів даних для прогнозування технічного обслуговування, моніторингу стану конструкцій та управління ризиками, значно підвищивши безпеку та надійність.

Останнім часом синергія ШІ з пристроями Інтернету речей (IoT) і безпілотниками для збору і аналізу даних в режимі реального часу ще більше підкреслила здатність ШІ посилювати методи моніторингу і технічного обслуговування, провіщаючи нову епоху інтелектуальної інфраструктури. [9, 5]

Сучасний стан штучного інтелекту в цивільному будівництві

Сфера цивільного будівництва поступово змінюється завдяки впровадженню штучного інтелекту (ШІ), що докорінно змінює усталені практики. У цьому розділі описано можливі впровадження ШІ на різних етапах будівельних проектів - від концепції до будівництва і подальшого моніторингу. Крім того, в ньому висвітлюються історії успіху, які демонструють трансформаційний вплив штучного інтелекту, а також чесна оцінка викликів і обмежень, з якими наразі стикається галузь при впровадженні цих технологій.

Сучасні застосування штучного інтелекту

- **Проектування та планування:** Інструменти та платформи зі штучним інтелектом революціонізують підхід до проектування та планування в цивільному будівництві. Використовуючи алгоритми, здатні аналізувати складні набори даних, ШІ допомагає вдосконалювати проекти для досягнення оптимальної ефективності та стійкості. Моделі машинного навчання все частіше застосовуються для передбачення потенційних розбіжностей у проекті та моделювання різноманітних сценаріїв, що дає змогу інженерам приймати обґрунтовані рішення на початкових етапах планування. [3, 7]. Стаття [7] детально описує технічну реалізацію таких технологій, але на даному етапі, дуже складно правильно зібрати і систематизувати дані, для навчання штучного інтелекту.

- **Будівництво:** Втривнення штучного інтелекту в будівельний сектор означає колосальний стрибок в автоматизації традиційно ручних і трудомістких завдань. Від механізованих машин для заливки бетону до дронів для зйомки будівельних

майданчиків - застосування ШІ підвищує операційну ефективність і безпеку. Крім того, ШІ відіграє ключову роль в управлінні ресурсами, забезпечуючи розумний розподіл матеріалів і робочої сили на всіх етапах будівництва. [7]. Одним з стримуючих факторів впровадження ШІ на будівельних майданчиках є наявність технічного забезпечення працівників. Для прикладу, Для впровадження безпекового моніторингу на буд майданчиках потрібно на ставити камери, які будуть спостерігати за діями працівників і перевіряти і попереджувати їх чи менеджмент об'єкту про потенційну небезпеку тощо.

• **Моніторинг та обслуговування:** Крім будівництва, технології штучного інтелекту сприяють реалізації проектів у сфері цивільного будівництва завдяки вдосконаленим системам моніторингу. Використовуючи датчики та пристрої Інтернету речей, ці системи збирають дані про цілісність конструкції в режимі реального часу, попередньо виявляючи проблеми, щоб запобігти значним ускладненням. Прогнозоване технічне обслуговування на основі штучного інтелекту значно скорочує час простоїв і подовжує термін служби інфраструктури. [7, 10]. Для реалізації такого моніторингу ми можемо використати підхід “slaves-master”, де один пристрій керує іншими та надсилає інформацію на сервер, де вона буде опрацьовувати і надсилатися операторові, який слідкує за станом конструкції. Але для реалізації даної технології обов'язковою вимогою є доступ до інтернету, а також кожен пристрій повинен мати доступ до електроенергії, що значно здорожчує вартість такого моніторингу.

Історії успіху та тематичні дослідження

Ілюстрацією ефективності штучного інтелекту є проектування та будівництво мосту Queensferry Crossing у Шотландії, [11] де штучний інтелект використовувався для моделювання впливу на навколишнє середовище та оптимізації проекту мосту, що призвело до створення споруди, яка перевершує встановлені стандарти безпеки та довговічності.

Іншим прикладом є застосування ШІ в обслуговуванні міських водопровідних мереж [12]. Алгоритми машинного навчання ретельно вивчають закономірності, щоб спрогнозувати пошкодження труб, сприяючи своєчасному втручання, яке зменшує втрати води та пошкодження інфраструктури.

