

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.67.230-240>

УДК 72.023

Іванов-Костецький Сергій Олексійович,
кандидат архітектури, докторант, доцент
кафедри дизайну архітектурного середовища Інституту архітектури,
Національний університет «Львівська політехніка»
serhii.o.ivanov-kostetskyi@lpnu.ua
<http://orcid.org/0000-0002-6047-609X>

РЕВОЛЮЦІЯ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ (З 2020 РР.): ЯК ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ФОРМУЄ МАЙБУТНЄ БУДІВНИЦТВА (НА ПРИКЛАДІ «РИЗИКІВ» ТА «БЕЗПЕКИ»)

Анотація: у статті висвітлюється сучасний стан будівельної робототехніки, яка оснащена штучним інтелектом, що в свою чергу активно розвиває та автоматизує будівельну сферу. Основи робототехніки такого типу було закладено в далекому минулому, але конкретні прототипи роботів, які були епізодично залученні в будівельну галузь активно почалось у 2010-2015 роках. В статті наведено авторський аналіз Звіту «Global Artificial Intelligence in Construction Market Analysis», що опубліковано на офіційному електронному ресурсі світової аналітичної Компанії Research Dive. В цьому Звіті наведено, що з 2020 року кожна п'ята смерть працівника на рік була зафіксована в будівельному секторі на глобальному рівні. Також на основі цього Звіту автор робить основні висновки проблематики інтеграції штучного інтелекту в будівельні галузі. В статті наведено декілька конкретних прикладів будівельних роботів (IronBOT та TyBOT – система роботів від компанії Advanced Construction Robotics, які вміють за основними параметрами (діаметр арматури, крок арматури) виконувати автоматизовану розкладку арматурних стрижнів та їх в'язку, будівельного програмного забезпечення (Newmetrix Vinnie – комплекс програм, які на основі аналізу фотографій та відео з будівництва, надають допомогу у прогнозуванні охорони праці та безпеки життя працівників на будівництві, а також прогнозують відхилення будівництва від проєктної документації, проводять синхронізацію будівельних даних із проєктною документацією, надають прогноз майбутніх 20% помилок на кожному наступному етапі реалізації об'єкту) та автоматизованого заводу з будівництва (Intelligent City – автоматизована будівельна лінія дерев'яного сендвіч-щитового будівництва житлових будинків малої та середньої поверховості в умовах Північної Америки та Канади). На основі описаного матеріалу автор резюмує існуючу ситуацію із вказанням декількох сучасних базових проблем при інтеграції штучного інтелекту в будівельну сферу.

Ключові слова: штучний інтелект; AI; будівництво; майбутнє; прогнозування; оптимізація; роботизоване будівництво; управління проєктами; інтелектуальні системи; виклики; технології; автоматизація.

Постановка проблеми. З розвитком штучного інтелектом та його інтеграції в будівельну робототехніку починається активна зміна підходів до будівництва, що потребує вивчення базових принципів та розуміння сучасного стану інтеграції штучного інтелекту в будівельній сфері.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження інтеграції і впровадження механізмів та роботів оснащених штучним інтелектом детально, але коротко, висвітленні в ряді статей за 2022 та 2023 роки в електронному журналі «Archinect.com» Ніл Патріка Волш (Niall Patrick Walsh), в яких він висвітлює приклади новітніх інтеграцій штучного інтелекту та будівельної робототехніки.

Метою публікації є висвітлити сучасні приклади початку революційних етапів інтеграції штучного інтелекту в будівельні механізми та будівельну робототехніку.

Основна частина. Новий Звіт від лютого 2023 року «Global Artificial Intelligence in Construction Market Analysis» («Глобальний аналіз ринку штучного інтелекту в будівництві» [1]) прогнозує, що світовий ринок штучного інтелекту в будівництві зазнає значного зростання в наступному десятилітті. Згідно з аналізом аналітичної компанії Research Dive [2], до 2031 року ринок зросте на 34,1%, завдяки рішенням і послугам на основі Штучного Інтелекту (Artificial Intelligence – або AI), що використовують гібридний підхід [3].

