



# Інформаційна модель як каталізатор трансформацій у системі проектування та управління в будівельній галузі України

*Віктор Сонов,  
Олена Проценко,  
Володимир Герасименко*

**Щ**е на початку військових дій з боку російської федерації стало зрозуміло, що зруйновану та пошкоджену забудову міст України відновити звичайними засобами та в найкоротший часовий проміжок буде неймовірно складно. На часі кардинальні та термінові зміни та пошук розв'язання таких питань, як відновлення зруйнованого житла та інфраструктури на великій частині території нашої держави. Рішення цієї складної задачі підкріплюється і державною політикою. На цей час можна виділити основний нормативно-законодавчий документ, який містить ключові моменти напрямку інноваційного та цифрового розвитку країни, а саме, Кабінет Міністрів України ще 17 лютого 2021 р. затвердив Концепцію впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні [1], що надає можливість подавати на затвердження та експертизу проекти будівництва у паперовій та електронній формі. BIM-технології — це новий підхід до управління цифровою інформацією у будівельній галузі, він дає можливість підвищити безпеку та надійність будівель і споруд, контролювати якість та швидкість будівельних робіт, суттєво знизити ймовірність помилок у проєктах, зменшити вартість будівництва та оптимізувати витрати на стадії експлуатації.

Період, що передував початку військових дій на території нашої держави, вже підготував підвалини принципово нового підходу до переходу всіх стадій проектування та будівельного менеджменту на рейки BIM. Але, як і будь-яка інновація та напрямок у бік кардинальних змін системи проектування, цей шлях здавався дуже довгим та складним. Проблема підготовки необхідних кадрів, що в достатній мірі будуть спроможні виконувати завдання з цифрового моделювання, гальмувалась недостатньою кількістю матеріального фонду в закладах освіти та порівняно невеликою кількістю справжніх спеціалістів в цій галузі. Величезний запит на цифрове проектування від будівельних фірм інших країн не можна було порівняти із великими сумнівами вітчизняних будівельних компаній щодо явного подорожчання, на їх власну думку, собівартості створення та супроводу проєктної документації засобами BIM.

В більшості країн світу будівельна галузь займає близько 9–12 % (2,6 % в Україні) від валового внутрішнього продукту, забезпечує зайнятість трудового населення та виступає сполучною ланкою між різними галузями промисловості та економіки [2]. Однак частка процесів із застосуванням цифрових технологій у будівельній галузі менша, ніж в інших

сферах економічної складової, таких як торгівля, автомобілебудування, банківський сектор і державне керування.

**А**наліз літературних джерел за тематикою дослідження показав, що причинами, які перешкоджають розвитку цифрових технологій у будівельній галузі, є недостатня інформованість щодо ефективності BIM технологій, відсутність досвіду проектування і будівництва в інформаційному середовищі, невпевненість у взаємодії всіх учасників на різних рівнях керування об'єктами капітального будівництва, матеріальні труднощі, які пов'язані з навчанням працівників, технічним поліпшенням обладнання, покупкою нових програмних продуктів, побоюванням розпорошення конфіденційної інформації із хмарних сховищ та ін. [3–7].

Мета даного дослідження — обґрунтувати та проілюструвати ефективність впровадження цифрових технологій на всіх рівнях керування об'єктами капітального будівництва.

У будівництві під оцифруванням мається на увазі створення єдиного інформаційного простору на всіх стадіях, починаючи з етапу проектування й до введення в експлуатацію об'єктів капітального будівництва з урахуванням усіх основних та супутніх процедур. До перспективних напрямків цифрової трансформації будівельної галузі можна віднести не тільки технологію інформаційного моделювання (BIM), а й 3D-друк матеріалів і конструкцій, технологію доповненої віртуальної реальності, застосування робототехніки.

