

DOI: 10.32347/2412-9933.2020.43.97-103

УДК 69.002

Київська Катерина Іванівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0003-0906-1128
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Цюцюра Світлана Володимирівна

Доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0002-4270-7405
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Кулеба Микола Борисович

Аспірант кафедри інформаційних технологій, orcid.org/0000-0003-4713-7568
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В BIM-ТЕХНОЛОГІЯХ

Анотація. Штучний інтелект швидко поширюється і наразі проникає в будівельну галузь. Інформаційне моделювання будівель (BIM) вважається одним із ключових елементів у сфері архітектури, інжинірингу та будівництва (АЕС) з об'ємом ринку \$ 8 млрд до 2020 року в різних сегментах, таких як комерційний, освітній, житловий, медичний, промисловий, розважальний і спортивний. BIM – це відносно нова технологія в галузі, яка зазвичай повільно запроваджує зміни. Отже, багато вчених впевнені, що BIM буде рости експоненціально через розвиток цифрових технологій, таких як мобільний зв'язок, IoT, Big Data, Data Science, машинне навчання і штучний інтелект. Пряма інтеграція технології машинного навчання в BIM може сприяти в різних сферах, таких як: ідентифікація об'єкта за замовчуванням з попередніх аналогічних проєктів; надлишкове видалення інформації в процесі навчання без учителя. Напівконтрольоване або контрольоване навчання може модернізувати більш ранні дані, що не належать до BIM, до складних проєктів з підтримкою BIM. Агенти з посиленого навчання можуть допомогти в управлінні і обслуговуванні в режимі онлайн. Навіть готова розробка машинного навчання, така як розпізнавання мови, виявлення об'єкта, ідентифікація об'єкта або опрацювання природної мови з використанням технології машинного навчання, може використовуватися для прямого відновлення моделі замість схильного помилок ручного введення. Як і будь-який новий процес, зміна потребує часу, особливо в такій галузі, як будівництво. Однак спрощений та економічно ефективний процес проєктування BIM пропонує доведене зниження витрат та покращення якості, чого можна легко досягти за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання.

Ключові слова: BIM-технології; штучний інтелект; віртуальний помічник

Актуальність та аналіз проблеми

Інформаційне моделювання будівельної інформації (BIM) все більше стає життєво важливим процесом у будівельній галузі.

Інформаційне моделювання будівель – це спосіб представлення будівель, інженерних мереж і доріг. BIM – це процес створення і управління цифровими уявленнями фізичних і функціональних характеристик місць. Отже, він не просто створює тривимірну комп'ютерну модель, а показує як певні будівельні матеріали витримують час. Інформаційне моделювання будівель включає в себе кілька CAD і специфікацій для повного проєктування проєкту. CAD – це програмне забезпечення для автоматизованого проєктування, призначене для креслення або створення зображень. Цими тривимірними зображеннями можна маніпулювати,

щоб побачити, чи вони підходять, перш ніж замовляти дорогі матеріали.

Користувачі можуть бачити, як будівля буде з часом зношуватися, що робить BIM вибором для рендеринга в 4D. А оскільки це комп'ютерна модель, набагато простіше поділитися моделлю BIM, ніж планами паперового дизайну.

Ця діяльність спрямована на розширення співробітництва на ранній стадії проєктування будівельного проєкту, що спрощує процес будівництва. Це також спосіб виявлення проблем до того, як вони стануть дорогими.

Для різних проєктів можна досягти різних рівнів BIM. Кожен рівень представляє різний набір критеріїв, що демонструє певний рівень "зрілості".

Нині є чотири рівня інформаційного моделювання будівель. Мета цих рівнів полягає в тому, щоб визначити наскільки ефективно

або скільки інформації обмінюється та керується протягом усього процесу.

