

УДК 69.001.5

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270225.73.1131

ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В БУДІВНИЦТВІ

БОРОДІН М. О.¹, канд. техн. наук, доц.,
ТКАЧ Т. В.^{2*}, канд. техн. наук, доц.,
МАРТИШ О. О.³, канд. техн. наук, доц.

¹ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 724-96-31, e-mail: borodin.maksym@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0513-3876

^{2*} Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 231-35-79, e-mail: tkach.taisiia@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9433-7514

³ Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (093) 713-23-77, e-mail: martysh.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

Анотація. Актуальність дослідження зумовлена зростаючим попитом будівельної галузі в технологічних інноваціях, які можуть суттєво підвищити її ефективність та конкурентоспроможність. Сучасні будівельні проекти набувають усе більшої складності, отже, традиційні методи управління не завжди можуть забезпечити необхідну швидкість і точність виконання будівельно-монтажних робіт. У подібних умовах впровадження штучного інтелекту (ШІ) сприяє автоматизації значної частини процесів, ефективнішому використанню ресурсів, скорочення термінів виконання проектів та зниження рівня помилок. **Постановка проблеми.** Розглядаються організаційні аспекти застосування штучного інтелекту (ШІ) у будівельній галузі. Мета дослідження полягає у визначенні місця штучного інтелекту в системі організації та управління будівельними проектами, а також у розробці ключових організаційних підходів та стратегій для його ефективного впровадження з метою підвищення продуктивності та оптимізації процесів у будівельній галузі. **Об'єкт дослідження:** процеси організації та управління у будівельній сфері, пов'язані з інтеграцією технологій штучного інтелекту. **Предмет дослідження:** організаційні аспекти, стратегії та механізми впровадження штучного інтелекту у будівництві, включаючи технічні, кадрові та управлінські підходи. Особлива увага приділяється питанням інтеграції інноваційних рішень у виробничі процеси та управлінські структури підприємств. Розглядаються можливі підходи до підвищення ефективності організації робіт, оптимізації ресурсів та автоматизації процесів за допомогою штучного інтелекту. **Висновки дослідження** наголошують на необхідності комплексного підходу до впровадження ШІ, що поєднує технологічні рішення зі змінами в організаційних та управлінських процесах. Запропоновані в статті стратегії спрямовані на підвищення якості та швидкості реалізації будівельних проектів, що має сприяти підвищенню загальної продуктивності галузі.

Ключові слова: штучний інтелект; аналіз даних; організація; ефективність; будівельний проект; автоматизація; управління проектами; організаційні аспекти

ORGANIZATIONAL ASPECTS OF THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

BORODIN M.O.¹, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.
TKACH T.V.^{2*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.
MARTYSH O.O.³, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

¹ Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 724-96-31, e-mail: borodin.maksym@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-0513-3876

^{2*} Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (096) 231-35-79, e-mail: tkach.taisiia@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9433-7514

³ Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (093) 713-23-77, e-mail: martysh.oleksandr@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

Abstract. The relevance of the study is due to the growing demand of the construction industry for technological innovations that can significantly increase its efficiency and competitiveness. Modern construction projects are becoming more and more complex, therefore, traditional management methods cannot always ensure the necessary speed and accuracy of construction and assembly works. In such conditions, the introduction of artificial intelligence (AI) contributes to the automation of a significant part of the processes, more efficient use of resources, reduction of project deadlines and reduction of errors. **Raising of problem.** Organizational aspects of artificial intelligence (AI) application in the construction industry are considered. The purpose of the study is to determine the place of artificial intelligence in the system of organization and management of construction projects, as well as to develop key organizational approaches and strategies for its effective implementation in order to increase productivity and optimize processes in the construction industry. **Object of the study:** organizational and management processes in the construction sector related to the integration of artificial intelligence technologies. **Subject of the study:** organizational aspects, strategies and mechanisms for the implementation of artificial intelligence in construction, including technical, personnel and management approaches. Special attention is paid to the issues of integrating innovative solutions into production processes and management structures of enterprises. Possible approaches to increasing the efficiency of work organization, resource optimization and process automation using artificial intelligence are considered. **The research findings** emphasize the need for a comprehensive approach to the implementation of AI, which combines technological solutions with changes in organizational and management processes. The strategies proposed in the article are aimed at improving the quality and speed of implementation of construction projects, which should contribute to increasing the overall productivity of the industry.