BIM будинків і споруд дозволяє створити «цифрового двійника» існуючого будинку або такого, що проектується, з повним комплектом даних про елементи та матеріали в електронному вигляді на всіх етапах: виділення земельних ділянок, виконання інженерних вишукувань, здійснення архітектурно-будівельного проектування, будівництва, реконструкції, капітального ремонту, експлуатації та (або) знесення об'єкта капітального будівництва [8, 9]. Відповідно, BIM здійснюєть-

ся при одночасному застосуванні систем автоматизованого 3D-проектування та методів комп'ютерної підтримки життєвого циклу будівлі (Continuous Acquisition and Lifecycle Support — CALS) [10].

3D-друк будівельних матеріалів необхідної форми з використанням комп'ютерних моделей засновано на адитивній технології, тобто на процесі пошарового накладання пластично-в'язкої сировини (бетонної суміші) або спікання порошків (піщані суміші, композити, сплави, полімери та ін.) до моменту утворення об'єкта, що виробляється [11]. Найпоширенішим матеріалом для будівельного 3D-друку є бетонна суміш (рис. 1), однак також популярність набирає виготовлення виробів зі склопластику та сталі. Сьогодні також поширюється виготовлення склоармованих бетонних виробів [12].



Рис. 1. Будівельний 3D-друк за допомогою бетонної суміші

Застосування засобів доповненої віртуальної реальності (AR і VR) розкриває можливості наочного огляду об'єктів, що знаходяться на стадіях проектування та зведення [13]. Актуальне застосування дана технологія знаходить у контролюванні процесу будівництва. Інженер з будівельного контролю, за наявності VR-окулярів, що мають вбудований GPS-приймач, у режимі реального часу обходить будівельний майданчик та аналізує накладені системою проєктні дані на реальне зображення встановленої конструкції або частини інженерної мережі [14].

Набирає обертів використання та застосування робототехніки в будівни-

цтві. Застосування робіт, які працюють разом з людиною при проведенні будівельних робіт, прискорює та покращує якість виконання технологічних процесів [15]. Для моніторингу відповідності результатів будівництва об'єктів на майданчиках до проєктних рішень зараз все більше використовуються повітряні безпілотні літальні апарати [16].

**Т**ехнологію інформаційного моделювання було обрано основним методом трансформації будівельної галузі, переваги якої підтверджено на підставі опитування великої кількості провідних проєктних і будівельних організацій. Розподіл функцій управління в умовах нової цифрової економіки було вивчено на основі соціальної піраміди взаємодії Толкотта Парсонса.

У будівництві, як і в інших галузях, незалежно від кількості рівнів керування, згідно з пірамідою Парсонса (рис. 2), можна виділити три види керування: інституціональний, управлінський та технічний [17].



Рис. 2. Піраміда керування будівельними процесами

На технічному рівні відповідальні особи займаються операціями, що забезпечують безпосереднє виробництво готового продукту. У будівництві до такого типу можна віднести керування при виконанні інженерних вишукувань, при проєктуванні, проведенні будівельних робіт та технічній експлуатації будівель і споруд.

На управлінському рівні головною особливністю є координація, узгодження всіх

видів робіт технічного рівня. Керівники інституціональних рівнів розробляють масштабні та довгострокові плани усередині галузі, забезпечують взаємодію з іншими галузями господарювання. У результаті усвідомлене виконання локальних функцій працівника (керівника) кожного рівня та злагоджена взаємодія з іншими рівнями забезпечує виконання поставлених цілей.

На рівні органів державної влади перспективним напрямком розвитку оцифрування є створення єдиної інформаційної платформи, яка в автоматичному режимі дозволить користувачу (учаснику інвестиційно-будівельного процесу) в особистому кабінеті заповнити заяву, прикріпити необхідні документи та одержати дозволи на виділення земельної ділянки на будівництво, на введення об'єкта в експлуатацію з часовим відстеженням процесів, що упорядковані законом.

Підґрунтям інформаційної платформи повинна бути сформована база актуальних і докладних даних про земельні ділянки, санітарні зони, наявну проєктну та виконавчу документацію у вигляді інформаційної моделі будинку, державні експертизи, технічні умови та інші документи, що регламентують будівництво.

Сполучення даних тривимірного рельєфу міського середовища з існуючими штучними спорудженнями та розташованими на ньому інформаційними моделями будинків створює графічну базу проєкту [18] і дозволяє ефективно керувати міськими ресурсами та підвищити якість життя громадян.