Незважаючи на те, що BIM – це загальноприйнята технологія в галузі будівельної галузі, ми все ще можемо бачити, що багато малих фірм неохоче запроваджують її, думаючи, що це актуально лише для великого масштабного будівельного бізнесу, високого класу архітекторів, державних проєктів або організацій, орієнтованих на навколишнє середовище. Відсутність належного розуміння та дезінформація щодо BIM – головна проблема, з якою стикається ця передова технологія.

Створення моделі BIM допомагає тим, хто бере участь у проєкті, оптимізувати прийняття рішень перед тим, як заходити до будівельного майданчика. Нещодавно компанії-виробники програмного забезпечення BIM почали використовувати штучний інтелект (ШІ) у процесі BIM для вдосконалення цих моделей та процесу BIM.

Штучний інтелект вже допомагає будівельній галузі працювати ефективніше і незабаром стане нормою, як і в інших галузях.

Мета статті

Мета – зробити огляд застосування штучного інтелекту в BIM-технологіях на сьогодні.

Виклад основного матеріалу

Технологію BIM можна легко застосувати, щоб заощадити багато часу та витрат.

Деякі з поточних проблем, з якими стикається будівельна галузь:

1. *Неефективність.* Сучасні методи не передбачають істотних візуалізацій як нових. Це не в змозі виробити спільний спосіб роботи. Це знижує загальну ефективність будівельного процесу.

2. *Фрагментація.* Роздробленість роботи під час укладання договору перешкоджає знанням знань серед підрядників, архітекторів та замовників. Це, своєю чергою, обмежує можливість приймати рішення в дизайні.

3. *Погана координація.* Зазвичай це може статися через зрив зв'язку у процесі роботи. Всі зміни не одночасно передаються людям, які беруть участь у цьому процесі. Це призводить до проблем у координації та подальшої затримки.

4. *Відсутність розуміння.* Проєкти, як правило, важко зрозуміти деяким людям, які працюють над проєктом, і деякі пункти плану можуть бути менш зрозумілі. Часті розбіжності в думках спричинені певними аспектами плану, що впливають на невдачі під час впровадження.

5. *Повторна робота.* Процес проєктування не закінчується відразу. Конструкція може бути піддана низці модифікацій протягом всього часу роботи. Отже, зміни мають бути внесені в усі 2D-плани і

мають бути доведені до всіх людей, які працюють з цими планами.

6. *Логістика перед будівельним майданчиком.* Після складання плану робіт складаються кошториси необхідного будівельного матеріалу. Однак складність двовимірних планів може призвести до неправильних розрахунків, що в кінцевому підсумку призведе або до нестачі, або до втрати матеріалу.

7. *Погане співвідношення ціни та якості.* Якщо будівельний матеріал буде замовлений у надлишку без належних наближень, надлишок піде марно і є втратою грошей. Іноді між відповідальним персоналом виникають конфлікти, які можуть спричинити несвоєчасне виконання робочих місць та затримки на сайті, що призводить до втрати коштів підрядника.

8. *Сутички на місці.* Після початку будівництва часто вносяться зміни в останній момент, які втрачають час, витрати та управління. Неправильні оцінки послуг породжують конфлікти на місці будівництва.

9. *Небажання змінюватися.* Тенденція до використання традиційних методів була встановлена, а оскільки вона поширювалася довго, то люди не бажають акліматизуватися до новітніх підходів, запроваджених для зростання. Нові методи, здається, здатні відповідати постійно мінливим сценаріям та вимогам будівельної галузі.

Впровадження протягом життєвого циклу проєкту:

– *Проєктування і планування.* Це дуже корисний інструмент для моделювання, прототипування та аналізу, а також дає змогу включити дані з лазерних сканерів. Він працює як сховище даних для оптимізованої аналітики дизайну та продуктивності.

Впроваджуючи BIM, можна досягти значних заощаджень не тільки за часом, але й за рахунок ресурсів. Багато разів можуть виникати непередбачені ситуації або несумісність під час будівельного процесу – наприклад, труба, що стикається з іншим елементом або недотримання правил, – і це ситуації, які традиційно мають бути вирішені на місці.

