

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

АРЗУ ХАЛІЛОВ

УДК 658.589

ДИСЕРТАЦІЯ
МЕНЕДЖМЕНТ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВІМ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЦИФРОВІЙ ПЛАТФОРМІ

Спеціальність: 073 – Менеджмент

Галузь знань: 07 – «Управління та адміністрування»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії вперше

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ А. ХАЛІЛОВ

Науковий керівник: Бушуєв Сергій Дмитрович, д.т.н., професор

Київ-2024

АНОТАЦІЯ

Арзу Халілов. МЕНЕДЖМЕНТ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ BIM ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЦИФРОВІЙ ПЛАТФОРМІ – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент». – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2024.

Будівельна галузь стикається з численними ризиками, які можуть призвести до затримок, перевитрат, нещасних випадків та інших проблем. Ці ризики стають все більш складними та непередбачуваними в сучасному динамічному середовищі. Цифровізація та штучний інтелект (ШІ) пропонують інноваційні рішення для покращення менеджменту ризиків та підвищення ефективності будівельних проєктів. Застосування технологій BIM (Building Information Modeling), цифровізація та використання штучного інтелекту в менеджменті будівельних проєктів надає значні переваги. Вони дозволяють покращити ефективність, знизити витрати та підвищити якість управління проєктами будівництва. Розвиток цих технологій може також сприяти зменшенню ризиків і покращенню співпраці між всіма учасниками будівельного процесу. Однак, для успішного впровадження цих інновацій необхідно враховувати різноманітні аспекти, включаючи навчання персоналу, розробку відповідного програмного забезпечення та створення відповідної правової бази. Вибір правильного підходу до інтеграції цих технологій може стати вирішальним для успіху будівельного проєкту в сучасному цифровому світі. Метою дослідження є розробка моделей, методів та інструментів для менеджменту будівельних проєктів на основі цифрових технологій (включаючи BIM) та 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. 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 проектами. 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. ШІ допомагає забезпечити швидке і точне прийняття рішень на всіх етапах життєвого циклу будівлі, починаючи від проектування й закінчуючи експлуатацією. Дисертація присвячена вивченню та аналізу впливу BIM технологій, цифровізації та використання штучного інтелекту на процес управління будівельними проектами. Шляхом огляду сучасних підходів, інструментів і прикладів впровадження цих технологій розглянемо їхні переваги, виклики та перспективи в контексті сучасного будівельного ринку.

Будівельна галузь переживає значні зміни завдяки впровадженню BIM-технологій, цифрових інструментів та штучного інтелекту. Ці інновації дають можливість покращити менеджмент проектів, підвищити їх ефективність та мінімізувати ризики. Інновації дозволять забезпечити - підвищення точності прогнозування: Завдяки аналізу даних та алгоритмам машинного навчання можна значно точніше прогнозувати ризики, пов'язані з графіком, бюджетом, безпекою та іншими аспектами проекту; ефективне управління ризиками: ШІ може допомогти в ранньому виявленні ризиків, оцінці їх впливу та розробці превентивних стратегій; покращення прийняття рішень: Цифрові платформи та аналітика даних надають керівникам проектів доступ до інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих рішень; оптимізацію ресурсів: ШІ

може допомогти в оптимізації використання ресурсів, таких як матеріали, обладнання та робоча сила; підвищення прозорості та співпраці: Цифрові інструменти покращують комунікацію та співпрацю між різними зацікавленими сторонами проекту.

Етичні та правові аспекти використання ШІ в менеджменті проектів потребують ретельного розгляду. Впровадження BIM-технологій, цифрових інструментів та ШІ має значний потенціал для покращення менеджменту будівельних проектів. Важливо ретельно дослідити та оцінити всі аспекти цих інновацій, щоб максимально використовувати їх можливості.

Об'єктом дослідження є моделі та методи впровадження технологій BIM у менеджмент будівельних проектів, а також їх інтеграція з цифровізацією та використанням штучного інтелекту. Основна увага при дослідженні буде зосереджена на тому, як ці технології можуть покращити ефективність управління будівельними проектами, зменшити ризики та витрати, підвищити якість та прискорити темпи виконання робіт. Дослідження також буде включати аналіз впливу впровадження цих технологій на взаємодію між учасниками будівельного процесу, а також на відносини з замовниками та стандарти якості в будівництві.

Предметом дослідження є процеси управління на основі впровадження технологій BIM, цифровізації та застосування штучного інтелекту на менеджмент будівельних проектів. Основними аспектами дослідження будуть вивчення технічних можливостей та переваг використання BIM у плануванні, виконанні та управлінні будівельними проектами, а також роль штучного інтелекту у вирішенні завдань автоматизації та оптимізації процесів будівництва. Також досліджено вплив цих технологій на якість виконання робіт, терміни виконання проектів, ефективність використання ресурсів, а також зменшення витрат та ризиків.

Гіпотеза дослідження може звучати так: "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 може бути підтверджена або спростована за результатами аналізу впровадження цих технологій у практику будівництва та їх впливу на різні аспекти управління будівельними проектами.

Запропонована концептуальна модель інтеграції BIM технології з системами штучного інтелекту побудована на покроковій схемі взаємодії та послідовній конвергенції. При цьому визначена система промптів (запитів од ШІ) яка забезпечує різні функції та етапи взаємодії. Така система забезпечує підготовку вхідної інформації щодо будівельного проекту для застосування BIM технології в процесі менеджменту. В третьому розділі наведені приклади такої взаємодії. Необхідно відмітити що на сьогодні не існує єдиної системи штучного інтелекту, яка б забезпечила надійність та цінність вхідної інформації, щодо застосування в процесі проектування. Автор пропонує підхід щодо застосування ключових систем ШІ (ChatGPT, та Gemini) з наступним кроком бенчмаркінгу, який забезпечить перенос кращих рішень щодо наступного проектування. В третьому розділі наведені приклади застосування запропонованого підходу. Відзначимо, що запропоновані моделі працюють на цифровій платформі BI (Business Intelligence), яка забезпечую необхідну бізнес аналітику будівельної організації щодо впровадження проектів, програм та портфелів проектів для прийняття ефективних рішень.

Розроблені в ході дослідження моделі, методи та інструменти можуть бути використані для покращення менеджменту будівельних проектів, що призведе до підвищення їх ефективності та зниження ризиків затримок, перевитрат та інших проблем.

Менеджмент будівельних проектів на основі цифровізації, використання штучного інтелекту (ШІ) та технологій інформаційного моделювання будівель (BIM) відіграють ключову роль у сучасній будівельній індустрії. Ці інновації дозволяють оптимізувати процеси планування, проектування, будівництва та управління об'єктами.

Практичне застосування розроблених моделей та методів дисертаційного дослідження поведилося на кафедрі управління проєктами Київському національному університеті будівництва і архітектури, в межах викладання модуля «Управління проєктного типу». Нові ціннісні пріоритети кафедри визначають новий підхід до освітнього процесу, орієнтований на практику, адаптивність, гнучкість та інноваційність, змінюючи традиційні цінності, такі як академічність, стійкість та фундаментальність при застосуванні систем штучного інтелекту. Такі зміни у форматі взаємодії "університет - студент - роботодавець" пришвидшують процес та сприяють створенню готового продукту, одночасно перекладаючи акцент з розвитку предметних знань та на розвиток особистісних і предметних компетенцій студентів.

Ключові слова: цифровізація, BIM-технології, успіх будівельного проєкту, штучний інтелект, управління проєктами, моделі оточення проєкту, керування відносинами зацікавлених сторін, командні цінності, трансформаційне лідерство, компетенції керівника проєкту.

ABSTRACT

Arzu Khalilov. MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS USING BIM TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON A DIGITAL PLATFORM – Qualifying scientific work on manuscript rights. Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 073 "Management". - Kyiv National University of Construction and Architecture, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2024.

The construction industry faces numerous risks that can lead to delays, cost overruns, accidents and other problems. These risks are becoming increasingly complex and unpredictable in today's dynamic environment. Digitization and artificial intelligence (AI) offer innovative solutions to improve risk management and improve the efficiency of construction projects. The application of BIM (Building Information Modeling) technologies, digitalization and the use of artificial intelligence in the management of construction projects provides significant advantages. They make it possible to improve efficiency, reduce costs and improve the quality of construction project management. The development of these technologies can also help reduce risks and improve cooperation between all participants in the construction process. However, to successfully implement these innovations, various aspects must be taken into account, including staff training, development of appropriate software, and creation of an appropriate legal framework. Choosing the right approach to integrating these technologies can be critical to the success of a construction project in today's digital world. The purpose of the research is to develop models, methods and tools for the management of construction projects based on digital technologies (including BIM) and AI, which will allow: to increase the accuracy of forecasting the success of a construction project; improve decision-making and risk management; reduce delays, overspending; raise ethical and legal awareness of the use of AI. Modern technologies are constantly transforming the construction industry, revolutionizing the ways of designing, building and operating buildings. One of the key innovations affecting this sector is the introduction of BIM technology – an integrated building

information modeling system. BIM is becoming the foundation for digitization and the use of artificial intelligence in construction project management. Digital technologies such as BIM enable more effective collaboration between all participants in the construction process, from architects and engineers to customers and contractors. Their implementation makes it possible to reduce errors and conflicts, optimize costs and construction terms, as well as improve the quality of the finished object.

The use of artificial intelligence in the context of construction project management expands the possibilities of analyzing huge amounts of data, predicting risks and solving complex tasks in real time. AI helps ensure fast and accurate decision-making at all stages of a building's life cycle, from design to operation. The dissertation is devoted to the study and analysis of the influence of BIM technologies, digitalization and the use of artificial intelligence on the process of construction project management. By reviewing modern approaches, tools and examples of the implementation of these technologies, we will consider their advantages, challenges and prospects in the context of the modern construction market.

The construction industry is undergoing significant changes thanks to the introduction of BIM technologies, digital tools and artificial intelligence. These innovations provide an opportunity to improve project management, increase their efficiency and minimize risks. Innovations will allow to ensure - increase in the accuracy of forecasting: Thanks to data analysis and machine learning algorithms, it is possible to predict risks related to the schedule, budget, safety and other aspects of the project much more accurately; effective risk management: AI can help in early detection of risks, assessment of their impact and development of preventive strategies; improved decision-making: Digital platforms and data analytics give project managers access to the information they need to make informed decisions; resource optimization: AI can help optimize the use of resources such as materials, equipment, and labor; increased transparency and collaboration: Digital tools improve communication and collaboration between different project stakeholders.

Ethical and legal aspects of using AI in project management require careful consideration. The implementation of BIM technologies, digital tools and AI has significant potential to improve the management of construction projects. It is important to thoroughly research and evaluate all aspects of these innovations in order to maximize their potential.

The object of research is the models and methods of implementing BIM technologies in the management of construction projects, as well as their integration with digitalization and the use of artificial intelligence. Research will focus on how these technologies can improve the efficiency of construction project management, reduce risk and cost, improve quality and accelerate the pace of work. The study will also include an analysis of the impact of the implementation of these technologies on the interaction between participants in the construction process, as well as on customer relations and quality standards in construction.

The subject of the research is management processes based on the implementation of BIM technologies, digitalization and the application of artificial intelligence to the management of construction projects. The main aspects of the research will be the study of the technical possibilities and advantages of using BIM in the planning, execution and management of construction projects, as well as the role of artificial intelligence in solving tasks of automation and optimization of construction processes. The impact of these technologies on the quality of work, project deadlines, efficiency of resource use, as well as cost and risk reduction were also investigated.

The research hypothesis may sound like this: "The development and implementation of BIM technologies using artificial intelligence on a digital platform will contribute to improving the efficiency of construction project management in order to reduce costs, risks and deadlines of works and improve the quality of project implementation." Such a hypothesis can be confirmed or refuted based on the results of the analysis of the implementation of these technologies in construction practice and their impact on various aspects of construction project management.

The proposed conceptual model of BIM technology integration with artificial intelligence systems is built on a step-by-step interaction scheme and sequential convergence. At the same time, a system of prompts (requests from AI) is defined, which provides various functions and stages of interaction. Such a system ensures the preparation of input information regarding the construction project for the application of BIM technology in the management process. Examples of such interaction are given in the third chapter. It should be noted that today there is no single artificial intelligence system that would ensure the reliability and value of input information for use in the design process. The author proposes an approach to the application of key AI systems (ChatGPT and Gemini) with the next step of benchmarking, which will ensure the transfer of better decisions to the next design. In the third section, examples of application of the proposed approach are given. It should be noted that the proposed models work on the BI (Business Intelligence) digital platform, which provides the necessary business analytics of the construction organization regarding the implementation of projects, programs and project portfolios for making effective decisions.

The models, methods and tools developed during the research can be used to improve the management of construction projects, which will lead to an increase in their efficiency and a reduction in the risks of delays, cost overruns and other problems.

Construction project management based on digitalization, the use of artificial intelligence (AI) and building information modeling (BIM) technologies play a key role in the modern construction industry. These innovations make it possible to optimize the processes of planning, design, construction and management of facilities.

The practical application of the developed models and methods of dissertation research was carried out at the Department of Project Management of the Kyiv National University of Construction and Architecture, within the scope of teaching the "Project Type Management" module. The department's new value priorities define a new approach to the educational process, focused on practice, adaptability,

flexibility and innovation, changing traditional values such as academicism, stability and fundamentality in the application of artificial intelligence systems. Such changes in the format of interaction "university - student - employer" speed up the process and contribute to the creation of a finished product, while shifting the emphasis from the development of subject knowledge to the development of personal and subject competencies of students.

Keywords: digitalization, BIM technologies, construction project success, artificial intelligence, project management, project environment models, stakeholder relationship management, team values, transformational leadership, project manager competencies.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Публікації у фахових міжнародних виданнях

1. Bondar, O., Petrenko, G., Khalilov, A., Vahonova, O., Akimova, L., Akimov, O. (2022) Construction Project Management Based on the Circular Economy. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security (9). pp. 630-635. <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.82> (Web of Science)
(Автором запропоновано модель менеджменту підприємства у циркулярній економіці)
2. О.А. Бондар, В.О. Пилипчук, Арзу Халілов. АНАЛІТИЧНИЙ БАЗИС ДІЯЛЬНОСТІ ПІДРЯДНОГО ПІДПРИЄМСТВА В СУЧАСНОМУ ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, вип.47 (1), технічний, 2021, с. 87-95 [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47\(1\).87-95](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2021.47(1).87-95) *(Автором запропоновано структура та функції аналітичного базису діяльності підприємства у цифровому середовищі)*
3. О.О. Терентьев, О.А. Бондар, Арзу Халілов. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ // <http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/9321/> *(Автором запропонована модель автоматизації системи управління захистом будівель)*
4. Бушуєв С., Тихонович Ю., Черниш О., Сухонос Н., Халілов А. Креативні принципи управління інноваційними проектами в середовищі ВАНІ. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. № 57. С. 6 – 11, doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.6-11/
(Автором запропоновано структура та функції системи менеджменту проєктів в середовищі ВАНІ середовищі)
5. Bondar Olena, Khalilov Arzu P2, pp.2.11 Model of formation of organizational policy of technological development of the enterprise./

Innovative approaches to ensuring the quality of education, Scientific research and technological processes. / Monograph // Edited by Magdalena Gawron-Łapuszek Yana Suchukova Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology Monograph 43. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2021. ISBN 978 – 83 – 957298 – 6 – 7. 1239p.

<http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/3ae54f97de8a1480cfb229660e616f25.pdf>

(Автором запропоновано структура системи менеджменту якості в освіті)

6. Бондар О, Халілов А. Роль циркулярної економіки в будівництві України // Building innovations – 2019: збірник наукових праць. International Journal of Engineering&Technology. 2019. С. 505–509.

(Автором визначена роль менеджменту будівельного підприємства у циркулярній економіці)

Матеріали міжнародних наукових конференцій

1. Бондар О. А., Мудра М. С., Халімов А. РОЛЬ ТА МІСЦЕ СТРАТЕГІЇ КОНКУРЕНТНОЇ ПОВЕДІНКИ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВ. Тези доповідей восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти., – К. : КНУБА, 2021. – 101 с.
2. Khalilov A. MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON BIM TECHNOLOGIES AND APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON THE DIGITAL PLATFORM. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції «Управління проектами». – К. : КНУБА, 2024.
3. Susidko Vladyslav, Panagoda Arachchige Nikita, Bondar Olena, Khalilov Arzu Using machine learning methods to analyze big data // Тези доповідей

десятої міжнародної науково-практичної конференції «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти. // Відповідальна за випуск завідувач кафедри ІТ С.В. Цюцюра, – К. : КНУБА, 2023, с.7-9

4. Бондар Олена Анатоліївна, Мудра Марія Сергіївна, Халімов Арзу. / РОЛЬ ТА МІСЦЕ СТРАТЕГІЇ КОНКУРЕНТНОЇ ПОВЕДІНКИ В СУЧАСНІЙ СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВ // Тези доповідей восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти. // Відповідальна за випуск завідувач кафедри ІТ С.В. Цюцюра, – К. : КНУБА, 2021, с. 81-83
5. Халілов Арзу ІННОВАЦІЙНІ ВИКЛИКУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ // Тези доповідей восьмої міжнародної науково-практичної конференції «Управління розвитком технологій». Тема: Інформаційні технології розвитку змісту освіти. // Відповідальна за випуск завідувач кафедри ІТ С.В. Цюцюра, – К. : КНУБА, 2022, с. 85-87
6. Bondar Olena, Khalilov Arzu / Circular economy and VIM-space as basic factors of project management // Program of reports «Energy efficiency and energy saving 2018». – Dnipro: DGU, 2020. С. 34-37
7. Бондар Олена, Халілов Арзу. ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ // Міжнародна науково-практична Конференція «Публічне управління та адміністрування в умовах розширення децентралізації та місцевого самоврядування»/ НТУ «Дніпровська політехніка», 22-23 грудня 2020р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
РОЗДІЛ 1 РОЗВИТОК ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ, ЗАСТОСУВАНЬ ВІМ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	22
1.1 Аналіз проблем застосування ВІМ технологій та штучного інтелекту на цифрових платформах менеджменту будівельних проєктів.....	22
1.2 Ключові тренди створення цифрового простору та застосування штучного інтелекту в будівельних проєктах.....	26
1.3 Індустрія 5.0 та впровадження штучного інтелекту у менеджменті будівельних проєктів.....	38
1.4 Потенціал цифровізації менеджменту будівельної галузі.....	40
Висновки до першого розділу.....	45
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ МЕНЕДЖМЕНТУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ	46
2.1 Формування концептуальної моделі цифровізації та штучного інтелекту при менеджменті будівельних проєктів.....	46
2.2 Розробка моделі та методу конвергенції сучасних ВІМ-технологій з системами штучного інтелекту на цифрових платформах.....	52
2.3 Модель функціонування і розвитку конкурентоздатного цифрового середовища функціонування будівельних проєктів.....	62
Висновки до другого розділу.....	69
РОЗДІЛ 3 ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ВІМ- ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВОМУ ПРОСТОРІ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ	71
3.1 Формування загального підходу інтеграції ІІІ, ВІМ-технологій до цифрового простору будівельних проєктів.....	71
3.2 Ключові принципи застосування штучного інтелекту у цифровому просторі будівельних проєктів.....	82

3.3	ВІМ-орієнтована модель інформаційного простору організаційно-технологічних особливостей виконання будівельних проєктів.....	89
	Висновки до третього розділу.....	135
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ		137
4.1	Цифровізації діяльності будівельних організацій та проєктів.....	137
4.2	Прикладні аспекти формування цифрового простору будівельних проєктів на основі застосування штучного інтелекту та ВІМ моделей....	147
	Висновки до четвертого розділу.....	152
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	154
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	158
	ДОДАТКИ.....	174

ВСТУП

Актуальність теми. Будівельна галузь стикається з численними ризиками, які можуть призвести до затримок, перевитрат, нещасних випадків та інших проблем. Ці ризики стають все більш складними та непередбачуваними в сучасному динамічному середовищі. Цифровізація та штучний інтелект (ШІ) пропонують інноваційні рішення для покращення менеджменту ризиків та підвищення ефективності будівельних проектів.

Міністерство економічного розвитку та торгівлі України, спільно з провідними організаціями у сфері цифрових технологій, такими як Cisco, IBM, Intel, Oracle, Primavera, Deloitte, SAP, Ericsson, MasterCard, Vodafone, Kyivstar, Lifecell, International Data Corporation, а також з допомогою вітчизняних консультантів та експертів розробили "Цифровий порядок денний України на 2020 рік". Цей документ визначає базові стратегії, напрями, ініціативи та проекти щодо цифровізації в Україні [80].

Цифрова трансформація відзначається поєднанням передових технологій та інтеграцією фізичних і цифрових систем, а також впливом на будівництво та його енергоефективність. Важливим є розгляд проблем і ключових елементів цифрової трансформації в контексті нових знань та застосувань штучного інтелекту, а також основних змін у системах менеджменту будівельних проектів [13].

Застосування цифрових технологій та ШІ в менеджменті ризиків будівельних проектів дозволить значно підвищити їх ефективність [8, 17]. Головна ідея дослідження полягає у твердженні, що для успішної реалізації цифрового простору у будівництві необхідно створити універсальну цифрову платформу, яка автоматизує всі етапи та процедури життєвого циклу будівельного проекту на основі застосування сучасних систем штучного інтелекту типу ChatGPT або Gemini та інших. В цьому напрямку важливо розробити інноваційний підхід та відпрацювати практичні рекомендації щодо управління будівельними проектами, щоб зменшити витрати на будівництво та зміцнити конкурентоспроможність [11, 12].

Згідно з моделлю цифрової трансформації, учасники будівельних проєктів, особливо в країнах-лідерах, лише починають свій шлях у цифровому просторі [3, 18, 45]. Україні необхідні глибокі наукові розробки, які допоможуть прискорити цей процес та спрямувати галузь будівництва у напрямку цифрової трансформації.

Розроблені в ході дослідження моделі, методи та інструменти BIM технологій та штучного інтелекту використані для покращення менеджменту будівельних проєктів, що призведе до підвищення їх ефективності та зниження затримок, перевитрат та інших проблем [6, 44, 46].

Ключовим рішенням є розробка дорожніх карт цифрової трансформації для підприємств та секторів будівельної галузі, що дозволить власникам та керівникам усвідомити вплив цифровізації на реалізацію будівельних процесів і проєктів [1, 3, 19]. Ці карти виступають як плани дій та ініціатив для цифрової трансформації, а для багатьох підприємств будівельної галузі - як стратегічні плани для відновлення та пристосування до сучасного економічного середовища.

Вищезазначені міркування разом з науково обґрунтованою гіпотезою підкреслюють в цій області.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота тісно пов'язана з науковими програмами, планами та темами, і основні положення розроблені з метою виконання заходів, які передбачені наступними законодавчими актами та документами:

Розпорядженням КМУ від 17.02.2021 р. № 152 "Про схвалення концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації".

Постановою Кабінету Міністрів України від 08.07.2020 р. № 595 "Про утворення міжгалузевої ради з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації".

Постановою Кабінету Міністрів України від 30.01.2019 р. № 56 "Деякі питання цифрового розвитку".

Розпорядженням Кабінету Міністрів від 17.01.2018 р. № 67-р "Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації".

Роботу виконано згідно з тематикою планових науково-дослідних робіт Київського національного університету будівництва і архітектури: «Ціннісно-орієнтоване управління в умовах дигіталізації суспільства», державний реєстраційний номер 0121U114473.

Ці документи та наукові дослідження визначають основні напрямки та завдання роботи.

Мета і завдання дослідження. *Мета* дисертаційної роботи полягає в розробці моделей, методів та інструментів щодо застосування BIM технологій та штучного інтелекту менеджменту будівельних проєктів у цифровому середовищі.

З метою досягнення мети досліджень, необхідно виконати такі завдання:

– обґрунтувати напрями та можливості застосування сучасних технологій штучного інтелекту для розвитку системи менеджменту будівельних проєктів;

– розробити моделі спільного застосування BIM технологій та штучного інтелекту у процесах менеджменту будівельного проєкту;

– розробити концептуальну модель цифрового простору з надбудовою BIM систем та конвергенцією з штучним інтелектом менеджменту будівельного проєкту;

– розробити рекомендації застосування штучного інтелекту при формуванні змісту, регламентів та моделей управління будівельними проєктами з застосуванням інтегрованих BIM технологій;

– розробити й обґрунтувати графо-аналітичний та цифровий простір для організаційно-технологічного моделювання циклу будівельного проєкту

– розробити конкретні рекомендації стосовно впровадження технології BIM в цифрове середовище будівельних проєктів.

Об'єктом дослідження є моделі та методи побудови цифрової

платформи застосування BIM технологій інтегрованих зі штучним інтелектом в системах менеджменту будівельних проєктів.

Предмет дослідження – процеси та інформаційні системи формування цифрового простору менеджменту будівельних проєктів на ґрунті BIM-технологій та штучного інтелекту.

Методи дослідження. Науково-методичною базою успішного виконання визначених у дисертаційній роботі завдань є залучення сучасних цифрових платформ моделювання будівельних проєктів в поєднанні з системами штучного інтелекту на їх життєвому циклі. При цьому методи і моделі, які були використані у даному дослідженні визначаються BIM-технологією, сучасними системами штучного інтелекту та створення цифрових платформ ефективного управління будівельними проєктами з розширенням меж використання організаційно-технологічних моделей будівництва на основі процесного, операційного, системного, сценарного підходів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні концептуальної моделі та інструментарію (моделей та методів) на основі BIM 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 BIM 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 BIM технологій з системами штучного інтелекту на цифрових платформах. Метод визначає покрокове наближення функціоналу BIM технології до застосувань штучного інтелекту в межах цифрових платформ бізнес аналітики будівельних

проектів.

Удосконалено

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

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 проектів на успішне виконання підрядних робіт. Впроваджений у запропонованих моделях та методах багатокритеріальний підхід у формуванні та виборі варіантів реалізації проекту будівництва через використання BIM-технологій та штучного інтелекту забезпечує зростання можливостей коригування ходу виконання проекту (з врахуванням очікуваного впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища будівельного проекту) та, в підсумку, зростання ступеня достовірності при прийнятті управлінських рішень у будівельних проектах.

Апробація результатів дослідження. Результати та висновки дослідження доповідались і одержали схвалення на 7 міжнародних науково-практичних конференціях та семінарах, інформація щодо яких наведена у списку опублікованих праць.

Публікації. Основні теоретичні положення, висновки і практичні результати, отримані в процесі роботи, висвітлено у 6 наукових працях, з-поміж яких 2 публікації в іноземних виданнях, що входять до періодичних наукових видань держав Європейського Союзу; 3 статті – у виданнях, які входять до переліку фахових видань і міжнародних науково метричних баз, затверджених МОН України. Внесок здобувача у працях, опублікованих у співавторстві, наведено в списку праць.

Структура та обсяг дисертації. Робота 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. Робота містить 50 рисунків і 9 таблиць.

РОЗДІЛ 1

РОЗВИТОК ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ, ЗАСТОСУВАНЬ BIM ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

1.1. Аналіз проблем застосування BIM технологій та штучного інтелекту на цифрових платформах менеджменту будівельних проєктів

Застосування BIM технологій та штучного інтелекту (ШІ) на цифрових платформах для управління будівельними проєктами вносить значний вклад у покращення продуктивності, якості та ефективності будівельних процесів. Однак, є деякі проблеми, які можуть виникати при їх застосуванні [14, 15, 44].

Високі витрати на впровадження. Впровадження BIM та ШІ може потребувати значних інвестицій у відповідні програмне забезпечення, навчання персоналу та оновлення технічної інфраструктури [64, 65].

Недостатність кваліфікованого персоналу. Навички управління та розуміння BIM та ШІ є важливими для успішного впровадження цих технологій, але можуть бути обмеженими серед фахівців будівельної галузі [66, 68].

Недостатність стандартів та протоколів обміну даними. Відсутність стандартизованих протоколів та форматів даних може ускладнювати обмін інформацією між різними програмами та платформами [76].

Проблеми з безпекою даних. Збір та обробка великих обсягів даних вимагає ефективних заходів безпеки, щоб захистити конфіденційні дані будівельних проєктів від несанкціонованого доступу та кібератак.

Неоднаковість якості даних. Недостатність якості та достовірності вихідних даних, які використовуються для розробки BIM моделей або навчання ШІ алгоритмів, може призвести до неточностей та помилок у процесі управління проєктом [81].

Соціально-економічні аспекти. Впровадження нових технологій може призвести до зміни у місцевих економічних умовах, зокрема до зменшення

робочих місць для тих, чиї обов'язки стають займати AI або автоматизовані системи [88, 90]

Розробники, урядові органи та промислові лідери працюють над розв'язанням цих проблем шляхом розробки стандартів, навчання персоналу, вдосконалення технологій безпеки та впровадження політик, що сприяють сталому розвитку та соціальній відповідальності [93, 94].

Розглянемо визначення понять: «цифровий простір», «штучний інтелект», «BIM технології», «індустрія 5.0» та «індустрія 4.0» ключові підходи цифрових трансформацій менеджменту будівельних проєктів [100, 101, 102].

Цифровий простір – це всеосяжна концепція, яка описує середовище, що генерується та опосередковується цифровими технологіями. Він охоплює широкий спектр аспектів [51, 62, 75, 93].

Штучний інтелект (ШІ) - це галузь комп'ютерних наук, яка займається розробкою систем, які відтворюють імітацію людського інтелекту. ШІ орієнтується на створення програм та систем, які здатні до вирішення завдань, що зазвичай потребують людського інтелекту, таких як розпізнавання образів, розуміння мови, прийняття рішень та навіть творчість [12, 16].

BIM (Building Information Modeling) технології - це цифрові методи та інструменти, які використовуються для створення, управління та аналізу інформації про будівельний об'єкт на протязі всього його життєвого циклу - від концепції та проектування до будівництва, експлуатації та знесення [120, 121, 122, 125].

Індустрія 5.0 – це концепція, яка описує п'яту промислову революцію, що фокусується на співпраці між людьми та машинами, гнучкому виробництві та персоналізації продуктів. Вона поєднує передові технології, такі як штучний інтелект, інтернет речей, робототехніка, 3D-друк, хмарні обчислення та великі дані, щоб створити нове середовище для промислового виробництва..

Індустрія 4.0 - це концепція, що описує нову еру в розвитку промисловості, яка відбувається на тлі впровадження інноваційних

технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет речей (IoT), бізнес аналітика даних, розширена реальність та інші. Ця концепція спрямована на створення більш ефективних, гнучких та інтелектуальних виробничих процесів [94,95].



Джерело: Національна стратегія Індустрії 4.0, АППАУ

Рис. 1.1 Базові технології цифрових трансформацій

ВІМ та штучний інтелект (ШІ) – це дві революційні технології, які мають значний потенціал для покращення менеджменту будівельних проектів. ВІМ використовується для створення 3D-моделей будівель, які містять інформацію про всі аспекти проекту, а ШІ може допомогти автоматизувати багато завдань, пов'язаних з проектуванням, будівництвом та експлуатацією будівель [147, 148, 149].

Розглянемо проблеми спільного застосування ВІМ та ШІ.

Незважаючи на значний потенціал, BIM та III стикаються з низкою проблем при впровадженні на цифрових платформах менеджменту будівельних проектів [97, 98]. До них належать наступні проблеми.

Висока вартість. Впровадження BIM та III може бути дорогим, що може бути проблемою для малих та середніх будівельних компаній.

Відсутність кваліфікованих кадрів. Не існує достатньої кількості фахівців, які мають навички роботи з BIM та III.

Складність координації. BIM та III потребують координації між різними учасниками проекту, що може бути складним завданням.

Інформаційна безпека. Існує ризик витоку інформації через використання BIM та III.

Етичні питання. Використання III може призвести до етичних проблем, таких як упередженість та дискримінація.

В практиці існує ряд можливих рішень для проблем, з якими стикаються BIM та III.

Урядова підтримка. Уряди можуть надавати гранти та інші стимули для заохочення впровадження BIM та III.

Освіта та навчання. Необхідно розробити програми навчання для підготовки фахівців з BIM та III.

Стандартизація. Розробка стандартів для BIM та III може допомогти покращити координацію та інформаційну безпеку.

Розробка етичних норм. Необхідно розробити етичні норми для використання III.

BIM та III мають значний потенціал для покращення менеджменту будівельних проектів. Сьогодні BIM та III можуть стати рушійними силами інновацій у будівельній галузі [82, 95].

1.2 Ключові тренди створення цифрового простору та застосування штучного інтелекту в будівельних проектах

Тренди цифрової трансформації – це напрямки розвитку цифрових технологій та платформ [20, 21]. Аналіз трендів цифрової трансформації дає змогу прогнозувати розвиток конкретної економічної, технологічної або соціальної системи в майбутньому, в тому числі розвиток менеджменту будівельних проєктів (див.рис.1.2).



Рис. 1.2 Ключові цифрові тренди (станом на 2020 рік)

Розглянемо ці тренди.

I. В сучасному світі дані перетворюються на ключовий ресурс для забезпечення конкурентних переваг [10, 23, 47]. Вони стають активом, який можна використовувати для отримання цінної інформації, необхідної для ефективної діяльності в бізнесі, суспільстві та управлінні державою [35-40]. Навички роботи з даними та їх аналізу стають ключовими факторами для отримання переваги на ринку, оскільки вони дозволяють першим отримувати

цінні інсайти. Доступ до даних здійснюється через Інтернет та інші мережі, а значна частина цих даних вже є відкритою (рис. 1.3).

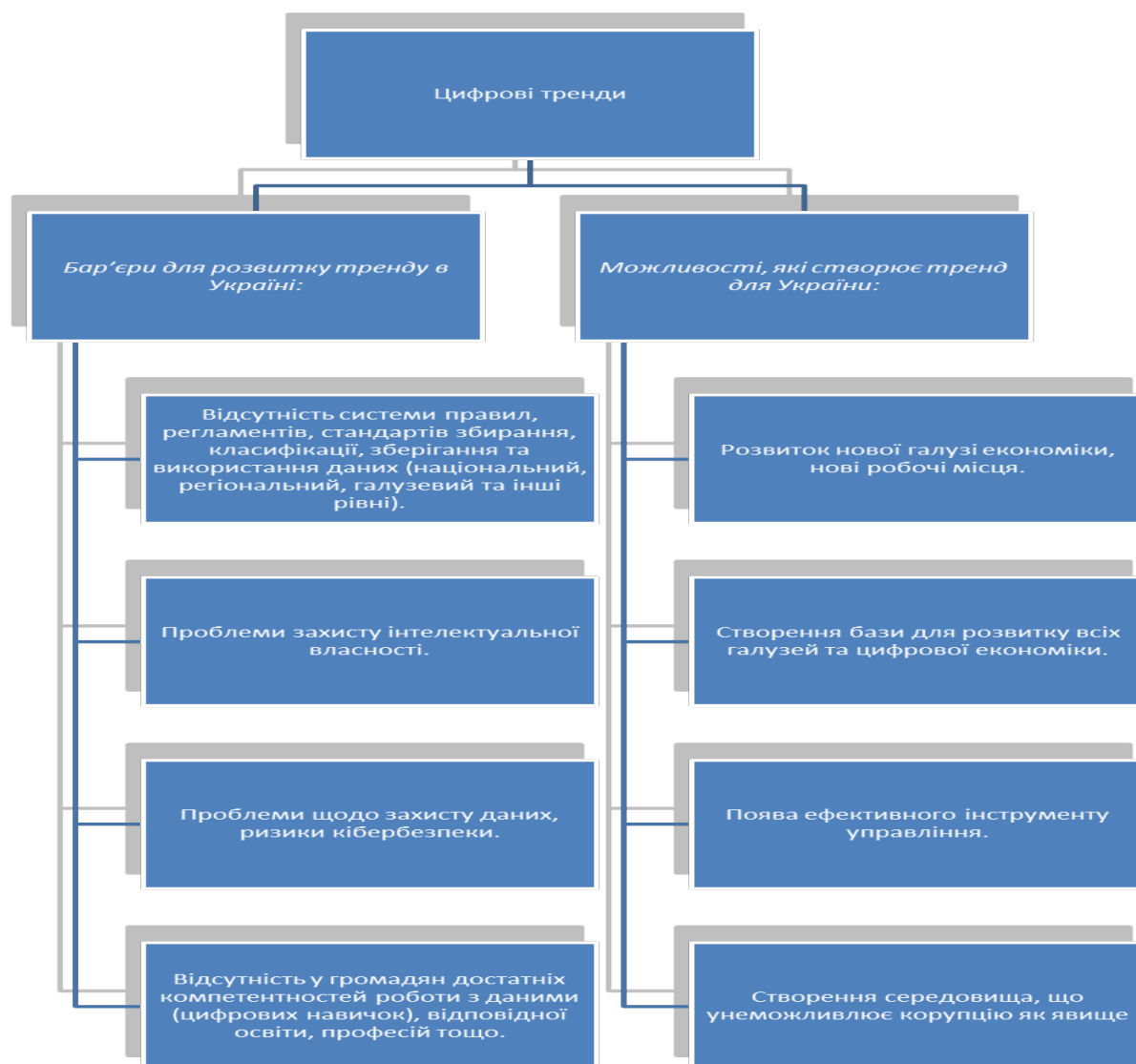


Рис.1.3 Дані як головне джерело розвитку та конкурентоспроможності

II. Розвиток Інтернету речей (IoT, PoT) передбачає створення мережі, в якій фізичні об'єкти або пристрої забезпечені вбудованими датчиками та сенсорами, що дозволяють їм взаємодіяти з комп'ютерними системами та мережами, зокрема з Інтернетом. Прогнозується, що до 2021 року кількість "розумних" пристроїв, підключених до Інтернету, сягне близько 30 мільярдів, а світові інвестиції у цю сферу перевищать 24 трильйони доларів (рис. 1.4).

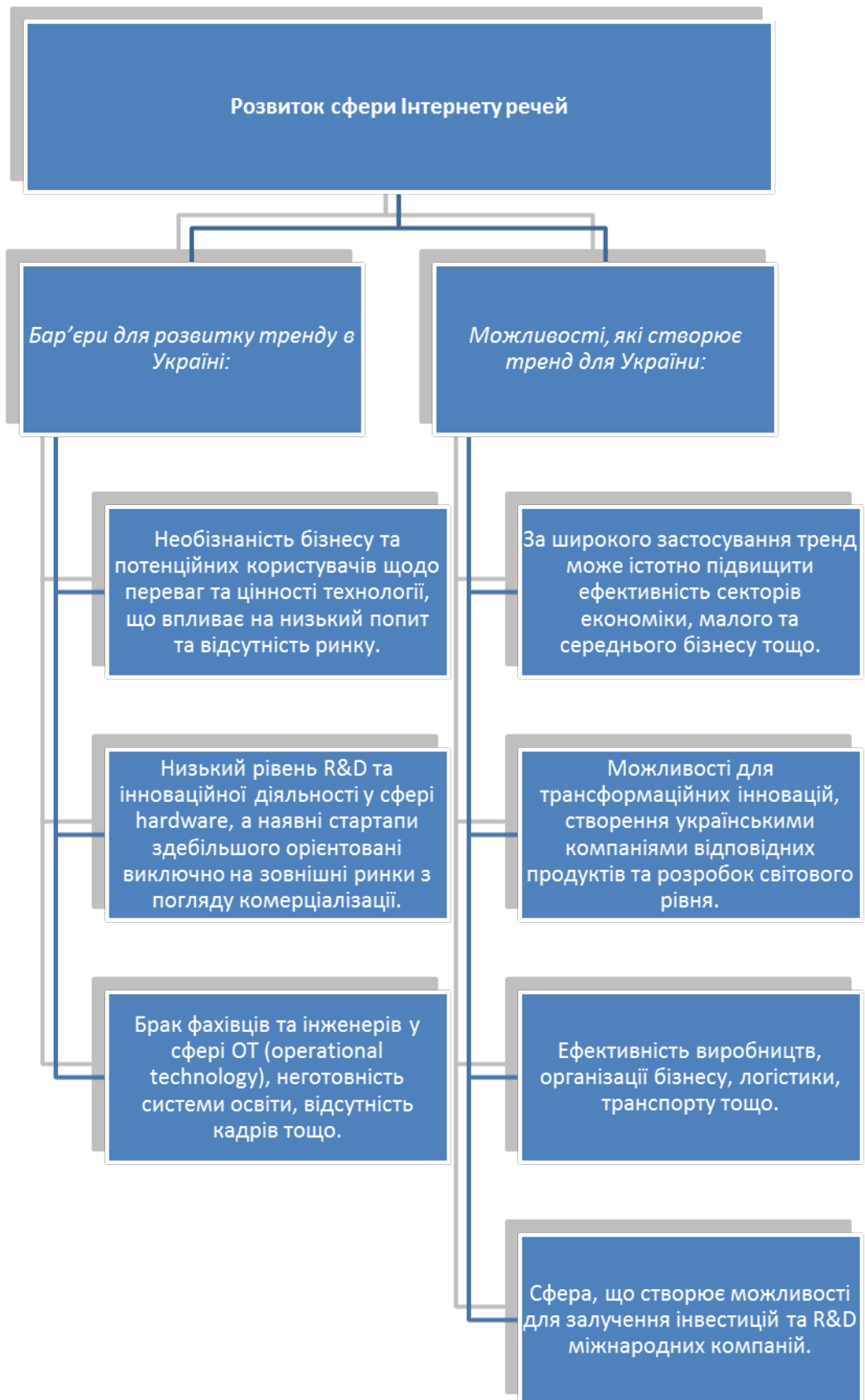


Рис. 1.4 Розвиток сфери Інтернету речей

III. Цифрова трансформація, або цифровізація, стає важливою складовою для бізнесу та галузей економіки.

Використання цифрових технологій сприяє створенню нових продуктів, властивостей та цінностей, що є основою для отримання конкурентних переваг на ринках (див. рис.1.5).