Частою проблемою, яка виникає у замовника при класичному керуванні будівництвом, є неінформованість про провадження робіт з реалізації проєкту. Саме замовник зацікавлений у дотриманні терміну здачі об'єкта і повинен бути ініціатором ведення будівельних процесів за допомогою інформаційних технологій. Використання цифрових програм керування та сервісів хмарового сховища файлів проєкту, програм календарного планування, допоможе замовнику бачи-

ти поточний стан справ на майданчику та виконувати оцінку шляхів вирішення проблем, що сповільнюють здачу об'єкта в призначений термін [19].

Споконвічна необхідність проведення проектних і будівельних робіт у цифровому форматі повинна бути відображена в технічному завданні та інформаційних вимогах замовника (рис. 3), що описують правила надання інформації із ключових етапів проекту та містять технічні, організаційно-управлінські та комерційно-правові аспекти [20]. Реалізація цих вимог забезпечується за рахунок дотримання нормативно-технічних документів, використання сучасних архітектурних і конструктивних рішень, енергоефективних матеріалів і устаткування з використанням цифрових технологій.

Для генеральних підрядників оцифрування дозволяє побудувати зовсім нові бізнес-моделі, що дає ряд переваг [21]:

- зниження ризиків при виборі підрядних організацій, які виконують капітальне будівництво, контроль за виконанням договірних зобов'язань;
- наповнення інформаційної моделі, електронний документообіг з підрядника-

ми та іншими учасниками інвестиційно-будівельного процесу;

- замовлення будівельних матеріалів безпосередньо з BIM-моделей, що надає можливість інтегрувати цифрові технології в існуючі системи закупівель і залучити до роботи з інформаційними моделями велику кількість постачальників, у тому числі представників малого бізнесу [22];
- одержання аналітики по підрядниках, у тому числі з урахуванням виконання ними контрактів інших замовників;
- зниження витрат за рахунок своєчасного виконання контрактів, моніторингу за ходом будівництва.

Базовим документом, що визначає об'єкт капітального будівництва та усі його характеристики, є проектна документація. Реалізація проекту із застосуванням BIM — це більш ефективна альтернатива традиційному способу реалізації проекту. Створена модель є не тільки об'ємним виразом двовимірного кресленика та геометричних даних будівлі, вона має додаткову інформацію про всі процеси архітектурного й конструктивного проектування, розрахунки конструкцій, провадження робіт (4D), матеріальні