Однак, реалізуючи цей процес, ми тепер можемо уникнути означених проблем завдяки фундаментальній ролі, яку BIM відіграє в процедурах планування, і завдяки ранньому виявленню потенційних проблем у будь-якій з різних частин, що складають проєкт.

– *Етап будівництва.* Він співпрацює в обміні інформацією з інструментами управління проєктами, в моніторингу будівельних робіт та в координації з постачальниками, серед інших аспектів.

BIM дає змогу візуалізувати стан будівництва, а значить, можна порівняти це з очікуваною

еволюцією, як зазначено в початковому плануванні проекту в будь-який момент часу. Це забезпечує оптимальний контроль над поставками різних елементів проекту та допомагає виявити можливі перешкоди.

– *Експлуатація та обслуговування.* Ця методологія є дуже практичною для поставок та замовлень як сховище даних для систем управління послугами, для прогнозного обслуговування та відновлення і припинення робіт.

Методика BIM виходить за рамки лише будівельних робіт, адже, коли інфраструктура вже побудована, то вона надає клієнту потужний інструмент для управління установками та вирішення питань технічного обслуговування: дати монтажу, матеріалів, терміну їх експлуатації тощо.

Штучний інтелект, основна галузь якого є машинне навчання, являє собою принципово інший підхід до програмного забезпечення. Машина вчиться на прикладах, а не чітко запрограмована на певний результат.

Це може бути не очевидним, але воно вже знайшло місце у повсякденному житті: від пошуку зображень на смартфонах, просто ввівши тему, до появи інтелектуальних цифрових помічників, таких як Siri та Alexa – тепер здатних вести розмови з людьми.

Є чотири основні категорії штучного інтелекту в будівельній галузі:

1. *Стадія планування.* Плани будівництва створюються з використанням штучного інтелекту. Автономне обладнання вважається штучним інтелектом, оскільки воно знає про своє оточення і здатне до навігації без участі людини. На етапах планування техніка III може обстежити передбачуваний будівельний майданчик і зібрати достатньо інформації для створення 3D-карт, креслень і планів будівництва. Раніше такі процеси потребували тижні – тепер вони можуть бути виконані за один день. Це допомагає заощадити фірмам час і гроші у вигляді праці [1].

2. *Адміністрація.* Штучний інтелект також безцінний для управління завданнями і проектами. Наприклад, працівники можуть мати лікарняні дні, вільні дні та раптові втручання в систему даних, а це буде відповідним чином адаптувати проект. III зрозуміє, що завдання потрібно перенести на іншого працівника і зробить це за власним бажанням.

3. *Як мають бути побудовані проекти.* Штучний інтелект також може допомогти в побудові методології для проекту. Наприклад, якби інженери працювали над запропонованим новим мостом, системи AI змогли б проконсультувати та представити випадок того, як слід будувати міст. Це ґрунтується на минулих проектах за останні 50 років, а також на верифікації попередніх креслень для

етапів проектування та впровадження проекту. Маючи цю інформацію, інженери можуть приймати важливі рішення на основі доказів, які вони, можливо, раніше не мали у своєму розпорядженні. Також розроблена автономна техніка сайту, яка допомагає водієві перебувати поза транспортним засобом, коли він працює на небезпечній висоті. Використовуючи датчики та GPS, автомобіль може обчислити найбезпечніший маршрут.

4. *Після завершення проекту.* Системи штучного інтелекту також використовуються в будівлях після завершення будівництва. Тільки в США в 2016 р. компанії, які прагнуть заробити на цьому зростаючому ринку, інвестували 1,5 мільярда доларів.

Наприклад, мережа готелів Wynn має функцію Amazon Echo у кожному номері свого готелю в Лас-Вегасі станом на 2017 р. Ці пристрої можна використовувати для таких аспектів, як освітлення, температура та будь-яке аудіовізуальне обладнання, що міститься в номері. Ці системи також можна використовувати в домашніх умовах, дозволяючи власникам будинків контролювати аспекти свого будинку за допомогою голосових команд та систем, які керують усіма електронними компонентами з одного пристрою.