Keywords: artificial intelligence; data analysis; organization; efficiency; construction project; automation; project management; organizational aspects

Постановка проблеми. Сучасний світ змінюється завдяки новим технологіям та інструментам. Будівництво, як найважливіша галузь економіки також схильна до цих змін. І штучний інтелект разом з Building Information Modeling (BIM) найперспективніша з усіх напрямків розвитку. Заміна людини на тих роботах [4], де потрібна чіткість в обробці великої кількості інформації чи на тих роботах, де потрібно в сучасному світі створення великої кількості інформації. Це те, де може застосовуватися штучний інтелект. Але постає проблема та низка питань [6]. Як професії та спеціальності зможе ефективно замінити штучний інтелект? В якій пропорції можна залучати штучний інтелект щоби не постраждала якість та ефективність кінцевого продукту в будівництві? Який економічний ефект буде від впровадження штучного інтелекту на різних стадіях реалізації будівельних проєктів? З цього впливає проблема залучення штучного інтелекту (в деяких випадках) як організаційної одиниці в структуру виконання окремих робіт, етапів та будівельного проєкту в цілому. Мається на увазі, що там, де штучний інтелект заміняє собою людину на його робочому місці, ми повинні врахувати організаційні зміни. З'являється новий суб'єкт планування та

організації, який має свої особливості та вимоги до впровадження в конкретну ланку реалізації будівельного проєкту, як на стадії проєктування об'єкту так і на стадії будівництва та експлуатації.

Аналіз публікацій. Проблемами використання штучного інтелекту в будівництві займаються такі вчені як Савицький М. В., Данішевський В. В, Гайдар А. М. [4], Веркалець С. М. [1], Лялюк О. Г. [3], Осипенко Р. С., Глибовець М. М. [2], Олецький О. В. та інші. Цей напрямок дуже актуальний сьогодні та привертає увагу спеціалістів з усіх сфер діяльності людини в будівництві і не тільки в будівництві. В деяких публікаціях застосування штучного інтелекту впроваджено вже на реальних завданнях та практичних цілях, в деяких лише на теоретичному рівні, що потребує більш досконалого подальшого вивчення.

Мета та постановка завдань. Мета дослідження полягає в визначенні місця штучного інтелекту в системі організації і управління будівельними проєктами та врахуванні можливостей штучного інтелекту в підвищенні ефективності реалізації будівельних проєктів.

Завдання:

– проаналізувати стан впровадження штучного інтелекту в сучасні форми організації будівельних проєктів;

– визначити ключові напрями економії при впровадженні штучного інтелекту в будівельні процеси;

– розробити стратегії інтеграції штучного інтелекту в реалізацію будівельних проєктів.

Результати досліджень. Використання технології Building Information Modeling (BIM) у поєднанні з штучним інтелектом має потенціал радикально змінити будівельну індустрію, в тому числі організацію будівництва. Нижче наведено кілька ключових перспектив, які на нашу думку, є найбільш важливими:

➤ **Інтелектуальні алгоритми:** штучний інтелект може автоматизувати багато аспектів проєктування, включаючи генерацію архітектурних планів, оптимізацію, простору та навіть врахування енергоефективності. Інструменти на основі штучного інтелекту можуть аналізувати дані про будівлі, історію проєктів та нормативні вимоги, що дозволяє швидше і точніше створювати проєкти.

➤ **Генеративний дизайн:** штучний інтелект може використовувати генеративний дизайн, щоб розробити безліч варіантів проєктів на основі визначених параметрів. Це дозволяє архітекторам і інженерам вибрати оптимальні рішення, які можуть бути недоступні через традиційний підхід.

➤ **Аналіз даних:** штучний інтелект може автоматично перевіряти проєкти на відповідність нормативним вимогам, виявляти потенційні проблеми та навіть прогнозувати можливі ризики. Це зменшує ймовірність помилок і підвищує ефективність процесу.

➤ **Реалістичні симуляції:** штучний інтелект може проводити симуляції для оцінки, як зміни в дизайні вплинуть на функціональність, енергетичні витрати та інші параметри.

➤ **Моніторинг якості:** штучний інтелект може використовуватися для автоматичного моніторингу будівельних

стандартів і якості виконання робіт. Це включає виявлення дефектів за допомогою комп'ютерного зору та аналітики даних.