Цифрова трансформація дозволяє невеликим компаніям та проектним групам швидко виводити нові продукти на ринок поряд з великими корпораціями, що призводить до переміщення "центрів інновацій" з великих підприємств на малі (стартапи та інші) [58, 59, 60, 61].

Ця трансформація породжує нові унікальні системи і процеси, які надають їм нову ціннісну сутність (наприклад, Uber, Airbnb, цифровий банкінг та інше).

Промисловий сектор переживає трансформацію відповідно до концепції "Індустрія 5.0", включаючи кібервиробництво, кіберсистеми та кібермашини.

IV. Поширення бізнес-моделей, що відповідають концепції економіки спільного використання.

Сучасна економіка відчуває значний вплив бізнес-моделей, що базуються на ідеї економіки спільного використання та використовують цифрові технології [50, 52, 53].

Ці моделі включають спільне користування житлом (колівінг), автомобілями (каршеринг), офісними просторами (коворкінг), гаджетами, одягом та навіть їжею (фудшеринг - рятування продуктів від викидання в інтересах тих, кому вони потрібні). До певної міри цій тенденції відповідають також хмарні технології (див. рис.1.6).

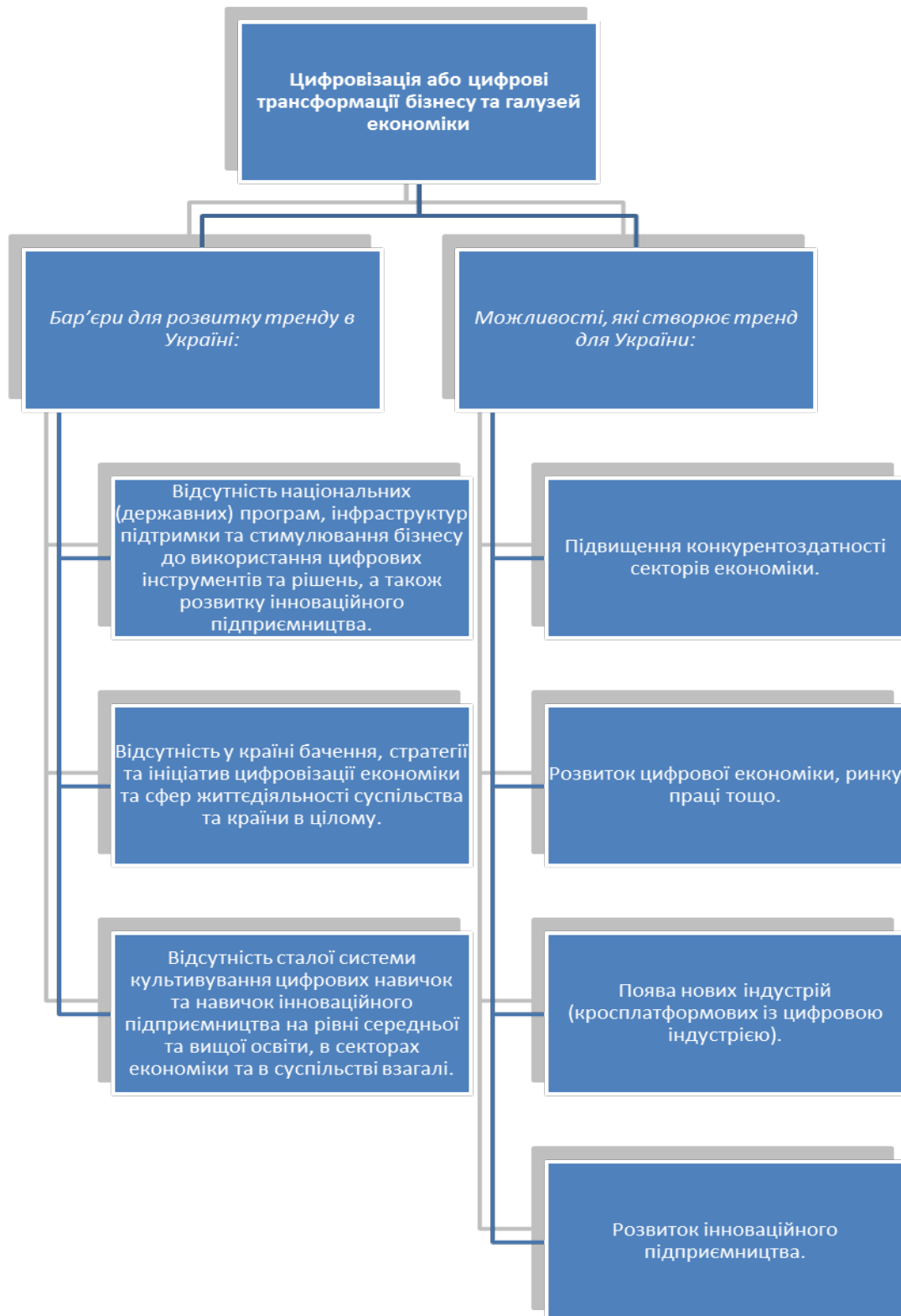


Рис. 1.5 Цифровізація або цифрові трансформації в Україні

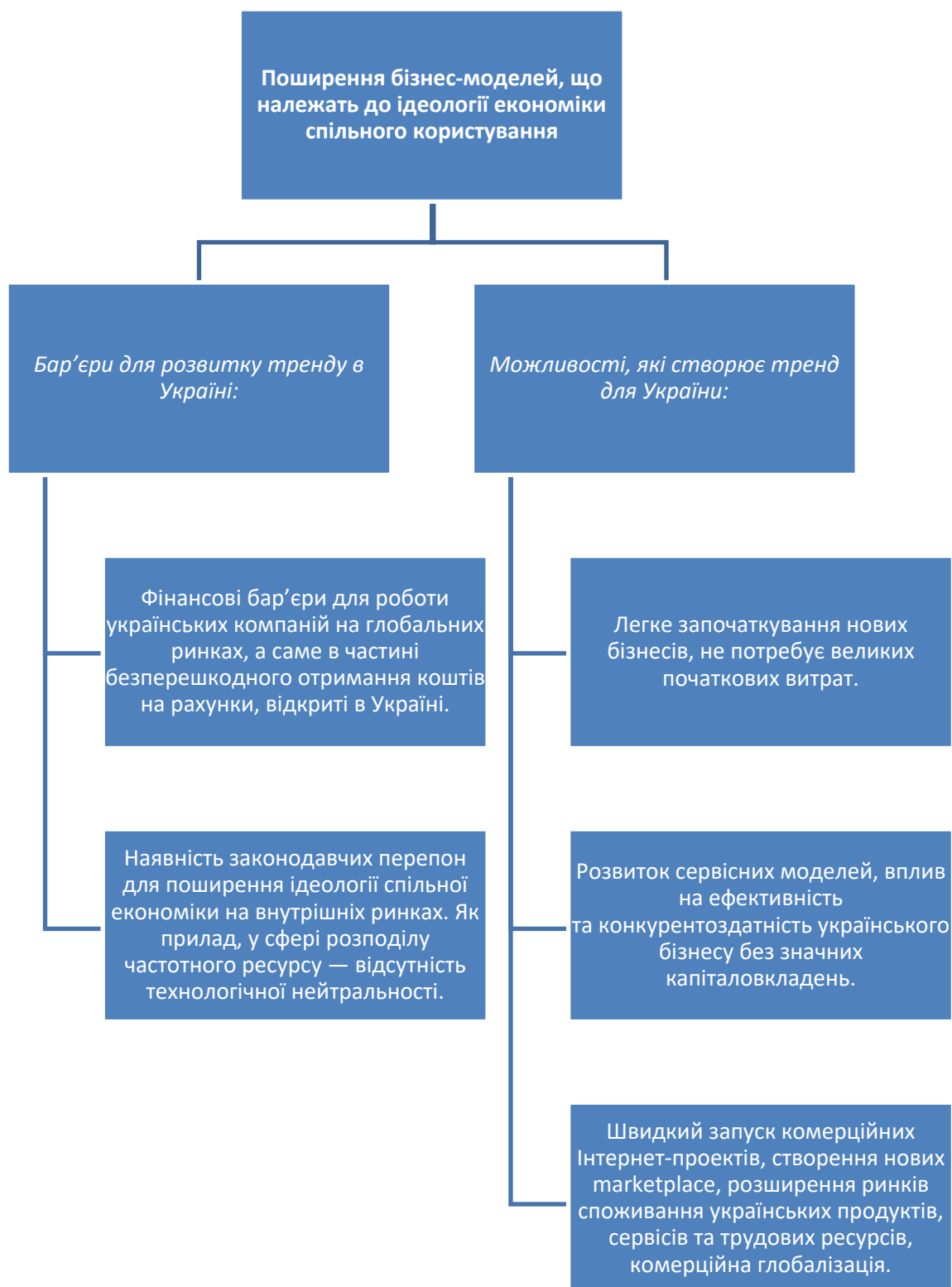


Рис.1.6 Застосування бізнес-моделей економіки спільного користування

V. Трансформація фізичних ІТ-інфраструктур і перехід до моделей обслуговування.

Віртуалізація відкриває можливість значно скоротити витрати на встановлення необхідної цифрової інфраструктури, використовуючи хмарні технології та програмно-визначені архітектури (див. рис. 1.7).

Ця технологія дозволяє орендувати обчислювальні можливості та сервіси, з урахуванням потреб конкретного бізнес-процесу [56, 69]. Користувач отримує швидкий доступ до сервісу та може орендувати необхідні ресурси на визначений час, використовуючи безпечні та технологічні платформи.

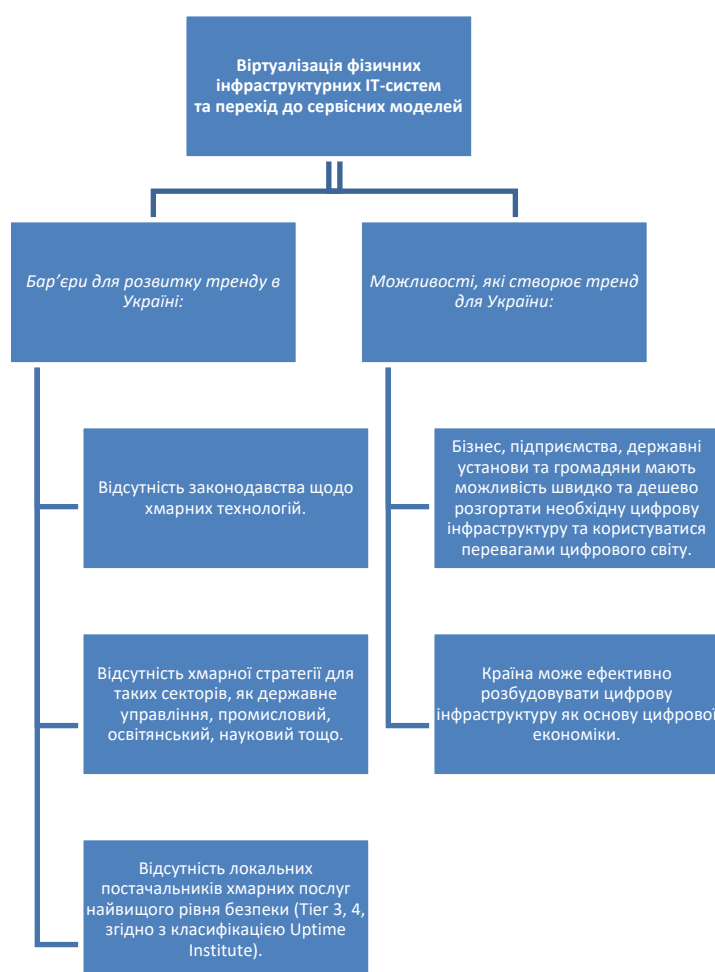


Рис.1.7 Віртуалізація фізичних інфраструктурних ІТ-систем

VI. Роль штучного інтелекту (ШІ) в економіці набуває все більшого значення, охоплюючи різні галузі та сфери. Кількість компаній, які використовують ШІ, стрімко зростає, а країни розвивають національні стратегії та змагаються за таланти. У цьому контексті виробляються етичні норми та межі використання (див. рис. 1.8). Сьогодні ШІ об'єднує багато технологій, зокрема машинне навчання, комп'ютерний зір, глибоке навчання та обробку природної мови. ШІ, базуючись на аналізі великих обсягів даних, сприяє оптимізації процесів та підвищенню якості цифрових продуктів та послуг [70].

VII. Цифрові платформи при формуванні цінності в цифровій економіці

У своїй книзі "Революція платформ", Дж. Паркер визначає цифрову платформу як "бізнес, який генерує цінність через взаємодію зовнішніх виробників та споживачів". Така платформа створює відкриту інфраструктуру для учасників та встановлює для них "правила гри". Головна мета платформи полягає у єднанні користувачів та сприянні обміну продуктами або соціальною валютою між ними, що створює цінність для всіх учасників [2, 7, 9]. Один із ключових аспектів платформи - це використання ресурсів користувачів замість власних. Це реалізується через мережеву модель створення цінності [91, 92]. Кожен додатковий користувач цифрової платформи вносить внесок у користь для інших учасників, що у кінцевому підсумку призводить до мережевого ефекту (див. рис. 1.9).

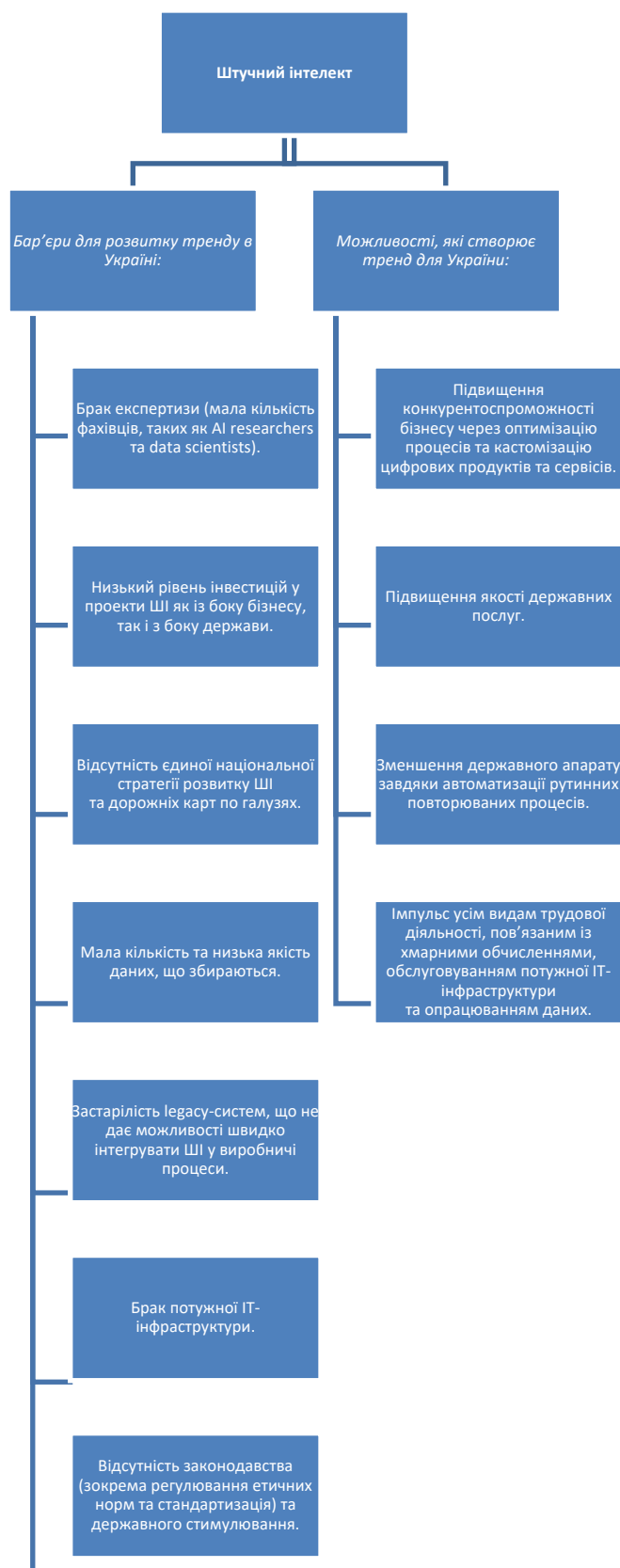


Рис.1.8 Штучний інтелект

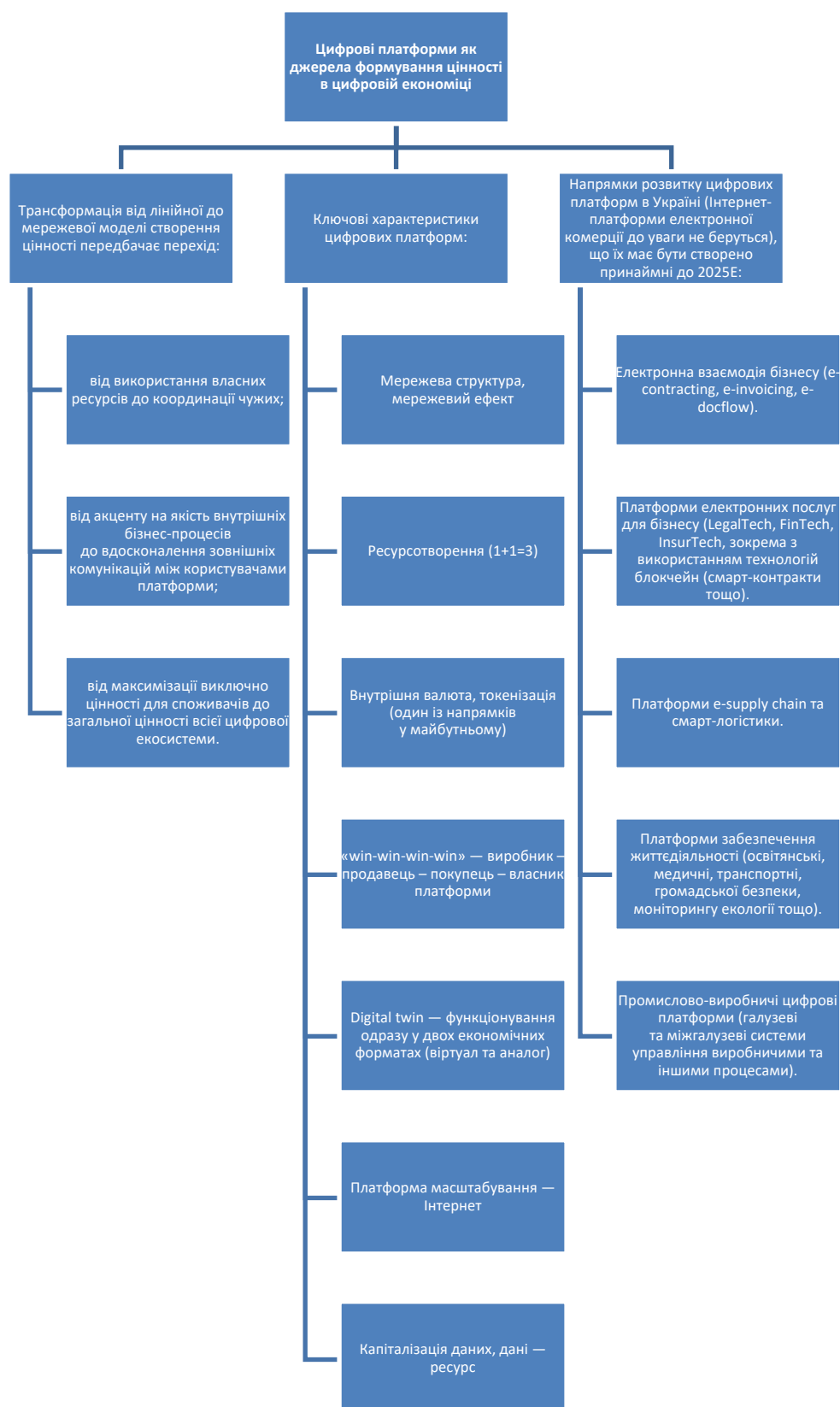


Рис.1.9 Цифрові платформи при формуванні цінності в цифровій економіці

Впровадження цих напрямків передбачає перехід до цифрової взаємодії між корпораціями, організаціями (і у деяких випадках між галузями) та

громадянами, а також урахування будівельних платформ [4, 5]. Наприклад, в ЄС впровадження електронного обігу рахунків-фактур (е-рахунків), платіжної інформації, договорів та міжкорпоративного документообігу сприятиме зростанню сукупного ВВП ЄС на 400 млрд євро, за оцінками ініціативи "Єдиний цифровий ринок" (Digital Single Market) [102, 103].

Для України важливим завданням є інтенсивна гармонізація з ініціативою Digital Single Market ЄС, що є проектом з розвитку транскордонної економічної взаємодії та комерції [112]. Ключові завдання України на шляху до розвитку цифрових платформ, зокрема у частині розвитку електронної взаємодії бізнесу (e-business), включають:

1. Імплементацию в Україні норм регламенту e-IDAS [24, 25].
2. Приєднання України до Програми ISA2 ЄС, проектів e-CODEX, e-Invoicing, а також ініціативи Single Digital Gateway.
3. Запровадження системи електронної взаємодії відповідно до вимог ЄС, зокрема European Interoperability Framework 2.0.
4. Виконання робіт щодо гармонізації документів електронної митниці з вимогами ЄС та введення Єдиного уніфікованого документу (SAD) [26-30].
5. Організація сумісності системи контролю за переміщенням вантажів в Україні з системою NCTS загальноєвропейського рівня.

Пріоритетність завдання щодо подолання цифрових розривів в Україні представлені у таблиці 1.1.

Пріоритети подолання цифрових розривів України

Пріоритетність	Тип цифрового розриву	Станом на 2020 рік	Мета 2030
1	Інфраструктурний (тверда інфраструктура)	Покриття (penetration) – 50%	100%
2	Інфраструктурний (м'яка інфраструктура)	Поглинання (absorption) – 10%	95%
3	Фінансова доступність технологій з погляду їх вартості для кінцевого споживача	Рівень витрат людини на ІТ до ВВП у рік складає лише \$53 (IT expense per GDP per head per year)	\$1.000
4	Компетентнісний	35% громадян володіють базовим рівнем цифрових навичок	90%

Джерело: ініціатива «Цифрова адженда України», ГС «Хай Тек Офіс Україна»

1.3 Індустрія 5.0 та впровадження штучного інтелекту у менеджменті будівельних проєктів

"Індустрія 5.0" - це нова концепція, яка виникає в контексті швидкого розвитку технологій та штучного інтелекту. Ця концепція визначається як гармонійне співіснування та взаємодія людей і машин, де людський фактор залишається центром управління та інновацій, а технології, зокрема штучний інтелект, використовуються для підтримки та полегшення роботи людей.

У впровадженні штучного інтелекту у менеджменті будівельних проєктів, концепція "Індустрія 5.0" має наступні важливі аспекти.

Покращення та пришвидшення підготовки та прийняття рішень. Штучний інтелект може аналізувати великі обсяги даних та надавати рекомендації для ефективних стратегій управління будівельними проєктами.

Оптимізація ресурсів. Алгоритми машинного навчання можуть допомогти прогнозувати потреби в ресурсах, таких як матеріали та робоча сила, що дозволить ефективно планувати та розподіляти їх.

Підвищення якості та безпеки. Використання систем моніторингу на основі штучного інтелекту може допомогти вчасно виявляти потенційні проблеми та ризики в будівельних проєктах, що підвищить якість та безпеку будівництва.

Автоматизація рутинних завдань. Штучний інтелект може бути використаний для автоматизації рутинних процесів управління будівельними проєктами, таких як планування графіків, моніторинг витрат тощо, що звільнить людей від монотонних завдань та дозволить їм зосередитися на більш складних аспектах управління проєктом.

Забезпечення гнучкості та адаптивності. Штучний інтелект може допомогти відповідати на зміни у вимогах та умовах проєкту, швидко адаптуючи стратегії та плани управління.

Впровадження штучного інтелекту у менеджмент будівельних проєктів в контексті концепції "Індустрія 5.0" може принести значні переваги, покращити ефективність та результативність управління будівельними

проектами, а також сприяти збалансованому розвитку взаємодії між технологіями та людськими ресурсами.

У процесі цифровізації, подібно до будь-якої трансформації, існують дві сторони медалі. Однією з основних загроз цифрової трансформації економіки є можливе збільшення рівня безробіття [50, 64]. Згідно з аналітичними матеріалами Всесвітнього економічного форуму в Давосі, історично кожна промислова революція виникала з початковим безробіттям. Однак уже протягом короткого періоду часу, від одного до п'яти років, з'являлися нові потреби та вимоги ринку, що призводило до виникнення нових професій [31, 32, 33]. Фактично, кожна промислова революція генерувала нові сфери економічної діяльності, нові підходи та моделі, що в свою чергу впливало на ринок праці.

Характеристики промислових революцій наведено на рисунку 1.10.



Джерело: «Цифрова адженда України»

Рис. 1.10 Характеристики промислових революцій

З появою штучного інтелекту, застосування якого експоненціально поширюється, світ переходить на п'ятий етап революції (Індустрії 5.0).

Існують чотири етапи цифрової революції, які відображають якісні зміни в застосуванні цифрових технологій протягом останніх десятиліть [162].

Перший етап (1990–2000рр.): Створення інфраструктури для доступу до інформації через Інтернет, коли сайти були переважно призначені для читання, а не активного взаємодії [41, 42].

Другий етап (2000–2010рр.): Користувачі стали активними учасниками створення та накопичення даних [43, 104].

Третій етап (2010–2020рр.): Ера соціальних мереж і месенджерів, коли відбулася масова популяризація додатків для обміну миттєвими повідомленнями [140, 142].

Четвертий етап (початок з 2021р.): Побудова "нейронету", де комунікації між різними суб'єктами здійснюватимуться за принципами нейрокомунікації, використанням штучного інтелекту та Всеосяжного Інтернету речей.

Смарт-підприємство, також відоме як "розумне" підприємство, використовує концепцію цифровізації для покращення операційної та бізнес-ефективності. Це орієнтується на використання технологій, таких як хмарні обчислення, бездротові комунікації, кібербезпека тощо [78].

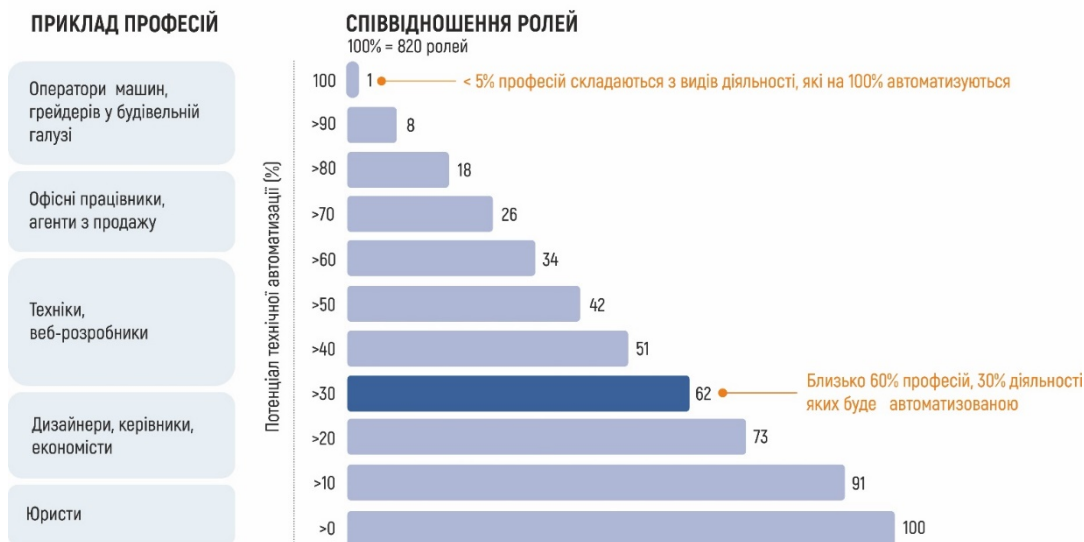
Індустрія 4.0, або "смарт-виробництво", є оновленою концепцією "смарт-підприємства", що відображається в появі кіберсистем та четвертої промислової революції [162].

1.4 Потенціал цифровізації менеджменту будівельної галузі

Багато з операцій, які наразі виконують працівники, можуть бути автоматизовані. За даними McKinsey, приблизно 60% усіх професій включають щонайменше 30% видів діяльності, які можна автоматизувати за допомогою сучасних технологій. Інші оцінки, такі як ті, що наводить Європейська Комісія, показують, що близько половини поточних робочих

мість у світі теоретично можна автоматизувати [198]. Це означає, що в окремих процесах можлива заміна людської праці автоматизацією (рис. 1.11).

УЗАГАЛЬНЕНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОКРЕМИХ ПРОФЕСІЙ НА ПРИКЛАДІ США



Джерело: McKinsey Global Institute analysis

Рис.1.11 Потенціал автоматизації окремих професій

Україні в перспективі наступних 10 років ситуація на ринку праці може бути менш драматичною, ніж у розвинутих країнах. Протягом наступних 3–5 років цифровізація та автоматизація, навпаки, можуть допомогти вирішити проблему дефіциту трудових ресурсів

Проте буде ряд секторів та сегментів, у яких українці вже в 2020–2021 роках можуть втратити роботу через цифровізацію, і де постане гостре питання працевлаштування декількох сотень тисяч людей. Наприклад, у разі скорочення державного апарату, залишиться без роботи 400–450 тисяч осіб.

Щодо розв'язання проблеми працевлаштування, пропонуються наступні варіанти.

1. Стимулювання само зайнятості шляхом розробки програм навчання основам підприємництва та бізнесу, а також надання кредитів під невеликий відсоток.

2. Формування культури «навчання протягом усього життя», включаючи освоєння українцями нових навичок і професій у будь-якому віці.

3. Створення та розвиток цифрових платформ талантів.

Цифровізація не лише спричиняє зникнення деяких професій та зменшення використання людської праці, але й створює нові галузі та професії, відкриваючи необмежені можливості для розвитку навичок та талантів людини.

Отже, повний розвиток цифрової та цифрової економіки в Україні неодмінно супроводжуватиметься спочатку негативними наслідками у вигляді втрати робочих місць, але саме ця цифровізація створить нові можливості, які вже за кілька років або навіть менше спричинять значний попит, що, як показує історія промислових революцій, буде набагато більшим, ніж попит на працю і інтелект минулого [163, 164].

Дослідження Українського католицького університету показують, що цифровізація принесе не лише нові робочі місця, але й істотно трансформує існуючі. Очікується значний розвиток зайнятості у таких секторах, як штучний інтелект, робототехніка і блокчейн.

Наприклад, блокчейн - це нова галузь, яка знайде застосування практично в усіх галузях, що створить попит на фахівців з архітектури блокчейну.

Прогнозується, що у найближчі 10–20 років у світі буде задіяно понад 100 трильйонів сенсорів, що також призведе до збільшення кількості працівників, які будуть відповідальні за зв'язок між базами даних і фізичним світом. Також з'явиться попит на фахівців з архітектури та керування сенсорними системами (рис. 1.12).

ТЕХНІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АВТОМАТИЗАЦІЇ В РІЗНИХ СЕКТОРАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПОЄДНАННЯ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ

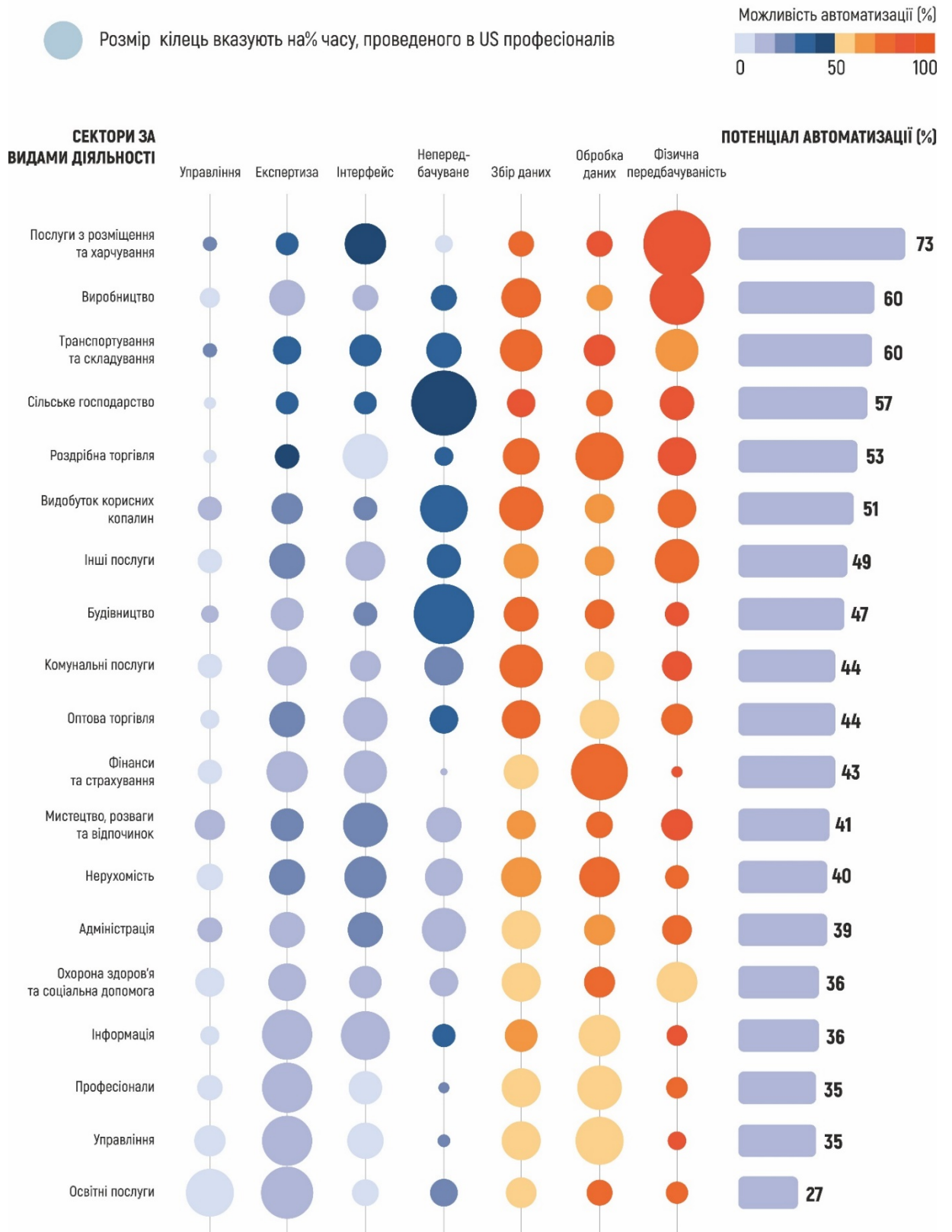


Рис. 1.12 Потенціал автоматизації у розрізі напрямків діяльності

В майбутньому 65% сьогоднішніх дітей будуть займатися видами діяльності, які ще сьогодні не існують. Щоб мати успіх у такому швидкозмінному світі, людина повинна постійно навчатися.

Важливим є принцип неперервного самовдосконалення та здатність до самореалізації і конкурентоспроможності протягом усього життя [73, 74].

Україна має вибудувати сучасну національну програму, що спрямована на розвиток загальних та професійних цифрових навичок, які є ключовими компонентами цифрової економіки [89]. Основним завданням уряду є створення та координація відповідних ініціатив та забезпечення необхідних ресурсів [83].

Державна стратегія з превентивного заходу проти ризиків втрати робочих місць має декілька рівнів реалізації [57, 63]:

- освітній, що включає створення академічних програм та освітньої інфраструктури для систематичної підготовки та перепідготовки кадрів під нові спеціальності;
- структурні зміни, такі як оновлення державного класифікатора професій та розробка переліку цифрових професій, їх впровадження у профільних навчальних закладах.

За оцінками McKinsey & Co, до 2030 року у світі внаслідок розвитку штучного інтелекту та автоматизації процесів без роботи залишиться від 400 до 800 мільйонів осіб, що становитиме від 15% до 30% світової робочої сили.

Висновки до першого розділу

1. Зростання цифрового простору в будівельній галузі України. Україна спостерігає поступове зростання використання цифрових технологій в будівельній сфері, зокрема впровадження системи BIM (Building Information Modeling) та застосування штучного інтелекту (ШІ) для оптимізації проектування, будівництва та управління будівельними об'єктами.

2. Потенціал ШІ для покращення продуктивності та ефективності. Використання штучного інтелекту в будівельній галузі може покращити процеси управління проектами, прогнозування ризиків, автоматизації рутинних завдань та забезпечити більшу точність та швидкість прийняття рішень.

3. Важливість інвестування в інновації та навчання персоналу. Щоб забезпечити успішну імплементацію цифрових технологій та ШІ в будівельній галузі, необхідно інвестувати у розвиток технічної інфраструктури, навчання персоналу та створення стимулів для впровадження інновацій.

4. Необхідність стандартизації та регулювання. Важливо розробити стандарти та нормативні акти, які б сприяли розвитку цифрового простору та забезпечили взаємодію між різними учасниками будівельного процесу.

5. Сьогодні складаються сприятливі умови для розвитку ШІ в Україні. Україна має потенціал стати лідером у використанні штучного інтелекту в будівельній галузі за умови створення сприятливого інвестиційного та інноваційного середовища, а також активної підтримки державних та громадських ініціатив.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ МЕНЕДЖМЕНТУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

2.1 Формування концептуальної моделі цифровізації та штучного інтелекту при менеджменті будівельних проєктів

Будівельна галузь переживає значні зміни завдяки цифровізації та штучному інтелекту (ШІ). Ці інновації дають можливість покращити менеджмент проєктів, підвищити їх ефективність, мінімізувати ризики та оптимізувати виконання підрядних робіт [84, 85, 86].

Впровадження цифрових технологій та ШІ потребує чіткої методології, яка б давала чітке розуміння:

- процесів. Які процеси підрядних робіт можна і доцільно цифрувати та автоматизувати за допомогою ШІ?
- інструментів. Які програмні та апаратні інструменти доступні та оптимальні для конкретних задач?
- компетенцій. Які знання та навички потрібні персоналу для роботи з цифровими технологіями та ШІ?
- взаємодії. Як організувати співпрацю між різними учасниками будівельного проєкту в умовах цифрового середовища?

Впровадження методологічного забезпечення цифровізації та ШІ при виконанні підрядних робіт будівельними підприємствами дасть змогу:

- підвищити ефективність та рентабельність підрядних робіт;
- покращити якість та безпеку будівельних проєктів;
- знизити ризики та невизначеності;
- оптимізувати використання ресурсів;
- підвищити конкурентоспроможність будівельних підприємств.

Формування та впровадження методологічного забезпечення цифровізації та ШІ є важливим кроком для розвитку будівельної галузі [87, 96, 106, 107]. Цей процес потребує комплексного підходу та залучення всіх

учасників будівельного проекту.