BIM – це цифровий опис кожного аспекту будівельного проекту. BIM широко застосовується в будівельній галузі, що забезпечує значне вдосконалення в порівнянні зі старими методами планування перед будівництвом. 3D-інформаційна модель формується як з графічних, так і неграфічних даних. Потім компілюється у спільному цифровому просторі, який називається загальним середовищем даних. Ця інформація постійно оновлюється в міру прогресування проекту, а це означає, що модель завжди актуальна. 4D BIM – дані планування додаються до кожного компонента проекту. Це дає точну програму і можливість візуалізувати графік складання проекту. 5D BIM – в програму додаються дані про витрати, що поєднуються з графіком.

Зараз програмне забезпечення BIM може використовувати машинне навчання. Це підмножина III, яка готує машину, як вчитися з даних та визначати шаблони. Потім він може приймати самостійні рішення щодо автоматизації та вдосконалення процесу побудови моделі.

Завдяки постійним технологічним прогресам, 6D BIM нового покоління є одним із необхідних аспектів створення бездоганної футуристичної конструкції.

III може допомогти переосмислити, як виконати моделювання будівельної інформації. Використання III-методів полягає в оптимізації експерименту розроблення та контролю якості продукції та дизайнерських структур.

Перший загальнодоступний інструмент машинного навчання, орієнтований на будівництво, – це BIM360 IQ, який використовує машинне навчання для прогнозування таких проблем, як ризик субпідрядника.

ВП (віртуальний помічник) може використовуватися для додавання більш розмовного характеру до інформації, що надається BIM. Комбінуючи ВП разом з NFC, ВП може отримувати додаткову інформацію для самої будівлі в режимі реального часу від різних датчиків у приміщенні. Наприклад, якщо у будівлі були структурні проблеми, то ВП могли б повідомити інженерам, де конкретно проблема і як її можна усунути.

Інтеграція ВП і ШІ без проблем працює з інженерами, що допомагає компаніям економити гроші і час. ШІ може також допомогти замінити надлишкову робочу силу, щоб дозволити галузі домогтися економії ефективності, яка була неможлива до появи такого типу технологій.

Дані, зібрані із симуляцій, моделей та минулих проєктів, допомагають експертам будівельної галузі вносити інновації у кожний новий проєкт будівництва. Але програмне забезпечення BIM дає стільки інформації, що людські експерти намагаються максимально використати її. Застосування ШІ для використання інформації робить процес набагато ефективнішим [2].

Включення машинного навчання в BIM процес зменшує помилки людини і пришвидшує час, необхідний для опрацювання даних. У опитуванні Крео на понад 200 фахівців з АЕС (Architecture Engineering Construction) 70% заявили, що на підготовку заявки знадобилося більше чотирьох тижнів. ШІ допомагає різко скоротити цей проміжок часу.

ШІ дає змогу прискорити дослідження всіх можливих перестановок будівельного рішення. Це допомагає швидко генерувати альтернативи дизайну та дізнатись, що працює, а що не з кожної ітерації. Крім того, використовуючи ШІ в BIM, будівельні компанії можуть завершити роботи, які раніше були занадто детальними, щоб їх проводити на більш ранніх етапах планування [3].

Ще одна причина, завдяки якій ШІ допомагає покращити BIM, є на рівні класифікації:

- машинне навчання перевіряє кожен елемент BIM, виявляючи та класифікуючи його за моделлю;
- якщо алгоритм не може класифікувати елемент, він запитує експерта-людину, але вчиться, тому він ніколи не повинен перевіряти цю класифікацію ще раз.