Згідно зі Звітом «Global Artificial Intelligence in Construction Market Analysis», впровадження штучного інтелекту в будівельному секторі буде зумовлене прагненням підвищити безпеку працівників на будівельних майданчиках і зменшити ризики для здоров'я в будівельній галузі. У Звіті наводяться дані Організації з охорони праці та здоров'я (OSHA), які свідчать про те, що з 2020 року кожна п'ята смерть працівника на рік була зафіксована в будівельному секторі на глобальному рівні [4]. Research Dive передбачає, що поліпшення безпеки на будівельних майданчиках, що яскраво відображає діаграма «Рівень смертності в будівельній галузі» за даними «Бюро статистики праці США» [5] (рис. 1), забезпечить основу для більш широкої та глибокої інтеграції AI. Зокрема, такі інструменти, як камери, датчики та пристрої присутності для виявлення будівельної активності, сприятимуть розвитку технологій штучного інтелекту в галузі.

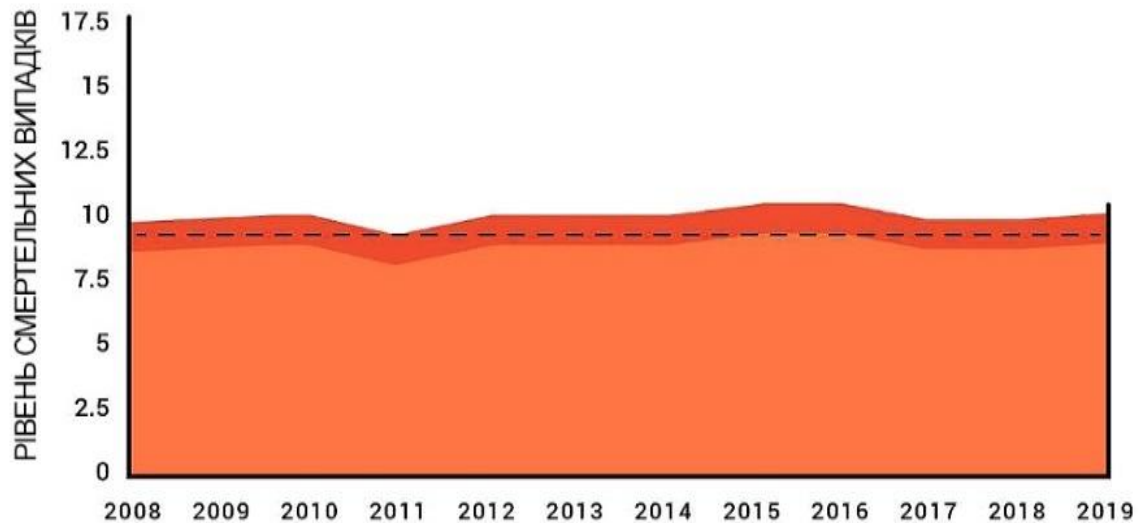


Рис. 1. Рівень смертності в будівельній галузі
(за даними «Бюро статистики праці США») [6]

Проте однією з головних перешкод експерти Research Dive вважають брак кваліфікованої робочої сили. Робота, яку необхідно виконувати в будівельній галузі за допомогою штучного інтелекту, вимагає як технічних, так і предметних знань, щоб отримати бажані результати. Якщо працівник не має чіткого розуміння роботи AI, то детальна розробка всього проєкту у спеціалізованих Компаніях та ведення за цим проєктом будівельних робіт зазнають невдачі, що може призвести до значних збитків для інвесторів проєкту. Цей фактор некваліфікованої робочої сили стримує зростання ринку.