В цілому треба розробити та впровадити стандарти та нормативи для використання цифрових технологій та ШІ в будівництві, створити систему підготовки та перепідготовки кадрів для роботи з цифровими інструментами, заохочувати співпрацю між будівельними підприємствами, науковими установами та ІТ-компаніями, проводити дослідження та розробляти нові інноваційні рішення для будівельної галузі [105, 108, 111].

Концептуальна модель застосування BIM технологій та штучного інтелекту у процесах менеджменту будівельного проекту наведена на рис.2.1.

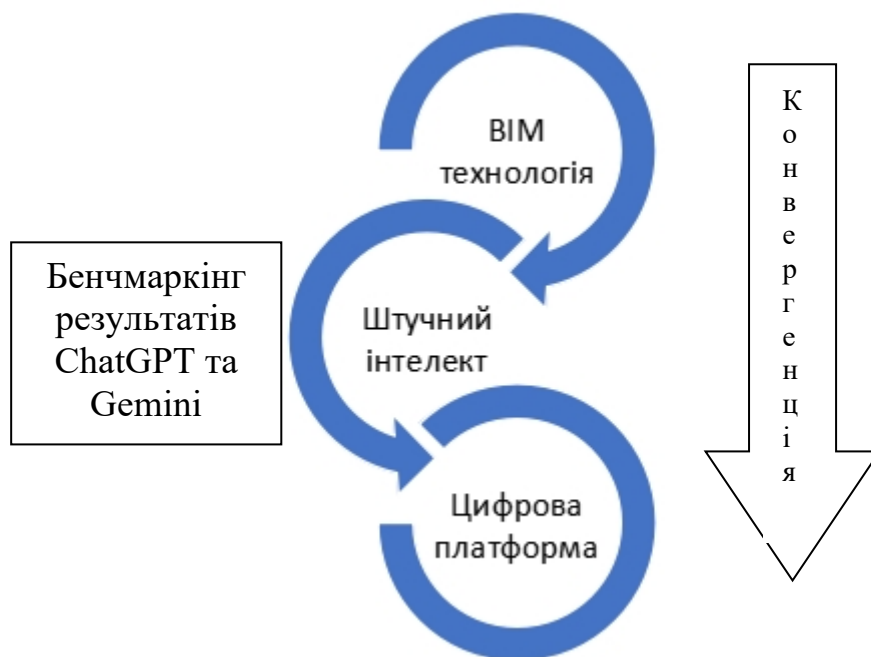


Рис. 2.1. Концептуальна модель застосування BIM технологій та штучного інтелекту на цифровій платформі

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. Після застосування кожної з систем виконується операція бенчмаркінгу для переносу кращих практик систем штучного інтелекту. Після цього відпрацьоване рішення переноситься до моделі проекту.

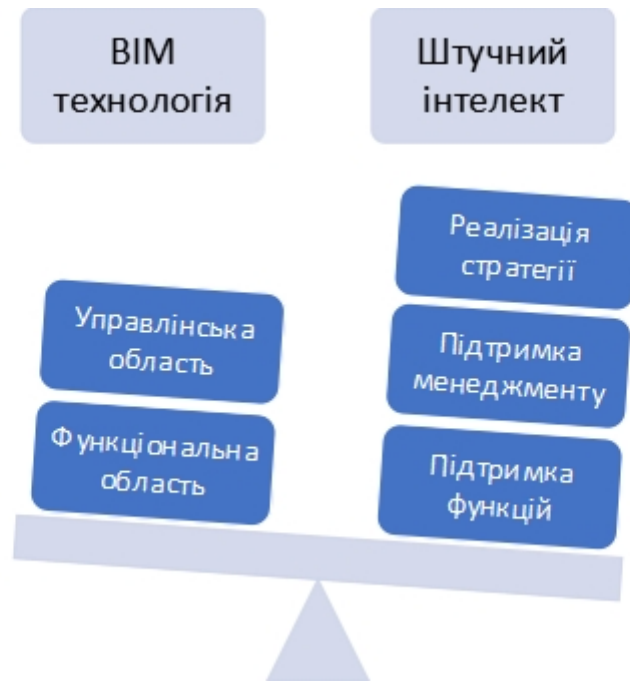


Рис. 2.2. Балансова модель конвергенції ВІМ технології та штучного інтелекту

Механізм конвергенції визначено через збалансовану модель на рівнях функціональної та управлінської областей в межах ВІМ технологій та функцій підтримки стратегії, менеджменту та відповідних функцій [11, 118, 119].

Конкурентоспроможність України визначається [22, 48, 71] на основі 10 факторів, які, оцінюються по ряду критеріях:

1. Динаміка економіки, включаючи темпи зростання, стабільність національної валюти, рівень промислового виробництва, та обсяг виробництва ключових товарів на душу населення.
2. Ефективність виробництва, охоплюючи прямі та опосередковані витрати на оплату праці, включаючи витрати на стимулювання, стійкість кадрів, та відсутність прогулів.
3. Динаміка ринку, включаючи рівень споживчих витрат на душу населення, нецінові показники, обслуговування після продажу та якість продукції.
4. Розвиток фінансової системи, включаючи стан системи, діяльність комерційних банків та ринок цінних паперів.
5. Людські ресурси, включаючи темпи народжуваності, працездатне

населення, рівень безробіття та якість робочої сили.

6. Роль держави, включаючи частку державного сектору в національному доході, економічну політику та рівень оподаткування.
7. Ресурси та інфраструктура.
8. Готовність до стимулювання торговельної діяльності.
9. Політика у сфері інновацій, включаючи дослідження та розвиток, готовність до впровадження нових ідей, та освоєння нових виробів і процесів.
10. Соціально-політична ситуація, включаючи рівень національного доходу та його розподіл, трудові відносини в промисловості та інше.

Дослідження, проведені за останні кілька років, показують, що перші позиції за конкурентоспроможністю займають Японія, США, Німеччина, Китай, Велика Британія та Швейцарія. У теорії економічного розвитку країни поняття "конкурентоспроможність підприємства" відіграє ключову роль, оскільки ефективність діяльності підприємств визначає їхню успішність. Однією з ключових проблем є виявлення факторів успіху на рівні окремих підприємств (фірм). Наприклад, Т. Коно розглядає конкурентоспроможність фірми як п'ятирівневу ієрархію факторів [57] (див. рис. 2.3). Теоретик конкурентних переваг М. Портер, досліджуючи причини конкурентоспроможності фірм у різних країнах, виділив 4 основні фактори ("властивості національного середовища"), що визначають конкурентоспроможність фірм як на внутрішньому, так і на світовому ринку.



Рис. 2.3 Ієрархія факторів конкурентоспроможності компанії за Т. Коно

Формування конкурентоспроможності підприємства переважно залежить від вибору ефективної стратегії, яка може змінюватися в залежності від стану зовнішнього середовища (див. рис. 2.4) [77, 79]. На сучасному етапі стратегія має одноманітний, кон'юнктурний характер. У зрілому ринковому середовищі вона набуває багатовимірний, довгостроковий характер [34, 54, 67]. .

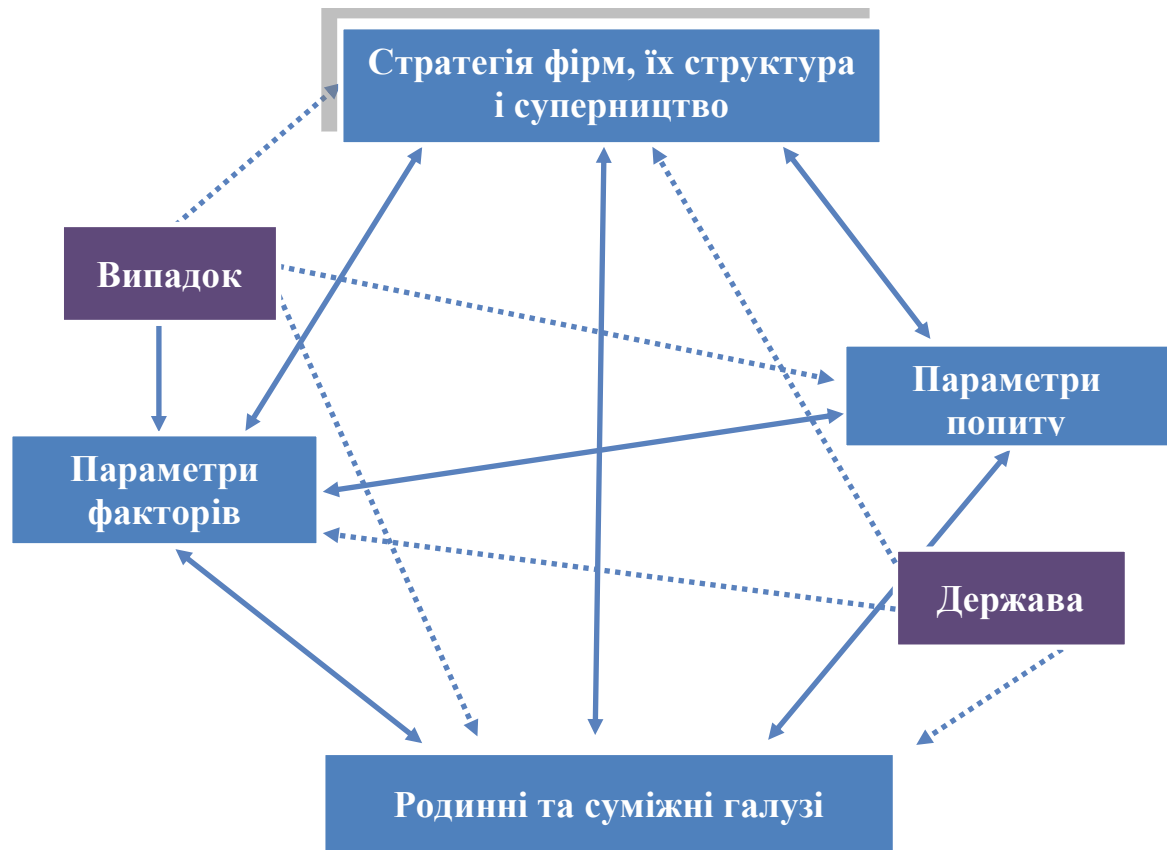


Рис. 2.4 Детермінанти конкурентної переваги («Національний ромб»)

І. Ансофф надав найбільш загальне визначення стратегії, вказавши, що це "набір правил для прийняття рішень, якими організація керується у своїй діяльності" [2]. Він виділив чотири групи таких правил, які широко використовуються в менеджменті:

- правила, що використовуються для оцінки результатів діяльності фірми.
- правила, які визначають відносини фірми з зовнішнім середовищем, включаючи номенклатуру продукції, типи споживачів та стратегії конкурентної боротьби. Цей набір правил відомий як продуктово-ринкова стратегія.
- правила, що стосуються внутрішніх відносин та процедур усередині організації (організаційна концепція).
- правила, що регулюють повсякденну діяльність та оперативні прийоми.

2.2 Розробка моделі та методу конвергенції сучасних BIM-технологій з системами штучного інтелекту на цифрових платформах

Штучний інтелект та BIM – ідеальне поєднання. BIM створює цифрове представлення будівлі з усіма її фізичними та функціональними характеристиками. ШІ, в свою чергу, використовує потужність даних та алгоритмів для отримання інформації та прийняття обґрунтованих рішень [89]. Коли ці дві технології поєднуються, відбувається справжня магія.

Алгоритми ШІ можуть аналізувати історичні дані та тенденції для оптимізації проєктування та планування. Обробляючи величезні набори даних, ШІ допомагає архітекторам та інженерам приймати більш обґрунтовані рішення щодо матеріалів, енергоефективності та конструктивної цілісності. Він може запропонувати покращення дизайну на основі успішних проєктів минулого, що веде до більш інноваційних та економічно ефективних рішень.

Можливості ШІ у прогностичній аналітиці надзвичайно важливі для управління будівельними проєктами. Аналізуючи дані проєкту в реальному часі, ШІ може прогнозувати потенційні затримки, перевищення бюджету або проблеми з якістю. Керівники проєктів можуть завчасно реагувати на ці проблеми, знижуючи ймовірність дорогих затримок. Ця здатність до прогнозування дозволяє заощаджувати час та кошти.

Безпека в будівництві є надзвичайно важливою, і ШІ відіграє значну роль у цьому аспекті. Він може обробляти зображення та відео з будівельних майданчиків, щоб виявляти потенційні загрози безпеці. Ця технологія навіть може прогнозувати ймовірність аварій, дозволяючи негайно реагувати. Таким чином, ШІ робить будівельні майданчики безпечнішими для працівників.

Співпраця в будівельних проєктах є складною, оскільки залучено багато учасників. Інструменти на основі ШІ можуть оптимізувати співпрацю, аналізуючи моделі комунікації, визначаючи вузькі місця та пропонуючи покращення процесів комунікації та прийняття рішень. Це призводить до більш плавного виконання проєкту та кращих результатів.

ШІ не тільки змінює спосіб будівництва, але й трансформує управління

та обслуговування будівель. BIM у поєднанні з ШІ дозволяє здійснювати моніторинг будівельних систем у режимі реального часу. Датчики та пристрої IoT можуть збирати дані про все, від систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) і закінчуючи безпекою. ШІ може аналізувати ці дані, щоб прогнозувати потреби в технічному обслуговуванні, покращуючи довговічність та ефективність будівельних систем.

Хоча поєднання ШІ та BIM має свої переваги, існують також певні проблеми. Питання конфіденційності та безпеки даних, потреба у висококваліфікованих фахівцях з ШІ та витрати на впровадження систем ШІ - це важливі аспекти для будівельних компаній. Проте переваги у довгостроковій перспективі переважають ці виклики.

Оскільки будівельна галузь продовжує активно використовувати цифрову трансформацію, роль штучного інтелекту в перетворенні BIM лише зростатиме [113, 114, 115]. Ця синергія обіцяє зробити будівництво більш ефективним, стабільним та безпечним. Завдяки можливостям ШІ будівельні проекти можуть досягти нових рівнів інновацій та продуктивності.

Сучасні BIM-технології та штучний інтелект (ШІ) мають значний потенціал для покращення будівельних проектів. Їх конвергенція на цифрових платформах може призвести до значних змін у галузі, включаючи:

- підвищення ефективності. Автоматизація рутинних завдань, кращий контроль над проектами, оптимізація ресурсів.
- покращення якості. Зниження помилок, кращий контроль за якістю, кращий дизайн.
- зниження ризиків. Краще прогнозування ризиків, кращий контроль за безпекою, кращий контроль за бюджетом.

Для побудови математичної моделі конвергенць управління будівельними проектами на основі цінностей запропонуємо наступну методологію аналізу багатокритеріальних задач. Основні кроки для побудови такої моделі можуть виглядати наступним чином:

1. Визначення цінностей. Визначимо основні цінності, які відображають

важливість різних аспектів управління проектами. Наприклад, це може бути якість, терміни виконання, бюджет, співпраця та комунікація.

2. Вибір критеріїв. Для кожної цінності обирається критерій, який буде використовуватися для оцінки. Наприклад, для якості може бути використаний показник від 0 до 100, для термінів виконання - кількість днів, для бюджету - сума в гривнях, для співпраці та комунікації - рівень задоволеності учасників проекту.

3. Формалізація цілі. Формалізується ціль проекту на основі обраних критеріїв. Наприклад, ціль може бути сформульована як мінімізація вартості проекту при досягненні певного рівня якості та виконання проекту в зазначені терміни.

4. Побудова математичної моделі. На основі вибраних цінностей та критеріїв будується математична модель, яка відображає відношення між ними. Наприклад, може бути побудована функція корисності, яка оцінює загальну вартість проекту як вагову суму окремих цінностей з відповідними коефіцієнтами важливості.

5. Застосування методів оптимізації. За допомогою математичних методів оптимізації (наприклад, лінійного програмування, методу динамічного програмування тощо) можна знайти оптимальні рішення для управління проектом з урахуванням важливих цінностей.

6. Валідація та аналіз результатів. Отримані результати моделі можуть бути перевірені та проаналізовані для визначення їх придатності та ефективності управління проектом.

Запропонований підхід дозволяє створити математичну модель для управління проектами на основі важливих цінностей та критеріїв, що дозволяє здійснювати оптимальне управління будівельними проектами з урахуванням цих аспектів.

Розглянемо покрокове формування математичної моделі взаємодії штучного інтелекту та BIM технології.

Крок 1. Нехай будівельний проект створює множину цінностей V .

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (2.1)$$

де n – кількість цінностей, які планується створити проектом.

Створення кожної цінності здійснюється в межах M фаз життєвого шляху проекту.

1. В межах першої підготовчої фази «техніко-економічне обґрунтування інвестицій» система штучного інтелекту формує множину вимог до процесів створення цінності та такі документи як Бізнес кейс, Статут проекту, ТEO інвестицій и таке інше. Приклади таких документів, які сформовані з допомогою штучного інтелекту наведені у 3 розділі. Приклади запитів P_1 (промптів) до систем ШІ наведені нижче у табл. 2.1.

2. В межах другої фази – проектування штучний інтелект формує вхідні дані для ВІМ технологій щодо технічних, технологічних та організаційних рішень на основі взаємодії з командою проекту та замовником. Ця фаза може виконуватися на основі застосування гнучкої методології управління Agile. Приклади запитів P_2 до систем ШІ наведені у табл. 2.2. та табл. 2.3.

3. На фазах реалізації та впровадження будівельного проекту P_3 система ШІ допомагає команді управління проектом організувати інтерактивну роботу на базі лідерства співпраці, вирішення конфліктів тощо. Приклади запитів до систем ШІ наведені у табл. 2.4.

Крок 2. В якості критеріїв оцінювання визначимо критерій для кожної цінності в діапазоні від 1 до 100.

Крок 3. В якості цілі визначим максимізації сумарну оцінку цінностей \bar{V} яка створюється проектом.

$$\bar{V} = \sum_1^n v_i, \quad (2.2)$$

Крок 4. Метод конвергенції ВІМ-технологій з системами штучного інтелекту на цифрових платформах формує базу знань як множину запитів H системі ШІ для генерації моделі будівельного проекту S .

Запропонований метод застосовує декілька способів, якими ШІ-система

може генерувати вхідні дані для ВІМ-моделі, яка презентована виразами 2.1-2.5.

Нехай модель ВІМ технології яка взаємодіє з системами штучного інтелекту визначається рівнянням 2.3.

$$X(t+1) = f(X(t), U(t)), \quad (2.3)$$

де $X(t)$ - стан ВІМ-моделі в момент часу t , $U(t)$ - вхідні дані для ВІМ-моделі в момент часу t , а f - функція, яка описує, як оновлюється ВІМ-модель на основі вхідної інформації систем штучного інтелекту.

Застосування ШІ визначається рівнянням 2.4.

$$A(t+1) = g(A(t), X(t)), \quad (2.4)$$

де $A(t)$ - стан ШІ-системи в момент часу t , а g - функція, яка описує, як навчається ШІ-система.

При цьому рівняння для взаємодії 2.5 визначає функції ШІ при генерації вхідних даних для реалізації ВІМ моделювання.

$$U(t) = h(A(t)), \quad (2.5)$$

де h - функція, яка описує, як ШІ-система генерує вхідні дані для ВІМ-моделі.

Кроки 5 та 6 які пов'язані з застосуванням та валідацією запропонованої моделі наведені у розділі 3.

Розглянемо системну модель запитів до ШІ з метою побудови вхідних параметрів ВІМ технології на фазі проектування. Визначимо чотири групи запитів, що забезпечують системну модель взаємодії штучного інтелекту та ВІМ технології.

1. Аналіз даних проекту.

ШІ-система може аналізувати існуючі дані проекту, такі як креслення, специфікації та плани, щоб витягти інформацію про дизайн, матеріали та інші аспекти будівлі. Ця інформація може бути використана для генерування оновлень для ВІМ-моделі, таких як зміни геометрії, додавання нових елементів або оновлення властивостей існуючих елементів. Приклади промптів (запитів до ШІ) наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Приклади запитів до систем ШІ щодо аналізу проєктів

№	Назва запити	Параметри запити
1	Обґрунтування проєкту	Назва та ключові параметри проєкту (земельна ділянка, тип будівлі, етажність призначення, інфраструктура та інші)
2	Аналіз прибутковості проєкту	Назва та ключові параметри проєкту (ROI, NPV, BCR, витрати – вигоди бізнесу та інші)
3	Аналіз проєктних рішень	Назва та ключові параметри проєкту (проєктні рішення та їх характеристики)
4	Аналіз поточного стану проєкту	Назва та ключові параметри проєкту (поточний стан проєкту «як є»)
5	Аналіз Earn Value	Назва та ключові параметри проєкту (ACWP, BCWS, EV та інші)
6	Аналіз відхилень від часу, вартості та якості проєкту	Назва та ключові параметри проєкту (відхилення у часі, відхилення за вартістю, відхилення за якістю, та інші)

Джерело: розроблено автором

2. Прогнозування та оптимізація.

ШІ-система може використовувати машинне навчання для прогнозування майбутніх потреб проєкту, таких як необхідні матеріали, робоча сила та обладнання. Ці прогнози можуть бути використані для генерування оновлень для BIM-моделі, які допомагають оптимізувати дизайн та планування проєкту. Приклади запитів до ШІ щодо прогнозування та оптимізації наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Приклади запитів до систем ІІІ щодо прогнозування та оптимізації

№	Назва запиту	Параметри запиту
1	Прогнозування поведінки проєкту	Назва та ключові параметри прогнозування проєкту (життєвий цикл, тип та параметри будівлі, інфраструктура та інші)
2	Оптимізація поведінки проєкту	Назва та ключові параметри оптимізації проєкту (максимізація життєвого циклу, витрати – вигоди бізнесу та інші)
3	Оптимізація проєктних рішень	Назва та ключові параметри оптимізації проєкту (ВІМ-моделі, проєктні рішення та їх характеристики)
4	Оптимізація критеріїв менеджменту проєкту	Назва та ключові параметри оптимізації проєкту (поточний стан проєкту «як є», час, вартість, ресурси, технічні рішення та якість)

Джерело: розроблено автором

3. Автоматичне генерування контенту.

ІІІ-система може генерувати новий контент для ВІМ-моделі, наприклад 3D-моделі будівельних компонентів, детальні креслення або специфікації. Цей вміст можна використовувати для підвищення точності та повноти моделі ВІМ. Приклади запитів до ІІІ щодо прогнозування та оптимізації наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Приклади запитів до систем ІІІ щодо генерування контенту

№	Назва запиту	Параметри запиту
1	Автоматичне генерування	Назва та ключові параметри проєкту (контент проєкту, поведінка контенту в оточенні,

	контенту	інфраструктура та інші)
2	Аналіз згенерованого контенту проєкту	Назва та ключові параметри моделі проєкту (3D-моделі будівельних компонентів, детальні креслення або специфікації)
3	Контент BIM-моделі	Назва та ключові параметри контенту проєкту (точність та надійність проєктних рішень та їх характеристики)
4	Повнота контенту проєкту	Назва та ключові параметри контенту проєкту (повнота контенту та їх характеристики)

Джерело: розроблено автором

4. Інтерактивна співпраця.

III-система може співпрацювати з дизайнерами та інженерами в режимі реального часу, щоб генерувати вхідні дані для BIM-моделі. Це може допомогти покращити комунікацію та координацію між різними учасниками проєкту. Приклади запитів до III щодо інтерактивної співпраці наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Приклади запитів до систем III щодо інтерактивної співпраці

№	Назва запиту	Параметри запиту
1	Розподілені команди	Назва та ключові параметри співпраці проєкту (структура команд та організації, інфраструктура та інші)
2	Лідерство	Назва та ключові параметри лідерства у проєкті (стилі лідерства, орієнтація на результат та інші)
3	Мотивація співпраці	Назва та ключові параметри мотивації проєкту (мотиваційні рішення та їх характеристики)

4	Організація співпраці	Назва та ключові параметри організації проекту (організаційна структура проекту)
5	Конфлікти та кризи співпраці	Назва та ключові види конфліктів та криз проекту (зацікавлені сторони та джерела конфліктів та криз та інші)

Джерело: розроблено автором

ІІІ-система може використовувати дані з інших джерел, таких як датчики на будівельному майданчику або погодні дані, для генерування вхідних даних для ВІМ-моделі.

Ці дані можуть допомогти покращити моніторинг проекту та управління ризиками.

Важливо зазначити, що тип та формат вхідних даних, які генерує ІІІ-система, залежатимуть від конкретного застосування та потреб проекту.

Переваги використання ІІІ для генерування вхідних даних для ВІМ-моделі:

- покращена ефективність. ІІІ може автоматизувати багато завдань, які в даний час виконуються вручну, що може призвести до значної економії часу та коштів;
- підвищена точність. ІІІ може аналізувати великі обсяги даних і виявляти закономірності, які люди можуть пропустити, що може призвести до більш точної та надійної ВІМ-моделі;
- краще прийняття рішень. ІІІ може використовувати прогнози та оптимізацію, щоб допомогти дизайнерам та інженерам приймати кращі рішення щодо дизайну та планування проекту;
- підвищена співпраця. ІІІ може покращити комунікацію та координацію між різними учасниками проекту, що може призвести до більш плавного виконання проекту.

Розглянемо виклики використання ІІІ для генерування вхідних даних для ВІМ-моделі:

- необхідність у надійних даних. ІІІ-системам потрібні великі обсяги високоякісних даних для навчання та роботи.
- складність розробки. Розробка ІІІ-систем, які можуть генерувати точні та корисні вхідні дані для ВІМ-моделей, може бути складною.
- необхідність у кваліфікованих фахівцях. Для впровадження та використання ІІІ-систем у ВІМ-процесах потрібні кваліфіковані фахівці.

Незважаючи на ці виклики, використання ІІІ для генерування вхідних даних для ВІМ-моделей має багато потенційних переваг для будівельної індустрії. ІІІ може допомогти покращити ефективність, точність, прийняття рішень та співпрацю в проектах, що може призвести до кращих результатів.

У 3 та 4 розділах дослідження автор наводить приклади конвергенції ВІМ-технологій та ІІІ. Це:

- автоматизоване генерування ВІМ-моделей. ІІІ може використовуватися для автоматичного генерування ВІМ-моделей з 2D-креслень, 3D-сканів та інших даних;
- аналіз ВІМ-моделей. ІІІ може використовуватися для аналізу ВІМ-моделей для виявлення помилок, оптимізації дизайну та прогнозування ризиків;
- моніторинг будівельних проектів. ІІІ може використовуватися для моніторингу будівельних проектів за допомогою датчиків та ВІМ-моделей.

Конвергенція ВІМ-технологій та ІІІ на цифрових платформах може революціонізувати будівельну галузь. Розробка методу конвергенції та його апробація на реальних проектах може допомогти у покращенні

Враховуючи означення конкурентоспроможності як переваги та основного принципу максимальної продуктивності ресурсів підприємства, виявлення та оцінка конкурентоспроможності передбачає порівняння ефективності діяльності різних підприємств з урахуванням їхніх ресурсно-логістичних та організаційно-структурних аспектів.

У рамках комплексного аналізу господарської діяльності, оцінка займає важливе місце як на початковому етапі, коли визначаються основні напрямки

аналізу (попередня оцінка), так і на завершальному етапі, коли формуються підсумки аналізу (остаточна оцінка).

Для отримання такої оцінки можна використовувати різні методи та критерії. Наприклад, експертні методи оцінки широко відомі та застосовуються у виборі підрядників на тендерах.

Взагалі, ефективність виробничо-економічної діяльності визначається через комплексну оцінку, яка представляє собою аналіз різноманітних показників, що відображають усі аспекти господарських процесів та робить висновки на основі виявлених відмінностей від бази порівняння.

При оцінці конкурентоспроможності підприємства, яка передбачає порівняння ефективності їхньої діяльності, комплексна оцінка перетворюється на порівняльну комплексну оцінку.

На сьогоднішній день, методологія та методика проведення таких оцінок ще не розроблені повністю, та проводяться лише початкові кроки в цьому напрямку.

2.3 Модель функціонування і розвитку конкурентоздатного цифрового середовища функціонування будівельних проектів

Модель функціонування та розвитку конкурентоспроможної системи у формі будівельного підприємства може слугувати методологічною основою для вирішення основних завдань, визначених у дисертаційній роботі. У літературі [55, 72, 109, 110] описана модель виробництва будівельної продукції у формі "чорної скриньки", де на вході маємо вихідні предмети виробництва (сировину, основні матеріали), а на виході - кінцеві продукти. Проте ця модель має свої недоліки.

4. Вона узагальнює лише стадію виробництва, ігноруючи етап реалізації продукції та цикл відтворення.
5. Не враховує підприємство як систему, що утворює та споживає потоки матеріальних ресурсів, таких як основні фонди та робоча сила.
3. Не розглядає:

- а) Потік виробленої продукції від виробника до споживача через ринок;
- б) Матеріальні ресурси, що компенсують витрати на виробництво;
- в) Фінансові потоки, які забезпечують рух натуральних ресурсів та фінансові ресурси.

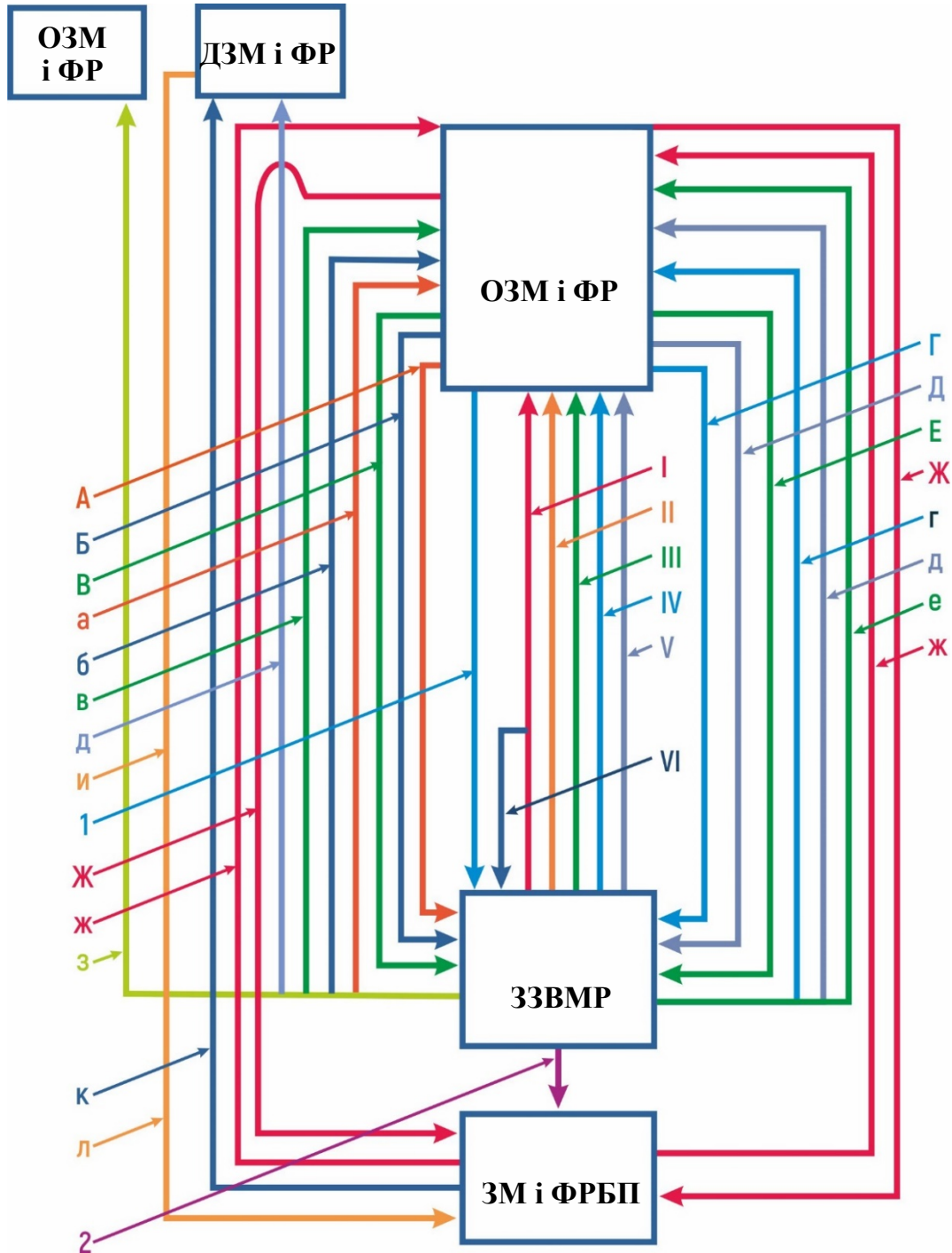


Рис. 2.5 Модель функціонування та розвитку будівельного підприємства

4. Не може служити методологічною базою для виявлення та обґрунтування показників, необхідних для управління підприємством як

системою.

Нижче (див. рис. 2.5) наведена модель функціонування та розвитку соціальної системи у формі підприємства без вищеописаних недоліків моделі виробництва продукції.

Стратегія будівельного підприємства складається з різних компонентів, спрямованих як на зовнішню, так і на внутрішню сферу його діяльності [123, 124, 127, 128, 129]. На рисунку 2.6 наведено схему компонентів стратегії цифровізації будівельного підприємства. Серед цих компонентів можна виділити наступні:

1. Стратегія формування виробничої програми. Ця стратегія встановлює правила та методи дослідження та формування потенційних ринків підрядних робіт. Головні завдання цієї стратегії - зв'язок місії підприємства з перспективними ринковими можливостями та ресурсами, розробка правил формування об'єктів виробничої програми для досягнення конкурентної переваги та максимізації прибутку у довгостроковій перспективі.

2. Стратегія взаємодії будівельного підприємства з ринками виробничих ресурсів. Цей компонент включає принципові положення, що дозволяють ефективно розподіляти ресурси та обирати найкращих постачальників виробничих ресурсів. Ця стратегія повинна базуватися на дослідженні факторів, які визначають попит на ресурси від підприємства (див. рисунок 2.7) та тісно пов'язана зі стратегією зниження виробничих витрат.

3. Стратегія цифровізації фінансового управління підприємством на ринках грошей та цінних паперів включає розробку правил для мобілізації додаткових фінансових ресурсів, які спрямовуються як на інвестиції, так і на вирішення поточних фінансових завдань.

4. Стратегія зменшення трансакційних витрат полягає у розробці процедур для здійснення різноманітних цифрових трансакцій: угод, контрактів, договорів і т.п., а також в зборі та обробці достовірної інформації. Ця стратегія передбачає розробку методів вибору оптимальних партнерів для

підприємства, аналізу потенційних конкурентів, формування стійкої співпраці з партнерами та постійної готовності до співпраці з ними. Ключовим завданням є створення баз даних про потенційних партнерів для трансакцій.

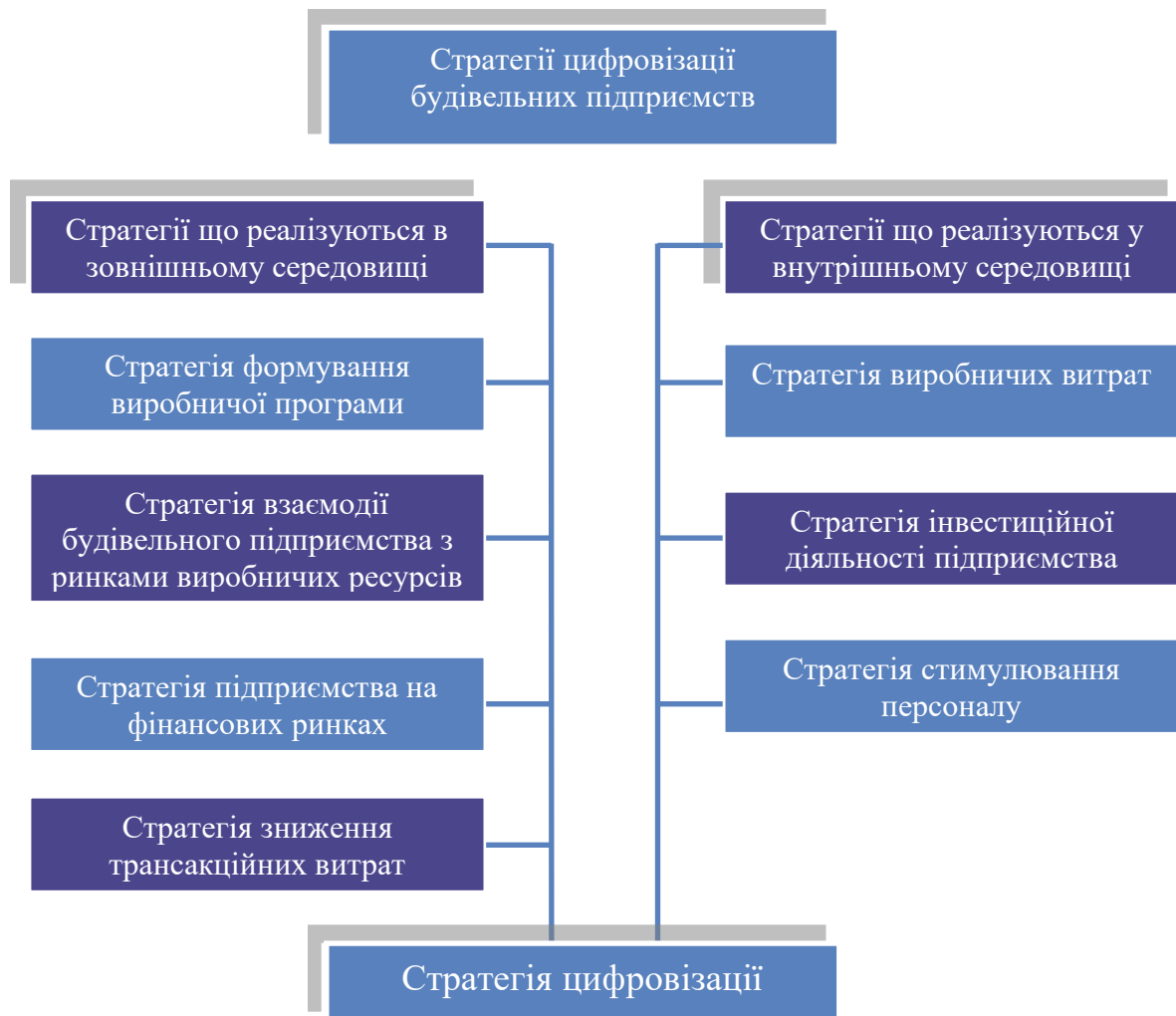


Рис. 2.6 Стратегії цифровізації будівельного підприємства

6. Стратегія зниження виробничих витрат забезпечує конкурентні переваги за рахунок зменшення витрат. Ця стратегія передбачає розробку методів і прийомів для зниження собівартості продукції та досягнення лідерства на ринку шляхом участі в конкурентних торгах. Вона також включає в себе регулювання формування витрат шляхом аналізу факторів виробництва та стратегічного аналізу витрат.

7. Під стратегією інвестиційної діяльності розуміється вибір методів для підтримки та розвитку логістики підприємства, яке постійно збільшує його

конкурентоспроможність. Це означає вибір оптимальних методів відтворення: технічне оновлення, модернізація, реконструкція тощо.

8. Стратегія розробки систем стимулювання працівників, спрямованих на досягнення стратегічних цілей підприємства, передбачає використання стимулів, які мотивують працівників робити стратегічні рішення, орієнтовані на довгострокові інтереси підприємства (рис.2.7).

