

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Арзу Халілова**

на тему «Менеджмент будівельних проєктів з застосуванням BIM технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі» представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 07 – Управління та адміністрування за спеціальністю 073 – Менеджмент

Детальний аналіз дисертаційної роботи Арзу Халілова на тему «Менеджмент будівельних проєктів з застосуванням BIM технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі» та розгляд його наукових публікацій дозволяє сформулювати наступні висновки, а також надати загальну оцінку виконаного дослідження.

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Арзу Халілова присвячена розробці моделей, методів та інструментів для менеджменту будівельних проєктів на основі цифрових технологій (включаючи BIM) та штучного інтелекту (надалі ШІ), що дозволить: підвищити точність прогнозування успіху будівельного проєкту; покращити прийняття рішень та управління ризиками; знизити затримки, перевитрати; підвищити етичну та правову обізнаність щодо використання ШІ.

Тема дисертації відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України та переліку пріоритетних тематичних напрямків наукових досліджень та наукових розробок.

Сучасні технології невпинно трансформують будівельну галузь, революціонізуючи способи проєктування, будівництва та експлуатації споруд. Однією з ключових інновацій, яка впливає на цей сектор, є впровадження технології BIM – інтегрованої системи моделювання інформації про будівлі. BIM стає фундаментом для цифровізації та використання штучного інтелекту в управлінні будівельними проєктами. Цифрові технології, такі як BIM, забезпечують ефективнішу співпрацю між усіма учасниками будівельного

процесу, від архітекторів і інженерів до замовників і підрядників. Їхнє впровадження дозволяє зменшити помилки та конфлікти, оптимізувати витрати і терміни будівництва, а також підвищити якість готового об'єкту.

Застосування штучного інтелекту в контексті управління будівельними проектами розширює можливості аналізу величезних обсягів даних, прогнозування ризиків і вирішення складних завдань у реальному часі. Оскільки ШІ допомагає забезпечити швидке і точне прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу будівлі, починаючи від проектування й закінчуючи експлуатацією є вкрай актуальною задачею.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Автор чітко ставить мету дослідження, яка полягає в розробці моделей, методів та інструментів для менеджменту будівельних проектів на основі цифрових технологій (включаючи BIM) та ШІ та логічною відповідністю методів дослідження стосовно сформульованої мети та задач дослідження.

Достовірність основних положень роботи забезпечена:

- точністю та достовірністю вихідних даних;
- обґрунтованим формулюванням гіпотези дослідження: "Створення BIM технологій з їх інтеграцією зі штучним інтелектом на цифровій платформі дозволить покращити ефективність менеджменту будівельних проектів та забезпечить зменшення витрат, ризиків та термінів виконання робіт та підвищення якості реалізації проектів." Така гіпотеза відповідає постановці наукових задач;
- використанням BIM технологій у плануванні, виконанні та управлінні будівельними проектами, а також штучного інтелекту у вирішенні завдань автоматизації та оптимізації процесів будівництва;
- застосуванням ключових систем ШІ (ChatGPT, та Gemini) з наступним кроком бенчмаркінгу, який забезпечить перенос кращих рішень щодо наступного проектування;

- застосуванням моделей, які працюють на цифровій платформі ВІ (Business Intelligence), яка забезпечує необхідну бізнес аналітику будівельної організації щодо впровадження проєктів, програм та портфелів проєктів для прийняття ефективних рішень;
- поєднанням теоретичних досліджень з великим об'ємом експериментальних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні концептуальної моделі та інструментарію (моделей та методів) на основі ВІМ технологій інтегрованих зі штучним інтелектом щодо менеджменту будівельних проєктів в цифровому середовищі.

Вперше

- Створено концептуальну модель менеджменту будівельних проєктів у цифровому середовищі в межах застосування ВІМ технологій інтегрованих з системами штучного інтелекту. Модель дає змогу автоматизувати різні методології управління, в основі яких лежить планування і контроль вимірних показників та прийняття коригуючих рішень з менеджменту задля досягнення успіху.
- Запропоновано модель та метод конвергенції сучасних ВІМ технологій з системами штучного інтелекту на цифрових платформах. Метод визначає покрокове наближення функціоналу ВІМ технології до застосувань штучного інтелекту в межах цифрових платформ бізнес аналітики будівельних проєктів.

Удосконалено

- Систему індикаторів інноваційних цифрових технологій у інформаційно-аналітичних моделях будівельного проєкту, яка на відміну від існуючих враховує застосування ШІ в системі моделювання.
- ВІМ-моделювання модернізації організаційно-технологічної моделі життєвого циклу будівельного проєкту з застосування штучного

інтелекту на цифровій платформі.

Отримало подальшого розвитку

- Принципи формалізованих цифрових описів моделювання циклу та організації будівництва на підставі яких формалізовано визначаються порівняльні переваги кожної з альтернатив організації будівництва щодо іншої.
- Компоненти та приклади BIM-моделювання інтегрованого зі штучним інтелектом для аналізу альтернативних рішень будівельного проєкту.

Особистий внесок здобувача. Отримані в дисертаційному дослідженні наукові та прикладні результати і висновки належать особисто автору. Ці результати опубліковані в роботах автора, які відображені у списку літератури.