Деякі учасники ринку штучного інтелекту (AI) у будівництві постійно інвестують у галузь досліджень і розробок, щоб удосконалити технології, які використовуються в інтегрованих AI-будівлях та будівельному AI-обладнанні. Наприклад, у березні 2020 року механізм штучного інтелекту Newmetrix під назвою «Vinnie» [7] (таблиця 1) був оновлений додатковими функціями, такими як здатність виявляти працівників у групі та визначати проблеми, пов'язані з роботою на висоті. Такі технологічні розробки переконують підприємства використовувати штучний інтелект на будівельних майданчиках, щоб зменшити небезпеку для здоров'я, підвищити якість роботи та знизити експлуатаційні витрати, що, за прогнозами, прискорить попит на штучний інтелект на будівельному ринку.

Таблиця 1. Переваги штучного інтелекту Newmetrix Vinnie (згідно даних виробника Newmetrix) [8]

№ з/п	Переваги	Опис
1	Безпечна хмарна інфраструктура	За допомогою програмного забезпечення Newmetrix Vinnie, данні отриманні з будівельного майданчика розміщено в хмарному сховищі Amazon, що передбачає ряд параметрів захисту і доступу: <ul style="list-style-type: none"> • Шифрування даних, зберігання та конфіденційність; • Контрольований доступ і дозволи; • Виявлення вразливостей; • Аварійного відновлення; • Контроль даних і конфіденційність
2	API та інтеграції	За допомогою програмного забезпечення Newmetrix Vinnie, є готові інтеграції та API для провідних програм для забезпечення управління будівництвом і рішень для зберігання документів. Інтеграції автоматично синхронізують існуючі зображення з будівельного майданчика, проект, торгових партнерів та інші дані з інших платформ, щоб створювати автоматичні оцінки ризиків безпеки, забезпечуючи порівняльний аналіз між проектами та ідентифікуючи провідні індикатори ризику та прогнозуючи, у яких 20% проекту буде 80% інцидентів наступного тижня. Сьогодні є ряд інтеграцій: <ul style="list-style-type: none"> • Автоматичні прогнози ризиків за допомогою Autodesk BIM 360 Field і BIM 360 Docs; • Автоматичні прогнози ризиків за допомогою Autodesk Build; • Автоматичні прогнози ризиків даних, що зберігаються в Box; • Автоматичні передбачення ризиків даних, що зберігаються в Egnyte; • Автоматичні передбачення ризиків даних для Oracle Aconex; • Автоматичне передбачення ризиків для зображень OxBlue; • Використання даних Procore для створення моделі прогнозної аналітики; • Автоматизована прогнозована аналітика безпеки з інтеграцією Newmetrix & StructionSite
3	Управління фото та відео	Enterprise Photo & Video Management допомагає проєктним командам отримувати, організовувати, обмінюватися та контролювати візуальні дані проєкту з єдиного джерела. Він може використовувати попередньо створені інтеграції з будівельними системами, такими як Autodesk BIM 360, Procore, Oracle Aconex, StructionSite, OxBlue site cameras, Box, або навіть використовувати мобільний додаток Newmetrix. AI Vinnie, спрощує пошук фотографій і відео в усіх поточних і старих проєктах – користувачі можуть шукати за тим, що бачили «на» зображеннях (наприклад, сталь, драбини, арматура), а також за будь-якими іншими даними (наприклад, дата, назва проєкту, автор тощо). Це дає наступні переваги: <ul style="list-style-type: none"> • Економія часу на рівні проєкту та будівельного процесу • Комплексне зберігання та доступ до всього фото- та відеоархіву
4	AI Vinnie	Штучний інтелект Vinnie, навчений будівельникам, автоматично