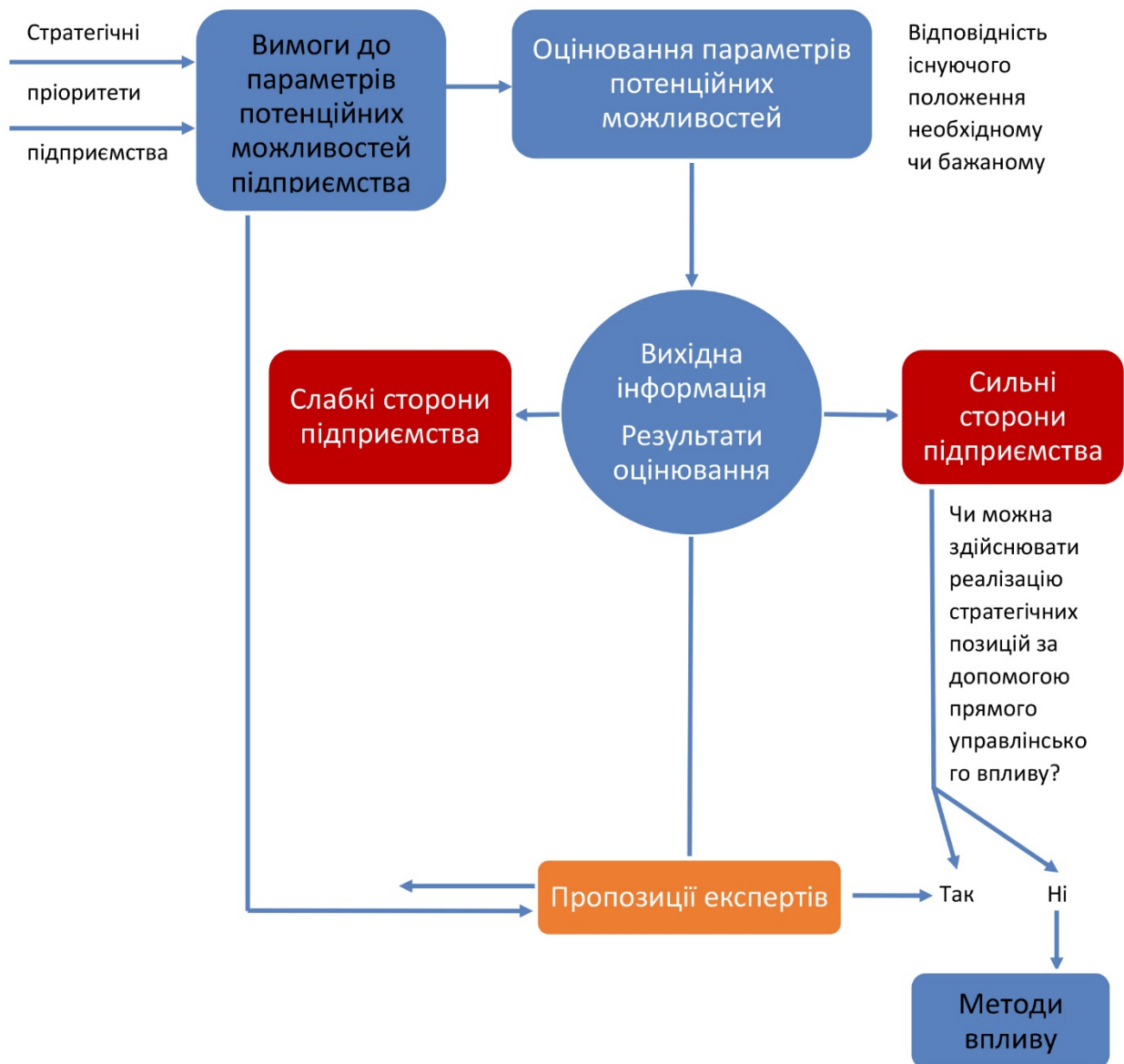


Рис. 2.7 Послідовність дій щодо оцінювання можливостей будівельного підприємства

Отже, для кожного параметра можуть бути проведені оцінки стану та запропоновані альтернативні варіанти. Послідовність оцінки параметрів

потенційних можливостей підприємства зображено на рисунку 2.8. На наш погляд, оцінку потенційних можливостей виробництва доцільно здійснювати за трьома напрямками:

- оцінка потужності потенціалу виробництва;
- оцінка ефективності використання потенціалу виробництва;
- оцінка гнучкості потенціалу виробництва.

Важливим етапом в аналізі виробництва є вибір продукції та визначення відповідної технології.

На рис. 2.8 представлена схема ключових факторів стратегічного успіху підприємства щодо досягнення конкурентних переваг стратегії.

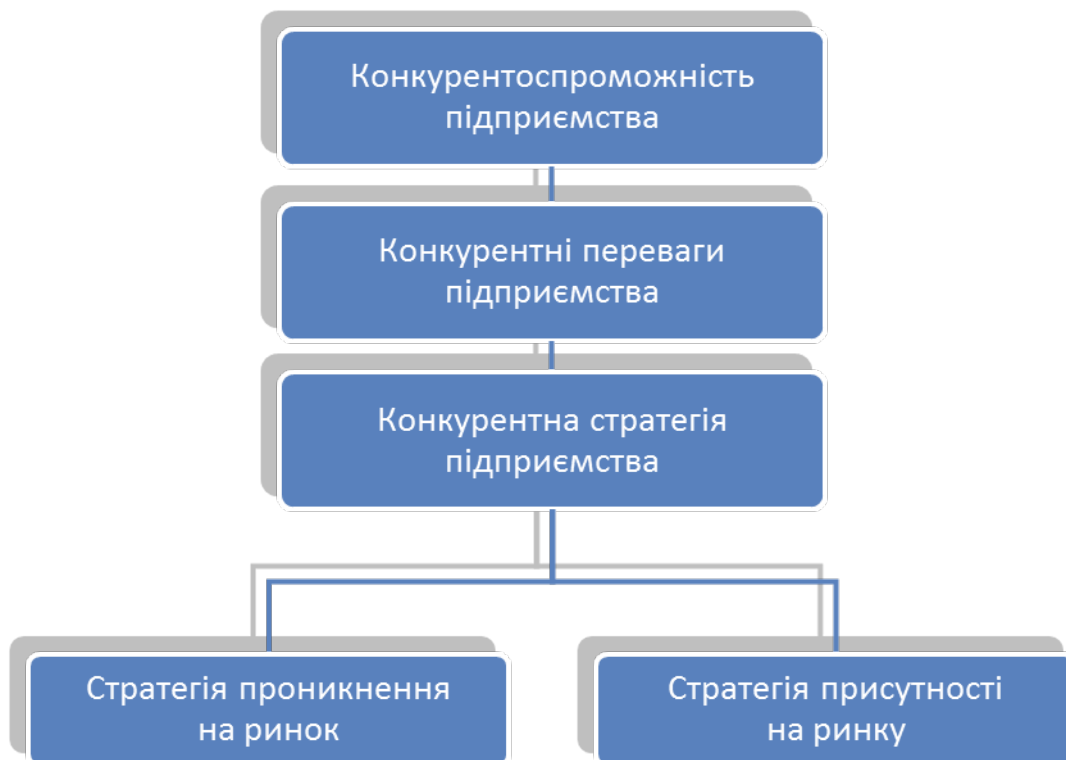


Рис. 2.8 Схема ключових факторів стратегічного успіху підприємства

Основні стратегічні рішення, що стосуються орієнтації підприємства, приймаються на рівні його керівництва та мають загальний характер [131, 132, 133, 134, 135]. Конкретизація стратегічних виборів щодо реальної конкурентної обстановки в цифрових сегментах, а також врахування реальних ресурсних та організаційних можливостей підприємства здійснюється на

середньому рівні управління в рамках розробки функціональних стратегій [160, 161]. Схема формування стратегій будівельного підприємства зображена на рис. 2.9.

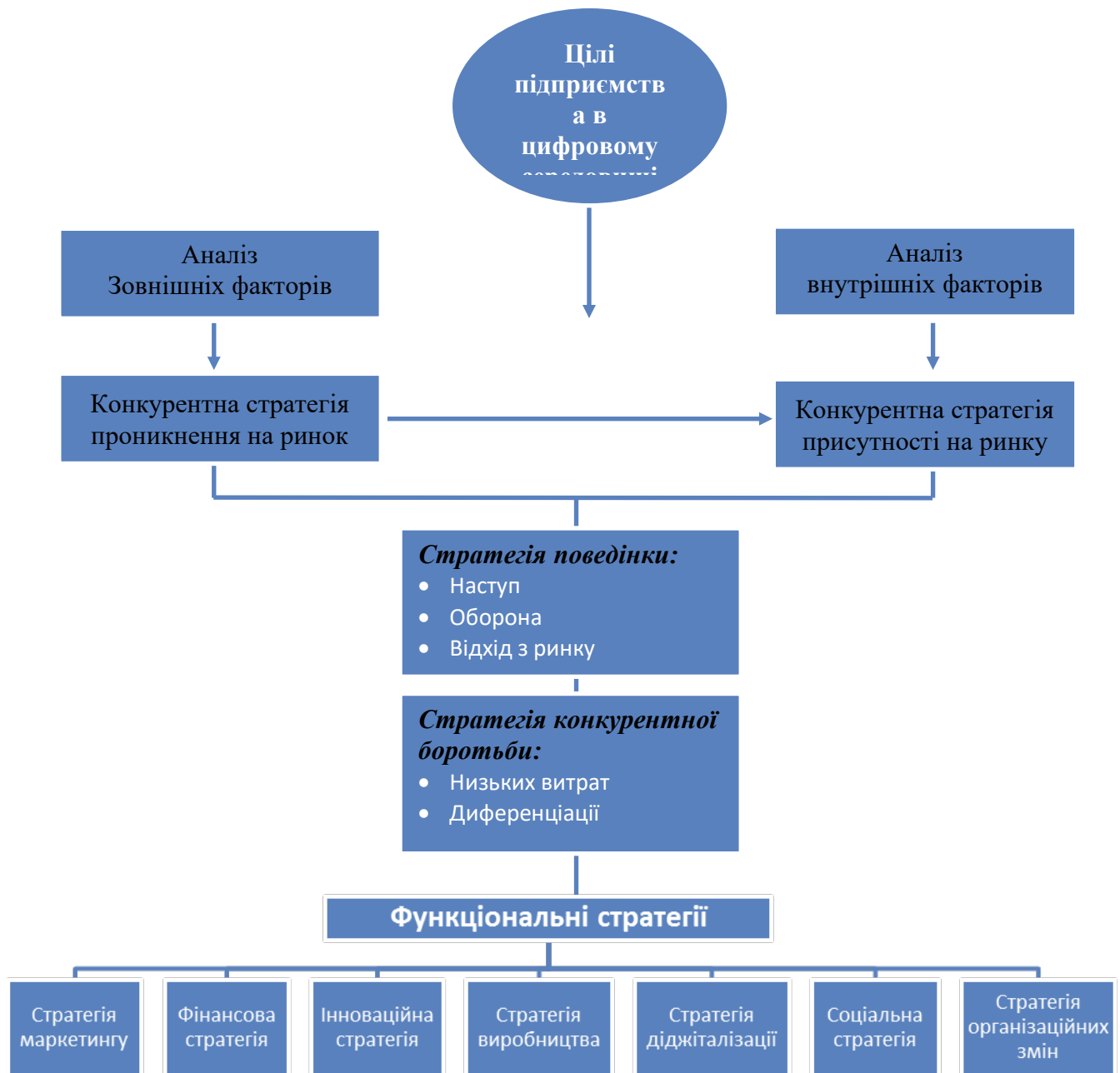


Рис. 2.9 Схема формування стратегій будівельного підприємства

Наведена схема визначає систему функціональних цілей, які застосовуються ІІІ для інтеграції з ВІМ моделлю.

Висновки до другого розділу

1. Успішна реалізація стратегії не залежить лише від завершальної фази, але й від того, які методичні підходи використовувалися на попередніх етапах та наскільки інформованість про нові можливості була на них заснована. Інтеграція розробленої стратегії з відповідними структурними підрозділами і напрямками діяльності також відіграє ключову роль. Це означає необхідність пристосування підприємства до обраної стратегії, щоб досягти динамічної рівноваги між ними. Наприклад, відповідно до обраної стратегії може знадобитися реорганізація структури управління.

2. Активна стратегія топ-менеджменту є важливою, оскільки стратегія може бути реалізована лише через структурні зміни і нововведення, а це неможливо без підтримки вищого рівня управління. Доступ до точної та своєчасної інформації, що адекватно відображає проблеми, що виникають у процесі досягнення стратегічних пріоритетів, також є критичним. Відсутність інформації часто є причиною невдалих управлінських рішень у процесі реалізації стратегії.

3. В умовах швидкого розвитку інформаційно-комунікаційних технологій цифровий простір будівельної галузі стає альтернативою для будівельного бізнесу, що діє в трансформованому середовищі будівельних проектів. Технології, такі як BIM, доповнена реальність та лазерне сканування, підвищують ефективність реалізації інвестиційно-будівельних проектів, а системи аналізу цифрових даних сприяють кращому розумінню тенденцій будівельного ринку.

4. 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 проектів, 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.

РОЗДІЛ 3

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ У ЦИФРОВОМУ ПРОСТОРИ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

3.1 Формування загального підходу інтеграції ШІ, ВІМ-технологій до цифрового простору будівельних проєктів

Розглянемо ключові визначення в галузі ВІМ-технологій та штучного інтелекту в цифровому контексті будівельних проєктів [130, 136, 137, 138].

Будівельний об'єкт. Це будівля або споруда, разом з її основою, інженерним обладнанням, мережами та комунікаціями, які мають певні будівельні та виробничі характеристики та призначення.

Життєвий цикл об'єкта. Це послідовні періоди існування будівельного об'єкта від його концепції до зняття з експлуатації та ліквідації.

Штучний Інтелект. Це галузь науки, що вивчає створення комп'ютерних систем, які можуть виконувати завдання, зазвичай пов'язані з людським інтелектом, включаючи розумні рішення, вирішення проблем, навчання та взаємодію з людьми та іншими системами.

САПР/СAD. Це система автоматизованого проектування або комп'ютеризована система проектування, яка призначена для автоматизації процесу проектування виробу, з метою створення комплексу проектно-конструкторської документації.

Будівельне Інформаційне Моделювання (ВІМ). Це використання спільного цифрового представлення будівельного об'єкта з метою полегшення процесів проектування, спорудження та експлуатації.

Будівельна Інформаційна Модель (ВІМ). Це набір структурованих та неструктурованих інформаційних контейнерів в рамках інформаційної системи, які містять геометричні, фізичні, функціональні та інші характеристики об'єкта.

ВІМ-менеджмент. Це керівництво процесом впровадження ВІМ в організації, забезпечення досягнення пов'язаних з ВІМ цілей, підтримка

розробки та надання нових послуг, а також ефективне використання інформаційного моделювання.

BIM Виконавчий План (BIM Execution Plan) є документом, складеним виконавцями, який пояснює, яким чином будуть втілюватися певні аспекти інформаційного моделювання проекту і узгоджений з усіма сторонами. В ньому визначаються ролі учасників проекту, їхні обов'язки, встановлюються кінцеві результати та часові рамки, а також стандарти та процедури, які потрібно дотримуватися [139]. Цей план розробляється як перед- та пост-контрактний, перш за все, для виконання Інформаційних Вимог замовника.

BIM Рівні (BIM Levels) - концепція, створена для пояснення певних критеріїв очікуваної компетенції, необхідних процесів, стандартів та рекомендацій у рамках стратегії модернізації та цифровізації будівельної галузі [126]. Цей процес трансформації передбачає поступовий розвиток з чітко визначеними етапами, представленими у формі наступних "рівнів":

BIM Рівень 0. Цей рівень передбачає переважно двовимірне проектування (CAD), відсутність повноцінних колаборативних зв'язків між учасниками проекту та зберігання та передачу інформації у різних форматах.

BIM Рівень 1. На цьому рівні передбачається управління цифровою будівельною інформацією, включаючи дані, згенеровані CAD системами, у спільному середовищі даних (CDE), і використання міжнародних стандартів.

BIM Рівень 2. Цей рівень включає процеси створення та управління структурованими інформаційними моделями, що складаються з геометричних та атрибутивних даних, створеними різними учасниками протягом життєвого циклу об'єкта [116].

BIM Рівень 3. На цьому рівні передбачається повна інтеграція, інтероперабельність та взаємодія даних та моделей для управління життєвим циклом проекту, що дозволяє всім учасникам працювати з єдиною моделлю в централізованому сховищі та використовувати відкриті формати для взаємодії.

BIM Розмірності (BIM Dimensions) - це загальний термін, що описує «спосіб», яким конкретні типи даних (наприклад, час, кошти і т. д.) пов'язані з інформаційною моделлю. Перші дві розмірності - 2D і 3D - використовуються головним чином для побудови геометрії об'єкта. Додавання додаткових «вимірів» даних дозволяє отримати більш повне розуміння будівельного проекту, включаючи інформацію про терміни реалізації, вартість, експлуатацію та інші.

4D (планування). Ця розмірність додає планувальні дані до інформаційної моделі, які використовуються для уточнення графіку будівництва та візуалізації процесу будівництва, логістики та ін.

5D (вартість). 5D BIM забезпечує інформацію про вартість будівництва, включаючи прямі та додаткові витрати на кожен компонент або систему будівлі, що дозволяє планувати та контролювати фінансові витрати.

6D (експлуатація). Ця розмірність включає інформацію про технічне обслуговування, термін служби та інші дані, необхідні для експлуатації будівлі після завершення будівництва.

Існують і інші види розмірностей, такі як «Сталість», «Енергоефективність», «Безпека» та інші, для яких ще не визначено чіткої прив'язки до певних розмірностей та загальної формалізації [152, 153].

Інформаційні вимоги - це визначення того, яка інформація потрібна, коли вона потрібна, хто її створює та для кого вона призначена.

Інформаційні Вимоги до Об'єктів (AIR) - це вимоги до інформації, яка стосується операцій з об'єктом.

Інформаційні Вимоги Обміну (EIR) - це вимоги до інформації, яка визначає, які дані потрібні для конкретних цілей обміну.

Інформаційні Вимоги Організації (OIR) - це вимоги до інформації, які пов'язані з організаційними цілями.

Інформаційні Вимоги Проекту (PIR) - це вимоги до інформації, які стосуються реалізації конкретного проекту.

Рівень інформації (LOI) - це обсяг і деталізація інформації, яка необхідна. Він включає у себе рівень деталізації геометрії об'єкту та рівень інформаційного наповнення.

Формат IFC - це модель даних, яка описує архітектурні, конструктивні та будівельні дані об'єктів. Це універсальний формат даних з відкритою специфікацією, що використовується для спрощення взаємодії в будівельній галузі в рамках проектів BIM. Найчастіше використовуються специфікації IFC2x3 та IFC4 для передачі інформації.

Нативний формат - це формат файлів, який притаманний конкретному програмному забезпеченню і використовується для збереження та передачі даних з урахуванням його внутрішніх особливостей і функціоналу.

Відкритий BIM - це підхід до обміну даними, який базується на використанні відкритих стандартів та робочих процесів. Ініціатива Open BIM належить building SMART та кільком провідним виробникам програмного забезпечення, які використовують відкриту модель даних building SMART. Зараз розробляється кілька відкритих форматів building SMART, включаючи IFC, що дозволяють передавати дані між різними інструментами та платформами [144, 145, 150, 154, 156].

Спільне Середовище Даних (CDE) - це узгоджене джерело інформації для будь-якого проекту або об'єкту, яке забезпечує збір, управління та поширення кожного інформаційного контейнера (даних) за допомогою керованого процесу [151]. Термін CDE може використовуватись як набір стандартів та протоколів, що регламентують способи організації, зберігання та найменування різних інформаційних контейнерів (даних), а також як певні програмні рішення, що забезпечують технічну реалізацію таких процесів.

Стандартні Методи та Процедури (SMP) - це сукупність методів та процедур, які визначають правила управління інформацією в рамках спільного середовища даних, що задіяне в межах проекту. Наприклад, це може включати правила найменування, обміну та коди стану. Використання основних SMP є ключовим для повноцінного впровадження BIM.

Інтегрована Реалізація Проекту (IPD) - це метод, що поєднує різні людські ресурси, системи, бізнес-структури та практики у спільний процес, зорієнтований на спільне використання здібностей та знань всіх учасників для досягнення оптимальних результатів проекту. Це забезпечує підвищення цінності для власника, зменшення збитків та максимізацію ефективності на всіх етапах життєвого циклу проекту - від інвестування до експлуатації. Такий підхід ґрунтується на довірі та повній прозорості усіх процесів, забезпечуючи спільні цілі проекту та спільну відповідальність за його результат.

Геоінформаційна Система (GIS) - це інформаційна система, яка працює з даними про просторові явища та об'єкти, пов'язані з їх розташуванням відносно Землі. Це означає, що GIS призначена для зберігання, модифікації, керування, аналізу та відображення географічної інформації, яка поєднує картографічні зображення з табличною інформацією, такою як статистичні дані або економічні показники.

Building Information Modeling (BIM) - це цифровий метод роботи для будівельної галузі, який створює додаткову вартість шляхом управління людськими ресурсами, процесами та інструментами протягом усього життєвого циклу будівельного об'єкта. BIM забезпечує підвищення прозорості, якості, надійності, а також ефективного управління витратами і термінами будівництва.

Building Information Modeling (BIM) - це процес створення та технічного обслуговування цифрової моделі даних у формі віртуальної тривимірної будівлі. BIM-модель використовується як координуюча модель для всіх учасників будівельного процесу, яка сприяє підвищенню ефективності співпраці та зниженню ризиків.

Протягом кількох десятиліть процеси та технології інформаційного моделювання пройшли значний шлях еволюції. Поняття Інформаційної моделі будівлі, яке включає ідеї параметричного проектування, було вперше висловлене професором Технологічного інституту Джорджії Чаком Істманом

в 1975 році у журналі Американського Інституту Архітекторів під назвою Building Description System (Система опису будівлі).

Пізніше, у 1986 році, англієць Роберт Ейш використав термін Building Modeling в його сучасному розумінні як інформаційного моделювання будівель. Принципи BIM, які були сформульовані Робертом Ейшем, включають тривимірне моделювання, автоматичне отримання креслень, інтелектуальну параметризацію об'єктів, набори проектних даних, що відповідають об'єктам, та розподіл процесу будівництва за тимчасовими етапами.

Робота з інформаційною моделлю будівлі включає два етапи. Спочатку розробляються первинні елементи проектування, такі як вікна, двері, плити перекриттів, ліфти та інші, які мають відношення до будівлі, але виготовляються поза межами будівельного майданчика та монтуються цілими елементами. Потім проводиться моделювання процесів будівельних робіт на майданчику, таких як фундаменти, стіни, дахи, навісні фасади і т.п. Побудована інформаційна модель проекту стає основою для створення робочої документації, розробки та виготовлення будівельних конструкцій і деталей, комплектації об'єкта, замовлення та монтажу технологічного устаткування, економічних розрахунків, організації зведення будівлі та подальшої експлуатації. Інформаційна модель існує протягом всього терміну існування будівлі, і дані в ній можуть змінюватися, доповнюватися або замінюватися залежно від поточного стану будівлі.

Якщо розглядати BIM як інструмент, він функціонує як динамічна база даних, а як технологія - це управління формуванням цієї бази даних.

Одним з головних досягнень технології BIM є можливість забезпечити практично повну відповідність експлуатаційних характеристик нової будівлі вимогам замовника. Це досягається завдяки тому, що технологія BIM дозволяє створити об'єкт з усіма конструкціями, матеріалами, інженерними комунікаціями та відтворити на віртуальній моделі основні проектні рішення. Перевірка цих рішень на правильність стає можливою

завдяки використанню технології BIM, яка дозволяє вносити зміни та вдосконалювати модель, перш ніж реальний об'єкт буде побудований. Таким чином, технологія BIM стає віртуальною копією будівлі, в яку можна вносити будь-які корективи.

Передові будівельні компанії давно впізнали, що використання технології BIM становить серйозну конкурентну перевагу в забезпеченні замовлень [143, 146]. Можливість створення точної та детальної моделі будівлі, проведення симуляцій, аналітичних розрахунків для всіх її елементів, а також управління термінами виконання проекту - це лише частина інструментів, які дає BIM.

Проект у форматі BIM представляє собою тривимірну візуалізацію всіх елементів інженерних систем будівлі, а також готовий бізнес-план, який автоматично проводить нові економічні та управлінські розрахунки при будь-яких змінах у моделі.

В багатьох країнах впровадження BIM закріплене на законодавчому рівні. Наприклад, з 2006 року в США використання BIM на ранніх етапах проекту стало обов'язковим для всіх державних будівельних проектів. Такі вимоги також існують у Фінляндії з 2007 року та в Норвегії з 2010 року, де всі державні будівельні об'єкти повинні виконуватися з використанням BIM. У Великобританії від 2016 року використання BIM є обов'язковою вимогою для державних замовлень. Такі країни, як Франція, Південна Корея, Сінгапур та інші, також активно пропагують впровадження інформаційного моделювання та мають свої державні програми підтримки цієї ініціативи.

Зауважено, що сьогодні суспільство виробляє величезний обсяг даних, проте лише частка цієї інформації використовується та представлена у зручній, керованій формі. Інтеграція великих обсягів даних у реальному часі за різними галузями економіки має потенціал принести системні переваги, відкриваючи нові науково-технічні напрямки та ринки.



Рис. 3.1 Використання BIM в різних країнах світу

Наприклад, у корпоративному бізнесі можна відзначити угоду між компаніями BMW та Sixt щодо спільного використання автомобілів, що є прикладом цифрового середовища.

Підхід, що вживається у Великобританії, полягає в стандартизації досвіду, якщо він приносить прибуток. Саме таким чином з'явився стандарт BSI 11000, який може мати значно більший вплив на історію, ніж відомий стандарт ISO 9001.

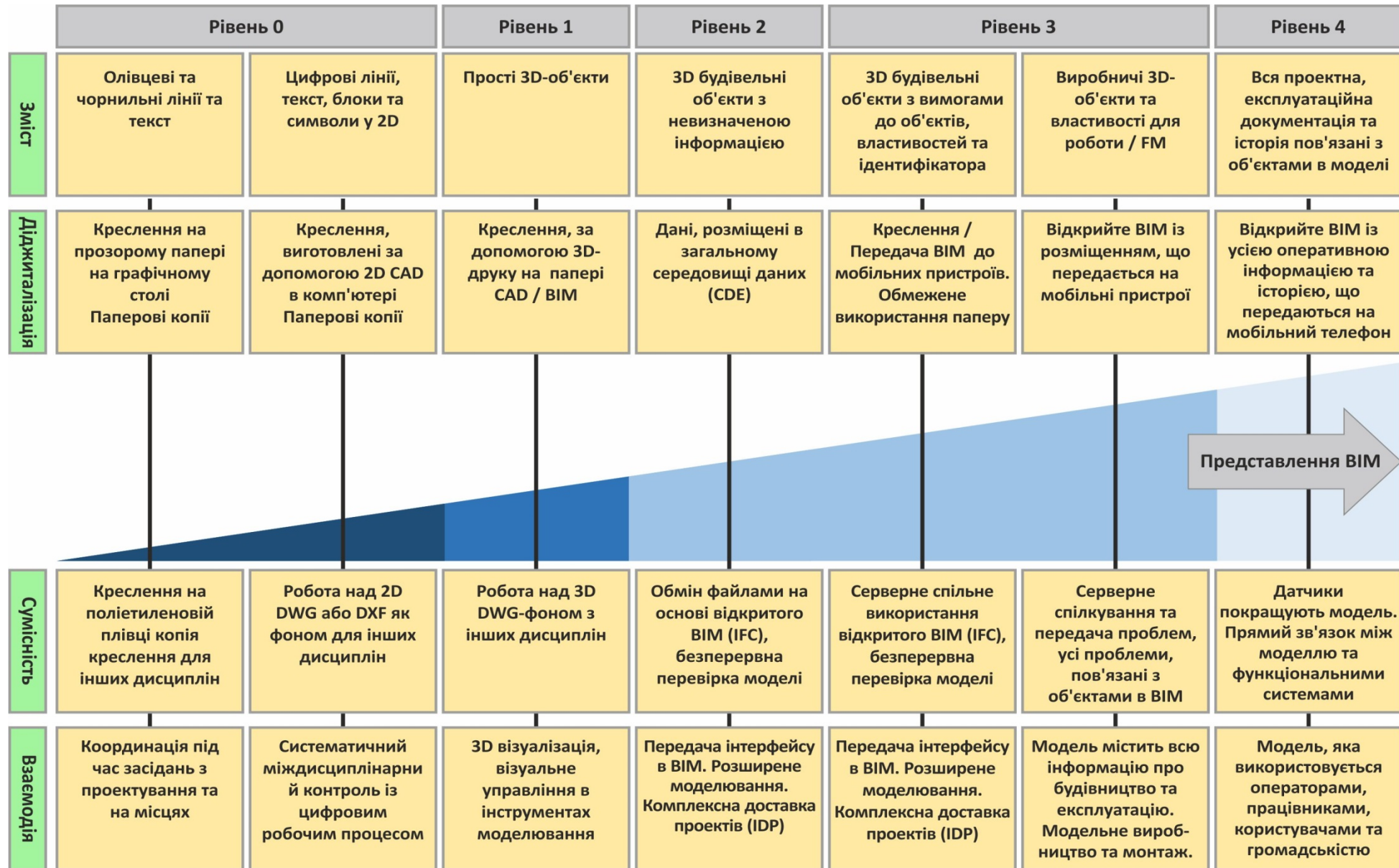
Формалізована співпраця в економіці виявилася ефективним інструментом у реалізації багатьох напрямків.

Стандарт BSI 11000, який був впроваджений у Великобританії, став першим у світі, і тепер його використовують та сертифікують компанії, такі як Локхід, Боїнг, HP, а також Кадастр Німеччини та ряд англійських та європейських компаній.

На рис.3.2 зображено етапи еволюції BIM.

BIM-модель є типом бази даних, яка доступна всім учасникам проекту і містить графічні, геометричні та алфавітно-цифрові параметри і коди, а також іншу відповідну інформацію про проект або будівлю.

Усі нововведення, зміни та подальший розвиток інтегруються в BIM-модель, шляхом графічного та геометричного моделювання конструкцій та додавання та налаштування інформації в формі властивостей і атрибутів до складових частин моделі.



Етапи еволюції BIM

Рис. 3.2 Етапи еволюції BIM технологій

Ідеальний сценарій передбачає, що BIM-модель розвивається паралельно з будівельним проектом і, в кінці кінців, стає віртуальним відображенням будівлі («цифровим» близнюком), в якому зберігається вся інформація про реальний об'єкт.

Застосування BIM протягом життєвого циклу будівельного об'єкта

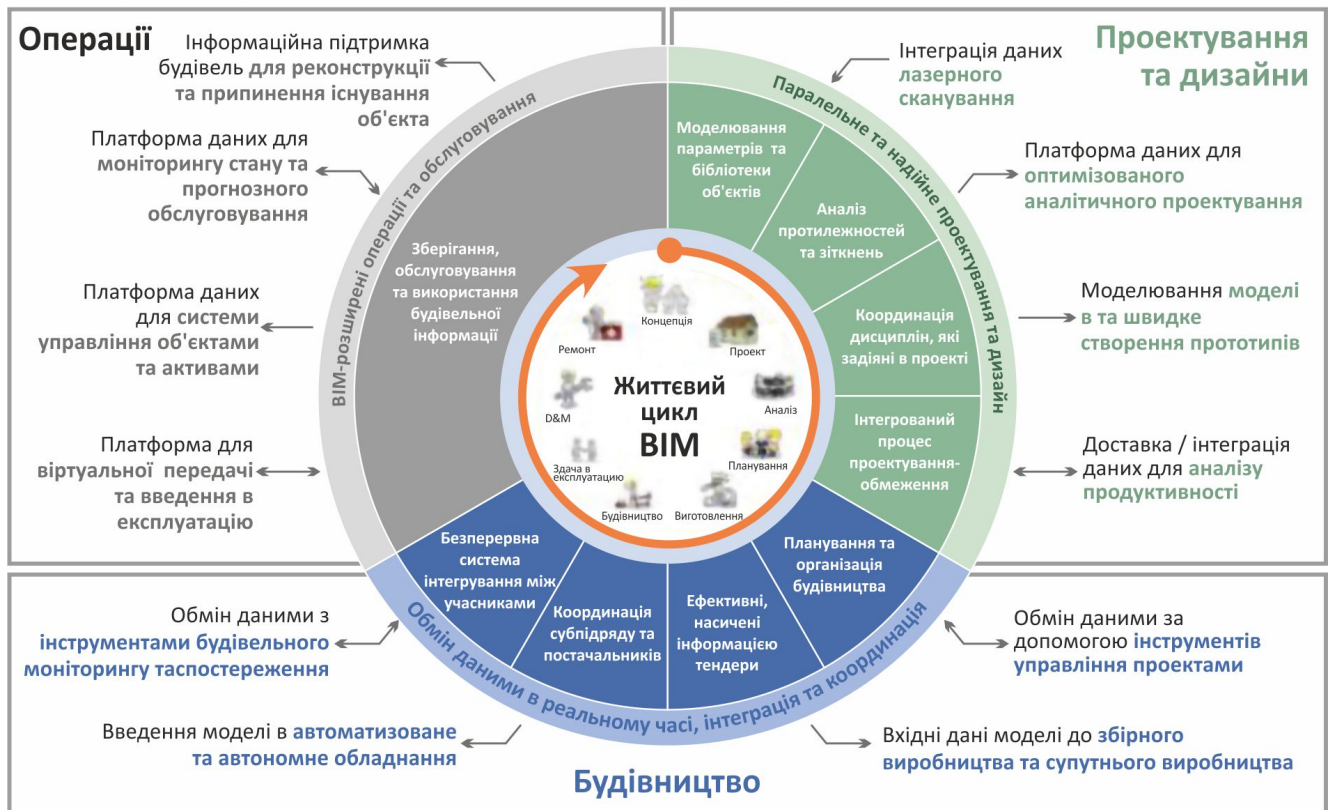


Рис. 3.3 Застосування BIM у життєвому циклі будівельного об'єкта

BIM сприяє можливості проектувальників систем ОВК, електричних та санітарно-технічних систем передбачити кінцевий результат проектування ще до початку будівництва. Використання комп'ютерних моделей для проектування і розрахунків дозволяє швидше та економніше створювати складні інженерні системи, не порушуючи екологічної рівноваги.

При використанні BIM замовник отримує повний обмін інформацією від ідеї до завершення проекту:

Контроль будівництва з отриманням актуальної інформації до введення об'єкта в експлуатацію;

Моніторинг параметрів під час експлуатації, реконструкції або виведення з експлуатації;

Єдине робоче середовище для різних учасників, таких як архітектори, проектувальники, юристи, власники/орендарі, екологи та фінансисти, які мають повну інформацію про об'єкт, включаючи географічне положення, матеріали, екологічні дані та енергоефективність.

ВІМ є об'єктно-орієнтованою системою, де елементи, такі як двері, автоматично знають свої параметри і їх місце розташування в стіні, а при їх влаштуванні в стіну отвір створюється автоматично і видаляється при видаленні дверей. Специфікації створюються та керуються легко натисканням кнопок, а графічне відображення сталевих арматурних сіток та елементів конструкції, в тому числі нестандартних, відбувається автоматично.

Основні переваги ВІМ включають:

- Скоординовану і узгоджену роботу різних спеціалістів.
- Можливість проведення докладного аналізу і точних розрахунків.
- Прогнозування експлуатаційних властивостей об'єкту, що будується.
- Зменшення фінансових і часових витрат на зведення будівлі.
- Зберігання та актуалізацію всієї інформації по проекту.
- Охоплення всіх етапів життєвого циклу будівельного об'єкту.

У сфері управління нерухомістю ВІМ забезпечує:

- Максимальний дохід від комерційного використання нерухомості.
- Супровід орендного бізнесу, здачу приміщень в оренду, взаємодію з наглядовими органами, укладення договорів на комунальні послуги, забезпечення охорони об'єкта.
- Маркетинг і консалтинг нерухомості, фінансовий менеджмент.
- Технічне обслуговування та експлуатація будівель і всіх інженерних систем, планові та регламентні роботи.
- Малий ремонт елементів оздоблення та конструктивних елементів будівель.
- Забезпечення об'єкта всією нормативною документацією.



Рис.3.4 Учасники BIM процесу

3.2 Ключові принципи застосування штучного інтелекту у цифровому просторі будівельних проєктів

Ключові принципи штучного інтелекту (ШІ) описують основні ідеї та підходи до розробки та використання систем штучного інтелекту. Розглянемо ці принципи.

Машинне навчання (Machine Learning). Цей принцип передбачає, що комп'ютерні системи можуть навчатися на основі даних, без явного програмування. Вони вдосконалюють свою продуктивність з часом, аналізуючи та використовуючи великі обсяги інформації.

Природньо мовна обробка (Natural Language Processing, NLP). Цей принцип стосується здатності комп'ютерів розуміти, інтерпретувати та генерувати природну мову, як люди. Він використовується для розробки систем, які можуть аналізувати та розуміти текст, мовлення, мовленнєві команди тощо.

Автоматичне розпізнавання образів (Computer Vision). Цей принцип дозволяє комп'ютерам розуміти та інтерпретувати візуальні дані, такі як зображення та відео. Він застосовується в таких областях, як розпізнавання облич, медична діагностика, автоматичне водіння транспортних засобів тощо.

Логічне мислення та розуміння (Reasoning and Understanding). Цей принцип полягає в тому, що системи штучного інтелекту можуть застосовувати логічні принципи та алгоритми для розв'язання проблем, прийняття рішень та розуміння складних концепцій.

Автономність (Autonomy). Цей принцип передбачає, що системи штучного інтелекту можуть діяти самостійно без прямого втручання людей у багатьох аспектах їх функціонування.

Адаптивність (Adaptability). Цей принцип передбачає здатність систем ШІ адаптуватися до змін у навколишньому середовищі, враховуючи нові дані та умови.

Прозорість та етика (Transparency and Ethics). Цей принцип підкреслює важливість розуміння та контролю систем ШІ, а також їх відповідність етичним стандартам інформаційної безпеки та приватності.

Ці принципи є основою для розвитку та застосування систем штучного інтелекту в різних галузях, від медицини та фінансів до автономних транспортних засобів та робототехніки.

Застосування штучного інтелекту (ШІ) у системах проектування будівництва може значно полегшити та оптимізувати процеси розробки, будівництва та експлуатації будівель. Розглянемо способи, які використовуються в управлінні будівельними проектами.

Будівельне інформаційне моделювання (BIM). Використання ШІ для автоматизованого створення та аналізу будівельних інформаційних моделей.

Впровадження систем ШІ для автоматизації процесів планування, проектування та виконання будівельних проектів.

Використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування ризиків та визначення оптимальних рішень у процесі будівництва.

Аналіз даних та прогнозування. Використання аналітичних методів ШІ для обробки великих обсягів будівельних даних і виявлення закономірностей.

Застосування систем ШІ для прогнозування та оптимізації ресурсів, бюджету та часу виконання будівельних проектів.

Моніторинг та управління будівлями. Використання датчиків та систем збору даних для моніторингу стану будівель та їхньої ефективності.

Застосування систем ШІ для автоматичного управління системами енергозабезпечення, вентиляції, кондиціонування та освітлення в будівлях з метою зменшення витрат енергії.

Оптимізація процесів будівництва. Використання алгоритмів ШІ для планування маршрутів та оптимізації робочих процесів на будівельних майданчиках.

Впровадження систем автономних робочих машин та роботів для виконання рутинних завдань на будівельних об'єктах.

Прогнозування підтримки і експлуатації будівель. Використання систем ШІ для прогнозування потреб у технічному обслуговуванні та ремонті будівельних об'єктів.

Застосування аналітичних методів ШІ для планування розпорядку будівельних робіт та запобігання непередбаченим аваріям.

Ці підходи допомагають підвищити продуктивність, зменшити витрати та ризики, а також покращити якість та ефективність будівельних проектів.

Штучний інтелект (ШІ) може бути використаний у багатьох аспектах управління будівельними проектами для покращення ефективності, зменшення ризиків та оптимізації процесів. Розглянемо способи застосовується ШІ в управлінні будівельними проектами.

Прогнозування термінів та витрат. ШІ може аналізувати історичні дані будівельних проектів, щоб прогнозувати терміни завершення робіт та витрати на проект. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє побудувати моделі, які здатні прогнозувати ризики затримок та перевищення бюджету.

Оптимізація розкладу робіт. ІІІ може автоматично оптимізувати розклад будівельних робіт, враховуючи різноманітні обмеження, такі як обмеження на ресурси, терміни виконання та умови контракту.

Моніторинг стану будівлі. Системи ІІІ можуть аналізувати дані з сенсорів та систем моніторингу, щоб виявляти проблеми та несправності в будівлі. Це дозволяє здійснювати швидке реагування на потенційні проблеми та запобігати виникненню серйозних аварій.

Автоматизація процесів прийняття рішень. ІІІ може надавати аналітичні дані та рекомендації для підтримки прийняття рішень управлінцями будівельних проектів. Наприклад, системи можуть аналізувати ризики проекту та рекомендувати стратегії їх управління.

Віртуальне моделювання та симуляція. Застосування ІІІ дозволяє створювати віртуальні моделі будівельних об'єктів та проводити симуляції різних сценаріїв. Це допомагає зменшити ризики та витрати, а також оптимізувати дизайн та функціональні характеристики будівлі.