Практичне значення одержаних результатів полягає у спрямуванні простору цифрового менеджменту будівельних проєктів на успішне виконання підрядних робіт. Впроваджений у запропонованих моделях та методах багатокритеріальний підхід у формуванні та виборі варіантів реалізації проєкту будівництва через використання BIM-технологій та штучного інтелекту забезпечує зростання можливостей коригування ходу виконання проєкту (з врахуванням очікуваного впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища будівельного проєкту) та, в підсумку, зростання ступеня достовірності при прийнятті управлінських рішень у будівельних проєктах.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Результати та висновки дослідження доповідались і одержали схвалення на 7 міжнародних науково-практичних конференціях та семінарах, інформація щодо яких наведена у списку опублікованих праць. Таким чином, наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення

Представлена на рецензію дисертаційна робота написана українською мовою та оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Дисертація складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 175 сторінок, з них основного тексту – 153 сторінки. Список використаних джерел налічує 165 найменувань і займає 12 сторінок. Додатки – 2 сторінки. Робота містить 50 рисунків і 9 таблиць.

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційного дослідження, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мета та завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, а також наукова та практична новизна отриманих результатів. Описано особистий внесок здобувача та представлена інформація щодо апробації результатів дисертаційних досліджень та публікацій.

У першому розділі «Розвиток цифрового простору, застосувань BIM та штучного інтелекту у будівельній галузі України» проаналізовані проблеми застосування BIM технологій та штучного інтелекту на цифрових платформах менеджменту будівельних проєктів. Розглянуто визначення понять таких, як «цифровий простір», «штучний інтелект», «BIM технології», «індустрія 5.0» та «індустрія 4.0» ключові підходи цифрових трансформацій менеджменту будівельних проєктів. Висвітлені ключові тренди створення цифрового простору та застосування штучного інтелекту в будівельних проєктах. Визначені особливості сучасної концепції "Індустрія 5.0". Це нова концепція, яка виникає в контексті швидкого розвитку технологій та штучного інтелекту. Проаналізовано потенціал цифровізації менеджменту будівельної галузі.

У другому розділі «Моделі та методи формування цифрового простору менеджменту будівельних проєктів» описано формування концептуальної моделі цифровізації та штучного інтелекту при менеджменті будівельних проєктів. Концептуальна модель має три компоненти яка взаємодіють через механізм конвергенції (взаємо проникнення). Цей механізм працює на рівні окремих функцій BIM технологій та систем штучного інтелекту. В роботі розглядається застосування двох найбільш популярних систем ChatGPT, Gemini та інші. Розроблено моделі та методу конвергенції сучасних BIM-технологій з системами штучного інтелекту на цифрових платформах. Розглянуто покрокове формування математичної моделі взаємодії штучного інтелекту та BIM технології. Висвітлені приклади запитів до систем ШІ щодо аналізу проєктів, прогнозування та оптимізації, генерування контенту, інтерактивної співпраці. Описано модель функціонування і розвитку конкурентоздатного цифрового середовища функціонування будівельних проєктів. Модель функціонування та розвитку конкурентоспроможної системи у формі будівельного підприємства може слугувати методологічною основою для вирішення основних завдань, визначених у дисертаційній роботі. Наведено схему компонентів стратегії цифровізації будівельного підприємства. При формуванні загально-методичного підґрунтя дослідження були використані методологія будівельного та цифрового адміністрування будівельними організаціями, науково-прикладні бази BIM-технологій, а також підходи з «геометричної економетрики». Дослідження враховувало сучасні методи формалізованого моделювання та корегування циклу проєктів, а також новітні підходи до формування оргструктур управління будівельним виробництвом з використанням цифрових технологій. Методична база дослідження поєднувала візуально-графічні можливості BIM-технологій, цифрові технології управління та методи графо-аналітичної візуалізації.

У третьому розділі «Застосування штучного інтелекту та BIM-технологій у цифровому просторі будівельних проєктів» сформовано загальний підхід інтеграції ШІ, BIM-технологій до цифрового простору будівельних проєктів. Висвітлені ключові принципи застосування штучного

інтелекту у цифровому просторі будівельних проєктів. Розглянуто BIM-орієнтовану модель інформаційного простору організаційно-технологічних особливостей виконання будівельних проєктів. Визначено можливості, переваги та недоліки ChatGPT для застосування в будівельних проєктах разом з BIM системами. Проаналізовані основні бар'єри та стимулюючі чинники щодо впровадження BIM та III в Україні. Проведений аналіз програмних продуктів для BIM проєктування, їх переваги та можливості, а також недоліки. Виконано оцінку методологічного апарату, який робить можливим впровадження BIM-технологій з інтеграцією з системами III у будівництві на новому рівні. Це не лише структурує фізичні обсяги робіт, але і служить основою для організаційно-технологічного моделювання робіт та етапів будівельного проєкту, а також є інструментом управління циклом та середовищем будівельного проєкту. При формуванні аналітичної бази дослідження було виявлено, що доцільно розвивати зазначені моделі у напрямку від одноцільової до багатоцільової, від детермінованої до детерміновано-стохастичної, від моделі типу "worc-arc" до моделі синтетичного типу "worc&matrix".