➤ **Аудит і compliance:** штучний інтелект може допомогти в автоматизації перевірки відповідності будівельних норм і стандартів. Замість людських інспекторів, які проводять аудит, штучний інтелект може постійно відстежувати відповідність і генерувати звіти.

➤ **Інтеграція даних:** штучний інтелект може об'єднувати дані з різних джерел (проєктування, будівництво, експлуатація) для забезпечення цілісного огляду проєкту. Це допомагає зменшити помилки, що виникають через неузгодженість інформації.

➤ **Автоматизоване управління проєктами:** штучний інтелект може допомогти в управлінні проєктами, автоматизуючи планування, розподіл ресурсів і управління ризиками.

Попри всі ці можливості, повна заміна проєктувальників і контролюючих органів людьми штучним інтелектом є малоімовірною в найближчому майбутньому. Людський досвід, креативність і здатність до адаптації до нових умов під час вирішення складних завдань залишаються важливими. Можна стверджувати, що штучний інтелект скоріше буде доповнювати людську діяльність, автоматизуючи рутинні задачі та надаючи інструменти для підвищення ефективності.

Якщо розглядати використання штучного інтелекту (ШІ) на різних етапах будівельного проєкту це може варіюватися в залежності від конкретних потреб і стадії реалізації проєкту (табл. 1).

Треба додати, що доля залучення ШІ може змінюватися в залежності від специфіки проєкту, рівня автоматизації та технологічного прогресу і це також потрібно враховувати при плануванні організаційної структури будівельного проєкту в цілому і його частин в зокрема.

Але питання штучного інтелекту напряму пов'язана з людьми. Постає організаційне питання: які професії в будівельній галузі на будівельному майданчику чи в офісах будівельних

компаній зможе замінити штучний інтелект. Це питання як організаційне так і економічне. Який економічний ефект від впровадження штучного інтелекту? Спочатку треба визначитися де можна використовувати ШІ без шкоди для кінцевого результату. Це і проєктувальники і архітектори, це інженери та менеджери

проєктів, це ті, хто займається управлінням ресурсами і плануванням, прогнозуванням ризиків, бюджетуванням та фінансовим аналізом, оцінкою витрат, це контролери якості та інспектори, виконавчі інженери та робітники, планувальники і координатори, адміністративні працівники.

Таблиця 1

Оптимальна доля залучення штучного інтелекту на різних етапах реалізації будівельного проєкту

№	Етапи реалізації	Залучення ШІ	Завдання	Методи
1	Виникнення ідеї (Концептуалізація)	10–20 %	ШІ може допомогти в аналізі ринку, оцінці потенційних локацій, прогнозуванні трендів і навіть у формуванні концепції проєкту на основі великих обсягів даних	Аналітика даних, прогнозування тенденцій, генерація ідей на основі історичних даних
2	Проектування	20–40 %	Автоматизація створення дизайну, аналіз різних варіантів проєкту, оптимізація простору, енергетичний аналіз	Генеративний дизайн, оптимізація планів, моделювання будівельної інформації (BIM) з інтеграцією ШІ
3	Планування і затвердження	10–20 %	Перевірка відповідності нормативним вимогам, автоматизація документів, підготовка звітів для затвердження	Аналіз відповідності, автоматичне складання документації
4	Будівництво	30–50 %	Моніторинг якості будівництва, управління проєктами, контроль за витратами і ресурсами, управління ризиками	Аналіз зображень (комп'ютерний зір), прогнозування ризиків, автоматизація управлінських процесів
5	Експлуатація	20–30 %	Управління об'єктом, моніторинг стану будівлі, управління енергією, прогнозування технічного обслуговування	Інтелектуальні системи управління будівлею (BMS), аналіз даних з сенсорів, предиктивне обслуговування

Зазначимо, що людські якості (креативність, управлінський досвід і прийняття рішень у складних умовах), все ще залишаються важливими, незважаючи на здатність штучного інтелекту, який може автоматизувати багато рутинних завдань і процесів. Тому замість повної заміни професій, швидше за все, відбудеться їх трансформація, і багато фахівців будуть займатися більш стратегічними і творчими завданнями, а рутинні процеси перейдуть до автоматизованих систем.

Використання штучного інтелекту в процесі будівництва може принести суттєві економічні вигоди. Хоча конкретні цифри можуть варіюватися залежно від проєкту, географічного розташування та впроваджених технологій, загалом можна

оцінити кілька ключових аспектів економічного ефекту (табл. 2).