Ці підходи допомагають підвищити продуктивність та якість будівельних проектів, а також знизити витрати та ризики. Використання ІІІ в управлінні будівельними проектами стає все більш популярним, оскільки він дозволяє підприємствам досягати кращих результатів у коротший термін.

Інтеграція технологій Інформаційного моделювання будівництва (BIM) та штучного інтелекту (ІІІ) може значно підвищити ефективність будівельних процесів та забезпечити більш точне та продуктивне виконання проектів. Розглянемо способи інтеграції цих технологій.

Аналітика даних. Використання ІІІ для аналізу даних з BIM моделей дозволяє виявляти складні взаємозв'язки та тренди в будівельних проектах. Наприклад, аналіз історичних даних може допомогти у прогнозуванні витрат та термінів реалізації проектів.

Оптимізація дизайну та планування. ІІІ може бути використаний для автоматичного оптимізація дизайну та планування будівельних проектів, враховуючи різні фактори, такі як енергоефективність, вартість, безпека тощо.

Віртуальне моделювання та симуляція. Інтеграція ШІ та BIM дозволяє створювати віртуальні моделі будівельних об'єктів та проводити різні симуляції та аналізи. Наприклад, можна використовувати симуляції для прогнозування ефективності систем опалення та кондиціонування повітря.

Автоматизація процесів. ШІ може бути використаний для автоматизації різних процесів управління будівельними проектами, таких як планування ресурсів, моніторинг виконання робіт та управління змінами в проекті.

Підтримка прийняття рішень. Інтелектуальні системи можуть аналізувати великі обсяги даних з BIM моделей та надавати рекомендації для прийняття рішень у реальному часі.

Моніторинг та управління ризиками. ШІ може бути використаний для виявлення потенційних ризиків у будівельному проекті та розробки стратегій їх управління.

Інтеграція BIM та штучного інтелекту дозволяє створювати більш інтелектуальні та продуктивні будівельні процеси, що сприяє зниженню витрат та підвищенню якості проектів.

Визначимо можливості, переваги та недоліки ChatGPT для застосування в будівельних проектах разом з BIM системами (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Можливості, переваги та недоліки *ChatGPT* для застосування в будівельних проектах, особливо разом з BIM

№	Можливості	Переваги	Недоліки
1.	<i>Генерація текстуального вмісту.</i> ChatGPT може створювати текстові описи для різних аспектів будівельних проектів, таких як технічні специфікації,	<i>Швидкість та ефективність.</i> ChatGPT може швидко генерувати вміст та відповіді, що дозволяє прискорити процеси	<i>Обмеження у розумінні контексту.</i> Чатбот може мати обмежені можливості в розумінні контексту або специфічної термінології будівельної галузі, що

<p>інструкції з монтажу або ремонту, а також звіти про стан робіт.</p> <p><i>Комунікація і взаємодія з клієнтами та командою проекту.</i></p> <p>Система може служити інтерфейсом для взаємодії з клієнтами і членами команди проекту, надаючи відповіді на їх запитання та пояснення.</p> <p>Аналіз та обробка даних. ChatGPT може аналізувати велику кількість даних проекту, таку як технічні специфікації, розміри, матеріали тощо, та виконувати розрахунки або прогнозування.</p> <p><i>Підтримка прийняття рішень.</i> Він може надавати поради та рекомендації з питань проектування та будівництва, допомагаючи знайти оптимальні рішення.</p>	<p>проектування та робочі процеси.</p> <p><i>Доступність 24/7.</i></p> <p>Система може бути доступна для використання в будь-який час, що дозволяє отримувати необхідну інформацію в будь-який момент.</p> <p><i>Покращення комунікації.</i> ChatGPT може полегшити комунікацію між різними учасниками проекту, зменшуючи можливість непорозумінь та підвищуючи продуктивність роботи.</p>	<p>може призвести до неточності у відповідях.</p> <p><i>Потреба в сталому вдосконаленні.</i></p> <p>Система може вимагати постійного навчання та вдосконалення, оскільки нові технології та вимоги можуть впливати на необхідність оновлення алгоритмів та бази знань.</p> <p><i>Безпека та конфіденційність даних.</i> Якщо використовується в чутливих проектах, існує ризик порушення безпеки та конфіденційності даних, що може призвести до витоку інформації або інших проблем.</p>
---	--	---

Розглянемо систему III Gemini як потужний інструмент, який може допомогти покращити створення будівельних проєктів в межах застосування BIM технологій. Аналіз можливостей, переваг та недоліків Gemini разом з BIM технологіями наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Можливості, переваги та недоліки *Gemini* для застосування в будівельних проєктах, особливо разом з BIM

№	Можливості	Переваги	Недоліки
1.	Покращена комунікація та співпраця. Gemini може допомогти покращити комунікацію та співпрацю між учасниками будівельного проєкту, надаючи їм спільну платформу для обміну інформацією та ідеями. Підвищення продуктивності. Gemini може допомогти підвищити продуктивність, автоматизуючи завдання та надаючи учасникам проєкту доступ до інформації в режимі реального часу. Покращене прийняття рішень. Gemini може допомогти покращити	Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Gemini має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який полегшує використання навіть для людей без технічних знань. Широкий спектр функцій. Gemini пропонує широкий спектр функцій, які можна використовувати для підтримки будівельних проєктів. Масштабованість. Gemini можна масштабувати для підтримки проєктів будь-якого розміру.	Вартість. Gemini може бути дорогим рішенням, особливо для великих проєктів. Залежність від технологій. Gemini залежить від технологій, тому будь-які перебої в роботі можуть призвести до значних порушень. Необхідність навчання. Учасникам проєкту може знадобитися

<p>прийняття рішень, надаючи учасникам проекту доступ до даних та аналітики, які вони можуть використовувати для оцінки різних варіантів. Зниження ризиків. Gemini може допомогти знизити ризики, ідентифікуючи потенційні проблеми на ранній стадії проекту. Покращене управління знаннями. Gemini може допомогти покращити управління знаннями, надаючи учасникам проекту доступ до інформації та ресурсів, які їм потрібні для виконання своєї роботи.</p>	<p>Доступність. Gemini доступний як хмарний сервіс, так і в режимі локального розміщення. Інтеграція з BIM системами. Gemini можна інтегрувати з популярними BIM системами, такими як Autodesk Revit і Bentley MicroStation.</p>	<p>навчання, щоб використовувати всі функції Gemini. Ризики безпеки. Як і будь-яке програмне забезпечення, Gemini має потенційні ризики безпеки.</p>
---	--	--

3.3. BIM-орієнтована модель інформаційного простору організаційно-технологічних особливостей виконання будівельних проєктів

Розглянемо BIM-орієнтовану модель інформаційного простору організаційно-технологічних особливостей виконання будівельних проєктів.

Рис. 3.5 демонструє ключові перешкоди перед впровадженням BIM та ІІІ в Україні. У той час, фактори, які сприяють їхньому впровадженню в Україні, представлені на рисунку 3.6.



Рис. 3.5 Основні бар'єри щодо впровадження BIM та III в Україні.



Рис. 3.6 Стимулюючі чинники щодо впровадження BIM в Україні

Програмне забезпечення BIM щодо архітектурно-будівельного проектування, інженерних і будівельних розрахунків в Україні станом на 01.01.2023р. наведено в таблиці 3.3.

Використання згаданих комп'ютерних програм дозволяє створити інтегрований процес автоматизованого проектування майже усіх аспектів та розділів робочої документації. Ці програми доступні для використання проектним організаціям за умови отримання ліцензії або укладення ліцензійного договору з власником програмного забезпечення. Ліцензія може

бути виписана окремим документом або включена до ліцензійного договору і може мати різні форми, такі як виключна, одноразова, невиключна або публічна, що не суперечить законодавству.

Таблиця 3.3

Програмне забезпечення ВІМ щодо архітектурно-будівельного проектування, інженерних і будівельних розрахунків в Україні

№ п/п	Галузь застосування програмних продуктів	Назви програмних продуктів
1.	Архітектурно-будівельне проектування та підготовки будівельної документації	Autodesk Building Design Suite; Autodesk Revit Architecture; Autodesk Factory Design Suite; AutoCAD Architecture
2.	Моніторингу архітектурно-будівельних проектів та планування будівельних робіт	Autodesk Navisworks
3.	Проектування будівельних конструкцій	Autodesk Revit Structure; Tekla Structures
4.	Проектування інженерних систем будівель	AutoCAD MEP, Revit MEP
5.	Системи автоматизованого проектування загального призначення	AutoCAD; AutoCAD LT, Autodesk 3ds MaxDesign; Std Manager CS
6.	Архітектурно-будівельні додатки для AutoCAD	ПАРКС, СПДС Graphi CS
7.	Розрахунок будівельних конструкцій	SCAD Office, SCAD (StructureCAD), Комета, Кристалл, Арбат, Камин, Монолит, КоКон
8.	Проектування і розрахунки сантехнічних систем	АРС-ПС, ВЕНТСИС
9.	Проектування і розрахунки трубопроводів, теплообмінників тощо.	AutoCAD Plant 3D, Autodesk Plant Design Suite, Plant 4D, СТАРТ, ГИДРОСИСТЕМА, РЕСУРС, Эколог-ШУМ тощо
10.	Геотехнічні розрахунки.	(Plaxis, Plaxis Dynamics Module, Plax Flow, Plaxis 3D Tunnel, Plaxis 3D Foundation
11.	Проектування об'єктів інфраструктури.	Autodesk Civil 3D, Geoni CS

Джерело: [49]

У ліцензійному договорі сторони визначають вид ліцензії, сферу застосування програмного забезпечення, розмір плати за його використання, а також інші умови, які вони вважають за потрібне включити. У табл. 3.4 наведено аналіз програмного забезпечення для ВІМ проектування, визначені його переваги, можливості та недоліки.

Таблиця 3.4

Програмні продукти для BIM проектування, їх переваги та можливості, а також недоліки

№№ п/п	Назва програмного продукту BIM проектування	Переваги та можливості	Недоліки
1	Allplan	<p>Досягнення однаковості у всіх проектних і будівельних документах можливе за допомогою впровадження єдиної системи стандартів оформлення. Наповнення бібліотеки типовими рішеннями, такими як вузли і однотипні елементи, дозволяє їх повторне використання. Каталог символів може містити широкий спектр раніше застосованих рішень.</p> <p>Застосування функцій, таких як "Структура будівлі", "Диспетчер площин" і "Структура креслень", спрощує процес створення планів і розрізів. Зміни в конфігурації будівлі можуть бути внесені на будь-якому етапі швидко і без необхідності переробки документації або креслень, завдяки автоматизованим можливостям САПР.</p> <p>Програмне забезпечення дозволяє розраховувати криволінійні елементи та їх вартість. Функція "Перетворення для реконструкції" відповідає потребам реконструкції будівель, дозволяючи</p>	<p>Функція прокладки електрифікації потребує подальшого вдосконалення.</p> <p>Відсутність централізованого адміністративного керування робить програму більш придатною для колективної роботи.</p> <p>Експорт в креслення формату DWG здійснюється неефективно.</p> <p>Розвиток програми повільний, і функціонал ще не повністю адаптовано для деяких країн.</p>

		<p>зберегти та модернізувати існуюче та додавати нове.</p> <p>Інструмент "Армування з моделлю" спрощує процес впровадження арматури, навіть у викривлені ділянки. Простий імпорт креслень у сторонні продукти забезпечується повною підтримкою формату DWG.</p> <p>Тривимірне проектування можливе не лише для всього генплану, але й для найбільш складних елементів, таких як перетини, прольоти і окремі поверхи.</p> <p>Можливість колективної роботи груп інженерів у одному середовищі з різних персональних комп'ютерів спрощує процес контролю, узгодження та коригування проекту, а також дозволяє виконувати роботу віддалено.</p>	
2.	ArchiCAD	<p>Програмне забезпечення ідеально підходить для роботи з технологією BIM, тому будь-які зміни на кресленні автоматично відображаються в інших розділах проекту, таких як розрахунки і специфікації.</p> <p>За допомогою другої версії стало можливим працювати через віддалені сервери, що відкрило нові можливості для командної співпраці.</p> <p>Інструмент "Книга макетів" призначений для підготовки всього проекту до друку, забезпечуючи відповідність формату.</p>	<p>ArchiCAD спеціалізується на будівельному моделюванні, і його інструментарій призначений виключно для цієї мети. Інші типи макетів не можна створювати в цій програмі.</p> <p>Висока вартість ліцензованого ArchiCAD порівняно з аналогами зробила його доступність проблематичною. Компанія випустила урізану версію - ArchiCAD StarT Edition, але вона не містить можливостей візуалізації і підтримки зовнішніх посилань DWG.</p>

		<p>Програма "Архікад" автоматично готує всі необхідні документи у вказаний формат, щоб мати готовий файл у форматі PDF для друку.</p> <p>Функція "Морф" значно полегшує роботу з об'ємними елементами складної форми.</p> <p>Інструмент "CineRender" призначений для створення привабливої 3D-візуалізації.</p> <p>Деякі функції спеціально адаптовані для російських користувачів, такі як прокладка інженерних систем, армування і інші.</p>	<p>Деякі складні елементи, такі як поверхні NURBS, не можна детально опрацювати в ArchiCAD. Для створення таких макетів зазвичай використовують інші програми, наприклад, Form • Z Jr від "ЗВСОФТ", яка має функцію скульптурного моделювання та дозволяє працювати зі складними кривими NURBS.</p> <p>ArchiCAD не надає можливості багатоваріантного проектування, що може бути важливо на ранніх стадіях розробки проекту. Хоча програма підтримує роботу з шарами, вони зазвичай використовуються для інших цілей, а не для різних варіантів проектування.</p>
3.	Revit	<p>Користувачі програм BIM, як і в усіх інших програмах цієї технології, майже не малюють нічого вручну; їм потрібно лише заповнити графі документів, а саме малювання виконується програмою автоматично. Усі зв'язки між об'єктами моделюються за допомогою формул та відносин.</p> <p>Графічні позначення можна легко змінювати, включаючи товщину ліній, колір та штрихування.</p> <p>Програма також має функцію багатоваріантності, яка дозволяє створювати різні варіанти одного і того ж об'єкта.</p> <p>Окрема можливість передбачена для визначення типу робіт, таких як будівництво, знесення або</p>	<p>Для українських користувачів немає можливості використовувати бібліотеку штампів і сімейств. Також відсутні будівельні норми для України. Автоматичне армування часто призводить до помилок або непридатності для конкретного проекту, і виправлення цих помилок займає більше часу, ніж створення креслення вручну.</p> <p>«Ревіт» більше підходить для монолітного будівництва, ніж для збірних металоконструкцій, оскільки для останніх потрібно додатково розробляти елементи. Також спостерігається непередбачене</p>

		<p>реконструкція. Крім того, програма дозволяє керувати найдрібнішими деталями креслення, такими як кути повітропроводів, перила, сходи та пробки на кінцях труб.</p> <p>САПР включає нормативи з армування та облаштування комунікацій, що відповідають європейським стандартам. Також передбачена можливість впровадження компонентів з зовнішніх файлів.</p> <p>Тривимірна візуалізація реалізована за допомогою хмар точок. Користувач може налаштувати щільність та розмір пікселів, щоб краще керувати зображенням.</p>	<p>видалення або переміщення фітінгів з однієї системи в іншу.</p> <p>Дуже довго очікується завантаження програми та повільний поворот 3D-видів. При експорті аналітики з програми в розрахункові комплекси схема може виходити неповною та обривистою. Командна робота ускладнюється тим, що макет можна вивантажувати лише в хмарне сховище компанії Autodesk. Ще один недолік полягає в тому, що розробники, які не мають оновленої версії програми, не можуть працювати з документами, створеними в новій версії, що обмежує співпрацю з проєктувальниками, які не оновили свої ліцензії.</p>
4.	Renga	<p>Автоматизація повсякденних операцій у форматуванні проектної документації</p> <p>Інтелектуальний підхід до трасування мереж</p> <p>Автоматичне армування та підготовка відомостей</p> <p>Імпорт та експорт креслень у форматах dwg та pdf, включаючи їх використання як підкладку для моделі</p> <p>Можливість використовувати створену модель у рішеннях 1С для побудови кошторису, календарного планування та роботи з нерухомістю</p> <p>Комерційні ліцензії на вибір, як постійні, так і тимчасові (річні), без різниці у вартості мережевих</p>	<p>В даний момент відсутні інструменти для роботи з генпланом, газопостачанням та зовнішніми мережами. Редагування об'єктів на розрізах неможливе. Обмежені можливості створення додатків і їх інтеграції через API. Відсутня можливість налаштування гарячих клавіш. Для візуалізації (рендерінгу) потрібно окремо придбати програмне забезпечення. Текстури матеріалів в тривимірному просторі відсутні. Не існує інструментів візуального програмування (наприклад, Dynamo,</p>

		чи локальних ліцензій.	Grasshopper). Програмне забезпечення від ZWSOFT, і їхні розробники активно працюють над новими проектами в сфері BIM технологій. Офіційні представники обіцяють представити розробки з широким функціоналом і високою сумісністю з розрахунковими програмами і САПР. Більшість цих технологій вже реалізовані в продукції від ZWSOFT, таких як багатофункціональна програма ZWCAD, INJCAD для роботи з інженерними мережами, Form • Z Jr для тривимірного моделювання, VetCAD ++ для автоматизації будівельної документації та інших. Технологія BIM - це комплексний процес, який базується на використанні точних і скоординованих даних на всіх етапах від розробки концепції будинку до його зведення і експлуатації.
--	--	------------------------	---

Джерело: [49]

Allplan - це система автоматизованого проектування, розроблена компанією Nemetschek Allplan Systems GmbH. Це програмне забезпечення має широкий спектр функцій і включає розділи для різних областей, таких як архітектура, дизайн, оцінка вартості і підготовка кошторисів, будівельні об'єми, інженерні системи будівель, генплани, металокаркаси та залізобетонні конструкції. Програма доступна в 19 мовах, включаючи українську. Проте в чистому вигляді додаток використовується рідко через відсутність у ньому стандартів проектування, що відповідали б українським законодавчим вимогам. Через це зазвичай проектувальники комбінують це програмне забезпечення зі звичними для них програмами, такими як "Ліра" і SCAD.

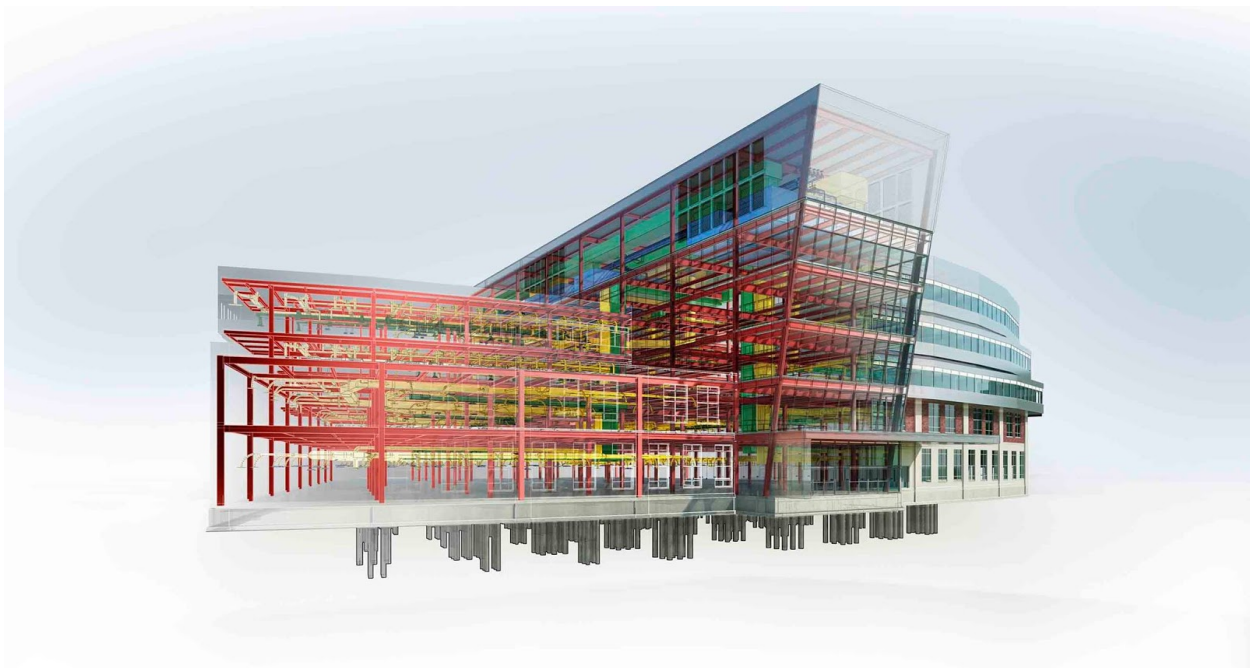


Рис. 3.7 Результат моделювання будівельного об'єкту

ArchiCAD - це програмне забезпечення, розроблене компанією Graphisoft. Спочатку воно було спрямоване на потреби архітекторів і дизайнерів, а не на будівельників, тому більшість його функціоналу призначена для створення інтер'єрів та елементів ландшафту.

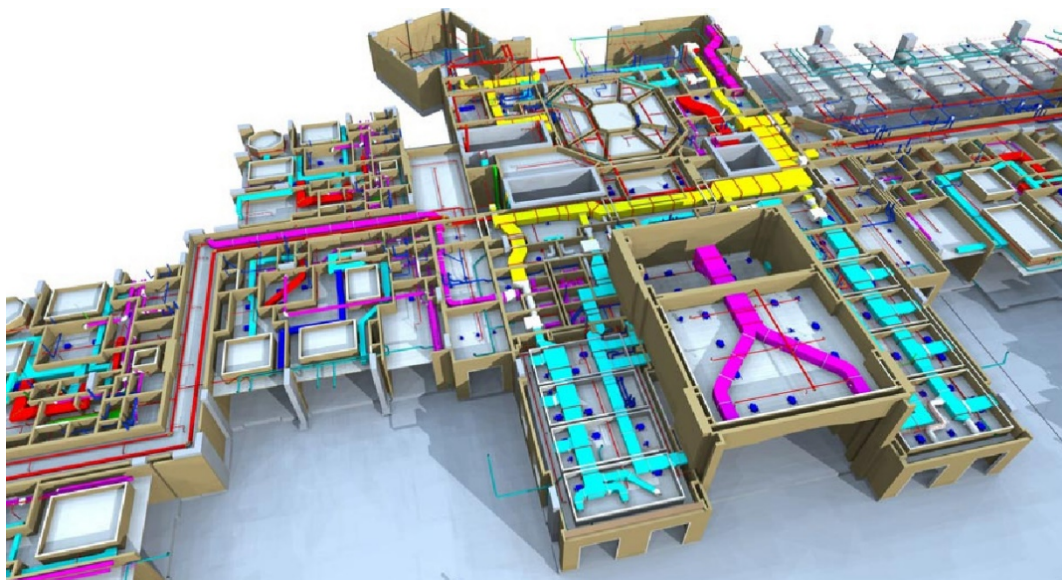


Рис. 3.8 План другого поверху будівлі

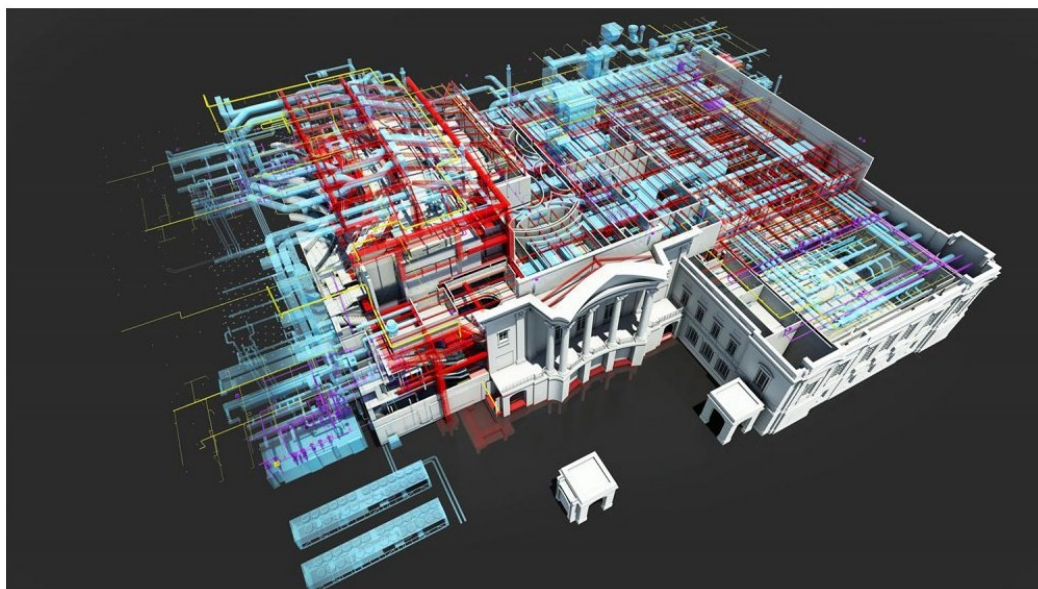


Рис. 3.9 Розміщення інженерних комунікацій

Renga - це програмне забезпечення для архітектурного та будівельного проектування. Це значно спрощує процес проектування, оскільки в програмі вбудовані всі необхідні нормативи для оформлення проектної та робочої документації.

Об'єкт може бути автоматично змодельований у 3D, а також автоматизовано процес заповнення креслень і створення схем фасадів і

розрізів в заданих масштабах. Крім того, є функція, яка дозволяє генерувати експлікації, відомості та специфікації.

Програма підтримує безліч форматів, що дозволяє вільно обмінюватися даними з іншими системами. Колективне проектування також передбачено в розробці, що дозволяє кільком користувачам працювати над одним проектом з різних пристроїв.

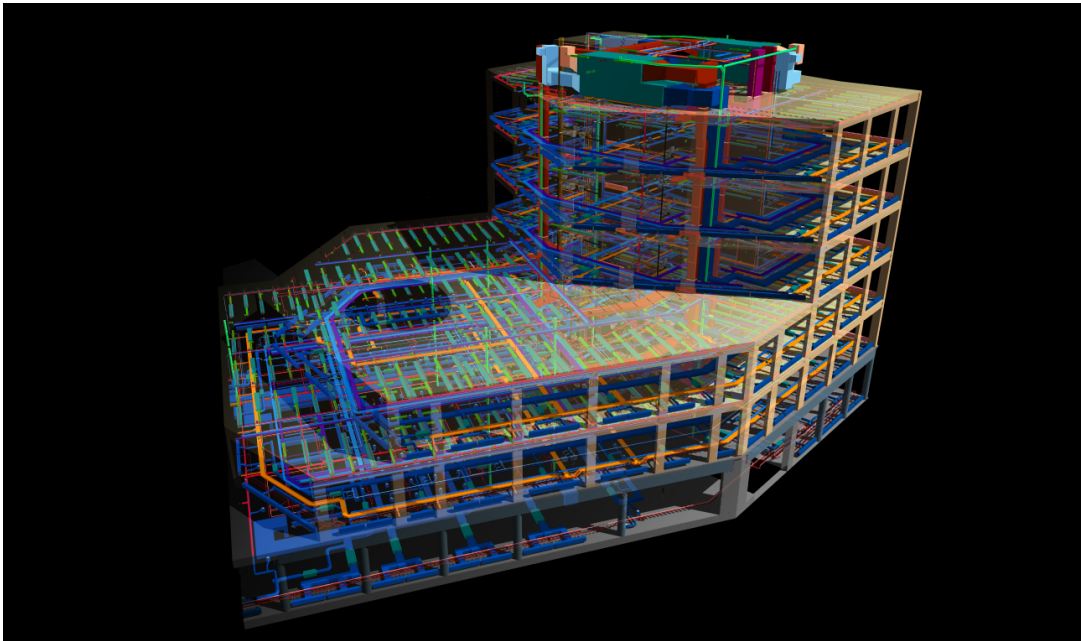


Рис. 3.10 Макет будівлі як результат колективного опрацювання

Модель інформаційного простору, орієнтована на технологію BIM, описує організаційно-технологічні аспекти виконання підрядних будівельних робіт.

Управління повним життєвим циклом об'єкта будівництва передбачає збір та обробку різноманітної інформації на кожному етапі, починаючи від проектування і закінчуючи знесенням споруди. Процеси BIM-технології охоплюють усі фази життєвого циклу будівельного об'єкта, такі як проектування, будівництво, експлуатація, реконструкція та знесення.

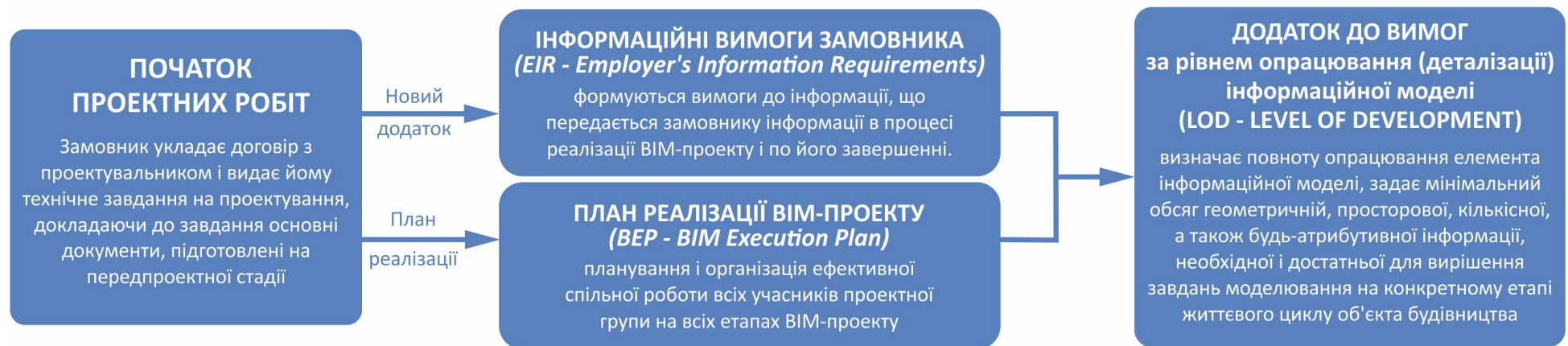
Кожен з цих етапів вимагає від фахівця нових знань та навичок для вирішення специфічних проблем. Наприклад, на етапі проектування фахівцю необхідно докладно розібратися у всіх процесах та почати роботу з проектними документами.

ПРОЦЕСИ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ЕТАПАХ ПРОЕКТУВАННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ BIM

1 ЕТАП. ПРОЕКТУВАННЯ

З точки зору BIM-технології етап проектування найбільш важливий і наукомісткий. Рішення, прийняті на даному етапі впливають на весь подальший процес реалізації проекту, аж до введення об'єкта в експлуатацію. Якісна інформаційної модель, її насиченість і опрацювання, як головна складова частина проектно-кошторисної документації, гарантує замовнику і виконавцю будівельних робіт відсутність можливих колізій, конфліктних ситуацій і не узгоджених рішень, в найбільшій мірі визначає ефективність наміченого будівництва.

НЕОБХІДНО ВИКОНАТИ НАСТУПНІ КРОКИ



СКЛАДОВИ ЄДИНОГО ДОКУМЕНТА - BIM-СТАНДАРТУ

Рис.3.11 Процеси, що відбуваються на етапах проектування життєвого циклу BIM

Стандарт BIM визначає основні процеси інформаційного моделювання в проектній організації і є ключовим документом для компаній, які впроваджують технологію інформаційного моделювання.

Під час створення проекту на стадії проектування формується нова структура для зберігання інформації про проект в залежності від типу об'єкта, що проектується.

Для ефективної роботи з інформаційною моделлю в BIM-технології необхідно використовувати нові програмні продукти. Це передбачає наявність окремих директорій для зберігання шаблонів, налаштувань, бібліотечних елементів, спеціалізованих файлів і іншого, необхідного для роботи в різних системах автоматизованого проектування (САПР).

У BIM-стандарті визначаються умови, правила найменування файлів, передачі та обміну інформацією, а також методики роботи в САПР. Крім того, існують програмні комплекси для управління даними та документообігом, які спрощують та оптимізують робочі процеси при проектуванні.

Під час розробки проектної документації використовуються інструменти моделювання та автоматичного створення фасадів, планів, розрізів, вузлів, специфікацій і відомостей. Інженери отримали доступ до інструментів, що дозволяють уникати глобальних помилок та невідповідностей в проектних рішеннях на ранніх етапах проектування.

Фахівці з різних дисциплін використовують окремі інструменти та методики роботи [49]. Окрім загальних завдань з розробки проектної документації, вони спільно створюють тривимірну модель з базою даних елементів, яка забезпечує необхідні дані для усіх специфікацій та відомостей витрат [141].

Експерти BIM відіграють ключову роль у правильному та ефективному управлінні інформацією та даними у процесі побудови інформаційної моделі. Для цього потрібна чітка організаційна структура, де ролі та обов'язки кожної зацікавленої сторони чітко визначені. Це означає, що для ефективної роботи в BIM необхідно мати кваліфікованих фахівців з конкретними знаннями та

обов'язками, такими як BIM Manager, Координатор BIM, Спеціаліст BIM і т. д. [157]. Кожен з них вносить свій внесок у процес BIM, враховуючи свої навички, ноу-хау та компетенції щодо процесів, технологій, членів команди та стандартів / процедур.

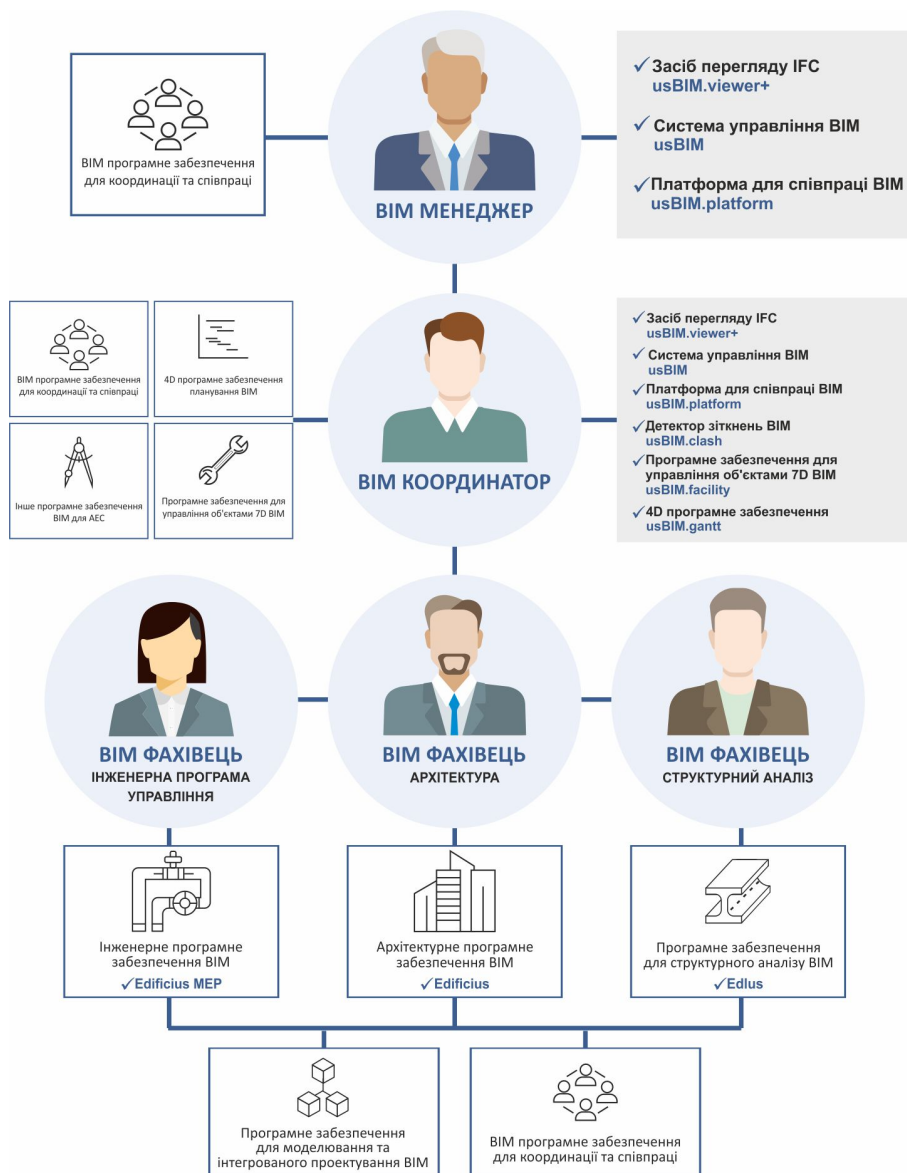


Рис. 3.12 Основні учасники BIM процесу

Менеджер BIM - це особа, що відповідає за впровадження інформаційного моделювання будівель (BIM) та цифрових процедур проекту. Він організовує цифрові процеси, наглядає за замовленнями та координує спеціалізованими людськими ресурсами, що беруть участь у процесі BIM. Менеджер BIM співпрацює зі спеціалістом BIM та координатором BIM і приймає остаточні рішення, маючи належний досвід.

Типові завдання менеджера BIM включають координацію замовлень, складання інформаційних специфікацій, розробку пропозицій щодо управління інформацією, підтримку плану управління інформацією, призначення координатора BIM, складання та оновлення керівних принципів управління інформацією, сприяння навчальним програмам, підготовку звітів та співпрацю в аудиторській діяльності, а також визначення договірних аспектів [158].

Щоб ефективно керувати інформацією про процес BIM, менеджеру BIM потрібно мати глибокі знання про інструменти та технології, що використовуються в процесі [159]. Він повинен володіти робочими знаннями програмного забезпечення для управління інформацією та координування всіх аспектів процесу BIM.

У процесі BIM використовуються чотири різновиди програмного забезпечення:

BIM Авторство. програми для створення 3D-моделі, що охоплюють архітектуру, конструкції, інженерні системи (MEP) і т. д.

BIM-інструменти для агрегування даних: для інтеграції даних у модель BIM, включаючи BIM 4D, BIM 5D, BIM 6D для управління часом будівництва, витратами, енергетичними показниками та іншими.

Платформа для співпраці BIM. це середовище в хмарі, яке об'єднує BIM-моделі та дані, дозволяючи всім учасникам проекту працювати разом, включаючи архітекторів, інженерів, будівельників та замовників.

Програмне забезпечення BIM Management. для управління робочими процесами та ролями у співпраці. Це програмне забезпечення зазвичай працює в хмарі, надаючи можливість синхронізації у реальному часі та контролювати діяльність усіх учасників команди.

Використання єдиного хмарного середовища для співпраці та координації BIM забезпечує ефективність та продуктивність протягом всього життєвого циклу будівництва. Для BIM Manager необхідне програмне забезпечення, таке як:

usBIM: інтегрована система управління BIM;
 usBIM.platform: платформа BIM для спільної роботи;
 usBIM.viewer +: програмне забезпечення для перегляду та управління файлами IFC будівель та інфраструктури.

Координатор BIM відповідає за розробку та підтримку протоколів BIM, планів виконання та іншої документації, одночасно координуючи потоки робочої інформації. Він підпорядковується керівництву проектом і має прямий зв'язок з менеджером BIM. У складних та міждисциплінарних роботах може бути залучено кількох координаторів BIM. Одним з основних завдань координатора BIM є гарантування ефективності та результативності оцифрованих процесів організації та відповідальність за перевірку правильності та узгодженості моделі BIM.

Завдання, які він виконує:

Розроблення цифрованого процесу з посиланням на конкретний порядок.

Підтримка або складання інформаційних специфікацій.

Підтримка або складання плану управління інформацією та/або пропозиції щодо управління інформацією.

Встановлення вимог до інформації для зацікавлених сторін та підтримка діяльності менеджера BIM.

Підбір персоналу та інструментів.

Управління втручанням та конфліктами.

Формування та аналіз правил контролю.

Підтримка менеджера BIM у визначенні договірних аспектів.

Щодо програмного забезпечення, координатор BIM повинен мати глибокі знання інструментів BIM для перевірки, співпраці та координації діяльності. Використання хмарних платформ для обміну даними, інструментів для виявлення конфліктів та управління робочим процесом є важливими для успішної роботи.

Програмне забезпечення, з яким координатор BIM повинен бути ознайомлений, включає:

usBIM.editor: для редагування, візуалізації та віртуальних екскурсій в моделі BIM у форматі IFC.

usBIM.checker: для перевірки всіх даних моделі BIM у форматі IFC.

usBIM.clash: для виявлення конфліктів між різними моделями BIM у форматі IFC.