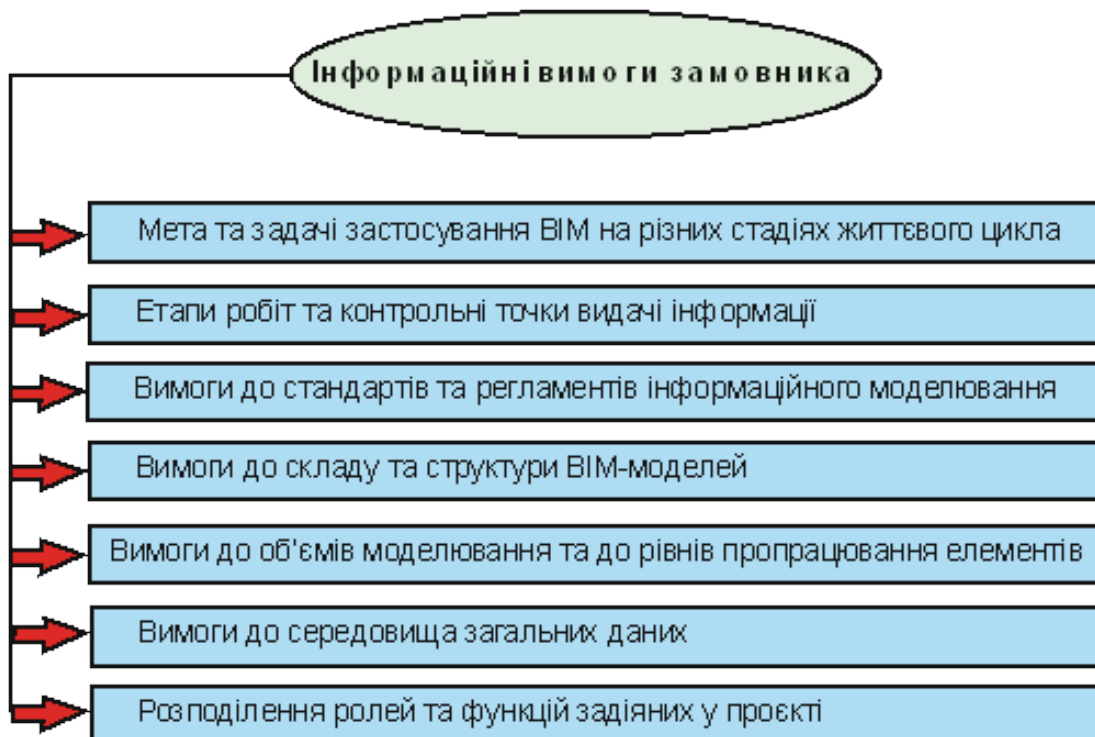


Рис. 3. Інформаційні вимоги замовника до здійснення BIM-проєкту

витрати (5D) і моніторинг технічного стану будинку (6D) [23].

Впровадження BIM на рівні проектно організації дозволяє:

- використовувати вихідні дані на проектування об'єкта капітального будівництва безпосередньо з інформаційної платформи;
- підвищити наочність і якість проекту за рахунок об'ємного моделювання, віртуальної доповненої реальності [24];
- в автоматичному режимі одержати кресленник та специфікації з єдиної інформаційної моделі [25];
- за допомогою середовища загальних даних одночасно проектувати всі розділи робочої документації, у тому числі проект організації будівництва, проект провадження робіт і кошторисну документацію;
- провадити проектування територіально віддаленими колективами;
- відслідковувати внесення змін за допомогою координування, оперативно усувати просторові колізії до реалізації моделі на будівельному майданчику.

- використовувати єдину бібліотеку готових рішень у вигляді розроблених сімейств елементів.

При класичній схемі розробки документації основним розробником документації є проектувальник окремої спеціалізації. Застосування BIM у будівельній організації ґрунтується на іншій моделі, першою ланкою команди є розробник сімейств різних елементів будівлі, а проектувальник вже збирає наявні сімейства в єдину модель конкретного розділу, яку разом з іншими моделями з'єднує BIM-координатор, знаходячи невідповідності у перетинанні елементів різних розділів. Керує всім процесом створення моделі BIM-менеджер за допомогою системи хмарових даних. Схему керування та взаємодії проектно організації за допомогою BIM подано на рис. 4.

Інструментів для створення інформаційної моделі проектування досить багато. Серед них можна відокремити найпоширеніші на державному ринку Autodesk Revit, Renga Software, Tekla Structures, ANSYS, ABAQUS, Navisworks, Synchron