Виходячи з вищенаведеного аналізу і залежно від масштабу і типу будівельного проєкту, загальний економічний ефект від використання штучного інтелекту може варіюватися від 10 до 30% на одиницю будівельного об'єму. Це може означати, що економічний ефект в грошових одиницях може становити від 1 000 до 3 000 грн на кожен одиницю будівельного об'єму, залежно від конкретного проєкту та впроваджених технологій. Важливо зазначити, що ці цифри є орієнтовними. Однак загальний тренд вказує на значні потенційні вигоди від інтеграції штучного інтелекту у будівельний процес.

З перспективою на майбутнє, штучний інтелект має потенціал радикально змінити

будівельну індустрію, створюючи нові можливості для проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів. Ось кілька шляхів розвитку будівельної індустрії за допомогою штучного інтелекту (табл. 3).

Таблиця 2

Напрямки економії під час використання штучного інтелекту в процесі будівництва

№	Напрямок економії	Економія	Пояснення
1	Зниження витрат на проєктування	5–15 % на витратах на проєктування	ШІ може автоматизувати багато завдань, таких як генеративний дизайн, оптимізація планів, і перевірка на відповідність. Це зменшує потребу в людському втручанні, знижуючи витрати на проєктування
2	Оптимізація витрат на будівництво	10–20 % на витратах на будівельні роботи	ШІ допомагає у плануванні і управлінні ресурсами, прогнозуванні витрат, а також в автоматизації процесів. Це може призвести до скорочення витрат на матеріали і робочу силу
3	Зменшення часу виконання проєкту	5–10 % зменшення загального часу виконання проєкту	Оптимізація процесів і автоматизація завдань допомагають зменшити затримки та пришвидшити виконання завдань. Це, в свою чергу, зменшує загальні витрати на проєкт
4	Зниження витрат на обслуговування та експлуатацію	5–15 % на витратах на обслуговування та експлуатацію	Інтелектуальні системи управління будівлею (BMS) та прогнози на основі ШІ можуть зменшити витрати на енергію, технічне обслуговування та ремонти, шляхом моніторингу і оптимізації ресурсів
5	Зменшення помилок і дефектів	2–5 % на витратах на виправлення помилок і дефектів	ШІ може автоматично виявляти помилки і дефекти на ранніх етапах, що зменшує потребу в додаткових витратах на виправлення і перепланування
6	Покращення безпеки та зменшення витрат на страхування	5–10 % на витратах на страхування та безпеку	Впровадження технологій моніторингу і управління безпекою на основі ШІ може зменшити ймовірність нещасних випадків і знижувати витрати на страхування

Таблиця 3

Шляхи залучення штучного інтелекту в реалізацію будівельних проєктів

№	Шляхи залучення штучного інтелекту	Опис	Приклад
1	Інтелектуальні автономні будівельні роботи	Використання автономних роботів, які оснащені ШІ для виконання будівельних завдань без людського втручання. Ці роботи можуть самостійно планувати та виконувати складні завдання, такі як кладка цегли, монтаж конструкцій, і навіть фінішні оздоблення	Роботи, які можуть будувати будівлі з використанням 3D-друку в реальному часі, адаптуючи свої дії на основі змінних умов будівельного майданчика
2	Самонавчальні архітектурні системи	ШІ системи, які не тільки генерують архітектурні проєкти, але й постійно вчаться на основі зворотного зв'язку і попередніх проєктів, оптимізуючи дизайн у реальному часі.	Архітектурні інструменти на базі ШІ, які аналізують тисячі проєктів і даних, щоб створювати нові, інноваційні проєкти з урахуванням ефективності, стилю і функціональності.
3	Екологічні будівлі, що самовідновлюються	Будівлі, які використовують ШІ для самостійного моніторингу і відновлення зношених або пошкоджених частин будівлі. Це може включати використання матеріалів, які самостійно ремонтують тріщини або пошкодження	Інтелектуальні фасади, які автоматично очищаються і ремонтуються, завдяки вбудованим сенсорам і самовідновлювальним матеріалам
4	Віртуальні міста з інтегрованими ШІ	Розвиток міст, де всі аспекти управління і функціонування контролюються і оптимізуються за допомогою ШІ. Це включає управління трафіком, енергетичними ресурсами, водопостачанням і навіть соціальними аспектами	Міста, де всі інфраструктурні системи з'єднані в єдину платформу, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання, уникати заторів і забезпечувати безперервне обслуговування.