		виявляє понад 100 небезпек на зображеннях будівельного майданчика. Отримуйте інформацію про зниження ризику, інформаційні панелі та звіти про оцінку ризиків для безпеки, які дають змогу порівнювати між проектами провідні показники ризику. AI Vinnie аналізує: <ul style="list-style-type: none"> • Параметри безпеки; • Параметри продуктивності; • Параметри якості
5	Моніторинг безпеки	Safety Monitoring (Моніторинг безпеки) допомагає менеджерам і керівникам з безпеки визначати актуальні умови ризику і те, на чому слід зосередитися щотижня. AI Vinnie, працює як «віртуальний менеджер з безпеки», автоматично виявляючи загрози безпеці на будівельних майданчиках. Вінні пройшов навчання на більш ніж 17 мільйонах будівельних зображень, щоб автоматично виявляти понад 100 загроз безпеці та створювати інформаційні панелі і ризику безпеки.
6	Спостереження з техніки безпеки	Safety Observation (Спостереження за безпекою) допомагає менеджерам і керівникам з безпеки підвищити рівень залученості, збільшуючи участь робітників, щоб зробити безпеку особистою відповідальністю кожного. Проста у використанні функція ранжування ризиків заохочує до документування як позитивних, так і негативних випадків, усуваючи стигму покарання за порушення, водночас закріплюючи правильну поведінку. Продукт підтримує програму безпеки на основі прогнозування (PBS) з даними, готовими до використання AI, і може працювати самостійно або інтегруватися з системою управління будівництвом.
7	Прогнозна політика	Predictive Analytics дозволяє командам постійно знижувати ризики, проактивно виявляючи проекти з високим рівнем ризику за допомогою системи раннього попередження інцидентів. Навчена на більш ніж 12 тисячах даних про проекти та інциденти, ця модель штучного інтелекту, що спеціалізується на будівництві, аналізує дані з існуючих джерел, а також з власних продуктів Safety Observation та Safety Monitoring, щоб передбачити інциденти безпеки. Практичні висновки підкажуть, на які 20% проектів припадатиме 80% інцидентів наступного тижня, і які дії слід вжити, щоб запобігти їм.

Згідно зі Звітом «Global Artificial Intelligence in Construction Market Analysis», досягнення в галузі AI на будівельному майданчику будуть представлені як у вигляді рішень, так і у вигляді послуг. Серед рішень AI, які, як очікується, домінуватимуть на ринку в найближче десятиліття, - програми для підтримки управління ланцюгами поставок, планування проектів і управління ризиками. Тим часом, серед послуг зі штучного інтелекту домінуватимуть компанії, які відстежуватимуть взаємодію між персоналом, обладнанням і матеріалами в режимі реального часу, щоб виявити загрози безпеці, недоліки в дизайні або програмах підвищення продуктивності. Такі

досягнення також призведуть до зростання попиту на послуги з навчання працівників, зазначається у звіті [9].

Яскравим прикладом інтеграції будівельної робототехніки може бути робот IronBOT. Компанія Advanced Construction Robotics (ACR), що базується в Пенсільванії, представила свого сучасного робота, призначеного для роботи з арматурою на будівельних майданчиках. Система під назвою IronBOT може піднімати, переносити та розміщувати пучки горизонтальної та поздовжньої арматури вагою до 5000 фунтів (226 кг). За даними ACR, роботизована система не потребує попереднього програмування, попереднього відображення, калібрування чи введення BIM, а натомість автоматизує розміщення арматури на основі вимог користувача до відстані. ACR також наголошує, що систему можна мобілізувати на будівельному майданчику протягом 4-8 годин і вона може працювати вдень і вночі [10]. Випуск IronBOT відбувся через шість років після того, як ACR випустила TuBOT - автономну систему, яка може зв'язувати сталеві арматурні стрижні. За даними компанії, будівельний майданчик, який використовує як IronBOT, так і TuBOT, може скоротити час встановлення арматури на 50%. Підтвердженням цього, у лютому 2023 року, став проєкт будівництва мосту Порт-Сент-Люсі-Вест-Бульвар у Флориді [11], де була в перше використана система роботів IronBOT та TuBOT. Під час роботи IronBOT поставив 147 000 фунтів арматури (66 700 кг), тоді як TuBOT виконав понад 58 000 стяжок. Підрядник проєкту Shelby Erectors вважає, що система скоротила час встановлення арматури на 50% з 14 до 7 днів (рис.2).