Інші додатки usBIM для роботи з моделями BIM, керування проектами та взаємодією з іншими членами команди.

Фахівець BIM є передовим оператором у сфері управління інформацією та моделювання. У кожному проекті він використовує програмне забезпечення BIM Authoring для архітектурного проектування, конструктивного моделювання, проектування систем інсталяцій тощо, співпрацюючи з дизайнерами. Фахівець BIM має досвід у цифрових робочих процесах, що надаються координатором BIM, і виконує попередні перевірки моделі. Він також аналізує інформаційні специфікації та плани управління інформацією для відповідності ним. Основні обов'язки фахівця BIM включають моделювання об'єктів, аналіз специфікацій, перевірку згідності та підтримку узгодженості інформації.

Щодо програмного забезпечення, фахівець BIM володіє рядом інструментів BIM Authoring. Це включає такі програми, як Edificius для архітектурного проектування, Edificius-MEP для систем інженерії, EdiLus для структурного розрахунку та інші. Окрім цього, він використовує інші програмні засоби, що використовуються в ланцюжку поставок BIM, для співпраці з іншими учасниками процесу BIM.

Для впровадження технології інформаційного моделювання в проектній організації пропонується розробити методику навчання та підготовки BIM-команди, здатної працювати з інструментами BIM-платформ, створювати зведену тривимірну модель та готувати проектну та робочу документацію.

На етапі будівництва використання BIM-технології сприяє збільшенню ефективності та якості робіт, зменшенню трудовитрат і кількості помилок. Сучасне обладнання, яке оперує даними інформаційної моделі, стає в нагоді будівельникам у вирішенні конкретних завдань.

Проте, для успішного впровадження BIM на будівельному ринку необхідно підготувати учасників. Наразі інженерно-технічному персоналу не доступні загальнодоступні курси, що пояснюють основи BIM-технології через відсутність відповідних професійних стандартів та освітніх програм.

Потреба у знаннях з BIM виникає з ринкових вимог, особливо від будівельних компаній, які виграють від доступу до повної інформації про проект у будь-який момент. Рішення про впровадження зазвичай приймається керівництвом будівельної компанії з метою підвищення прозорості та деталізації робіт на всіх етапах будівництва, що підвищує конкурентоспроможність підприємства.

Ефективна робота з BIM можлива лише при впровадженні технології на всіх рівнях управління:

- стратегічний рівень відповідальності керівництва підприємства;
- оперативний рівень, де інженерно-технічні співробітники виконують роботу згідно з принципами BIM-технології, володіючи не лише новим обладнанням, а й знаннями основ інформаційного моделювання (рис. 3.13).



Рис. 3.13 Робота інструментів BIM на етапі Будівництва

Інструменти систем автоматичного управління (САУ) стають все більш поширеними на будівельних майданчиках, оскільки їх переваги очевидні. Оволодіння базовими навичками та розумінням принципів роботи цих інструментів стане корисним як для водіїв техніки, так і для інженерів, геодезистів і навіть виконробів.

Для підготовки фахівців до роботи на будівельному майданчику, де використовується BIM-технологія, пропонується розробити методiku навчання. Вона має включати базовий курс з BIM, який охоплює розділи з оперативного і стратегічного контролю за будівництвом.

Після завершення етапів проектування та будівництва інформаційна модель передається службі експлуатації об'єкта. Цей етап є найвищою точкою розвитку інформаційної моделі.

Якщо необхідно, модель доповнюється інформацією про експлуатаційні характеристики об'єкта, такі як паспорти на обладнання, установчі креслення, інформація про додаткові комунікації та інше.

Для ефективного управління всією цією інформацією потрібний підготовлений персонал - висококваліфіковані фахівці. Інформаційна модель на цьому етапі життєвого циклу дозволяє розв'язувати більш складні завдання, ніж за стандартного підходу до експлуатації об'єктів нерухомості.

Управління нерухомістю - це модуль експлуатації об'єктів, спрямований на оптимізацію наявних та створення нових ефективних процесів управління, оптимізацію витрат і покращення якості сервісів в галузі технічного управління нерухомістю.

Модуль спрямований на ефективне управління ресурсами і активами, забезпечуючи наявність повного цифрового паспорта об'єкта і єдину точку доступу до повної інформації про все обладнання, порядок та історію його обслуговування. Контроль технічного обслуговування і ремонтів сприяє безперебійному функціонуванню всіх значущих систем за значно менших фінансових і трудових витрат.

Управління штучними спорудами і лінійно-протяжними об'єктами також вирішує стратегічні завдання, забезпечуючи планування, управління і координацію всіх робіт і заходів в дорожній мережі. Це дозволяє ефективно керувати встановленням, ремонтом, отриманням дозволів і завершенням всіх видів робіт з інженерною інфраструктурою (електро-, газо- і водопостачання, телефонні і кабельні мережі тощо) від отримання дозволу до остаточного приймання, затвердження та рекультивації.

Важливим функціоналом є можливість контролю за станом штучних споруд, збір актуальних відомостей і оперативне складання та передача підряднику наряду на роботи з усунення дефектів і інших пошкоджень об'єкта експлуатації. Це спрощує формування звітів і робить доступнішою роботу з запитами населення і даними, зібраними в польових умовах.

Диспетчерський центр призначений для стратегічного управління об'єктом. Інтеграція підсистем у єдиному центрі управління спрощує збір даних із зовнішніх пристроїв, аналіз і прогнозування ситуацій з автоматичним формуванням оптимальних алгоритмів вирішення інцидентів. Візуалізація ключової інформації, створення планів реагування, контроль подій і оперативне реагування на можливі інциденти також є можливим. Також можна створювати актуальну 3D-модель об'єкта, навіть якщо немає документації, що дозволяє вирішувати завдання по створенню 3D-моделі за проектними даними або за допомогою безпілотних літальних апаратів. Для візуалізації моделей можливе застосування технологій віртуальної та доповненої реальності.

Для підготовки фахівців даної категорії пропонується розробити методику навчання, що дозволить підготувати їх до повноцінної роботи з модулями експлуатації, включаючи утримання, обслуговування та ремонт об'єкта. Крім того, цей розділ також необхідно включити в програму базового курсу навчання BIM.

Цифрова економіка в будівництві за допомогою BIM швидко розвивається, і це вже відображається у вимогах до випускників вишів. Для

навчання дійсно кваліфікованих фахівців, які будуть востребовані на ринку, необхідно швидко адаптуватися до нових технологій. Окрім вивчення стандартних програм (наприклад, AutoCAD, Revit, ArchiCAD тощо), сучасному фахівцеві, який працює з BIM, потрібно вміти працювати в єдиному інформаційному просторі разом із представниками інших спеціалізацій. Також важливо усвідомлювати, що на основі цієї моделі в майбутньому будуть здійснюватися різні дії і розрахунки, тому необхідно додатково інтегрувати в неї інформацію про окремі елементи.

Останнім часом в роботах, що стосуються BIM, використовуються не лише основні функції програмного забезпечення, але і спеціальні плагіни і скрипти для вирішення конкретних завдань. Варто зауважити, що ці скрипти розробляються не компаніями-розробниками програмного забезпечення, а фахівцями проектних організацій, які володіють навичками програмування. Скрипти використовуються для створення складних геометричних об'єктів, роботи з їх властивостями, автоматизації однотипних дій і виконання різних перевірок.

Сучасні програмні комплекси все частіше включають в себе вбудовану мову візуального програмування, що значно спрощує процес розробки скриптів і знижує ймовірність помилок. Функціональність скриптів полягає у вирішенні більш складних і унікальних завдань, які потребують використання вбудованої мови програмування (зазвичай це мови C# і Python).

Ще однією важливою тенденцією використання BIM-ПО є взаємодія моделі з базами даних, для чого потрібно вміти користуватися мовою запитів SQL – це мова програмування для взаємодії з базами даних і керування ними.

Також активно розвиваються технології лазерного сканування, віртуальної та доповненої реальності для задач BIM.

Враховуючи міжнародний досвід використання інформаційного моделювання в реальних проектах, можна зробити висновок, що для підготовки кадрів для будівельної галузі в Україні потрібно:

1. Навчання користуванню інструментами BIM (включаючи вивчення кількох програмних комплексів для розширення світогляду).
2. Глибоке вивчення інструментів відповідно до спеціалізації.
3. Навчання спільній роботі різних спеціалізацій в єдиному інформаційному просторі.
4. Освоєння засобів автоматизації роботи через API.
5. Вивчення взаємодії різних програмних комплексів, ознайомлення з форматами передачі даних і стандартами створення інформаційних моделей є необхідними компонентами процесу навчання. У майбутньому потрібно переглянути і розробити освітні стандарти для підготовки фахівців будівельної галузі в контексті національної цифрової економіки. Автор вважає співпрацю між практиками будівельного ринку та освітніми закладами, що розробляють програми навчання, ключовим кроком у впровадженні BIM-технологій на державному рівні в Україні. Освітні програми, побудовані на базі рекомендацій авторів курсів, повинні готувати молодих фахівців до роботи з новими інструментами BIM та сприяти розвитку будівельної галузі.

Дуже важливо співпрацювати з компаніями-інтеграторами, які мають практичний досвід розробки, впровадження та обслуговування комплексних інформаційних систем управління будівництвом з використанням технології інформаційного моделювання. Також важливо співпрацювати у розробці обчислювальних комплексів, хмарних та сервісних послуг в управлінні будівництвом і інформаційній безпеці будівельних організацій. Представники розробників програмного забезпечення можуть допомагати як експерти-практики, брати участь в експертизі освітніх курсів для студентів.

Запропоновано включити до навчання BIM з інтегрованими системами III та підготовки інженерних кадрів у архітектурно-будівельних ВНЗ практико-орієнтоване навчання BIM з такими напрямками:

Проведення дослідження необхідних компетенцій для нових професій і спеціальностей у BIM з інтегрованими системами III. Розроблення переліку

для узгодження на національному рівні з метою розробки професійних та освітніх стандартів.

Створення методики навчання та підготовки BIM-команди, що вміє працювати з інструментами BIM-платформ, формувати зведену тривимірну модель, організовувати спільну роботу та готувати проектну і робочу документацію.

Підготовка матеріалів щодо створення і формування BIM-стандарту підприємства, налаштування та роботи з системами управління даними та документообігу підприємства.

Проведення навчання системам автоматичного управління (САУ) на будівельних майданчиках та розвиток базових навичок і розуміння роботи цих інструментів.

Розробка методики навчання, яка дозволить студентам підготуватися до повноцінної роботи на будівельному майданчику з використанням BIM-технології.

Включення в програму базового курсу навчання BIM розділу з роботи з модулями оперативного і стратегічного контролю за будівництвом.

Розробка методики навчання, що дозволить студентам підготуватися до повноцінної роботи з модулями експлуатації, утримання, обслуговування та ремонту об'єкта.

Модульні будівлі - це будівлі, що споруджуються на будівельному майданчику з використанням інтегрованих функціональних префабрикаційних будівельних конструкцій для забезпечення безпеки і надійності.

Префабрикація, або модульне будівництво, означає створення будівель на майданчику з використанням заздалегідь виготовлених в заводських умовах функціональних конструкцій, що забезпечують безпеку та надійність.

У традиційному будівництві часто зустрічаються проблеми, такі як розсинхронізація процесів, великі витрати, нестача робочої сили та складні умови на майданчику. Модульне будівництво відрізняється інженерною

підготовкою, використанням стандартизованих BIM проектів, використанням готових функціональних конструкцій та компонентів, а також інформатизацією управління та організації будівельних процесів.

З початку 2018 року використання технології BIM стало не лише інноваційним напрямом, але й обов'язковою умовою для розвитку проектів у багатьох світових компаніях. Нижче розглянемо основні тенденції використання технологій BIM.

Модульні конструкції та збірні блоки (префабрикація).

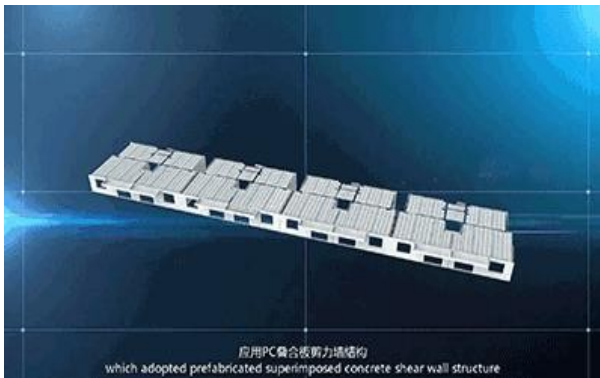
У майбутньому більше уваги буде приділятися модульним конструкціям та префабрикації - готовим збірним елементам. Це допоможе зменшити витрати та прискорити процес будівництва, оскільки будівельні блоки будуть вже підготовлені та зібрані в заводських умовах до початку зведення об'єкта. З часом збірні залізобетонні стіни та перекриття замінять більш складні елементи MEP (механіка, електрика, водопостачання).

Інтернет речей (IoT).

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) з'явиться в багатьох галузях виробництва, змінюючи роботу інсталяторів та проектувальників. Нові програми та програмне забезпечення спростять роботу інженерів та дозволять оперативно збирати останню інформацію про проект.

VR і AR. Віртуальна та доповнена реальність.

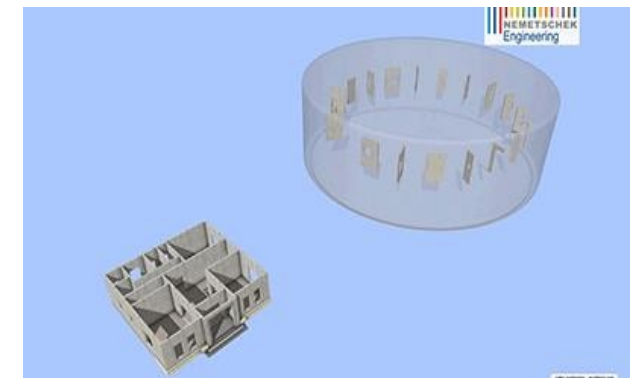
Віртуальна реальність дозволяє досліджувати повномасштабні 3D-моделі за допомогою спеціальних окулярів, що дозволяє точно досліджувати проект та презентувати його замовнику. Доповнена реальність відкриває широкі можливості для тестування нових рішень "в польових умовах"



Уніфіковані компоненти, включаючи основну конструкцію, стіну, підлогу, двері та вікно



Стандартизовані компоненти модулів для префабрикації



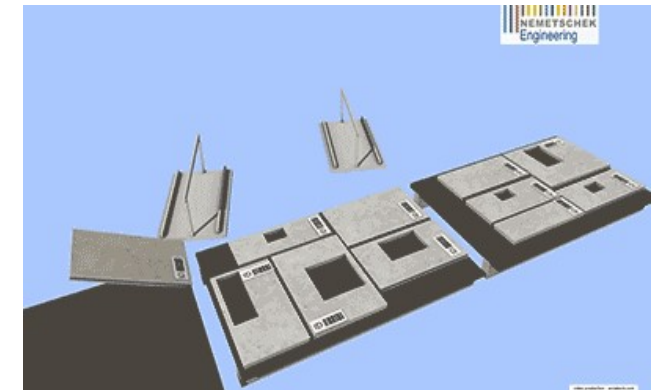
Дизайн компонентів за допомогою технології BIM



Будівельний майданчик



Технологія BIM для префабрикації конструкції та деталей для уникнення логістики на місці; ефективна префабрикація будівель для забезпечення якості та темпів будівництва



Локалізоване будівництво промислових заводів для забезпечення безпеки інтегрованих панелей під час транспортування

Рис. 3.14 Префабрикація. Технологія та організація будівельних проєктів у цифровому середовищі.

Розглянемо відповідь системи штучного інтелекту **Gemini** на запит стосовно збірно-каркасне будівництва.

Префабрикація, або збірно-каркасне будівництво, набирає все більшої популярності в будівельній індустрії. Цей метод будівництва передбачає виготовлення окремих елементів конструкції на заводі, а потім їх складання на будівельному майданчику. Префабрикація має багато переваг, таких як:

- Зменшення часу будівництва: Заводське виготовлення елементів може значно скоротити час, необхідний для завершення проекту.
- Підвищення якості: Контрольоване заводське середовище дозволяє забезпечити більш високу якість будівництва.
- Зниження витрат: Префабрикація може призвести до зниження витрат на будівництво за рахунок економії матеріалів, робочої сили та часу.
- Підвищена стійкість: Префабриковані елементи можуть бути виготовлені з екологічно чистих матеріалів і спроектовані для кращої енергоефективності.

2. Цифрові технології в префабрикації

Цифрові технології відіграють все більш важливу роль у префабрикації. Ці технології використовуються на всіх етапах процесу, від проектування до виготовлення та монтажу.

- Проектування: BIM (Building Information Modeling) використовується для створення 3D-моделей будівель, які можуть бути використані для проектування та деталізації префабрикованих елементів.
- Виготовлення: CAM (Computer-Aided Manufacturing) використовується для управління верстатами з ЧПУ, які виготовляють префабриковані елементи.
- Монтаж: BIM та інші цифрові технології використовуються для планування та координації монтажу префабрикованих елементів на будівельному майданчику.

3. Переваги використання цифрових технологій

Використання цифрових технологій у префабрикації має багато переваг, таких як:

- Підвищена точність: Цифрові моделі дозволяють гарантувати точність розмірів і розташування префабрикованих елементів.
- Зменшення помилок: Цифрові технології допомагають уникнути помилок, які можуть виникнути при традиційних методах будівництва.
- Покращена координація: Цифрові технології полегшують координацію між різними учасниками проекту, що може призвести до більш плавного виконання проекту.
- Підвищення продуктивності: Цифрові технології можуть допомогти підвищити продуктивність на всіх етапах процесу префабрикації.

4. Виклики використання цифрових технологій

Використання цифрових технологій у префабрикації також має деякі виклики, такі як:

- Висока вартість: Впровадження цифрових технологій може бути дорогим, особливо для невеликих будівельних компаній.
- Необхідність у кваліфікованих фахівцях: Потрібні кваліфіковані фахівці, які вміють використовувати цифрові технології для проектування, виготовлення та монтажу префабрикованих елементів.
- Зміна культури: Впровадження цифрових технологій може потребувати зміни культури в будівельній компанії.

Префабрикація є ефективним та стійким методом будівництва, який має багато переваг. Цифрові технології відіграють все більш важливу роль у префабрикації та допомагають покращити точність, продуктивність та координацію в проектах. Незважаючи на деякі виклики, використання цифрових технологій у префабрикації може допомогти будівельним компаніям будувати краще та швидше.

Ця відповідь була використана для подальшого розгляду застосування

ВІМ технологій.

Окуляри віртуальної реальності для фахівців на об'єкті зв'язані з комп'ютером інженера у офісі за допомогою дистанційного з'єднання. Будь-яка зміна в моделі на комп'ютері може бути миттєво передана на цифрове робоче місце інженера для оцінки того, наскільки ідея "вписується в проект у реальному житті".

Більша адаптація програм ВІМ до потреб кінцевого користувача - проектувальника. Замість придбання дорогого програмного забезпечення з усіма функціями, існує можливість придбати лише необхідний для роботи програмний пакет. Є тенденція використання "коробкових рішень": готових комплектів "все-в-одному" або комбінованих функціональних можливостей.

Використання технології ВІМ виходить за межі моделей 3D і розширюється на 4D, 5D, 6D та більше. У 4D-ВІМ додається елемент часу, що дає можливість візуального представлення будівництва згідно з графіком робіт. У 5D-ВІМ і 6D-ВІМ включаються показники, такі як витрати і матеріали, що дозволяє оцінити вплив рішень на витрати ще на ранніх етапах проектування.

Хмарні мобільні додатки дозволяють збирати та обробляти дані про будівництво та проектування в режимі реального часу для дистанційного перегляду фахівцями. Платформи, що використовують хмарні рішення, допомагають учасникам проекту ефективніше співпрацювати.

Використання лазерних 3D-сканерів та дронів для додавання додаткової інформації про об'єкт дозволяє отримати точні 3D-виміри будівельного майданчика, що поліпшує процес моделювання в ВІМ.

Технологія 3D-друку має великий потенціал для створення дуже точних будівельних елементів за короткий час і з мінімальними витратами матеріалу. Це може бути використано в процесі ВІМ для швидкого створення прототипів або виготовлення збірних компонентів. Ця технологія надає новий поштовх для розвитку будівельної галузі.

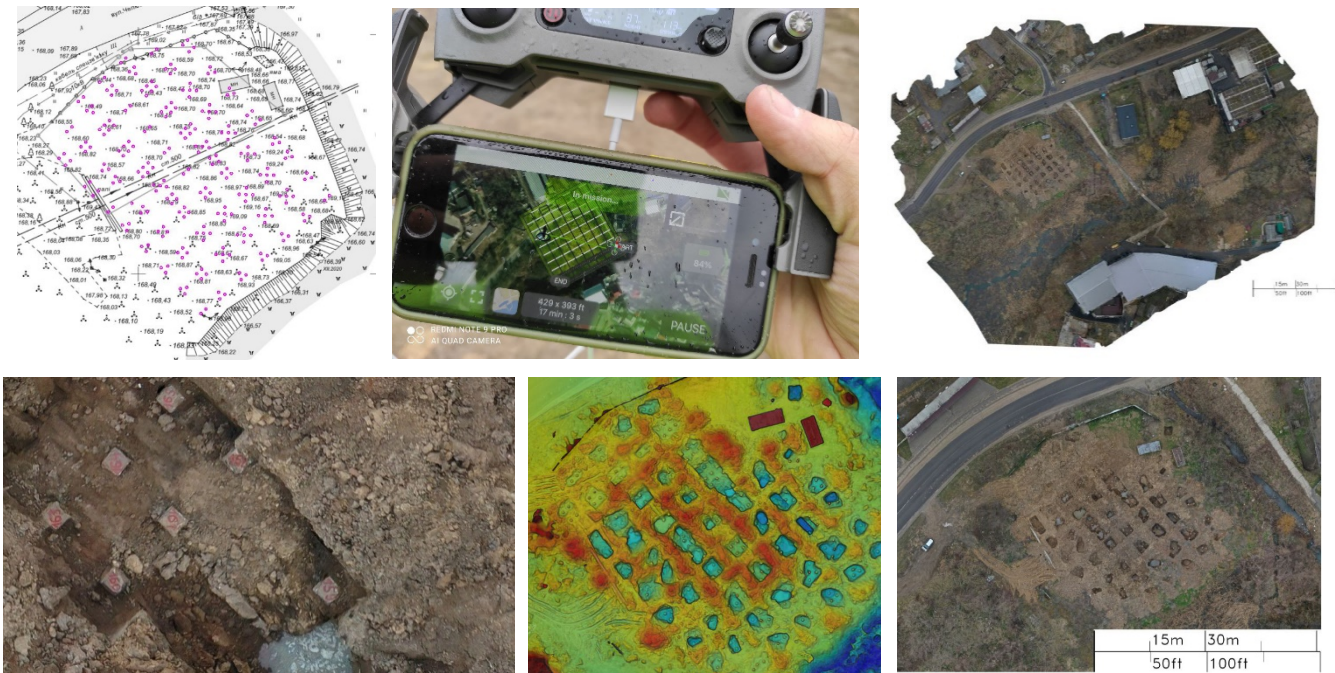


Рис. 3.15 Аерофотограмметрія поля палів за допомогою дрону

Інтеграція всіх процесів будівництва в BIM-моделях дозволяє реалізувати будівництво з урахуванням принципів сталого розвитку. Тривимірна (або більш продумана) модель дозволяє виявити скриті недоліки на ранніх етапах і пізніше заощадити витрати енергії та зменшити викиди CO₂ за рахунок використання відповідних матеріалів. Віртуальне демонтаж будівлі ще на етапі проектування дозволяє перевірити можливість утилізації будівлі та її переробку з мінімальними зусиллями та витратами.

Зміцнення співпраці між виробниками, постачальниками і розробниками програмного забезпечення сприяє розвитку цього напрямку. Моделі, створені в програмах BIM, стають продуктами для продажу, що сприяє співпраці між цими сторонами. Замовлення конкретних компонентів або блоків, розроблених у програмі BIM, можливе безпосередньо з моделі, оскільки вона містить детальну інформацію про характеристики продукту, його розміри та інше. Такий підхід сприяє уникненню дублювання роботи та оптимізує процес співпраці.

	Традиційне Будівництво	Модульне будівництво
Умови будівництва	Будівельний майданчик	Префабрикація інтегрованих будівельних конструкцій та їх монтаж на майданчику
Проектні вимоги	Диверсифіковані	Стандартизовані
Кадрове забезпечення	Велика кількість	Менша кількість
Графік будівництва	Повільний	Швидкий
Період будівництва	Довгий	Короткий
Якість будівництва	Недосконалий контроль	Висока контрольованість
Характеристики будівельного циклу (проектування, виготовлення, будівництво)	Незалежність та децентралізованість	Інтегрованість
Ступінь індустріалізації	Відносно низька	Порівняно висока
Ступінь захисту навколишнього середовища (будівельні відходи, шум та інші)	Низька	Висока



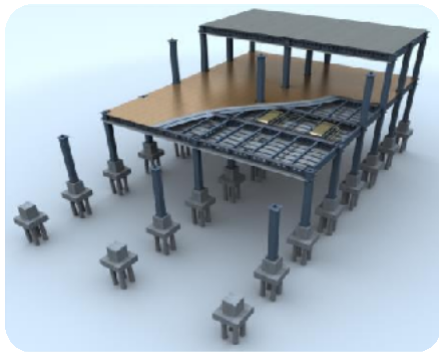
Рис. 3.16 Оцінка переваг модульного будівництва у порівнянні з традиційним



01 Легкий сталеий несучий каркас з навісними огороджуючими конструкціями



08 Система збірних залізобетонних конструкцій



02 Сталеий каркас - система стінових панелей



07 Система пазових бетонних плит

03 Контейнерна система



04 З/Б каркас, бетонний блок



05 Контейнерні модулі



06 Система конструкції з деревини



Рис. 3.17 Основні конструктивні системи відповідаючи умовам глобалізації та цифрового середовища


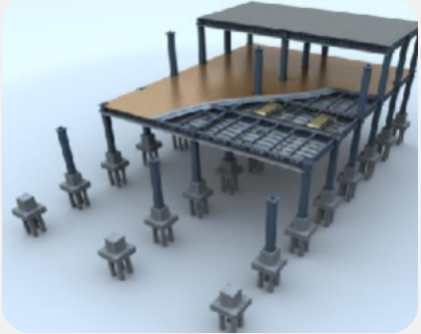


S / N	01	02	03	04
Конструктивна система	Легкий сталевий несучий каркас з навісними огорожуючими конструкціями	Сталевий каркас - система стінових панелей	Контейнерна система	З/Б каркас, бетонний блок
Тип системи				
Особливості	<ul style="list-style-type: none"> Легкий сталевий несучий каркас з навісними огорожуючими конструкціями + інтегрована легка настінна панель Відмінні антисейсмічні та вітростійкі характеристики Короткий період будівництва Енергозбереження, охорона навколишнього середовища та комплексне запобігання пожежам Варіативний підбір стінових матеріалів 	<ul style="list-style-type: none"> Система збірних металоконструкцій балок та колон Відмінні антисейсмічні та вітростійкі характеристики Короткий період будівництва Енергозбереження, охорона навколишнього середовища та комплексне запобігання пожежам Гнучкий підбір стінових матеріалів Відповідність високим вимогам стандартів 	<ul style="list-style-type: none"> Контейнер як модуль Все внутрішнє та зовнішнє опорядження, високостандартизоване, виконане на заводі Вторинний монтаж може виконуватися на місці відповідно до вимог будівельних функцій 	<ul style="list-style-type: none"> Місцеві матеріали, низька вартість Вимога до обмеженої висоти модуля Короткий період будівництва Енергозбереження, охорона навколишнього середовища та комплексне запобігання пожежам Облаштування обладнання може бути виконане через отвори для блоків
Сфера застосування	<ul style="list-style-type: none"> Вілли, квартири Доступне житло, зелені містечка Односімейні готелі, будівлі для літніх людей Будинки 1-3 поверхові 	<ul style="list-style-type: none"> Вілли, квартири Доступне житло, зелені містечка Готелі, резиденції Лікарні, адміністративні будівлі, школи 	<ul style="list-style-type: none"> Мобільні готелі Реконструкція старого фонду Будинки таборів, тимчасові будівлі 	<ul style="list-style-type: none"> Вілли, квартири Доступне житло, зелені містечка Багатоповерхові будинки

Рис. 3.18 Основні організаційно-технологічні та конструктивні системи

N	01	02	03	04
Товарна система	Модульна система	Система конструкції з деревини	Система жолобчастих бетонних плит	Система збірних залізобетонних конструкцій
Легенда				
Особливості	<ul style="list-style-type: none"> • Конструкція та оздоблення цілого модуля виконані в заводських умовах • Надійний монтаж модулів в будівлі • Відсутня потреба у додаткових системах та опорних конструкціях 	<ul style="list-style-type: none"> • Конструктивна система з екологічно-чистої деревини • Гвинтові з'єднання забезпечують надійність вузлів • Короткий період будівництва • Для задоволення вимог щодо запобігання пожежі, комах та корозії може бути проведена спеціальна обробка 	<ul style="list-style-type: none"> • Модульна пазлова система панелей сприяє масовому виробництву на заводі та зменшенню витрат • Витрати на сендвіч-з'єднувачі для стін, затирочні втулки, опори, шаблони та інші деталі зменшені порівняно з традиційними конструкціями 	<ul style="list-style-type: none"> • Такі конструктивні елементи, як балки, плити та колони, виготовляються в заводських умовах та надійно з'єднуються в єдине ціле на будівельному майданчику • Стандартизоване виробництво елементів конструкцій підвищує ефективність та зменшує витрати.
Сфера застосування	<ul style="list-style-type: none"> • Квартири, доступне житло • Готелі, адміністративні будівлі 	<ul style="list-style-type: none"> • Вілли, курорти • Зелені містечка 	<ul style="list-style-type: none"> • Доступне житло, квартири • Готелі, адміністративні будівлі 	<ul style="list-style-type: none"> • Вілли, квартири • Доступне житло, зелені містечка • Готелі, резиденції • Лікарні, адміністративні будівлі, школи

Рис. 3.19 Основні організаційно-технологічні та конструктивні системи

Допоміжні системи МЕР, що забезпечують швидкі дизайнерські та зелені рішення енергозабезпечення



Вбудована ванна кімната



Вбудована кухня



Вбудована стеля



Вбудована підлога



Вбудована стіна



Екологічні двері та вікна



Готова система



Водопостачання

Рис. 3.20. Допоміжних системи МЕР

Приклад застосування штучного інтелекту **ChatGPT** з запитом щодо змісту обладнання вбудованої ванної кімнати.

Побудова вбудованої ванної кімнати може включати різноманітні елементи, які можна розмістити в приміщенні для оптимального використання простору. Розглянемо декілька елементів, які можуть входити до складу такої ванної кімнати:

1. Ванна або душова кабіна: Одним з основних елементів будь-якої ванної кімнати є місце для прийому водних процедур. Вибір між ванною і душовою кабіною залежить від ваших потреб та доступного простору.
2. Умивальник та тумба: Для миття рук, обличчя та інших гігієнічних процедур потрібен умивальник. Він може бути розміщений на тумбі, яка забезпечить зберігання різних гігієнічних засобів.
3. Туалет: Туалетна чаша є необхідним елементом ванної кімнати. Виберіть туалет з урахуванням ергономіки та зручності в користуванні.
4. Дзеркало: Дзеркало вбудоване над умивальником або може бути розміщене на стіні. Воно допоможе здійснювати різні гігієнічні процедури та розширить візуальний простір кімнати.
5. Освітлення: Ефективне освітлення допоможе створити затишну атмосферу та забезпечить безпечне користування ванною кімнатою.
6. Полиці та шафки: Шафки та полиці забезпечать зберігання різних предметів, таких як рушники, косметика, медикаменти тощо.
7. Вентиляція: Вентиляційна система допоможе уникнути утворення плісняви та забезпечить свіжий повітря в приміщенні.

Приклад застосування штучного інтелекту **Gemini** для побудови проєкту "Вбудована кухня"

1. Вступ

Цей проєкт описує дизайн та реалізацію вбудованої кухні. Вбудована кухня – це кухня, яка спроектована та встановлена так, щоб вона щільно прилягала до простору, доступного в кімнаті. Шафи та побутові прилади

зазвичай виготовляються на замовлення, щоб точно відповідати розмірам кімнати, і часто встановлюються врівень зі стінами та підлогою. Це створює чистий, лаконічний образ, який може візуально збільшити невелику кухню.

2. Мета проекту

Метою цього проекту є:

Створити функціональну та естетично приємну вбудовану кухню, яка відповідає потребам та стилю замовника.

Використовувати високоякісні матеріали та майстерність для забезпечення довговічності та краси кухні.

Залишатися в межах бюджету та графіка проекту.

3. Обсяг робіт

Проект включатиме наступні роботи:

Вимірювання та планування: Вимірювання простору кухні та створення детальних креслень дизайну.

Вибір матеріалів: Вибір шаф, стільниць, побутової техніки та інших матеріалів для кухні.

Виготовлення: Виготовлення шаф та інших елементів кухні на замовлення.

Встановлення: Встановлення шаф, побутової техніки та інших елементів кухні.

Обробка: Завершення проекту, включаючи фарбування, нанесення герметика та інші роботи.

4. Графік проекту

Очікується, що проект буде завершено протягом [вставте кількість] тижнів. Детальний графік буде надано після затвердження дизайну.

5. Бюджет проекту

Очікуваний бюджет проекту становить [вставте суму]. Детальний бюджет буде надано після затвердження дизайну.

6. Команда проекту

Команда проекту включатиме наступних учасників:

Дизайнер: Відповідає за розробку дизайну кухні.

Генеральний підрядник: Відповідає за координацію та виконання всіх робіт з будівництва.

Столяр: Виготовляє шафи та інші елементи кухні на замовлення.

Сантехнік: Встановлює сантехніку та побутову техніку.

Електрик: Встановлює електропроводку та освітлення.

7. Управління проектом

Проект буде управлятися за допомогою програмного забезпечення для управління проектами. Це програмне забезпечення допоможе відстежувати хід виконання робіт, бюджет та графік.

8. Зв'язок

Регулярні оновлення про хід виконання проекту будуть надаватися замовнику. Замовник може зв'язатися з командою проекту в будь-який час, якщо у нього виникнуть запитання чи сумніви.

9. Затвердження

Цей проектний документ має бути затверджений замовником перед початком будь-яких робіт.

Приклад застосування штучного інтелекту **ChatGPT** за запитом «Визнач дизайнерські рішення та кошторис щодо Вбудованої підлоги для квартири площею 120 м. кв.»

Для вбудованої підлоги у квартирі площею 120 кв. м. можна розглянути декілька дизайнерських рішень та оцінити вартість кожного з них.

Матеріали для підлоги:

Дерев'яні дошки: вони можуть надати приміщенню теплого та природного вигляду, але вимагають більш високих витрат та регулярного догляду.

Ламінат: більш доступний за ціною варіант, але може бути менш стійким до зношування порівняно з деревом.

Плитка: практичний вибір для вбудованої підлоги, особливо у ванній

кімнаті або на кухні, оскільки він легко миється та стійкий до вологи.

Технології утеплення та укладання:

Системи теплого підлогового опалення: вони забезпечують комфортну температуру у приміщенні та дозволяють ефективно використовувати енергію.

Професійне укладання: важливо враховувати витрати на послуги фахівців, які виконують роботу з укладання підлоги.

Додаткові деталі та акценти:

Підлогові килими або ковролін: можуть додати затишку та естетичного вигляду приміщенню.

Декоративні підлогові плитки або мозаїка: вони можуть стати відмінним акцентом у дизайні підлоги.

Щодо кошторису, вартість вбудованої підлоги буде залежати від вибраних матеріалів, технологій та дизайнерських рішень. Наприклад, вартість дерев'яних дошок буде відрізнятися від ламінату або плитки, а використання системи теплого підлогового опалення також може збільшити витрати. Крім того, потрібно врахувати витрати на працю фахівців, що виконують монтаж. Ціни можуть коливатися залежно від регіону та вибраного підрядника.

Уточнюючий запит **ChatGPT** – ми обрали підлогу дерев'яні дошки.
Відповідь:

Добре, якщо ви обираєте дерев'яні дошки для підлоги у квартирі площею 120 кв. м., то врахуйте наступні аспекти:

Обсяг матеріалу: Розрахуйте кількість дерев'яних дошок, яка знадобиться для покриття всієї площі кімнат. Потрібно врахувати також відходи при різанні та можливі неправильності у покритті підлоги.

Тип деревини: Виберіть відповідний тип деревини для дошок відповідно до вашого бюджету та естетичних уподобань. Наприклад, дуб, ясен або клен - це деякі з популярних варіантів.

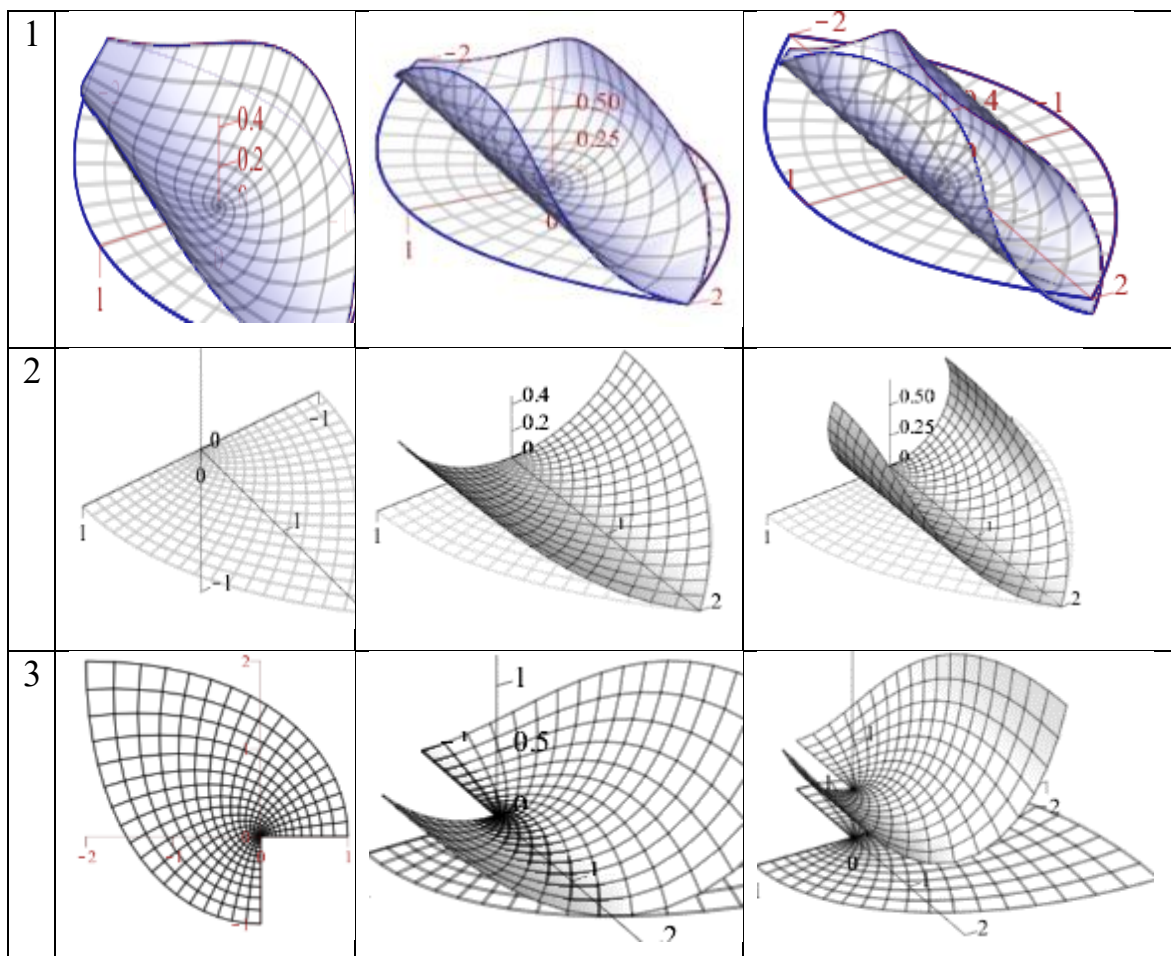
Товщина та ширина: Виберіть оптимальну товщину та ширину дерев'яних дошок з урахуванням вимог щодо міцності та естетичного вигляду.