5	Автоматизоване проєктування на основі віртуальних симуляцій	Використання ІІІ для створення віртуальних симуляцій, які дозволяють проєктувальникам взаємодіяти з фізичними і цифровими моделями в реальному часі, тестуючи і оптимізуючи проєкти перед їх реальним втіленням	Інструменти віртуальної і доповненої реальності, які дозволяють проєктувальникам «переміститися» всередину будівлі ще до початку будівництва, проводячи тести на функціональність і дизайн
6	Інтелектуальні матеріали і конструкції	Розробка нових матеріалів, які реагують на зміни в навколишньому середовищі і адаптуються до умов. Це може включати «розумні» стіни, які регулюють температуру, або матеріали, що змінюють свою форму залежно від погодних умов	Матеріали, які автоматично регулюють свою теплоізоляцію або поглинають шум в залежності від навколишнього середовища
7	Прогнозування і управління ризиками	ІІІ, який використовує великі дані для прогнозування і управління ризиками на всіх етапах будівництва, від проєктування до експлуатації. Це може включати виявлення потенційних проблем до їх виникнення	Системи ІІІ, які аналізують історичні дані і поточні умови для прогнозування можливих аварій або затримок і автоматично коригують плани для мінімізації впливу.
8	Глобальні будівельні мережі на базі ІІІ	Міжнародні платформи для спільного проєктування і реалізації будівельних проєктів, де фахівці з усього світу можуть співпрацювати через інтегровані ІІІ системи	Платформи для глобальної колаборації, де ІІІ автоматично обробляє дані з різних джерел і координує дії міжнародних команд

Таблиця 4

Класифікація можливих ризиків від використання штучного інтелекту

	Класифікація	Ризики	Можливі наслідки
1	Безпека і конфіденційність даних	ІІІ системи вимагають великих обсягів даних для навчання і роботи. Неправильне управління даними може призвести до порушення конфіденційності або крадіжки особистої інформації	Витік або зловживання даними можуть негативно вплинути на учасників проєкту і стати причиною юридичних і фінансових проблем
2	Залежність від технологій і збоїв в системах	Залежність від ІІІ може призвести до уразливості у випадку збоїв у системах або програмних помилок. Неправильна робота ІІІ може призвести до серйозних проблем на будівельному майданчику	Затримки в будівництві, збільшення витрат і навіть небезпека для життя і здоров'я працівників через несправності технологій
3	Втрата робочих місць	Автоматизація процесів за допомогою ІІІ може призвести до скорочення кількості робочих місць для людей, особливо в рутинних і повторюваних завданнях.	Соціальні наслідки, такі як безробіття і економічні труднощі для працівників, які можуть бути заміщені технологіями
4	Етичні питання і прийняття рішень	ІІІ може приймати рішення на основі алгоритмів, які не завжди враховують етичні або соціальні аспекти. Це може викликати проблеми, якщо системи не здатні правильно оцінювати людські потреби або місцеві умови	Неправильні або несправедливі рішення, які можуть мати негативні наслідки для громадських інтересів або інтересів окремих осіб.
5	Вартість впровадження і обслуговування	Впровадження і обслуговування ІІІ технологій можуть бути дорогими, і невеликим компаніям може бути важко впоратися з такими витратами	Збільшення загальних витрат на проєкти, що може зменшити їх рентабельність або ускладнити доступ до інноваційних технологій для менших фірм
6	Виклики в інтеграції і сумісності	ІІІ системи можуть не завжди бути сумісними з існуючими будівельними процесами або обладнанням. Це може вимагати значних змін у процесах або додаткових витрат на адаптацію	Затримки в реалізації проєктів, необхідність переробки або переобладнання існуючих систем
7	Регуляторні і юридичні проблеми	ІІІ в будівництві може зіткнутися з недосконалістю існуючих регуляторних норм і стандартів. Невизначеність у питаннях правового статусу і відповідальності може стати перешкодою для впровадження нових технологій	Юридичні проблеми і штрафи, затримки в реалізації проєктів, а також труднощі з відповідністю нормативним вимогам