Покращення управління та розвитку за допомогою ШІ

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) в сферу управління та розвитку цивільного будівництва знаменує собою зміну парадигми в концептуалізації, виконанні та підтримці проектів. Використання можливостей штучного інтелекту дозволяє інженерам і менеджерам проектів досягти недосяжних раніше рівнів ефективності, точності та безпеки. У цих статтях [7, 9, 10] описані важливі ролі, які відіграє штучний інтелект у вдосконаленні ланцюжка поставок і логістики, автоматизації проектної документації, підтримці робітників на місцях та інноваціях у процесі проектування і розробки [7, 9, 10]. Як і в попередніх дослідженнях які були наведені вище, реалізація нових методів та технологій в будівельній сфері впирається в їх вартість. Для забезпечення належного функціонування систем управління та моніторингу необхідна велика кількість пристроїв починаючи від простих планшетів та телефонів, закінчуючи спеціалізованими девайсами, датчиками, які будуть пов'язані між собою, для детальнішого аналізу даних.

Автоматизація створення детальної проектної документації

Створення комплексної проектної документації - важливе, але трудомістке завдання в проектах цивільного будівництва - спрощується за допомогою штучного інтелекту. Ця технологія полегшує автоматичне створення детальних документів, що

включають проектні специфікації, заявки на матеріали та звіти про відповідність. Використовуючи обробку природної мови (NLP), системи ШІ інтерпретують анотації проектів, перетворюючи їх на структуровані документи, а розроблені ШІ шаблони гарантують включення і точне форматування важливої інформації [10]. Така автоматизація не лише економить час, але й зменшує кількість людських помилок, що призводить до створення більш надійної та узгодженої проектної документації. [9, 10]

Підтримка ШІ для працівників на виробництві

Вторгнення штучного інтелекту в сферу підтримки робітників на будівельному майданчику означає значний прогрес [10]. Завдяки механізмам моніторингу безпеки, підтримки прийняття рішень і управління завданнями, ШІ сприяє підвищенню добробуту та ефективності роботи будівельної робочої сили. Носимі пристрої зі штучним інтелектом стежать за здоров'ям і пильністю працівників, знижуючи ризики нещасних випадків. Водночас системи штучного інтелекту надають підтримку у прийнятті рішень у режимі реального часу, оцінюючи дані аналогічних інцидентів, що сталися в минулому, і знаходячи рішення для непередбачуваних викликів. Крім того, додатки для управління завданнями на основі ШІ полегшують планування робіт, забезпечуючи визначення пріоритетів і оптимальний розподіл ресурсів.

Проектування та розробка на основі штучного інтелекту

У сфері проектування та розробки штучний інтелект переосмислює межі здійсненності. Інструменти зі штучним інтелектом, від створення концептуальних ескізів до виконання детальних розрахунків і схематизації проекту, забезпечують рівень точності та ефективності, який перевершує традиційні методології [3]. Програмне забезпечення для генеративного проектування на основі штучного інтелекту досліджує безліч альтернативних варіантів дизайну в межах заданих параметрів, пропонуючи інженерам рішення, які збалансовують використання матеріалів, вплив на навколишнє середовище та економічні міркування. Крім того, алгоритми ШІ виконують складні структурні, гідродинамічні та екологічні розрахунки за частку часу, необхідного для традиційних методів, сприяючи реалізації більш інноваційних та стійких інженерних проектів. [3, 6, 9]

Штучний інтелект розширює межі можливого в проектуванні та розробці, трансформуючи способи концептуалізації та реалізації проектів. Інструменти штучного інтелекту підвищують точність і ефективність, перевершуючи традиційні методи на різних етапах розробки проектів. Програмне забезпечення для генеративного проектування на основі штучного інтелекту не лише генерує численні альтернативні варіанти дизайну в межах певних параметрів, а й пропонує рішення, які оптимізують використання матеріалів, мінімізують вплив на навколишнє середовище та враховують економічні фактори. Крім того, алгоритми ШІ швидко виконують складні структурні, гідродинамічні та екологічні розрахунки, тим самим значно скорочуючи час, традиційно необхідний для виконання цих завдань, і сприяючи створенню більш інноваційних та стійких інженерних проектів.