При використанні сучасних розробок у технології BIM детальному та добре структурованому програмному забезпеченню інженерного дизайну знадобиться лише близько

15 хв з часу інженера, щоб повністю розпізнати та зрозуміти геометрію та всі інші важливі елементи багатоповерхівки, наприклад, п'ятиповерхова будівля площею близько 1000 м². Так, у такому разі це програмне забезпечення потребує додаткових п'яти хвилин для проведення аналізу конструкції, а потім надає результати кожні п'ять секунд, а результати включають аналіз витрат на будівництво та міцність для кожної моделі конструкції. Це допоможе інженерам визначити необов'язкове рішення за короткий час між різними альтернативними моделями та сценаріями.

Штучний інтелект в іншому разі має головну перспективу, яка допоможе переробити способи здійснення моделювання інформаційної побудови. Вивчаючи тему глибше, ми зрозуміємо, що будівельна галузь готова служити двома різними способами [5; 7].

Перший з них полягає в тому, що AI готовий підтримувати різні функції, які мають бути знайомі всім формам бізнесу, наприклад, людським ресурсам. Другий – AI має підтримувати управління бізнесом для управління плануванням та прогнозуванням потреб.

Застосування ШІ включає чотири різних етапи:

1. Введення проблемних даних.
2. Опрацювання даних.
3. Пошук вирішення проблем.
4. Представлення рішень.

Використання методів штучного інтелекту – це оптимізація розроблення та вдосконалення експериментів з контролю якості на продуктах і структурування дизайну. Крім того, для забезпечення конструкції більш продуктивною, вона має перейти від концептуальної моделі до конструктивної моделі.

Хмарні сервіси пов'язують офіс і будівництво і скорочують час передачі інформації, забезпечуючи доступ до неї з будь-якого мобільного пристрою. А технології ШІ / ВР в єдиному середовищі організовують ефективну роботу територіально розподілених проєктних груп, генпідрядника, замовника і експертизу.

Одна із форм штучного інтелекту – генеративний дизайн, технологія, яка використовує штучний інтелект для автоматичного проектування і виробництва різних виробів і оптимізації їх властивостей. На сьогодні вона здебільшого затребувана в промисловості. Однак Autodesk вже давно говорить про те, що технологію можна застосовувати і в будівництві. Саме її використовували в компанії при проектуванні свого нового офісу в Торонто. Виходячи із заданих параметрів і обмежень, програма для генеративного дизайну всього за кілька днів знайшла і протестувала 10 000 варіантів планування офісу [6].

Так, програма для генеративного дизайну вираховувала оптимальне планування простору з розташуванням робочих місць кожного із співробітників, переговорних кімнат й інших загальних зон з урахуванням всіх можливих факторів – від кількості денного світла в різних частинах офісу і виду з вікна до візуальних подразників (кількість інших людей в полі зору з робочого місця), рівня шуму і переваг щодо взаємодії між відділами (департаменти часто взаємодіють між собою, їх можна розташувати поруч, при цьому врахувавши всі інші фактори).

У Autodesk також говорять про те, що важливу роль при використанні BIM на етапі будівництва відіграють системи збирання, контролю та аналізу даних – датчики і безпілотні літальні апарати. Датчики можуть контролювати технічний стан об'єкта, проводячи моніторинг в режимі реального часу і тим самим підвищуючи його безпеку. Так, в 2007 р. в штаті Міннесота обрушився міст св. Антонія. На його місці було побудовано новий, «розумний» міст. На ньому встановлено більше 350 датчиків, що вимірюють рівень корозії, навантаження, вібрації, обмерзання (в міст вбудовані спеціальні обприскувачі з антифризом, які автоматично включаються при його виникненні). Бетон цього моста фотокаталітичний – при сонячному світлі він перетворює шкідливі домішки в корисні речовини.

Отже, у таких сценаріях такі технології, як змішана реальність та розширена реальність, відіграють важливу роль, яка сприятиме розширенню процесів цифрової інженерії.

Крім того, з таким будівельним матеріалом, як цемент, що самовідновлюється, наноматеріали та аерогелі, а також певні прогресивні підходи до будівництва, включаючи заздалегідь зібрані модулі, 3D-друк може допомогти зменшити витрати, а також прискорити будівництво, що підвищить безпеку та якість.