Рис. 2. Будівництво мосту в Порт-Сент-Люсі-Вест-Бульвар у Флориді із застосуванням системи будівельних роботів IronBOT та TuBOT [12]

Іншим прикладом впровадження будівельної робототехніки є розробки канадської Компанії Intelligent City, яка займається інноваціями в житловому

будівництві, використовуватиме передову робототехніку для автоматичного збирання систем масивних дерев'яних будівель (рис. 3) на своєму новому заводі в Дельті (Британська Колумбія), який в свою чергу буде виконувати будівництво проєктів міського житла середньої та високої поверховості для Канади та Сполучених Штатів [13]. Компанію Intelligent City було засновано в 2008 році німецько-канадським архітектором Олівером Ленгом і канадським дизайнером Сінді Вілсон. Наразі команда працює над будівництвом 2880 будинків у Канаді та 1400 будинків у Сполучених Штатах, а здача перших проєктів очікується на початку 2022 року у Ванкувері. Підхід компанії зосереджений на використанні систем масового дерев'яного будівництва, автоматизованого виробництва та параметричного програмного забезпечення для створення систем міського житла. Щоб запропонувати гнучкість, Компанія розробила власне автоматизоване програмне забезпечення та виробничий процес, що забезпечує високий рівень налаштування між продуктами без додаткових витрат. Компанія описує остаточний баланс між масовим виробництвом і налаштуванням як «послідовний і надійний, але індивідуальний процес доставки для будівель».



Рис. 3. Роботизована автоматична лінія збирання систем масивних дерев'яних панелей для житлових будівель, розроблена канадською Компанією Intelligent City [14]

Висновки. Незважаючи на очікуване зростання AI в будівництві, автори Звіту «Global Artificial Intelligence in Construction Market Analysis» попереджають, що брак кваліфікованої робочої сили може обмежувати такий прогрес. «Робота, яку необхідно виконати в будівельній галузі за допомогою штучного інтелекту (AI), вимагає як технічних, так і галузевих знань для отримання бажаних результатів», - зазначається у звіті. «Якщо працівник не має

грунтового розуміння цього, все прогнозування проєкту за межами будівельного майданчика та будівельні роботи зазнають невдачі, що може призвести до значних втрат для бізнесу та поставити його перед рядом проблем, пов'язаних з проєктом. Цей фактор стримує зростання ринку» [15].

У Звіті також йдеться про те, що розмір ринку буде стримуватися вартістю інтеграції систем штучного інтелекту в будівництво. Оскільки робототехніка та автономні системи є дорогими у придбанні та обслуговуванні, у звіті зазначається, що лише великий бізнес зможе дозволити собі впровадження систем.

Список джерел

1. Research Dive. *Global Artificial Intelligence in Construction Market by Offerings (Solutions and Services), Deployment Type (Cloud and On-premises), Organization Size (Small & Medium-sized Enterprises (SMEs) and Large Enterprises), Industry Type (Residential, Institutional Commercials and Others), and Region (North America, Europe, Asia-Pacific, and LAMEA): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2022–2031*. [online] URL: <https://www.researchdive.com/46/artificial-intelligence-in-construction-market> (дата звернення: 18.04.2023).

2. «Research Dive» – це аналітична Компанія, що займається дослідженнями глобального ринку споживання. Підтримуючи цілісність і автентичність послуг, фірма надає послуги, які базуються виключно на її ексклюзивній моделі даних, керуючись методологією 360-градусного дослідження, яка гарантує всебічний і точний аналіз. [online] URL: <https://www.researchdive.com/about-us> (дата звернення: 18.04.2023).

3. Niall Patrick Walsh. *Role of artificial intelligence on construction sites expected to surge in coming decade*. [online] URL: <https://archinect.com/news/article/150345297/role-of-artificial-intelligence-on-construction-sites-expected-to-surge-in-coming-decade> (дата звернення: 18.04.2023).