У перспективі використання ШІ для прогнозування терміну служби і потреб в обслуговуванні конструкцій і будівель, спроектованих за допомогою ШІ, має багатообіцяючий потенціал. Ці можливості прогнозування можуть передбачити частоту необхідних ремонтів, найбільш ймовірні граничні стани і потенційні моделі відмов. Таке передбачення уможливить більш проактивні стратегії технічного обслуговування, що потенційно подовжить життєвий цикл споруд і забезпечить їхню безпеку та функціональність. Ця сфера, що дозріла для подальших досліджень, є

ключем до революційних змін в обслуговуванні будівель та сталості в цивільному будівництві. Ця тема потребує глибшого вивчення і може стати важливою частиною майбутніх дослідницьких програм у цій галузі.

Висновок

Дослідження штучного інтелекту в цивільному будівництві демонструє його потенціал для трансформації галузі, від історичного розвитку до сучасних застосувань. ШІ підвищує ефективність складних операцій, таких як управління ланцюгами поставок, проектна документація та протоколи безпеки. Вплив ШІ на цивільне будівництво включає використання для вирішення критичних проблем урбанізації та стійкості до змін клімату. Однак, існують виклики у вирішенні складних технологічних та етичних питань. Програмне забезпечення на основі ШІ значно підвищує точність та ефективність на різних етапах розробки проектів, водночас забезпечуючи екологічну доцільність і оптимізацію використання матеріалів. Алгоритми швидко виконують складні розрахунки, сприяючи створенню інноваційних проектів. ШІ також має потенціал революціонізувати обслуговування будівель, передбачаючи потреби в ремонтах і підвищуючи їхню стійкість і безпеку, що вимагає подальших досліджень у сфері цивільного будівництва.

Список використаних джерел:

1. Y. Zhang, "Safety management of civil engineering construction based on artificial intelligence and machine vision technology," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2021, Article ID 3769634, 2021. <https://www.hindawi.com/journals/ace/2021/3769634/>
2. B. Manzoor, I. Othman, S. Durdyev, S. Ismail, "Influence of artificial intelligence in civil engineering toward sustainable development—a systematic literature review," *Applied System Innovation*, vol. 4, no. 3, 2021. <https://www.mdpi.com/2571-5577/4/3/52>
3. T. Dede, M. Kankal, A.R. Vosoughi, "Artificial intelligence applications in civil engineering," *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, Article ID 8384523, 2019. <https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8384523/abs/>
4. P. Lu, S. Chen, Y. Zheng, "Artificial intelligence in civil engineering," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2012, Article ID 145974, 2012. <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2012/145974/abs/>
5. Channell, D.F. (2009), "The emergence of the engineering sciences: An historical analysis" - Found in the book "Philosophy of technology and engineering sciences,". <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444516671500094>
6. S.O. Abioye, L.O. Oyedele, L. Akanbi, A. Ajayi, et al., *Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges*. Elsevier, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221011578>
7. S.K. Baduge, S. Thilakarathna, J.S. Perera, et al., *Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications*. Elsevier, 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580522003132>
8. D.M. Dimiduk, E.A. Holm, S.R. Niezgoda, *Perspectives on the impact of machine learning, deep learning, and artificial intelligence on materials, processes, and structures engineering*. Springer, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40192-018-0117-8>
9. Y. Pan, L. Zhang, *Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends*. Elsevier, 2021. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580520310979>
10. H. Salehi, R. Burgueño, *Emerging artificial intelligence methods in structural engineering*. Elsevier, 2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029617335526>
11. L. Zhu, D. McCrum, C. Sweeney, J. Keenahan, *Full-scale computational fluid dynamics study on wind condition of the long-span Queensferry Crossing Bridge*, 2023 <https://link.springer.com/article/10.1007/s13349-022-00657-2>
12. K. Joseph, A.K. Sharma, R. Van Staden, *Development of an intelligent urban water network system*, 2022, <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/9/1320>