Експерти Autodesk також відзначають зростаючу роль датчиків і Інтернету для збирання і аналізу даних в будівельній галузі. Вони допомагають забезпечити постійну взаємодію між фізичною конструкцією і її цифровим прототипом. За допомогою датчиків здійснюється моніторинг об'єкта в режимі реального часу, контроль за його технічним станом. Наприклад, їх використовує голландський стартап MX3D, який за допомогою двох промислових роботів займається 3D-друком моста з металу в Амстердамі. На цьому мосту встановлені сенсори, що вимірюють деформацію, вібрацію і зміщення, а також якість повітря і температуру. За допомогою цих даних можна не тільки стежити за станом моста, але і вчити його розпізнавати те, що відбувається. Наприклад, скільки

людей і з якою швидкістю перетинають його в певний момент.

Для збирання даних також використовуються безпілотні літальні апарати. Інформація, зібрана дронами, може бути передана в інтелектуальну модель в режимі реального часу. Вона дає змогу приймати більш обґрунтовані технічні рішення, удосконалювати конструкції і процеси. Безпілотні літальні апарати використовувалися при створенні 3D-моделі дамби і гідроелектростанції Глен Канйону в Аризоні за допомогою reality capture (технологій захоплення реальності). За два тижні команда збрала дані про зовнішні і внутрішні конструкції гідроелектростанції, поверхні і гребені дамби, а також навколишній ландшафт. Усього було знято 700 точок сканувань. Скани були перетворені в хмару точок за допомогою Autodesk ReCap Pro, яке потім було імпортовано в Revit для використання як 3D-підкладки для створення інформаційної моделі.

Безпілотні літальні апарати також можуть істотно вплинути на економію і якість будівництва, дозволяючи відслідковувати будь-які помилки, розбіжності з проектом, відставання від графіка і даючи можливість виправляти їх на ранніх стадіях. Наприклад, дрони застосовувалися в проекті модернізації найстарішої і великої дамби в Норвегії. Компанія, що займалася проектом, використовувала BIM спочатку на етапі проектування, а потім – на етапі будівництва. Використовуючи дані, отримані за допомогою дронів, вона могла зіставити старі конструкції з новими, порівнювати об'єкт, що будується з моделлю і відстежувати хід реалізації проекту.

Компанія BAM Ireland впровадила рішення Construction IQ, в якому для опрацювання даних будівельного проекту з BIM 360 використовують алгоритми машинного навчання, автоматично визначають рівень якості і ризику для безпеки.

Рішення працює в такий спосіб: бригадир на будмайданчику використовує iPhone або iPad для перегляду контрольних списків і фіксації проблем на об'єкті в BIM 360. Construction IQ застосовує моделі машинного навчання для автоматичного аналізу таких даних і прогнозування проблем, які пов'язані з максимальним ризиком. Проблеми, що мають високий пріоритет, виводяться на пульт управління Insight у вигляді простих і зрозумілих аварійних оповіщень.

Наприклад, в одному з проектів BAM було кілька невіршених проблем, що типово для поточного проекту. Кілька таких помилок, виявлених в процесі перевірки якості, були пов'язані з відсутністю вологозахисного герметика в з'єднаннях вікон. Construction IQ класифікував такі проблеми як пов'язані з ризиком потрапляння вологи і позначив їх як «високий ризик». «Перевага цієї системи в тому,

що вона аналізує всі наші проекти, – каже Саймон Трітшлер, фахівець з технічного розвитку. Вона вчиться розуміти, що саме ми вважаємо ризиком. Найбільш значущі ризики вона розміщає у верхній частині списку, щоб ми могли негайно вжити заходів, а менш важливі – внизу».

Висновок

Штучний інтелект тільки починає набирати популярність в будівництві. Проте самі передові компанії вже експериментують з ним. Наприклад, координують питання безпеки на будівництві за допомогою системи інтелектуального розпізнавання фото і відео. Штучний інтелект також може допомогти з оцінкою відповідності процесу

будівництва робочим графікам і прогнозуванням можливих затримок у проєкті. Отже, в майбутньому технологія буде повністю контролювати ці процеси [4].