4. Research Dive. *Global Artificial Intelligence in Construction Market ...* [online] URL: <https://www.researchdive.com/46/artificial-intelligence-in-construction-market> (дата звернення: 18.04.2023).

5. U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS. [online] URL: <https://www.bls.gov> (дата звернення: 18.04.2023).

6. Презентація Компанії Newmetrix «Predict & Prevent Incidents Using AI». [online] URL: <https://www.newmetrix.com/data-driven-safety> (дата звернення: 18.04.2023).

7. «Вінні» — двигун штучного інтелекту, навчений будівельникам. [online] URL: <https://www.newmetrix.com/vinnie-ai-engine> (дата звернення: 18.04.2023).

8. What Vinnie «Sees». [online] URL: <https://www.newmetrix.com/vinnie-ai-engine> (дата звернення: 18.04.2023).
9. Niall Patrick Walsh. *Role of artificial intelligence on construction sites ...* [online] URL: <https://archinect.com/news/article/150345297/role-of-artificial-intelligence-on-construction-sites-expected-to-surge-in-coming-decade> (дата звернення: 18.04.2023).
10. Niall Patrick Walsh. *Autonomous construction robot IronBOT launched to reduce rebar installation times.* [online] URL: <https://archinect.com/news/article/150343574/autonomous-construction-robot-ironbot-launched-to-reduce-rebar-installation-times> (дата звернення: 18.04.2023).
11. Блог компанії Advanced Construction Robotics. TyBOT Case Study: Koppel Bridge. [online] URL: <https://www.constructionrobots.com/post/tybot-case-study-koppel-bridge> (дата звернення: 18.04.2023).
12. Зображення з офіційної фейсбук-сторінки Shelby Erectors, Inc. [online] URL: <https://www.facebook.com/shelbyerectors> (дата звернення: 18.04.2023) та офіційної фейсбук-сторінки Advanced Construction Robotics. [online] URL: <https://www.facebook.com/ACRbots> (дата звернення: 18.04.2023).
13. Niall Patrick Walsh. *Inside a new robotic housing factory in British Columbia, Canada.* [online] URL: <https://archinect.com/news/article/150285761/inside-a-new-robotic-housing-factory-in-british-columbia-canada> (дата звернення: 18.04.2023).
14. Зображення взяті з статті Niall Patrick Walsh. *Inside a new robotic housing factory in British Columbia, Canada.* [online] URL: <https://archinect.com/news/article/150285761/inside-a-new-robotic-housing-factory-in-british-columbia-canada> (дата звернення: 18.04.2023) та офіційного сайту Компанії Intelligent City. [online] URL: <https://intelligent-city.com/platforms-for-life-process> (дата звернення: 18.04.2023).
15. Research Dive. *Global Artificial Intelligence in Construction Market ...* [online] URL: <https://www.researchdive.com/46/artificial-intelligence-in-construction-market> (дата звернення: 18.04.2023).

References

1. Research Dive (2022). *Global Artificial Intelligence in Construction Market by Offerings (Solutions and Services), Deployment Type (Cloud and On-premises), Organization Size (Small & Medium-sized Enterprises (SMEs) and Large Enterprises), Industry Type (Residential, Institutional Commercials and Others), and Region (North America, Europe, Asia-Pacific, and LAMEA): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2022–2031.* <https://www.researchdive.com/46/artificial-intelligence-in-construction-market> (in English)