Обробка поверхні: Ви можете обрати між гладкою поверхнею або текстурованою, яка надасть підлозі більш природний вигляд.

Утеплення та звукоізоляція: Врахуйте можливість утеплення підлоги та захисту від звуків.

Щодо кошторису, вартість дерев'яних дошок буде залежати від їх якості, типу деревини та виробника. Також врахуйте витрати на фіксацію та обробку дерев'яних дошок. Не забудьте про додаткові витрати на матеріали для підготовки основи підлоги та працю фахівців, що виконають монтаж.

Розглянуто впровадження новаторських організаційно-технологічних інтеграційних рішень у сфері модульного будівництва, а також аналіз його компонентів та систем у цифровому середовищі (рис.3.21).



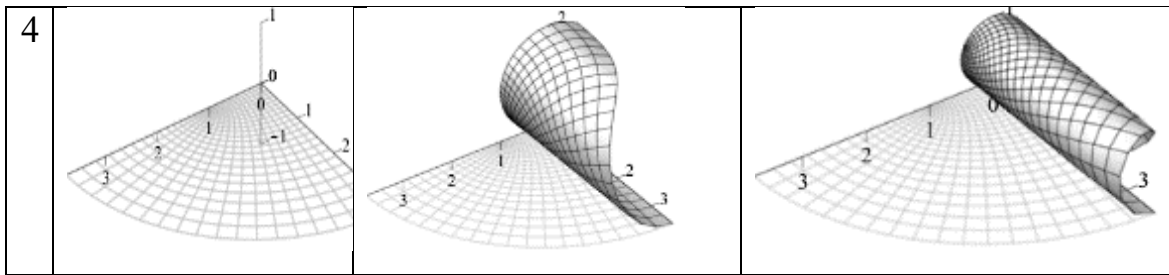


Рис. 3.21. Графоаналітичні просторово-ізометричні зрізи щодо виконання підрядних робіт в цифровому просторі будівельного проєкту (розроблено автором)

Розглянемо приклад побудови статуту проєкту системою ChatGPT.

Побудуй Статут проєкту будівництва котеджу з дерев'яних конструкцій з WBS структурою площею 120 м. кв., на протязі 2 місяців, у м. Ірпінь за адресом вул. Сонячна 2б замовник Халілов А.

Статут проєкту будівництва котеджу з дерев'яних конструкцій

1. Загальні положення

1.1. Цей Статут визначає основні принципи та порядок реалізації будівництва котеджу з дерев'яних конструкцій площею 120 м. кв. за адресою вул. Соняшна 2б в місті Ірпінь.

1.2. Замовник проєкту будівництва котеджу: Халілов А.

2. Об'єкт будівництва

2.1. Адреса об'єкту будівництва: вул. Соняшна 2б, м. Ірпінь.

2.2. Площа котеджу: 120 м. кв.

3. Терміни та Умови

3.1. Термін виконання робіт: 2 місяці.

4. WBS Структура Проєкту

4.1. Підготовчі роботи

- 1.1 Отримання дозволів
- 1.2 Підготовка будівельного майданчика

4.2. Будівельні роботи

- 2.1 Зведення каркасу

- 2.2 Встановлення дерев'яних конструкцій
- 2.3 Внутрішні оздоблювальні роботи

4.3. Завершальні роботи

- 3.1 Установка вікон і дверей
- 3.2 Зовнішні оздоблювальні роботи
- 3.3 Проведення електромонтажних робіт
- 3.4 Завершальні роботи з ландшафтного дизайну

5. Вартість

5.1. Вартість будівництва буде оцінена за окремим договором між Замовником та Забудовником.

6. Відповідальність

6.1. Відповідальність за дотримання будівельних норм та термінів виконання робіт покладається на Забудовника.

6.2. Замовник зобов'язаний забезпечити всі необхідні документи та дозволи для виконання будівництва.

7. Підписи сторін

(Підпис Замовника)

(Підпис Забудовника)

Подібний статут був розроблений системою Gemini.

Різниця у представленні статутів полягає у запиті який був визначений для другого прикладу.

Статут проекту будівництва котеджу з дерев'яних конструкцій

1. Загальні положення

1.1. Цей Статут проекту (далі – Статут) визначає основні положення, цілі, завдання, учасників, ресурси та інші аспекти проекту будівництва котеджу з дерев'яних конструкцій площею 120 м. кв. (далі – Проект) на

протязі 2 місяців у м. Ірпінь за адресою вул. Сонячна 2б замовник Халілов А. (далі – Замовник).

1.2. Статут проекту є основним документом, який регламентує діяльність учасників проекту та визначає відповідальність за його реалізацію.

2. Мета проекту

2.1. Метою проекту є будівництво котеджу з дерев'яних конструкцій площею 120 м. кв. за адресою вул. Сонячна 2б м. Ірпінь, який відповідає всім вимогам будівельних норм і правил, а також вимогам Замовника.

3. Завдання проекту

3.1. Для досягнення мети проекту необхідно виконати наступні завдання:

Розробка проектної документації котеджу;

Отримання необхідних дозволів на будівництво;

Закупівля матеріалів та обладнання;

Виконання будівельних робіт;

Введення котеджу в експлуатацію.

4. Учасники проекту

4.1. Учасниками проекту є:

Замовник: Халілов А.;

Підрядник: [назва підрядної організації];

Автор проекту: [назва проектної організації];

Інші учасники, які можуть бути залучені до реалізації проекту.

5. Ресурси проекту

5.1. Для реалізації проекту необхідні наступні ресурси:

Фінансові ресурси: [сума] грн.;

Матеріально-технічні ресурси: [перелік матеріалів та обладнання];

Трудові ресурси: [перелік кваліфікованих фахівців].

6. Графік реалізації проекту

6.1. Графік реалізації проекту визначається окремо і додається до цього Статуту.

7. Управління проектом

7.1. Управління проектом здійснюється Підрядником.

7.2. Підрядник несе відповідальність за:

Забезпечення координації дій учасників проекту;

Контроль за дотриманням графіка та бюджету проекту;

Забезпечення якості виконання будівельних робіт;

Здача котеджу в експлуатацію в установлені терміни.

8. Фінансування проекту

8.1. Фінансування проекту здійснюється Замовником.

8.2. Замовник зобов'язаний виділити кошти на реалізацію проекту в установлені терміни та в обсязі, передбаченому кошторисом проекту.

9. Відповідальність учасників проекту

9.1. Учасники проекту несуть відповідальність за виконання своїх зобов'язань, передбачених цим Статутом.

9.2. За невиконання або неналежне виконання своїх зобов'язань учасники проекту несуть відповідальність згідно з чинним законодавством України.

10. Контроль за ходом реалізації проекту

10.1. Замовник має право здійснювати контроль за ходом реалізації проекту.

10.2. Підрядник зобов'язаний надавати Замовнику всю необхідну інформацію про хід реалізації проекту.

11. Прийняття проекту

11.1. Котедж вважається прийнятим в експлуатацію після підписання акта приймання-передачі сторонами.

12. Внесення змін до Статуту проекту

12.1. Зміни до Статуту проекту можуть бути внесені за згодою сторін.

Підписи сторін

Висновки до третього розділу

1. BIM – Інформаційне Моделювання Будівництва інтегрований зі штучним інтелектом – це високоефективний цифровий метод реалізації будівельних проєктів. BIM створює цінність в ході спрямованої цифрової взаємодії людей, процесів та інструментів протягом всього життєвого циклу будівельного проєкту. Таким чином проєкт будівельного об'єкта виграє в прозорості, якості, надійності витрат і термінів реалізації в цифровому середовищі.

2. Взаємодія BIM з системами ІІІ сприяє значному скороченню термінів проєктування та передачі конструкторської документації для будівництва, підвищенню якості конструкторських та кошторисних документів, а також точності розрахунків. BIM дозволяє вибирати оптимальні варіанти реалізації проєкту на основі математичного аналізу та оцінки технічних, технологічних та економічних характеристик виробництва і експлуатації об'єкта. Крім того, в умовах цифрового середовища використання BIM відчутно зменшує суб'єктивізм у прийнятті управлінських рішень на будівельних підприємствах.

3. Впровадження BIM-технологій разом з інтегрованою системою ІІІ у будівельній галузі відкриває компаніям доступ на світовий ринок, підвищує якість продукції, привертає нових замовників і дає можливість працювати над більш складними і оригінальними проєктами. В майбутньому ключову роль візьмуть на себе компанії, які володіють досвідом роботи з інформаційними моделями. Тому ми детально проаналізували основні переваги використання BIM на етапах проєктування, будівництва, експлуатації, а також на етапі управління нерухомістю.

4. Розглянуто програмне забезпечення для архітектурно-будівельного проєктування, інженерних та будівельних розрахунків, вивчили їх переваги та можливості, а також недоліки. Наступні кроки для розвитку BIM з інтегрованими системами ІІІ в Україні повинні включати такі заходи: включення опису та присвоєння статусу інформаційній моделі до сучасних стандартів та передового досвіду ІІІ; впровадження BIM на державному рівні

за допомогою спеціальних програм нормативної адаптації BIM-комплексів та стимулювання розвитку власного спеціалізованого програмного забезпечення; реалізація пілотних проектів для створення інформаційних моделей типових об'єктів та цифрування існуючих будівель та систем; створення геоінформаційної бази даних міст, що є важливим кроком у сталому розвитку міського середовища та електронної демократії.

5.Отриманий методологічний апарат 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 проекту, а також є інструментом управління циклом та середовищем будівельного проекту.

6.При формуванні аналітичної бази дослідження виявилось доцільним 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". Успішне функціонування та розвиток будівельних організацій-учасників проектів у цифровому середовищі вимагає обґрунтованого підходу до формування їх конкурентної стратегії. Конкурентна стратегія виконавців робіт та проектів - це сукупність правил і прийомів, за якими повинна керуватися будівельна організація, готова до змін у своїй діяльності через впровадження цифрового управління. Цифрова стратегія передбачає повномасштабну цифрову трансформацію, яка ґрунтується на стратегії цифрового розвитку компанії. Впровадження заходів, передбачених цифровою стратегією, потребує комплексного підходу, що охоплює розвиток компанії з різних напрямків. Розуміння тенденцій цифрового середовища і будівельного ринку дозволить компаніям раціонально використовувати цифровий потенціал і ефективно визначати шляхи подальшого цифрового розвитку будівельних організацій.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

4.1 Цифровізація діяльності будівельних організацій та проєктів

"Цифровізація діяльності будівельних організацій та проєктів" розглядає процеси впровадження та застосування цифрових технологій у будівництві та управлінні будівельними проєктами. Розглянемо такі аспекти цифровізації.

Необхідність цифровізації. Пояснюється, чому цифровізація стала важливою для будівельної галузі і які виклики вона допомагає вирішувати. Це може включати збільшення ефективності, підвищення якості та безпеки будівництва, зменшення витрат і термінів проєктів, а також підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Основні напрями цифровізації. Описується, які конкретні технології та інструменти використовуються в цифровізації будівництва. Це можуть бути Building Information Modeling (BIM), ШІ (системи хмарних обчислень, системи управління даними тощо), віртуальна реальність, інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), блокчейн та інші.

Переваги цифровізації. Розглядаються позитивні наслідки впровадження цифрових технологій у будівництві, такі як збільшення продуктивності, зменшення помилок та ризиків, підвищення якості проєктів, підвищення зручності та швидкості спілкування між учасниками будівельного процесу.

Виклики та перешкоди. Описуються труднощі, з якими можуть зіткнутися підприємства під час цифровізації будівельної діяльності, такі як високі витрати на впровадження технологій, нестабільність у законодавстві, складнощі у впровадженні нових практик та культури в організаціях.

Приклади успішної цифровізації. Наводяться приклади компаній чи проєктів, де успішно впроваджено цифрові технології та отримано позитивні результати.

Майбутні тенденції. Обговорюються прогнозовані напрями розвитку

цифровізації у будівництві, можливі інновації та технологічні зміни, які можуть змінити спосіб, яким будується майбутнє.

Перехід від аналогової до цифрової економіки має велике значення для всієї суспільної системи. Це не лише твердження, але й реальність, яка стає очевидною: технології перетворюють світ та спосіб, яким ми живемо. Все, що можна цифровізувати, отримує таку можливість.

Одним з ключових аспектів адаптації будівельної галузі до викликів сучасності є цифрова трансформація підприємств до рівня SMART. Це не лише впровадження новітніх технологій та інструментів у виробництво та управління, а й вдосконалення всіх процесів і підвищення конкурентоспроможності.

Згідно дослідження компанії BCG, сучасний етап визначається як епоха постійних трансформацій. Відбуваються зміни, які вимагають уваги та реакції керівництва та фахівців на щоденній основі. Одним з таких викликів є перехід до цифрової економіки, який призводить до ключових змін у системі управління організації. Зростає важливість навчання і знань, і не лише знаходження кваліфікованих кадрів, але й створення умов для постійного розвитку знань кожної особи та компанії в цілому.

Цифрова трансформація охоплює внутрішні процеси підприємств і механізми їх взаємодії з зовнішнім середовищем, пристосовуючись до впливу цифрових технологій та їх впровадження.

Основною складовою процесу трансформації є стратегія цифровізації будівельних підприємств, яка включає три ключові напрямки.

Розвиток інноваційного потенціалу через інвестиції в цифрові технології. Інвестування в цифрові рішення підвищує капіталоемність виробництва, розширюючи технічні можливості працівників та збільшуючи продуктивність. Цифрові технології також сприяють зростанню ефективності праці, дозволяючи краще використовувати наявні ресурси та оптимізувати виробничі процеси.

Один з прикладів впливу цифрової трансформації на будівельний сектор - використання «хмарних» автоматизованих систем для проектування, управління будівництвом та організацією в цілому. Це ефективний спосіб впровадження цифрових інновацій, який дозволяє економити час і кошти, у порівнянні зі створенням та підтримкою власних цифрових підрозділів.

Досвід показує, що кожне десяти процентне збільшення інвестицій в цифрові технології призводить до зростання обсягів виробництва на 0,5-0,6%. При цьому, наявність як високоякісної технологічної бази, так і ефективної системи управління та кадрової політики, сприяє ще більшому підвищенню продуктивності праці.

Таким чином, цифрова стратегія включає в себе інвестування в технології, оптимізацію виробничих процесів та підвищення продуктивності праці, що відображається на зростанні результативності будівельних підприємств.

Оптимізація кадрової політики для успішного впровадження цифрової стратегії зумовлює перехід від звичайної ієрархічної організаційної структури до впровадження персоналу різних рівнів, залежно від їх готовності до цифрової трансформації будівельної компанії:

Експерти - це висококваліфіковані спеціалісти, які відповідають за розробку інформаційної інфраструктури та технологічну базу цифрової трансформації. Вони можуть бути як у штаті компанії, так і залучатися як зовнішні консультанти.

Агенти змін - це фахівці, які впроваджують цифрову стратегію на рівні організації. Вони можуть розуміти технічні аспекти цифрових інновацій і вміло перетворювати їх на зміни в бізнес-процесах, а також впроваджувати їх на всіх рівнях компанії.

Персонал, що набуває цифрові навички, залучений на всіх етапах діяльності організації. Після відповідної перепідготовки вони можуть переходити до ряду спеціалізованих посад, таких як фахівці з цифрової

стратегії, директори по цифровим технологіям, керівники поставок, фінансові керівники та директори з маркетингу.

Цифрова трансформація будівельної компанії не обмежується лише впровадженням окремих ІТ-технологій у виробничі процеси. Вона передбачає цілісну перебудову компанії, включаючи вдосконалення корпоративної культури, щоб створити ефективний механізм цифрового розвитку, який базується на взаємодії персоналу та впровадженні сучасних цифрових методів.

Корпоративна культура повинна ґрунтуватися на наступних принципах.

Розглядання ризикових ситуацій як нормальної умови реалізації проектів, з можливістю відмови від деяких проектів для досягнення цілей цифрової стратегії будівельної компанії.

Перевага надається реалізації пілотних проектів та постійному вдосконаленню навичок персоналу.

При наймі персоналу оцінюється не лише його кваліфікація, але і відповідність прийнятним в організації нормам цифрової корпоративної етики.

Стратегія цифрової трансформації вимагає комплексного підходу до кадрової політики, оскільки вона тісно пов'язана з персоналом, що бере участь у її реалізації.

Сучасні дослідження про підбір персоналу показують, що на ринку праці присутні чотири різних покоління: Baby Boomers (народжені після Другої світової війни, 1945-1964), Generation X (1965-1979), Generation Y (1980-1994) і Generation Z (1995-2009/12).

Взаємодіючи з персоналом, важливо враховувати особливості різних поколінь. Для вирішення протиріч між поколіннями можна використовувати різні методи і канали взаємодії з персоналом. Наприклад, молодше покоління співробітників може бути більш зацікавленим у спільному прийнятті рішень, тоді як старше покоління може більше цінувати реалізацію конкретних заходів.

Підбор комбінації підходів до контролю за діяльністю співробітників допоможе ефективно реалізувати стратегію цифрової трансформації шляхом максимального використання потенціалу всього персоналу.

Аналіз великого обсягу цифрових даних дозволяє компаніям бути динамічними.

Визначати набір навичок, які будуть потрібні найближчим часом.

Виявляти напрямки, в яких передбачається дефіцит персоналу з необхідною кваліфікацією.

Застосувати отримані знання у систему найму співробітників через створення цифрового середовища.

Цей підхід до оптимізації кадрової політики призводить до адекватної оцінки потенційних можливостей будівельної компанії, більш раціонального використання ресурсів та, наслідок, до підвищення продуктивності праці та конкурентоспроможності.

Розвиток будівельної компанії через удосконалення процесів управління та контролю стає критично важливим у цифрову еру будівництва. Зі зростанням обсягу даних про об'єкти будівництва складність їх обробки збільшується, що вимагає перегляду підходу до управління будівельною компанією.

Розвиток системи організаційно-технологічної структури управління будівельними підприємствами є основою їх ефективної діяльності, оскільки дозволяє вдосконалити підходи до планування і контролю. У зв'язку зі складністю багатьох сучасних проектів у будівництві необхідно трансформувати інструменти, технології та методи управління для ефективного ведення бізнесу в цифровому середовищі.



Рис.4.1 Принципи Lean щодо застосування в будівельних проєктах [142].

Перетворення підприємства означає перехід від поточного стану до бажаного. У контексті Lean-трансформації це включає усвідомлення нового способу мислення та дії, не лише послідовного виконання кроків або рішень, але й визначення чітких цілей, процесів та людей.

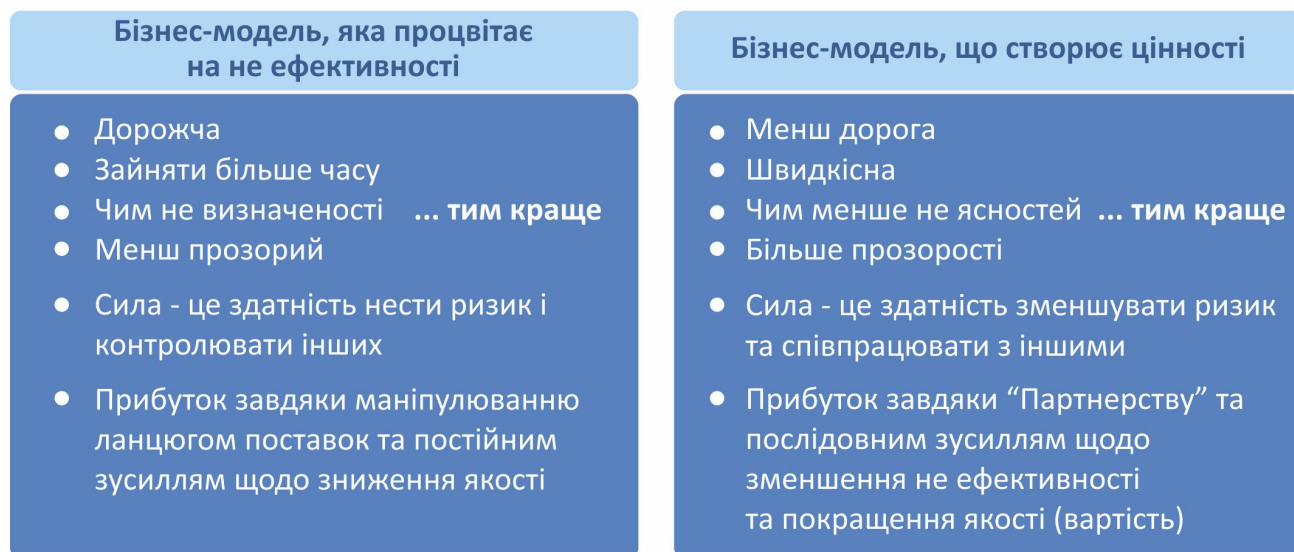
Раціоналізація процесів контролю в рамках цифрової трансформації підприємства включає наступні заходи:

- моніторинг існуючих методів контролю для визначення їх ефективності при реалізації інвестиційно-будівельних проєктів;
- стандартизація нововведень і розробка методів для подальшого відстеження ефективності їх використання.

На завершення трансформації процесів контролю потрібно виявити області, які наразі не піддаються контролю або їхні дані не є надійними, і розробити заходи для їх інтегрування в процес контролю з метою створення єдиної цифрової системи управління організацією.

БІЗНЕС-МОДЕЛІ

ДАВАЙТЕ ВИЙДЕМО З БІЗНЕСУ “НЕ ЕФЕКТИВНОСТІ” І ПЕРЕЙДЕМО ДО СТВОРЕННЯ “ЦІННОСТЕЙ”



СТВОРЮВАТИ КРАЩЕ, ШВИДШЕ, ДЕШЕВШЕ (ЕФЕКТИВНІШЕ)

ЗАКУПІВЛІ

ЯКЩО МИ ЗБИРАЄМОСЬ «ПОБУДУВАТИ ДВІЧІ», МИ МУСИМО «КУПУВАТИ ДВІЧІ»

- Інженери займаються проектом
- Підрядники займаються будівництвом
- Відійти від тендерних контрактів
- Просуватися до укладання партнерських або альянських контрактів

БУДІВНИЦТВО - ФРАГМЕНТОВАНИЙ ПРОЦЕС



ВИРОБНИЦТВО – ВЕСЬ ПРОЦЕС ВІД ПОЧАТКУ ДО ЗАКІНЧЕННЯ

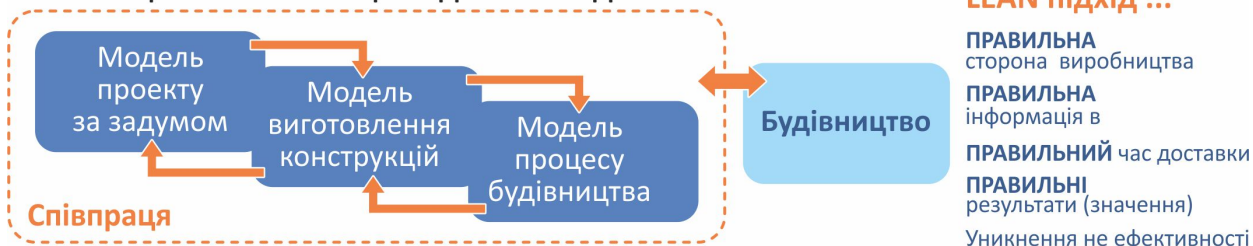


Рис.4.2 Lean підхід у розвитку бізнес-моделей [142].

ВІДНОСИНИ МІЖ LEAN ТА BIM

LEAN = Зменшення не ефективності

BIM = Управління інформацією



ЯКІСТЬ ІНФОРМАЦІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

- Не ефективність "не додає цінності"
- Не ефективно витрачений час чи сили
- Дублювання зусиль
- Робота на корзину
- Переробка
- Стоп-Пуск
- Очікування
- Надання даних з запізненням
- "Вогнеборство"
- Надмірна адміністрація договору
- Спор
- Судовий процес

>30%



Рис.4.3 Відносини між Lean та BIM

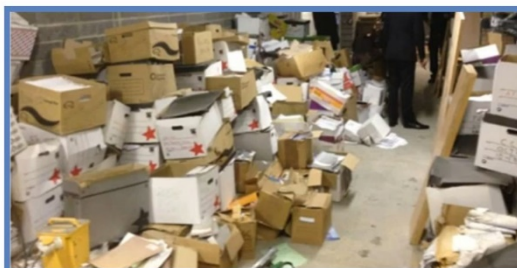
ЦИФРОВИЙ TWIN

ФІЗИЧНІ АКТИВИ

Напр. Блок подачі повітря



БЕЗ BIM?



ДОКУМЕНТИ

- Креслення
- Графіки
- Технічні характеристики
- Кошторис
- Паспорт продукту
- Сертифікати введення в експлуатацію
- Технічні подання
- Посібник оператора
- Записи
- І т. інш

Рис.4.4 Цифровий TWIN без BIM

ЦИФРОВИЙ TWIN

ЗАГАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДАНИХ (CDE)

ФІЗИЧНІ АКТИВИ

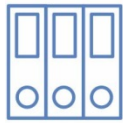
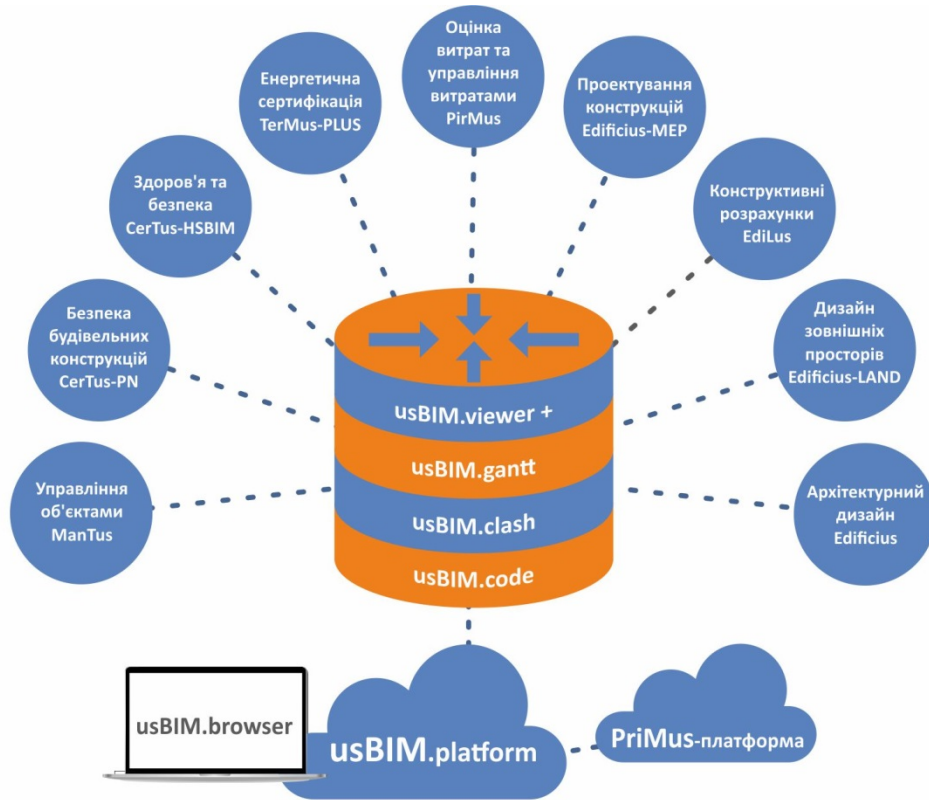
Напр. Блок подачі повітря



3 BIM



Рис.4.5 Цифровий TWIN з BIM



Середовище обміну даними з інтегрованими програмами та послугами для управління всім життєвим циклом будівництва від фази проектування до будівництва, управління майданчиком та обслуговування об'єкта.



Робочий процес процеси і процедури для огляду / підтвердження проектної документації



Виділена хмарна інфраструктура створювати та керувати BIM-моделями, підтримувати обмін даними та спільну роботу



Ведення журналу і аудит Відстежуйте дії і забезпечуйте свідоцтва історичній послідовності виправлень і змін, внесених в спільно використовувані дані.



Відкрита платформа, доступна і використовувана в Інтернеті на основі відкритих форматів, сертифікованих buildingSMART International для забезпечення максимальної сумісності



Доступність через процедуру входу в систему з регульованими рівнями авторизації доступу для кожного користувача (тільки читання, редагування, повна перевірка і завантаження)



Вдосконалена система будівельної розвідки оснащена інноваційними функціями для збору та аналізу даних та планування завдань діяльності



Переглядач IFC на основі браузера читання файлів обміну в стандартному форматі IFC



Хмарна інфраструктура масштабована, доступна з будь-якого місця в будь-який час будь-ким, хто має будь-який пристрій



Управління комунікаціями та повідомленнями як внутрішні, так і зовнішні по відношенню до CDE (електронна пошта)



Розподіл ролей та обов'язків захист інформаційних активів та запобігання шахрайству та помилкам



Конфіденційність і безпека, що гарантують безпеку даних і управління конфіденційністю по протоколу https

Рис. 4.6. Платформа для інтеграції BIM

4.2 Прикладні аспекти формування цифрового простору будівельних проєктів на основі застосування штучного інтелекту та BIM моделей

Прикладні аспекти формування цифрового простору будівельних проєктів охоплюють широкий спектр технологій та методів, що застосовуються для оптимізації та підвищення ефективності будівництва. Розглянемо деякі з аспектів.

Інформаційне моделювання будівель (BIM). Використання BIM дозволяє створювати цифрові моделі будівлі або споруди, які містять інформацію про їхню геометрію, матеріали, конструкції та інші важливі характеристики. Це дозволяє учасникам проєкту спільно працювати над моделлю, уникнути конфліктів та помилок, а також оптимізувати процес планування та будівництва.

Віртуальна реальність (VR) та розширена реальність (AR). Використання VR та AR дозволяє створювати іммерсивні візуалізації будівельних проєктів, які дозволяють учасникам проєкту легше сприймати простір та взаємодіяти з ним. Це може бути корисним для вирішення проблем проєктування, планування робіт та взаємодії з клієнтами.

Інтернет речей (IoT). Впровадження IoT в будівельні проєкти дозволяє збирати різноманітні дані про стан будівлі та її елементи. Це може включати в себе моніторинг енергоспоживання, вологості, температури та інших параметрів, що дозволяє оптимізувати експлуатацію та забезпечувати більш ефективне управління будівлею.

Штучний інтелект (AI) та аналітика даних. Використання AI та аналітики даних дозволяє аналізувати великі обсяги інформації, що збираються під час будівництва. Це може включати в себе прогнозування ризиків, оптимізацію ресурсів, управління робочою силою та багато іншого.

Цифрові технології управління проєктами. Використання спеціалізованих програм для управління проєктами дозволяє керувати різними аспектами

будівельного процесу, від планування та розподілу ресурсів до моніторингу виконання робіт та вирішення проблем.

Ці аспекти спільно використовуються для створення цифрового простору будівельних проєктів, що допомагає покращити ефективність та результативність будівництва.

Цифрова платформа будівельних проєктів - це інтегрована система інформаційних технологій, яка спрощує та оптимізує управління будівельними проєктами від початку до завершення. Основними компонентами цифрової платформи є програмне забезпечення та інтерфейси, які дозволяють різним учасникам будівельного процесу спілкуватися, обмінюватися інформацією та спільно працювати над проєктом.

Цифрова платформа будівельних проєктів зазвичай містить наступні основні елементи:

- інтегрована база даних - це централізована система зберігання даних, яка містить інформацію про всі аспекти будівельного проєкту, включаючи плани, креслення, специфікації, розрахунки та інші важливі документи;
- веб-платформа для спілкування: це інтерактивне середовище, де учасники проєкту можуть обговорювати питання, ділитися інформацією, вносити зміни та вирішувати конфлікти;
- інструменти для візуалізації. Цифрова платформа надає можливість створювати тривимірні моделі будівлі та інших конструкцій, що допомагає учасникам проєкту краще розуміти його об'єм та особливості;
- інструменти аналізу та управління: це програмні засоби, які дозволяють вести моніторинг виконання проєкту, виявляти потенційні ризики, планувати ресурси та контролювати бюджет;
- інтеграція з іншими системами. Цифрова платформа може бути інтегрована з іншими програмами та сервісами, такими як системи управління відносинами з клієнтами (CRM), системи управління виробництвом (ERP) та інші.

Цифрова платформа будівельних проєктів спрощує комунікацію, формується у вигляді контекстних баз знань систем штучного інтелекту, збільшує ефективність та допомагає уникнути помилок, що може призвести до затримок та перевищення бюджету.

На основі аналізу основних вимог до сучасних інформаційних систем у будівельній галузі, розроблена модель єдиного інформаційного простору для будівельного підприємства, яка відповідає матриці цифрової економіки. Ця модель пропонує широкі функціональні можливості, продуктивність і масштабованість, а також адаптовану платформу та методики управління, ґрунтуючись на організаційно-технологічній стратегії. Вона дозволяє будівельним підприємствам досягти прозорого і ефективного бізнесу без зайвих витрат.

Модель розроблена для автоматизації всіх етапів циклу управління, таких як формування мети, планування, облік, контроль і аналіз. Це дозволяє в єдиній управлінській базі за єдиною методологією ставити цілі та завдання, планувати ресурси для їх досягнення, контролювати витрати та оцінювати відхилення.

Модель автоматизує облік, планування, контроль і аналіз в єдиній системі на основі цілей функціонування. Вона ґрунтується на поточному зіставленні планових (нормативних) і фактичних показників, що дозволяє контролювати досягнення цілей і досягати ефективності як в оперативному, так і в стратегічному плані.

Модель дозволяє автоматизувати різні стратегії управління, які базуються на плануванні і контролі вимірюваних показників, а також на процесному підході. Уніфікований підхід до організаційно-технологічної структури управління будівельними підприємствами (ОТСУБП) у цифровому середовищі має наступні особливості (рис. 4.10).

Технологія. ОТСУБП реалізований за принципом конструктора, що дозволяє створювати і описувати всю діяльність підприємств і холдингових

структур у вигляді бізнес-процесів без необхідності кодування і конфігурації, автоматизуючи весь цикл управління.

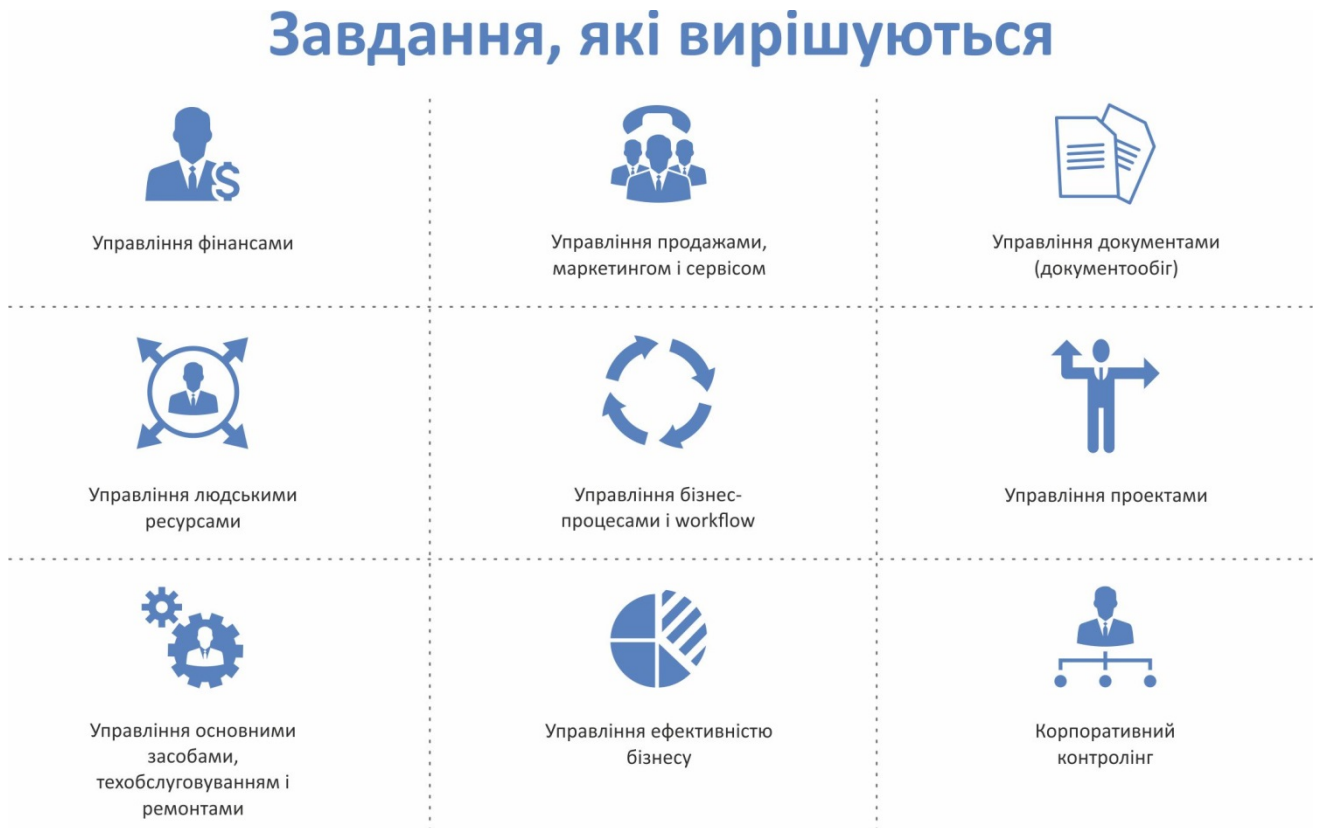


Рис.4.7 Завдання організаційно-технологічного управління на цифровій платформі

Методологія. В основі продукту лежить методологія управління, яка підтверджена сотнями успішних проектів. Реалізація цієї методології дозволяє автоматизувати всю систему управління бізнесом з метою ефективного використання наявних ресурсів для досягнення фінансових цілей.

Результат. Впровадження цілісної моделі управління і гнучкого процесного підходу створює прозору, зрозумілу і керовану систему. У єдиній управлінській базі за єдиною методологією можна ставити цілі, планувати ресурси для їх досягнення, контролювати витрати ресурсів і оцінювати відхилення. Дії та результати підрозділів, включаючи кожного співробітника, взаємопов'язані і спрямовані на досягнення цілей компанії.

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СТРУКТУРА УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ (ОТСУБП) У ЦИФРОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Функціонал продукту дозволяє автоматизувати всі основні області управління будівельною компанією,
а також забезпечити наскрізну, безперервну взаємодію між ними.



Створена комплексна система класу ERP

Рис. 4.8 Організаційно-технологічна структура управління будівельними підприємствами (ОТСУБП) у цифровому середовищі

Висновки до четвертого розділу

1. Проведено дослідження, що включало якісний аналіз цифрових технологій, оцінку їх взаємозв'язку та переваг, що можна отримати від їх застосування. Таким чином, інвестування в організаційний капітал (корпоративна культура і організаційна структура), людський капітал і цифрові технології слід розглядати як інвестиції в конкурентоспроможність будівельних підприємств у цифровому середовищі. На найближчій перспективі ключовими аспектами є перетворення робочих місць у "цифрові" на основі застосування штучного інтелекту та усвідомлення та підготовка відповідних ініціатив, включаючи законодавчі, для сприяння переходу українського бізнесу та професійних середовищ на "цифрові" робочі місця.

2. Вибір інформаційних систем для створення інтегрованої інформаційної системи для будівельного підприємства обґрунтовано на основі їхньої потужності забезпечити ефективну роботу робочих процесів, систем управління проектами та фінансового управління. У перехід до "цифрового будівництва" враховується автоматизація всіх етапів та процедур протягом життєвого циклу будівельних об'єктів. Модель єдиного інформаційного простору для будівельної компанії, яка враховує матрицю цифрової економіки, пропонується на основі аналізу основних вимог до сучасних інформаційних систем у будівельній галузі. Для створення інтегрованої інформаційної системи будівельного підприємства та вибору її компонентів пропонується використання методу, що поєднує функціональну повноту та експертну оцінку. Розроблена модель організаційно-технологічної структури управління будівельними підприємствами у цифровому середовищі дозволяє генерувати та ранжувати варіанти інтегрованої інформаційної системи на основі різних компонентів, таких як оцінка вартості будівництва, системи планування та інформаційне моделювання.