Безумовно, використання штучного інтелекту в будівельній галузі має свої переваги. Працюючи у співпраці з інженерами, ВП та ШІ можуть допомогти галузі загалом заощадити час і гроші у вигляді праці; ШІ можуть також допомогти замінити надлишкову робочу силу, щоб допомогти галузі домогтися економії ефективності, яка була неможлива до появи такого типу технологій. Оскільки майбутнє ШІ стає все більш реальністю в будівництві, тільки час покаже, наскільки нам потрібно покладатися на інтелектуальні машини, щоб створювати інноваційні конструкції будівель.

Список літератури

1. Киевская Е.И. Принципы параметрического моделирования строительных объектов / Е.И. Киевская, М. С. Барабаш // Современное строительство и архитектура. – Екатеринбург, 2016. – Вып. 1 – С. 16–22.
2. Kateryna Kyivska, "BIM-technology application on different stages of life cycle facility construction", in International scientific-practical conference of young scientists "BUILD-MASTER-CLASS-2018", Kyiv, KNUCA, 2018, pp. 464–465.
3. Tsiutsiura S. Formation of a generalized information model of a construction object / Tsiutsiura S., Kyivska K., Tsiutsiura M., Kryvoruchko O., Dmytrychenko A. // International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET), 2019, Vol. 10, Issue 02, PP.69–79.
4. Чернишев Д.О., Київська К.І., Цюцюра С.В., Цюцюра М.І., Гоц В.В. Впровадження технології моделювання інформаційних об'єктів на етапах життєвого циклу // Управління розвитком складних систем: Зб. наук. праць. Вип. 40/2019 – К.: КНУБА, 2019. – С. 140–146.
5. Терентьев О.О., Київська К.І., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Бородиня В.В., Азенко А.В. Методи та моделі пошкодження автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва // Управління розвитком складних систем. Зб. наук. праць. Вип. 38/2019 – К.: КНУБА, 2019. – С. 82–91.
6. Parraguez P. Flow Through Stages of Complex Engineering Design Projects: A Dynamic Network Analysis Approach / Parraguez P., Eppinger S., Maier A. Information // IEEE Transactions on Engineering Management, 2015, Vol. 62, Issue 4, PP.604-617.
7. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография / М.С. Барабаш. – К.: Изд-во «Сталь», 2014. -301с.
8. Городецкий А.С. Комплексные системы проектирования и управления строительством с использованием полнофункциональной информационной модели здания (BIM). Зарубежный и отечественный опыт, перспективы развития / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш, В.С.Судак и др. // Проблемы развития городской среды: Науч. технич. сб. – К.: НАУ, 2014. – Вып.2(12). – 499с.
9. Чуприна Х.М. Интегрирована єдина енергетична модель будівлі / Чуприна Х.М. // Управління розвитком складних систем – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 17. – С. 125–131.
10. Барабаш М.С., Київська К.І. Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта / Барабаш М.С., Київська К.І. // Управління розвитком складних систем – К.: КНУБА, 2016. – Вип. 25. – С. 114–120.

Стаття надійшла до редколегії 03.09.2020

Kyivska Kateryna

PhD, Associate Professor, Department of Information Technology, orcid.org/0000-0003-0906-1128
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Tsiutsiura Svitlana

DSc (Eng.), Professor, Head of Department of Information Technology, orcid.org/0000-0002-4270-7405
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Kuleba Mykola

Graduate of the Department of Information Technologies, orcid.org/0000-0003-4713-7568
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ANALYSIS OF APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BIM-TECHNOLOGY