2. «Research Dive» – is an analytical company engaged in research on the global consumer market. Maintaining the integrity and authenticity of its services, the firm provides services based exclusively on its exclusive data model, guided by a 360-degree research methodology that guarantees comprehensive and accurate analysis. <https://www.researchdive.com/about-us> (in English)
3. N. P. Walsh (2023). *Role of artificial intelligence on construction sites expected to surge in coming decade*. <https://archinect.com/news/article/150345297/role-of-artificial-intelligence-on-construction-sites-expected-to-surge-in-coming-decade> (in English)
4. Research Dive (2022). *Global Artificial Intelligence in Construction Market ...* <https://www.researchdive.com/46/artificial-intelligence-in-construction-market> (in English)
5. U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS (2020). <https://www.bls.gov> (in English)
6. Presentation of the Company Newmetrix «Predict & Prevent Incidents Using AI» (2023). <https://www.newmetrix.com/data-driven-safety> (in English)
7. "Winnie" is an artificial intelligence engine trained for construction workers. <https://www.newmetrix.com/vinnie-ai-engine> (in English)
8. What Vinnie «Sees» (2023). <https://www.newmetrix.com/vinnie-ai-engine> (in English)
9. N. P. Walsh (2023). *Role of artificial intelligence on construction sites ...* <https://archinect.com/news/article/150345297/role-of-artificial-intelligence-on-construction-sites-expected-to-surge-in-coming-decade> (in English)
10. N. P. Walsh (2023). *Autonomous construction robot IronBOT launched to reduce rebar installation times*. <https://archinect.com/news/article/150343574/autonomous-construction-robot-ironbot-launched-to-reduce-rebar-installation-times> (in English)
11. Company blog Advanced Construction Robotics. TyBOT Case Study: Koppel Bridge (2023). <https://www.constructionrobots.com/post/tybot-case-study-koppel-bridge> (in English)
12. Image from the official Facebook page Shelby Erectors, Inc. (2023) <https://www.facebook.com/shelbyerectors> (in English) and the official Facebook page Advanced Construction Robotics (2023) <https://www.facebook.com/ACRbots> (in English)
13. N. P. Walsh (2021). *Inside a new robotic housing factory in British Columbia, Canada*. <https://archinect.com/news/article/150285761/inside-a-new-robotic-housing-factory-in-british-columbia-canada> (in English)
14. Images taken from the article N. P. Walsh (2021). Inside a new robotic housing factory in British Columbia, Canada. <https://archinect.com/news/article/150285761/inside-a-new-robotic-housing-factory->

[in-british-columbia-canada](#) (in English) and the Company's official website Intelligent City. <https://intelligent-city.com/platforms-for-life-process> (in English)

15. Research Dive (2022). *Global Artificial Intelligence in Construction Market ...* <https://www.researchdive.com/46/artificial-intelligence-in-construction-market> (in English)

Annotation

Serhii Ivanov-Kostetskyi, PhD in Architecture, Doctoral Candidate, Associate Professor, Department of Architectural Environment Design, Institute of Architecture, Lviv Polytechnic National University.

Revolution in the construction industry (2020-2023): how artificial intelligence is shaping the future of construction

The article highlights the current state of construction robotics equipped with artificial intelligence, which in turn actively develops and automates the construction industry. The foundations of this type of robotics were laid in the distant past, but specific prototypes of robots that were sporadically involved in the construction industry began to be actively developed in 2010-2015. The article presents the author's analysis of the report "Global Artificial Intelligence in Construction Market Analysis", published on the official electronic resource of the global analytical company Research Dive. The Report shows that since 2020, every fifth worker death per year has been recorded in the construction sector globally. Based on this report, the author also draws the main conclusions of the problems of integrating artificial intelligence into the construction industry. The article provides several specific examples of construction robots (IronBOT and TyBOT - a system of robots from Advanced Construction Robotics that can perform automated layout of reinforcing bars and their binding according to the main parameters (diameter of reinforcement, reinforcement pitch), construction software (Newmetrix Vinnie - a set of programs that, based on the analysis of photos and videos from construction, assist in predicting the health and safety of workers on construction sites, as well as predict deviations of construction from the design document), and construction software (Newmetrix Vinnie - a set of programs that, based on the analysis of photos and videos from construction sites, assist in predicting the health and safety of workers on construction sites, and predict deviations from the design document). Based on the material described above, the author summarises the current situation and identifies several current basic problems in the integration of artificial intelligence into the construction sector.

Keywords: artificial intelligence; AI; construction; future; forecasting; optimisation; robotic construction; project management; intelligent systems; challenges; technology; automation.