3. Запропоновано та обґрунтовано цифровий простір для організаційно-технологічного моделювання життєвого циклу будівельного проекту. У відміню від звичайного підходу до використання BIM-технологій у поєднанні з штучним інтелектом, у даній роботі застосовуються BIM та супутні цифрові технології

спільно для створення комплексної моделі життєвого циклу будівельного проекту. При цьому структурування стадій та робіт у будівельних проектах не базується на технологічних аспектах та розділах проектно-кошторисної документації, а на укрупнених комплексах робіт, які виконує певна організація та регламентуються відповідними тристоронніми угодами між замовником, девелопером та виконавцем. 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, графоморфологічний фрагмент елементу-роботи в складі інтегрованої моделі циклу, а також масив організаційно-технологічних та адміністративно-управлінських параметрів.

4. Розроблено низку конкретних рекомендацій щодо змісту, регламенту та організаційно-технологічних моделей виконання підрядних робіт у цифровому середовищі будівельних проектів. Умови пандемії COVID-2019 підкреслили важливість використання технології інформаційного моделювання будівель (BIM) для подолання територіальних, функціонально-технологічних, комунікативних та економічних обмежень та сприяють співпраці між фахівцями, які працюють у віддалених командах. Інтегрований процес проектування з використанням технології BIM сприяє кращому розумінню фахівцями сутності проекту та прийняттю обґрунтованих рішень на всіх його етапах. Важливою є швидка імплементація програм цифрової освіти для розвитку будівельного менеджменту від BIM-технологій до драйверів Індустрії 4.0, а також розширення організаційних структур управління будівельними проектами залученням мобільних "цифрових реагувань" на основі BIM-технологій для забезпечення поточних змін у виконанні проектів. Нові стандарти мають включати опис та закріплювати статус інформаційної моделі, а впровадження BIM на державному рівні потребує спеціальних програм нормативної адаптації та пілотних проектів для розвитку цифрових технологій у будівництві та містобудуванні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота зосереджена на розв'язанні науково-прикладного завдання створення інноваційних моделей виконання підрядних робіт у цифровому середовищі на основі BIM-технологій та будівельного менеджменту.

Отримані результати та висновки дослідження відіграють важливу роль у розвитку науки шляхом переосмислення методологічних підходів до організаційно-технологічного моделювання. Ці результати дозволяють системно застосовувати ці підходи для сучасного управління будівництвом, поєднуючи їх з інноваційними BIM-моделями нового покоління та штучним інтелектом.

Для практичного застосування, значення отриманих результатів полягає в удосконаленні змісту та аналітичного конструктивного організаційно-технологічного моделювання та адміністрування будівництва. Це стає важливим практичним інструментом для успішного розвитку будівельної галузі, сприяючи покращенню процесів управління, ефективному впровадженню інновацій та застосуванню штучного інтелекту.

Результати досліджень, викладених у дисертації, дозволили зробити наступні висновки.

1. Обґрунтуванні напрями та можливості застосування сучасних технологій штучного інтелекту для розвитку системи менеджменту будівельних проєктів. Основним напрямком використання BIM-технологій, інтегрованих зі штучним інтелектом в будівництві, є трансформація різноманітних графічних і табличних елементів, які складають проєктно-кошторисну документацію, в одну систему інфо-графічних модулів, що інтегруються у єдину інформаційно-пошукову систему. Наразі, на вітчизняному будівельному ринку та в системах адміністрування будівництвом, BIM-технології залишаються переважно допоміжним засобом візуального та аналітичного відображення змісту будівельного проєкту як об'єкту будівництва та інвестування. Проте, стратегічною тенденцією цього ринку є перетворення у єдине середовище будівельного проєкту та формату адміністрування будівництвом. З урахуванням цих стратегічних аспектів, стає очевидною необхідність переорієнтації та адаптації функціонального

змісту та графо-аналітичної структури BIM-технологій до особливостей підготовки та організації циклу будівельного проекту - від формування початкової інвестиційно-продуктової ідеї до завершення дії контракту. Таким чином, BIM-технології вже не можна розглядати виключно як додатковий інструмент візуалізації ходу проектного циклу.

2. Розроблені моделі спільного застосування BIM технологій та штучного інтелекту у процесах менеджменту будівельного проекту. Було доведено, що в умовах розвитку інформаційно-комунікаційних технологій цифровий простір будівельної галузі, який включає будівельні проекти та учасників будівництва, стає альтернативою традиційному будівельному бізнесу, який функціонує в зміненому середовищі будівельних проектів. Технології, пов'язані з проектуванням і будівництвом (наприклад, BIM, доповнена реальність, лазерне сканування), сприяють підвищенню ефективності реалізації інвестиційно-будівельних проектів, тоді як системи аналізу цифрових даних сприяють кращому розумінню тенденцій будівельного ринку.

3. Розроблена концептуальна модель цифрового простору з надбудовою BIM систем та конвергенцією з штучним інтелектом менеджменту будівельного проекту. Під час дослідження були об'єднані наступні ключові компоненти: методологія управління будівельними проектами та цифрове управління будівельними організаціями; науково-прикладні аспекти BIM-технологій та штучного інтелекту; концепція "геометричної економетрики"; сучасні методи формалізованого моделювання та коригування циклу проектів; інноваційні підходи до формування організаційних структур управління будівельним виробництвом з використанням цифрових технологій. Методична база дослідження ґрунтувалась на успішному поєднанні можливостей візуально-графічного використання BIM-технологій, цифрового управління, а також методів графо-аналітичної візуалізації. Отриманий у результаті методичний апарат дозволяє використовувати BIM-технології у будівельному процесі на новому рівні - в якості не лише інструменту графо-аналітичної структуризації фізичних об'ємів виконуваних підрядних робіт, але, перш за все, як сучасну основу варіативного організаційно-технологічного

моделювання робіт та стадій будівельного проекту і як інструмент управління циклом та середовищем проекту.

4. Розроблені рекомендації застосування штучного інтелекту при формуванні змісту, регламентів та моделей управління будівельними проектами з застосуванням інтегрованих BIM технологій. При розробці загально-методичного підґрунтя дослідження були об'єднані такі визначальні компоненти: методологія менеджменту будівельних проектів та цифрового управління будівельними організаціями; науково-прикладні основи BIM-технологій; концепція "геометричної економетрики"; сучасні методи формалізованого моделювання та коригування циклу проектів; новаторські підходи до формування оргструктур управління будівельним виробництвом з використанням цифрових технологій. Методична база дослідження базувалась на результативному поєднанні візуально-графічних можливостей BIM-технологій, цифрових технологій управління, методів графо-аналітичної візуалізації (забезпечених за допомогою "геометричної економетрики"). Отриманий у результаті методичний апарат дозволяє використовувати BIM-технології у будівельному процесі на принципово новому рівні - не лише як інструмент графо-аналітичної структуризації фізичних об'ємів виконуваних підрядних робіт, але, перш за все, як сучасну основу варіативного організаційно-технологічного моделювання робіт та стадій будівельного проекту і як інструмент управління циклом та середовищем проекту.

5 Розроблено та обґрунтовано графо-аналітичний та цифровий простір для моделювання організаційно-технологічного циклу будівельного проекту. На відміну від традиційного підходу до використання BIM-технологій, у цьому дослідженні BIM та супровідні цифрові технології використовуються спільно для створення цілісної моделі життєвого циклу будівельного проекту. При цьому структурування етапів та робіт у будівельних проектах не базується на технологічних аспектах та розділах проектно-кошторисної документації, а на великих комплексах робіт, які виконує певна організація та регламентовані відповідними тристоронніми угодами про субпідряд між замовником, проектувальником та виконавцем. Модель реалізована у багатовимірному

аналітичному просторі, що представляє собою штучно інтегровану "синтетичну" BIM-мережу, яка об'єднує особливості BIM-моделі з інструментами прийняття рішень на основі "геометричної економетрики". Ключовим елементом створеної моделі є BIM-опис, який включає в себе візуально-графічну модель частини об'єкту (будівлі або споруди), що є об'єктом діяльності певного субпідрядника; графоморфологічний фрагмент елементу-роботи в складі інтегрованої моделі циклу; масив організаційно-технологічних та адміністративно-управлінських параметрів, де частина є суворо детермінованою (нормативною), а решта може бути коригованою і підлягати уточненню та наступним змінам після оцінювання надійності відповідального виконавця.

6 Розроблено ряд конкретних рекомендацій щодо впровадження технології BIM та штучного інтелекту у цифрове середовище будівельних проектів:

– Умови пандемії COVID-2019 підкреслили важливість технології інформаційного моделювання будівель (BIM) у подоланні територіальних, функціонально-технологічних, комунікативних та економічних обмежень, а також у поліпшенні співпраці між фахівцями.

– Інтегрований процес проектування з використанням BIM з штучним інтелектом допомагає фахівцям краще зрозуміти суть проекту та приймати обґрунтовані рішення на всіх етапах його реалізації.

– Негайне впровадження програми цифрової освіти в управління будівельними організаціями дозволить забезпечити нові можливості для будівельного менеджменту, від BIM-технологій до драйверів Індустрії 4.0.

– Організаційні структури управління будівельними проектами на рівні об'єктів та компаній мають доповнюватися підрозділами мобільного "цифрового реагування", що використовують BIM-технології для забезпечення необхідних змін у реальному часі.

– Пілотні проекти з розроблення інформаційних моделей типових об'єктів та оцифрування наявних будівель та систем є важливим кроком у напрямку цифрової трансформації.

Список використаних джерел

1. Анін В.І. Оптимізація стратегій будівельної організації в ринкових умовах : монографія. К.: Ратібор, 2004. 242 с.
2. Ансофф И. Стратегическое управление / Ансофф И.; сокр. пер. с англ.; науч. ред. и авт. предисл. Л.И. Евенко. - М.: Экономика, 1989. - 519 с.
3. Барабаш М. С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: монография. Київ : Изд-во «Сталь», 2014. 301 с
4. Беленкова О.Ю. Вплив сезонних коливань на оборотні активи будівельного підприємства. Інвестиції: практика та досвід. 2015. № 19. С.48 - 53.
5. Биба В.В., Гаташ В.С. Стан та перспективи розвитку будівельної галузі України. Галузеве машинобудування, будівництво: 36. наук. праць. Полтава: ПолтНТУ, 2014. вип. 4 (39). Том 2. С.3-9.
6. Білик А. С. ВІМ-моделювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні / А. С. Білик, М. А. Беляєв // Промислове будівництво та інженерні споруди. - 2015. - № 2. - С. 9-15. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2015_2_4. (дата звернення: 10.12.2020).
7. Бондар О.А. Інтерпретаційні моделі управління економічними процесами//Містобудування та територіальне планування.- 2012.-Вип.46.С.80-86.
8. Бондар О.А., Пилипчук О.Д., Халілов Арзу. Аналітичний базис діяльності підрядного підприємства в сучасному цифровому середовищі // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, вип.47 (1), технічний, 2021, с. 87-95 DOI: 10.32347/2707-501x.2021.47(1).87-95
9. Бондарчук Л.В. Удосконалення організаційної структури підприємства в системі ефективного менеджменту персоналу. Х.: ХГУ, 2008. 4 с.
10. Борисенко З.М. Основи конкурентної політики: Підручник. - К.: Таксон, 2004. - 704 с.
11. Бушуєв С., Тихонович Ю., Черниш О., Сухонос Н., Халілов А. Креативні принципи управління інноваційними проектами в середовищі BANI. Управління розвитком складних систем. Київ, 2024. № 57. С. 6 – 11, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.57.6-11](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.57.6-11).

12. Бушуєв, С., Душкін, А., Козлов, В., Чернова, О., Осадчий, В., & Тахмазов, С. Еволюція ІТ-професії в контексті експоненційного зростання в епоху штучного інтелекту і диджиталізації. *Управління розвитком складних систем*, (56), 2023, 6–13. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.6-13>

13. Бушуєв, С., Бушуєва, В., & Засуха, І. (2021). КОНЦЕНТРИЧНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО СЛІДУ ПРОЕКТІВ. *ГРААЛЬ НАУКИ*, (8), 193-201. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.24.09.2021.36>

14. Бушуєв С.Д., Ярошенко Р.Ф., Ярошенко Т.О. Матрична технологія управління проектно-орієнтованою діяльністю фінансових установ в умовах кризи. *Вісник НТУ «ХП»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Х. : НТУ «ХП», 2014. № 2 (1045), С.3-10.

15. Бушуєв С. Д., Пілюхіна К. В., Бабаєв Д. Формування ціннісно-орієнтованого лідерства в менеджменті проектів ядерної безпеки. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 55. С. 5–10, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.55.5-10](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.55.5-10).

16. Бушуєв С. Д. Креативные технологи управления проектами и программами. Монография /С. Д. Бушуєв, Н. С. Бушуєва., И. А. Бабаєв, В. Б. Яковенко, Е. В. Гриша, С. В. Дзюба, А. С. Войтенко. К.: «Саммит-Книга», 2010. – 768 с.

17. Бушуєв С. Д., Харитонов Д. А., Рогозина В. Б. Организационные патологии управления проектами – *Управління розвитком складних систем* № 10, 2012, с. 5-8.

18. Бушуєв С. Д., Бушуєв Д. А., Бушуєва Н. С., Козир Б. Ю. Інформаційні технології розвитку компетенцій менеджерів з управління проектами на основі глобальних трендів. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2018, Том 68, № 6.

19. Верхоглядова Н. Інформаційне забезпечення управління конкурентоспроможністю будівельного підприємства / Н. Верхоглядова, О. Кононова // *Науковий вісник [Одеського національного економічного університету]*. - 2016. - № 4. - С. 47-58.

20. Воронкова А.Е., Калюжна Н.Г., Оленко В.І. Управлінські рішення в забезпеченні конкурентоспроможності підприємства: організаційний аспект: Монографія. - Х.: ВД „ІН- ЖЕК”, 2008. - 512 с.;

21. Геращенко І. М. Система показників оцінювання конкурентоспроможності підприємств на ринку праці / І. М. Геращенко // Економіка та управління підприємствами будівельної галузі. - 2013.

22. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436 - VI (Редакція від 27.02.2021).

23. Данкевич Н.О. Оцінка організаційно-технологічних рішень будівельного проекту за допомогою імітаційного моделювання. Сучасне промислове та цивільне будівництво.-2013. №1 - С. 43-48.

24. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво

25. ДБН А.1.1-94:2010 Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення .

26. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва.

27. ДБН А.2.2-3, п.3.17 «Склад та зміст проектної документації на будівництво»

28. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва

29. ДБН В.1.2-11-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії

30. ДБН В.1.2-5:2007 - Додаток А

31. Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників. Будівельні, монтажні та ремонтно-будівельні роботи. Вип. 64, Р. 1-2, 448 с.

32. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення - 2.5

33. Дубінін Д.В. Метод оцінювання ефективності використання ресурсів будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.: зб. наукових праць, 2015. вип.33. С.166 -175.

34. Єсипенко А.Д. Методи аналізу організаційних і інженерно-технологічних рішень при забезпеченні надійності будівель і споруд.

Нові технології в будівництві. 2005. №1(9). С. 69-71.

35. Закон України від 20.05.1999 № 687-XIV «Про архітектурну діяльність» (Редакція станом на 01.12.2020).

36. Закон України від 16.11.92р. № 2781-XII «Про основи містобудування» (Редакція станом на 16.10.2020).

37. Закон України від 18.09.1991 р.№ 1560-XII «Про інноваційну діяльність» (Редакція станом на 23.07.2017 р.).

38. Закон України від 18.09.1991 № 1560-XII «Про інвестиційну діяльність» (Редакція станом на 13.02.2021).

39. Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності». (Редакція станом на 01.12.2020).

40. Закон № 850-IX від 02.09.2020 р. «Про надання будівельної продукції на ринку» покликаний вирішити в Україні.

41. Збірник аналітичних матеріалів Київ, 2019. Концепція публічного управління у сфері містобудівної діяльності. Аналітична записка No 10 «Розвиток технологічного забезпечення сфери - smart city, BIM-технології, гео-інформаційні системи». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.vin.gov.ua/images/doc/vin/dep-dmba/news/Conc.pdf>. (дата звернення: 10.12.2020).

42. Зельцер Р. Я. Організація будівельної діяльності: підручник. Затверджено МОН України /Р.Я. Зельцер та ін. К.: «МП ЛЕСЯ», 2018. 260 с.

43. Зельцер Р. Я., Дубінін Д.В. Методичні основи створення бінарної системи управління ресурсним забезпеченням будівництва. Будівельне виробництво, 2015. Витт. 5 8. С.13 -17.

44. Інформаційне моделювання в будівництві ((BIM): сутність, етапи, становлення та перспективи розвитку. УДК 330.131.5 Трач Р.В. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://global-national.in.ua/archive/16-2017/99.pdf> (дата звернення: 20.12.2020).

45. Інформаційні технології в будівництві - крок в майбутнє [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://infourok.ru/leksiya-na-temu-informacionnie-tehnologii-v-stroitelstve-1789573.html> (дата звернення: 20.12.2020).

46. Історія BIM технологій. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bimforum.tilda.ws/page4165263.html> (дата звернення: 15.12.2020).

47. Інноваційні концептуальні та формально-аналітичні інструменти обґрунтування, підготовки та впровадження будівельних інвестиційних проектів: монографія / В. О. Поколенко та ін. К. : Видавництво Європейського ун-ту, 2008. 208 с.

48. Квятковська Л. А. Оцінка поточної та довгострокової конкурентоспроможності підприємства / Л. А. Квятковська, Л. Д. Воробйова // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. - 2011. - Випуск 26. - С. 181-187

49. Класифікатор професій ДК 003-95.- Київ. Держстандарт України, 1995.

50. Концепція застосування будівельного інформаційного моделювання в управлінні вартістю життєвого циклу державних об'єктів. Передмова д.держ.упр, проф. В.С. Куйбіди [Автори: О.Ю. Кучеренко, В.П Ніколаєв, Т.В. Ніколаєва, В.С. Судак]. – К.: НАДУ, 2019 р.- 40с.

51. Ляшенко В.І. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку: Монографія / В.І. Ляшенко, О.С. Вишневський -НАН України, Ін-т економіки пром-сті. – Київ, 2018. – 252 с.

52. Майстер, Джан; Віллієрд, Кейрі. Робоче місце: 2020 рік : Як інноваційні компанії залучають, розвивають та утримують співробітників майбутнього вже сьогодні URL: <https://books.google.com.ua/books?id=>(дата звернення: 28.12.2020).

53. Медяник О. І. Інноваційні управлінські рішення в забезпеченні конкурентоспроможності будівельного підприємства / О. І. Медяник // Формування ринкових відносин в Україні. - 2013. - № 10.

54. Мейнлюк А.И., Чернов И.С., Лобаков Л.В. Выбор эффективных моделей реализации проектов в условиях изменяющейся финансовой ситуации. Вісник НТУ «ХПІ», 2014. №2 (1045). С.71- 75.

55. Наказ Мінрегіонбуду № 289 від 06.11.2017 «Про затвердження Переліку об'єктів будівництва, для проектування яких містобудівні умови та обмеження не надаються»

56. Нова п'ятирічка BIM - інфраструктура і розумні міста» В.П. Купріяновській, С.А. Сінягов, Д.Є. Намот, П.М. Бубнов, Ю.В. Купріяновская. <https://cyberleninka.ru/article/n/novaya-pyatiletka-bim-infrastruktura-i-umnye-goroda> (дата звернення: 20.02.2021).

57. Портер Майкл Е. Стратегія конкуренції / Пер. з англ. А. Олійник, Р. Сільський. - К.: Основи, 1997. - 390 с

58. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 р. № 466 «Деякі питання виконання підготовчих і будівельних робіт»

59. Постанова Кабінету Міністрів України від 26 серпня 2020 р. № 752 «Про внесення змін до Порядку затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи»

60. Постанова КМУ від 08 липня 2020 р. № 595 Про утворення Міжгалузевої ради з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації

61. Постанова КМУ від 30 січня 2019 р. № 56. Деякі питання цифрового розвитку.

62. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018- 2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації: розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 січня 2018 року № 67-р URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/proshvalennya-konceptsiyi-rozvitku-cifrovoyi-ekonomiki-ta-suspilstva-ukrayini-na-20182020-rokita-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shodo-yuyi-realizaciyu> (дата звернення: 25.12.2020).

63. Пуцентейло П.Р. Конкурентоспроможність підприємства: методологія аналізу дефініції [Електронний ресурс] / П. Р. Пуцентейло // Інноваційна економіка : наук.-виробн. журн. - 2015. - № 4 (59). - С. 80-86.

64. Програми для BIM проектування - список зарубіжних і російських САПР, які використовують розробки BIM-технології . [Електронний ресурс]. –

[https://www.zwsoft.ru/stati/programmy - dlya-bim-proektirovaniya -- spisok—zarubezhnyh-i-rossiyskih-sapr-ispolzuyushchih--razrabotki-bim-tehnologii](https://www.zwsoft.ru/stati/programmy-dlya-bim-proektirovaniya--spisok-zarubezhnyh-i-rossiyskih-sapr-ispolzuyushchih--razrabotki-bim-tehnologii) (дата звернення: 25.12.2020).

65. «Рішення на основі технології BIM». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://easy-code.com.ua/2011/03/rishennya-na-osnovi-texnologii%D1%97-bim/> (дата звернення: 22.12.2020).

66. «Розвиток процесів підготовки фахівців будівельної сфери для застосування інформаційного моделювання будівель в будівництві» Букунов А.С. Нурулін Ю.Р. С.Г. Редько [Електронний ресурс]– Режим доступу: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/v17-3535.pdf/download/v17-3535.pdf/> (дата звернення: 20.12.2020).

67. Радкевич А. В., Арутюнян І. А. Організація системи матеріального забезпечення будівництва. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізнично-го транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2014. Витт. 3. С. 146-159.

68. РБК України «Зачем BIM украинскому бизнесу». [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://www.rbc.ua/static/longread/bim/index.html>. (дата звернення: 23.12.2020).

69. Розпорядження КМУ від 17 лютого 2021 р. № 152-р Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації.

70. 3D-об'єкти, svg-анімація, покадрова подача відео. <https://mmr.ua/show/podborka-pokazatelnyh-sajtov-za-mart> (дата звернення: 25.12.2020).

71. Савченко В. Ф. Конкуренентоспроможність українських підприємств на міжнародних ринках / В. Ф. Савченко, Є. В. Редька // Науковий вісник Чернігівського державного інституту економіки і управління. Серія 1 : Економіка. - 2014.

72. Саприкіна М., Каба Д. Діалог зі стейкхолдерами: рекомендації компаніям. К.: ТОВ «Фарбований лист», 2011. 475 с.

73. Сочинська-Сибірцева І. М. Забезпечення надійності персоналу як фактор підвищення конкурентоспроможності / І. М. Сочинська-Сибірцева // Проблеми економіки. - 2013. - № 4. - С. 299-304.
74. Супрун Н. А. Корпоративна соціальна відповідальність як чинник сталого розвитку / Н. А. Супрун. // Економіка і прогнозування. - 2009. - № 3. - С. 6174.
75. Талапів В.В. BIM: що під цим зазвичай розуміють. Друге видання. isicad. Ваше вікно в світ САПР. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://isicad.ru/ru/articles.php?Article_num=17298. (дата звернення: 25.12.2020).
76. Талапів В.В. Технологія BIM: суть і основи впровадження інформаційного моделювання будівель - М.: ДМК-прес, 2015. 410 с.
77. Томпсон А.А. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: учеб. для вузов; пер. с англ. А.А. Томпсон, А.Дж. Стрикленд; под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. - М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. - 576 с.
78. Терентьев О.О., Бондар О.А., Арзу Халилов. Підвищення ефективності автоматизованої системи управління комплексної безпеки захисту будівель. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, вип.47 (2), технічний, 2021, с. 87-95 с. 64-77.
79. Тридід О. М. Організаційно-економічний механізм стратегічного розвитку підприємства: монографія. Харків: ХДЕУ, 2002. 364 с.
80. Цифрова адженда України – 2020 («Цифровий порядок денний» – 2020): Концептуальні засади (версія 1.0). Першочергові сфери, ініціативи, проекти «цифровізації» України до 2020 року: Проект URL: <https://uccr.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf> (дата звернення: 20.12.2020).
81. Чіковская І. Впровадження BIM - досвід, сценарії, помилки, висновки [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16407. (дата звернення: 20.12.2020).
82. Шекшуев О.А. Інноваційний розвиток будівельних підприємств як фактор підвищення стійкості та конкурентоспроможності. Коммунальное

хозяйство городов: научно-техн. збір-ник. Сер.Економічні науки. 2009. №. 87. С.152-156.

83. A Leader's Guide to "Always-On" Transformation / Jim Hemerling, Diana Dosik, and Shaheer Rizvi (BCG). 2015.

84. Ablyazov T., Asaul V. On competitive potential of organization under conditions of new industrial base formation // SHS Web of Conferences. 2018. Vol. 44. 00003.

85. Barabash M. Issues of Resistance to Progressive Failure of Load-Bearing Systems in Lira-Saprr Software. Advances in Science and Technology. 2022. Vol. 114. P. 17–25.

86. Barabash M. Some aspects of modelling nonlinear behaviour of reinforced concrete. Strength of Materials and Theory of Structures. 2018. No 100. P. 164–171

87. Bloom, N., Sadun R., Van Reenen J. Americans Do IT Better: US Multinationals and the Productivity Miracle // American Economic Review. 2012. Vol. 102. № 1. P. 167-201.

88. S. D. Bushuyev, N. S. Bushuyeva, D. A. Bushuiev, and B. Y. Kozyr, "DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL PROGRAMS ON THE BASIS OF THEIR DIGITAL FOOTPRINT", ITLT, vol. 87, no. 1, pp. 18–32, Mar. 2022, doi: 10.33407/itlt.v87i1.4832.

89. Bushuyev, S.D., Bushuyev, D.A., Rogozina, V.B., Mikhieieva, O.V. "Convergence of knowledge in project management". Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2015, 2015, pp. 496-500, doi: 10.1109/IDAACS.2015.7341355.

90. Bushuyev, S., Verenych, O. The Blended Mental Space: Mobility and Flexibility as Characteristics of Project/Program Success. 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2018

91. Obradović, V., Todorović, M., Bushuyev, S. Sustainability and Agility in Project Management: Contradictory or Complementary? 2018 IEEE 13th International

Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2018 – Proceedings

92. Bushuyev S., Babayev I., Bushuiev D., Bushuyeva N., Babayev J. Emotional behavior in the “Infodemic vs. Panicdemic vs. Pandemic” modeling COVID-19. CEUR Workshop Proceedings this link is disabled, 2021, 2851, pp. 391–400

93. Bushuyev S., Babayev J., Bushuiev D., Kozyr B. Emotional Infection of Management Innovation SMART Government Projects. 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit, E-TEMS 2020, 2020, 9111796.

94. Bushuyev S., Bushuiev D., Zaprivoda A., Babayev J., Elmas Ç. Emotional infection of management infrastructure projects based on the agile transformation. CEUR Workshop Proceeding sthis link is disabled, 2020, 2565, pp. 1–12

95. Bushuyev S., Babayev I., Babayev J., Kozyr B. Complementary Neural Networks for Managing Innovation Projects 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory, ATIT 2019 - Proceedings, 2019, pp. 393–396, 9030454

96. Cardona M., Kretschmer T., Strobel T. ICT and Productivity: Conclusions from the Empirical Literature // Information Economics and Policy. 2013. Vol. 25. № 3. P. 109-125.

97. D’Souza C., Williams D. The Digital Economy. Bank of Canada Review. 2017.

98. Gartner <https://www.gartner.com/en> (дата звернення: 22.12.2020).

99. Bot <https://unibot.ai/> (дата звернення: 22.12.2020).

100. Get smart | Building control: adopting BIM | isurv https://www.isurv.com/info/390/features/11239/building_control_adopting_bim (дата звернення: 20.12.2020).

101. «Building Information Modeling – технологии XXI века» Український Центр Сталевого Будівництва [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.uscc.ua/ru/infocentr/stati-i-intervyu/building-information-modeling-tekhnologii-xxi-veka.html>. (дата звернення: 15.12.2020).

102. Building SMART - IFC Introduction <https://standards.buildingsmart.org/>

IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/link/introduction.htm (дата звернення: 20.12.2020).

103. BuildingSmart - Technical Vision <https://technical.buildingsmart.org/> (дата звернення: 20.12.2020).

104. Burgelman R. Siegel R., Luther J. Axel Springer in 2014: Strategic Leadership of the Digital Media Transformation. Gsb.stanford. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/case-studies/axel-springer-2014-strategic-leadership-digital-media-transformation> (дата звернення: 11.01.2021).

105. Collins L., Fineman D., Tsuchida A. Human Capital Trends 2017 Deloitte Global. Deloitte. [Электронный ресурс]. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/human-capital/articles/introduction-human-capital-trends.html> (дата звернення: 19.01.2021).

106. ACCA Software https://biblus.accasoftware.com/en/bim-manager-bim-specialist-and-bim-coordinator-roles-and-responsibilities/?utm_source=13839&utm_medium=professioni-bim-btn&utm_campaign=mail-acca-en

107. Barabash, M.S., Pikul, A.V. & Pisarevskyi, B.Yu.. Damping modeling in calculating dynamic effects of structures in the SW LIRA-SAPR. Construction, material science, mechanic engineering, 100, 2017, 42-48.

108. Olena Bondar, Ganna Petrenko, Arzu Khalilov, Oleksandra Vahonova, Liudmyla Akimova, Oleksandr Akimov Construction Project Management Based on the Circular Economy IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.22 No.9, September 2022

109. Cooke B. Management of Construction Projects. John Wiley & Sons, 2015. VIII. 294 p.

110. David A. Garvin, Amy C. Edmondson, and Francesca Gino Is Yours a Learning. Organization? // Harvard Business Review. – 2008. – № 3.

111. European Statistica. Office: веб-сайт. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat>. (дата звернення: 23.12.2020).

112. Frank H., Ronald M. Modern Construction Management. Blackwell Science Inc., USA. Am. J. Soc. Mgmt. Sci., 2011. 2(1). pp. 56- 75 .

113. Geissbauer R., et al. Digital factories 2020-shaping the future of manufacturing. Pwc.de. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digitalfactories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf> (дата звернення: 09.01.2021).

114. Gould F. E. Managing the Construction Process: Estimating, Scheduling, and Project Control. Life cycle document management system for construction. Prentice-Hall Inc. 2005. pp.12-121.

115. Hedlund G. A model of knowledge management and the N-form corporation // Strategic Management Journal. – 1994. – № 15. – p. 73-90.

116. How to Gain and Develop Digital Talent and Skills / Rainer Strack, Susanne Dyrchs, Adam Kotsis, and Stéphanie Mingardon (BCG). 2017.

117. HNWG's «BIM Level 2» <https://bim360.autodesk.com/what-is-bim-level-2/> (дата звернення: 20.12.2020).

118. ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles

119. ISO-IEC 82045-1, Document management — Part 1: Principles and methods <https://www.iso.org/standard/34159.html> (дата звернення: 25.12.2020).

120. ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema

121. ISO 19101-1:2014- 4.1.20

122. ISO 29481-1:2016 Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format <https://www.iso.org/foreword-supplementary-information.html> (дата звернення: 22.12.2020).

123. ISO 6707-1:2017, Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: General terms <https://webstore.ansi.org/Standards/ISO/ISO67072017> (дата звернення: 10.12.2020).

124. ISO 6707-2:2017, Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: Contract and communication terms <https://www.iso.org/standard/70040.html>

(дата звернення: 10.12.2020).

125. ISO 12006-2:2015, Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification

126. ISO 12006-3, Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information

127. ISO 16739:2013, Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries

<https://committee.iso.org/ru/standard/51622.html> (дата звернення: 10.12.2020).

128. ISO 19650-2, Organization of information about construction works — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of assets

129. ISO 21500, Guidance on project management

130. ISO 22263, Organization of information about construction works — Framework for management of project information
<https://www.iso.org/standard/40835.html> (дата звернення: 20.12.2020).

131. ISO 29481-1:2016, Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format <https://www.iso.org/standard/60553.html> (дата звернення: 20.12.2020).

132. ISO 31000, Risk management — Guidelines
<https://www.iso.org/standard/56269.html> (дата звернення: 20.12.2020).

133. ISO 37500:2014, Guidance on outsourcing
<https://www.iso.org/standard/56269.html> (дата звернення: 20.12.2020).

134. ISO 55000:2014, Asset management — Overview, principles and terminology <https://www.iso.org/standard/55088.html> (дата звернення: 20.12.2020).

135. ISO 8000, Data quality <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8000:-61:ed-1:v1:en> (дата звернення: 20.12.2020).

136. ISO 9001, Quality management systems — Requirements

137. ISO/IEC 27000, Information technology — Security techniques — Information security management systems — Overview and vocabulary
<https://www.iso.org/standard/73906.html> (дата звернення: 20.12.2020).

138. ISO/IEC/IEEE 24765, Systems and software engineering — Vocabulary <https://www.iso.org/standard/71952.html> (дата звернення: 20.12.2020).
139. ISO/TS 12911:2012, Framework for building information modelling (BIM) guidance <https://www.iso.org/standard/52155.html> (дата звернення: 20.12.2020).
140. Laloux F. Reinventing Organizations: A Guide to Creating Organizations Inspired by the Next Stage in Human Consciousness. Nelson Parker, 2014. – 360 p.
141. Langer A. Information technology and organizational learning: managing behavioral change through technology and education. Boca Raton, 2011, 2ed. – 260 p.
142. LEAN production / LEAN manufacturing лін-мислення <https://lean.org.ua/pro-lean> (дата звернення: 21.12.2020).
143. Leipziga T. et al Initialising customer-orientated digital transformation in enterprises // Sustainable Manufacturing: In: 14th Global Conference. GCSM. Procedia Manufacturing 8. 2017. – p. 517-524.
144. Logistics and layout planning of construction Equipment on a VR-multi-touch-tablet./ Ebner A., Kammergruber F., Horenburg T., Gtinthner W. 12th International Conference on Construction Application of Virtual Reality. Taipei: Taiwan, 2012. p. 237-239.
145. Megaplan. веб-сайт. URL: <https://megaplan.ru/>. (дата звернення: 26.12.2020).
146. Microsoft Project Professional 2013. веб-сайт. URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/softmicrosoft/Project2013pro.aspx>. (дата звернення: 24.12.2020).
147. Müllera E., Hopfa H. Competence Center for the Digital Transformation // Flexible Automation and Intelligent Manufacturing: In: 27th International Conference. Procedia Manufacturing 11. 2017. – p. 1495-1500.
148. NBS - BIM Dimensions <https://www.nationalbimlibrary.com/en/> (дата звернення: 26.12.2020).
149. NBS - BIM Levels explained <https://www.nationalbimlibrary.com/en/> (дата звернення: 26.12.2020).

150. NBS - What is a BIM Execution Plan (BEP)
<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep> (дата
звернення: 26.12.2020).
151. Open Plan. URL: http://www.pmi.ru/articles/infosystem /open_plan.php.
(дата звернення: 22.12.2020).
152. Professional Consulting Services | Management Solutions
<https://www.managementsolutions.com/en> (дата звернення: 26.12.2020).
153. PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the
capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
<https://shop.bsigroup.com/ProductDetail?pid=000000000030281435> (дата звернення:
26.12.2020).
154. Piłat M. How organizational culture influences building a learning
organization // Forum Scientiae Oeconomia. – 2016. – № 1. – p. 83-92.
155. Primavera Project Planner 3.1 веб-сайт. URL: <http://primavera-project-planner.software.informer.com/3.1/>. (дата звернення: 26.12.2020).
156. Schauppa E., Abelea E., Metternicha J. Potentials of digitalization in tool
management. In: The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Procedia CIRP
63 (2017) 144- 149.
157. Spider project professional. веб-сайт. URL: <http://www.spiderproject.ru/enter.php?ver=prof&lang=rus>. 24.12.2020).
158. Strack R. et al. How to Gain and Develop Digital Talent and Skills. Bcg.com.
[Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcg.com/de-de/publications/2017/peopleorganization-technology-how-gain-develop-digital-talent-skills.aspx>, last accessed 2018/01/10. (дата звернення: 21.12.2020).
159. Khudiakov, I., & Sukhonos, M. (). Adaptive approach to engineering
infrastructure reconstruction program and project management. Development
management, 19(4), 2021, pp. 17-26. [https://doi.org/10.57111/devt.19\(4\).2021.17-26](https://doi.org/10.57111/devt.19(4).2021.17-26)
160. Sukhonos, M., Babaiev, V., Pliuhin, V., Teterev, V., & Khudiakov, I.. Load
Forecasting and Electricity Consumption by Regression Model. In: Arsenyeva, O.,
Romanova, T., Sukhonos, M., Tsegelnyk, Y. (Eds.) Smart Technologies in Urban

Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 536, 302-314. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_28

161. The Global Competitiveness Report 2014-2015. веб-сайт. URL: <http://www.weforum.org>. (дата звернення: 22.12.2020).

162. What do you need to become a true BIM professional? https://biblus.accasoftware.com/en/bim-manager-bim-specialist-and-bim-coordinator-roles-and-responsibilities/?utm_source=13839&utm_medium=professioni-bim-btn&utm_campaign=mail-acca-en (дата звернення: 25.12.2020).

163. Wagner T., Herrmann S., Thiede S. Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. In: 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016). Procedia CIRP 63 (2017) 125-131.

164. Whitley R. The Institutional Structuring of Organizational Capabilities: the Role of Authority Sharing and Organizational Careers // Organization Studies. – 2003. – № 5. – p. 667-695.

165. Ziegler M., Rossmann S. Digital Machinery Decoded. A practical guide for machinery companies to navigate digital transformation and outperform competition. Porsche. URL: <https://www.porsche-consulting.com/fileadmin/docs/> (дата звернення: 15.12.2020).



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Повітрофлотський пр. 31, м. Київ - 37, 03037, тел. (044)241-55-80, факс (044) 248-32-65
E-mail: knuba_admin@ukr.net, Web: http:// www.knuba.edu.ua, код ЄДРПОУ 02070909

№ _____

На № _____ від _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку

Київського національного університету
будівництва і архітектури

к.т.н., С.І.С Ковальчук О.Ю.

2024 р.



АКТ

Впровадження у навчальний процес Київського національного університету будівництва та архітектури результатів досліджень дисертаційної роботи Халілова Арзу на тему «МЕНЕДЖМЕНТ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОСКТІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВІМ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЦИФРОВІЙ ПЛАТФОРМ» за спеціальністю 073 – «Менеджмент».

Ми, що нижче підписалися, завідувач кафедри управління проектами та науковий керівник – Бушуєв С.Д. та вчений секретар кафедри управління проектами – Веренич О.В. склали цей акт про те, що у Київському національному університеті будівництва і архітектури на кафедрі управління проектами факультету автоматизації і інформаційних технологій здійснена апробація Agile – трансформації, яка передбачає перехід від нерациональної

роботи до швидкого процесу прийняття якісних рішень на основі використання гнучких технологій, що викладені у дисертаційній роботі Халілова Арзу «МЕНЕДЖМЕНТ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВІМ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ НА ЦИФРОВІЙ ПЛАТФОРМ».


Апробація наукових висновків дисертації включала впровадження п'яти кроків, які допомогли вищому керівництву підтримувати процес Agile-трансформації. Була розроблена та запроваджена модель практико-орієнтованого навчання в Київському національному університеті будівництва та архітектури на основі принципів Agile. Ця модель взаємодії між суб'єктами команди "університет – студент – роботодавець" спрямована на формування професійних, особистісних і мотиваційних компетенцій, які відповідають потребам роботодавців.

Таким чином, принципи Agile, втілені в моделі підвищення рівня освіти в умовах екстремальних ситуацій COVID-19 та військових дій в Україні, створюють адаптивну систему вирощування кадрів для підприємств. Нові цінності є основою нового підходу до освітнього процесу в екстремальних умовах: практичність, адаптивність, гнучкість, інноваційність замінюють класичні цінності університету – академічність, стійкість, фундаментальність. Зміни у форматі взаємодії "університет – студент – роботодавець" прискорюють процес та створюють готовий продукт, зміщуючи фокус освітніх програм з розвитку предметних знань і запам'ятовування інформації на розвиток особистісних і метапредметних компетенцій.

**Науковий керівник,
Завідувач кафедри управління проектами ФАІТ,
д.т.н., проф.**

 С.Д. Бушуєв

**Учений секретар
кафедри управління проектами ФАІТ,
д.т.н., проф.**

 О.В. Веренич