Abstract. Artificial intelligence is rapidly expanding its presence and is now being drawn into the construction industry. Building Information Modeling (BIM) is considered one of the key elements in the field of architecture, engineering and construction (NPPs) with a market volume of \$8 billion by 2020 in various segments such as commercial, educational, residential, medical, industrial, entertaining and sports. BIM is a relatively new technology in the industry that is usually slow to change. However, many early followers believed that BIM would grow exponentially through the development of digital technologies such as mobile communications, IoT, Big Data, Data Science, machine learning and artificial intelligence. Direct integration of machine learning technology in BIM can facilitate in various areas, such as – identification of the default object from previous similar projects; excessive removal of information in the process of learning without a teacher. Semi-supervised or supervised learning can upgrade earlier non-BIM data to complex BIM-supported projects. Advanced training agents can help with online management and maintenance. Even ready-made machine learning, such as language recognition, object detection, object identification, or natural language processing using machine learning technology, can be used to directly model recovery instead of prone to manual typing errors. Like any new process, change takes time, especially in an industry as distinct as construction. However, the simplified and cost-effective BIM design process offers proven cost reduction and quality improvement. What can be easily achieved with artificial intelligence and machine learning.

Keywords: BIM-technologies; artificial intelligence; virtual assistant

References

1. Kievskaya, E.I., Barabash, M.S. (2016). Principles of parametric modeling of construction objects. *Modern construction and architecture*, 1, 16–22.
2. Kyivska, Kateryna. (2018). BIM-technology application on different stages of life cycle facility construction. *Procc. International scientific-practical conference of young scientists "BUILD-MASTER-CLASS-2018"*, Kyiv, KNUCA, pp. 464-465.
3. Tsiutsiura, S., Kyivska K., Tsiutsiura M., Kryvoruchko O., Dmytrychenko A. (2019). Formation of a generalized information model of a construction object. *International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET)*, 10, 02, 69 – 79.
4. Chernishev, D.O, Kyivska, K.I., Tsyutsyura, S.V., Tsyutsyura, M.I., Gots, V.V. (2019). Introduced in the technology of modeling information objects at the stages of the life cycle. *Management of the development of complex systems*, 40, 140–146.
5. Terent'ev, O.O., Kyivska, K.I., Gorbatyuk, E.V., Dolya, O.V., Borodinya, V.V., Azenko, A.V. (2019). *Methods and Models of Automated Systems and Diagnostics of the Technical Mill of Objects of Construction. Management of the Development of Complex Systems*, 38, 82–91.
6. Parraguez, P., Eppinger, S., Maier, A. (2015). Flow Through Stages of Complex Engineering Design Projects: A Dynamic Network Analysis Approach. *Information. IEEE Transactions on Engineering Management*, 62, 4, 604-617.
7. Barabash, M.S. (2014). *Computer simulation of the life cycle of construction projects: Monograph*. K.: Publishing house "Steel", 301.
8. Gorodetsky, A.S., Barabash, M.S., Sudak, V.S. (2014). Integrated design and construction management systems using a fully functional building information model (BIM). *Foreign and domestic experience, development prospects. Problems of the development of the urban environment: Scientific and technical collection*. K.: NAU, 2 (12), 499.
9. Chuprina, H.M. (2014). *Integrated unadina energetic model builds. Management of the development of complex systems*. K.: KNUBA, 17, 125-131.
10. Barabash, M.S., Kievskaya, K.I. (2016). *Victory Methods of Integration for the Development of a Remote Information Model of a Wake-up Event. Management of the development of complex systems*. K.: KNUBA, 25, 114-120.

Посилання на публікацію

- APA Kyivska, Kateryna, Tsiutsiura, Svitlana & Kuleba, Mykola. (2020). Analysis of application of artificial intelligence in BIM-technology. *Management of Development of Complex Systems*, 43, 97 – 103, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.97-103](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.97-103).
- ДСТУ Київська К. І. Аналіз застосування штучного інтелекту в BIM-технологіях [Текст] / К. І. Київська, С. В. Цюцюра, М. Б. Кулеба // *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 43. – С. 97 – 103, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.97-103](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.97-103).