У четвертому розділі «Рекомендації щодо формування цифрового простору будівельних проєктів» на підставі виконаних досліджень розглянуто етапи цифровізації діяльності будівельних організацій та проєктів. Проведено дослідження, що включало якісний аналіз цифрових технологій, оцінку їх взаємозв'язку та переваг, що можна отримати від їх застосування. Вибір інформаційних систем для створення інтегрованої інформаційної системи для будівельного підприємства обґрунтовано на основі їхньої потужності забезпечити ефективну роботу робочих процесів, систем управління проєктами та фінансового управління. У перехід до "цифрового будівництва" враховано автоматизацію всіх етапів та процедур протягом життєвого циклу будівельних об'єктів. Модель єдиного інформаційного простору для будівельної компанії, яка враховує матрицю цифрової економіки, запропоновано на основі аналізу основних вимог до сучасних інформаційних систем у будівельній галузі. Розроблено модель організаційно-технологічної структури управління будівельними підприємствами у цифровому середовищі, яка дозволяє

генерувати та ранжувати варіанти інтегрованої інформаційної системи на основі різних компонентів, таких як оцінка вартості будівництва, системи планування та інформаційне моделювання. Запропоновано та обґрунтовано цифровий простір для організаційно-технологічного моделювання життєвого циклу будівельного проєкту. У відміну від звичайного підходу до використання BIM-технологій у поєднанні з штучним інтелектом, у даній роботі застосовано BIM та супутні цифрові технології спільно для створення комплексної моделі життєвого циклу будівельного проєкту. Модель реалізована у багатовимірному аналітичному просторі, що є штучно інтегрованою "синтетичною" BIM-мережею, яка об'єднує характеристики BIM-моделі з інструментами штучного інтелекту для прийняття рішень на основі "геометричної економетрики". Ключовим елементом створеної моделі є BIM-опис, що включає в себе візуально-графічну модель частини об'єкту, графо-морфологічний фрагмент елементу-роботи в складі інтегрованої моделі циклу, а також масив організаційно-технологічних та адміністративно-управлінських параметрів. Розроблено низку конкретних рекомендацій щодо змісту, регламенту та організаційно-технологічних моделей виконання підрядних робіт у цифровому середовищі будівельних проєктів.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі. У процесі аналізу змісту й структури дисертації виникли такі зауваження змістовного характеру:

1. В дисертаційній роботі відсутній перелік скорочень. Наявність переліку скорочень робить дисертацію більш професійною та організованою.
2. У розділі 1.3 при описі аспектів концепції «Індустрія 5.0», а саме «Оптимізація ресурсів» та «Підвищення якості та безпеки» можна навести конкретні приклади того, як алгоритми машинного навчання використовуються для оптимізації ресурсів у будівельних проєктах, а також додати більше інформації про те, як системи моніторингу на основі штучного інтелекту можуть використовуватися для підвищення якості та безпеки будівельних проєктів.

3. В розділі 3 зауваження до прикладу застосування штучного інтелекту ChatGPT за запитом «Визнач дизайнерські рішення та кошторис щодо Вбудованої підлоги для квартири площею 120 м. кв.». Хоча ChatGPT і Gemini є потужними моделями ШІ, вони не призначені для прямого розрахунку будівельних витрат. Їхні можливості лежать у сфері обробки природної мови та генерування тексту.

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки роботи, і можуть розглядатись як рекомендації для подальшої роботи в даному напрямку досліджень. Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки. Протягом виконання дисертаційних досліджень Арзу Халілов провів власне наукове дослідження, оформлене у вигляді дисертації, та опублікував основні його наукові результати.

Аналіз змісту дисертації та підсумків впровадження її результатів показав, що кваліфікаційна наукова робота здобувача Арзу Халілова повністю відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня підготовки фахівців за спеціальністю 073 – Менеджмент.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...». Дисертація Арзу Халілова на тему «Менеджмент будівельних проєктів з застосуванням BIM технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 5 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна

робота Арзу Халілова є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Загальний висновок про дисертаційну роботу

У підсумку до викладеного вище можна стверджувати про високий рівень виконання здобувачем поставленого наукового завдання та глибоке оволодіння методологією наукової діяльності.

Вважаю, що кваліфікаційна наукова праця «Менеджмент будівельних проєктів з застосуванням ВІМ технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 – Менеджмент, є завершеною і самостійно виконаною науковою працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати та відповідає вимогам пп. 5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Арзу Халілов, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 – Менеджмент.

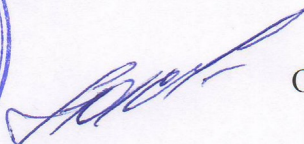
Рецензент:

Доцент кафедри
управління проектами
Київського національного університету
будівництва і архітектури
кандидат технічних наук, доцент



Євгенія БОЙКО

«Підпис Є.Г. Бойко засвідчую»
Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку
кандидат технічних наук, доцент



Олександр КОВАЛЬЧУК