8	Зміни в навичках і підготовці кадрів	Впровадження ШІ може вимагати нових навичок і знань від працівників. Це може створити розрив у навичках між тими, хто має доступ до нових технологій, і тими, хто залишився позаду.	Потреба в перепідготовці кадрів або проблеми з наймом кваліфікованих фахівців.
9	Проблеми з точністю і надійністю	Алгоритми ШІ можуть бути неточними або мати помилки, що може призвести до неправильної інформації або рішень, які вплинуть на якість будівельних робіт.	Ризик появи дефектів в будівництві, що може вплинути на безпеку і довговічність будівель

Ці концепції можуть суттєво змінити будівельну індустрію, зробивши її більш ефективною, безпечною і екологічною, а також забезпечивши нові можливості для розвитку і інновацій. Але це потребує і нового алгоритму організації управління будівництвом, в тому числі в календарному плануванні, в кошторисній документації та експертизі проєктної документації.

Але крім того що використання штучного інтелекту в будівельній індустрії відкриває нові можливості, але також несе з собою низку ризиків і викликів. Ось деякі з них (табл. 4).

Висновки

Впровадження штучного інтелекту у роботу будівельних організацій та реалізацію будівельних проєктів значно підвищує їх ефективність та конкурентоспроможність. Основними перевагами застосування штучного інтелекту є:

1. Оптимізація процесів, а саме: автоматизація завдань, скорочення витрат часу та ресурсів, що призводить до більш ефективного управління будівельними проєктами.

2. Прийняття обґрунтованих рішень: аналіз великих масивів обробки даних, зібраних на етапах проєктування, будівництва та експлуатації, допомагає швидко та раціонально приймати рішення на основі реальних показників.

3. Зниження ризиків: завдяки прогнозу ризиків, заснованому на аналізі даних, ШІ

дає можливість передбачати потенційні проблеми та уникати зриву будівельного процесу (простоїв).

4. Підвищення якості та безпеки: технології ШІ сприяють кращому контролю якості виконуваних робіт та забезпеченню відповідності проєктів нормативним вимогам. ШІ також може мінімізувати ризики безпеки на будівельних майданчиках.

5. Ефективне управління ресурсами: використання ШІ забезпечує більш ефективне планування матеріальних ресурсів, технічного обладнання та робочої сили, що сприяє скороченню витрат та підвищення прибутковості.

6. Інновації у проєктуванні: застосування ШІ у BIM-моделях (Building Information Modeling) сприяє інтеграції інноваційних підходів у процес проєктування та дозволяє більш точному прогнозуванню строків виконання будівельно-монтажних робіт та витрат.

З точки зору місця штучного інтелекту в організаційній структурі будівельних організацій чи організації будівельного проєкту важливо наново прописати обов'язки та відповідальності кожного окремого місця в вертикалі та горизонталі технологічних процесів та руху інформації. Заміна робочих місць штучним інтелектом вимагає більш досконалого вивчення можливостей та ризиків його використання в кожній окремій ситуації та одиниці прийняття рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Веркалець С. М. Використання штучного інтелекту та якості продукції – основа ефективності будівельного виробництва. *Технології добросовісного використання штучного інтелекту у сфері освіти та науки : матер. всеукр. наук.-пед. підвищення кваліфікації, 31 липня – 10 вересня 2023 року*. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2023. С. 42–46.

2. Глибовець М. М., Олецький О.В. Штучний інтелект. Київ : Києво-Могилянська академія, 2002. 364 с.

3. Лялюк О. Г., Осипенко Р. С. Особливості імплементції штучного інтелекту в будівництві. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. Т. 35, № 2 (2023). С. 172–176.
4. Савицький М. В., Данішевський В. В., Гайдар А. М. Методи штучного інтелекту та їх застосування в будівництві. Тези всеукраїнського науково-практичного форуму «Переможемо – Відбудуємо!». Дніпро : Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, 29–30 червня 2022 р. С. 83–86. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/9354/Savytskyi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Стецюк М. Штучний інтелект навчився створювати архітектурні проекти без участі людини. URL: <https://ecotech.news/architecture/604-shtuchnij-intelekt-navchivsya-stvoryuvati-arkhitekturni-proekti-bez-uchastilyudini.html>
6. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні : монографія. Київ : Наука і освіта, 2023. С. 305.
7. Цифроценти. Як епоха нейромереж змінює архітектуру. URL: <https://pragmatika.media/tsyfrochento-iak-epokha-neiromerezh-zminiuearkhitekturu/>
8. Шевченко А. І. Світові тенденції та практичні досягнення у проблемі штучного інтелекту. Київ : Наукова думка, 2010. С. 561–572. URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/11/11/13-mindblowing-things-artificial-intelligence-can-already-do-today/#8e22a4665020>
9. Eberhart R., Shi Yu, Kennedy J. *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann, Elsevier, 2001. 512 p.
10. K. Gwang-Hee, Y. Jie-Eon, S. Ana, Chob Hun-Hee. Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction costs. *Building and Environment*. 2004. № 39. Pp. 1333–1340. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.03.009>

REFERENCES

1. Verkalets S.M. *Vykorystannia shtuchnoho intelektu ta yakosti produktsii – osnova efektyvnosti budivelnogo vyrobnytstva* [The use of artificial intelligence and product quality is the basis of the efficiency of construction production]. *Tekhnologii dobrochesnoho vykorystannia shtuchnoho intelektu u sferi osvity ta nauky : materialy vseukrainskoho naukovo-pedahohichnoho pidvyshchennia kvalifikatsii, 31 lypnia – 10 veresnia 2023 roku* [Technologies of virtuous use of artificial intelligence in the field of education and science : materials of the All-Ukrainian scientific and pedagogical professional development, July 31 – September 10, 2023]. Odesa : Helvetyka publ., 2023, pp. 42–46. (in Ukrainian).
2. Hlybovets M.M. and Oletskyi O.V. *Shtuchnyi intelekt* [Artificial intelligence]. Kyiv : Kyievo-Mohylianska akademiia Publ., 2002, 364 p. (in Ukrainian).
3. Lialiuik O.H. and Osypenko R.S. *Osoblyvostii implementatsii shtuchnoho intelektu v budivnytstvi* [Features of the implementation of artificial intelligence in construction]. *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi* [Modern Technologies, Materials and Structures in Construction]. Vol. 35, no. 2, 2023, pp. 172–176. (in Ukrainian).
4. Savytskyi M.V., Danishevskiy V.V. and Haidar A.M. *Metody shtuchnoho intelektu ta yikh zastosuvannia v budivnytstvi* [Methods of artificial intelligence and their application in construction]. *Tezy vseukrainskoho naukovo-praktychnoho forumu "Peremozhemo – Vidbuduiemo!"* [Theses of the all-Ukrainian scientific and practical forum "We will win – we will rebuild!"]. Dnipro : PSACEA, 29–30 June, 2022, pp. 83–86. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/9354/Savytskyi.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (in Ukrainian).
5. Stetsiuk M. *Shtuchnyi intelekt navchivsya stvoriuvaty arkhitekturni proekty bez uchasti liudyny* [Artificial intelligence has learned to create architectural projects without human intervention]. URL: <https://ecotech.news/architecture/604-shtuchnij-intelekt-navchivsya-stvoryuvati-arkhitekturni-proekti-bez-uchastilyudini.html> (in Ukrainian).
6. *Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini : monohrafiia* [Strategy for the development of artificial intelligence in Ukraine : monograph]. Kyiv : Nauka i osvita Publ., 2023, p. 305. (in Ukrainian).
7. *Tsyfrochento. Yak epokha neiromerezh zminiue arkhitekturu* [Digicento. How the age of neural networks is changing architecture]. URL: <https://pragmatika.media/tsyfrochento-iak-epokha-neiromerezh-zminiuearkhitekturu/> (in Ukrainian).
8. Shevchenko A.I. *Svitovi tendentsii ta praktychni dosiahnennia u problemi shtuchnoho intelektu* [World trends and practical achievements in the problem of artificial intelligence]. Kyiv : Naukova Dumka publ., 2010, pp. 561–572. URL: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/11/11/13-mindblowing-things-artificial-intelligence-can-already-do-today/#8e22a4665020> (in Ukrainian).
9. Eberhart R., Shi Yu and Kennedy J. *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann, Elsevier, 2001, 512 p.
10. K. Gwang-Hee, Y. Jie-Eon, S. Ana and Chob Hun-Hee. Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction costs. *Building and Environment*. 2004, no. 39, pp. 1333–1340. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.03.009>

Надійшла до редакції: 28.11.2024.