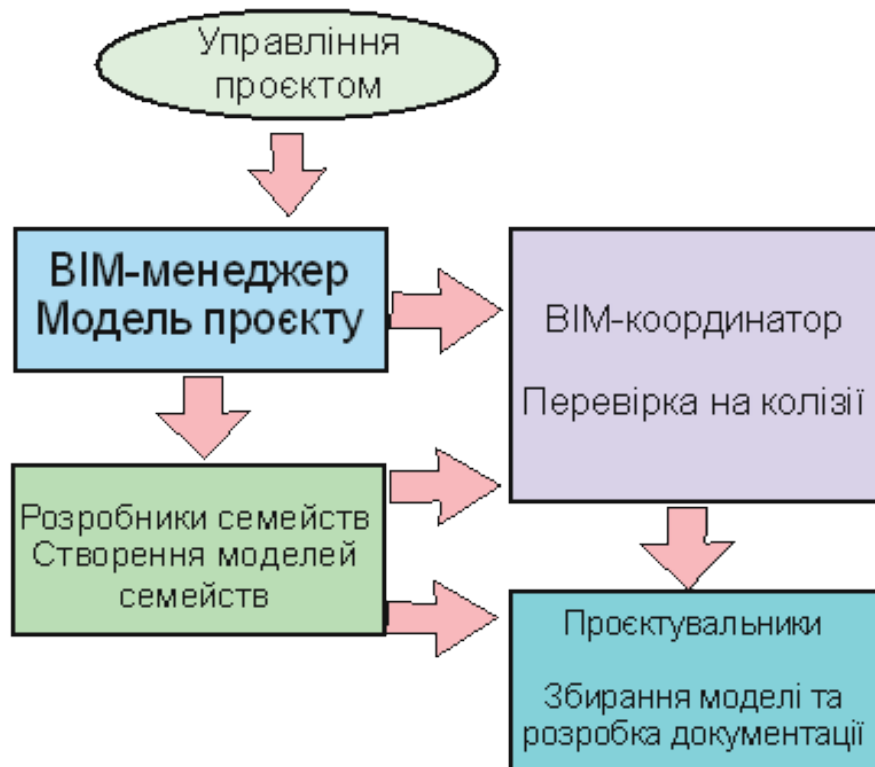


Рис. 4. Схема керування команди при розробці проектно документації за допомогою BIM-моделювання

Pro і інші [26 – 27]. Однак немає таких, які б охопили весь процес розробки проектної документації. Щоб полегшити взаємодію різних програм між собою і знизити втрати інформації під час передачі з одного додатка до іншого, був створений єдиний формат даних Industry Foundation Classes (IFC).

**А**ле, незважаючи на плазуючий процес провадження нових технологій в аналітичній сфері галузі, у найменший ступінь процеси оцифрування торкнулися проведення будівельних робіт. При потраплянні вантажів на будівельний майданчик паспорти та сертифікати від постачальників найчастіше не приходять одразу з матеріалом, виконавці робіт фіксують виконання робіт у записних книжках, завдання працівникам видаються за місцем виконання цих робіт. Пізніше вручну заповнюються журнали робіт та акти засвідчення прихованих робіт, витрачається багато часу та зусиль. Виконавча документація переважно виконується вручну, за етапами виконання робіт, внаслідок чого зміни проекту виробництва, що виникли в процесі проведення робіт, потрапляють до проектної організації значно пізніше в паперовому вигляді. Тому грамотне та поетапне оцифрування всіх процесів, що виконуються на будівельному майданчику, дозволить ліквідувати дані проблеми.

Попереднє створення інформаційної моделі будівельно-монтажних робіт на будівельному майданчику можливо при вирішенні наступних задач:

- контроль доставки та складування вантажів на будівельному майданчику;
- контроль руху виконавців і машин по об'єкту будівництва з допомогою датчиків передачі геоданих;
- контроль термінів, обсягів і якості будівництва [28];
- ведення виконавчої документації в електронному вигляді;
- автоматизований будівельний контроль за допомогою VR-технологій;
- дистанційна діагностика машин та механізмів;

- дистанційне обслуговування інженерного обладнання будинку;
- перехід від продажу до сервісної моделі, згідно з якою оплачується результат роботи та фактичне використання будівельного обладнання та техніки.

Мобільні технології змінили будівельну індустрію декількома способами. Для будівельних підрядників однією з найголовніших зручностей є поліпшення керування проектами. Використовуючи смартфони та планшети, усі зацікавлені сторони можуть працювати разом, використовуючи ті самі консолідовані джерела інформації та гарантуючи, що ніхто не залишиться осторонь, незалежно від того, де вони перебувають. На сьогоднішній момент існують розробки програмних продуктів, що значно спрощують процес провадження робіт.

**П**риклад такого продукту — додаток Plan Radar, з яким виконавець робіт, не маючи можливості бути присутнім на ділянці, за допомогою мобільного пристрою може в будь-який момент відобразити актуальні робочі кресленики, вести журнал робіт із чек-листами, поставити завдання робітнику у вигляді мітки на плані з коментарями та фотографіями. Мобільний сервіс Rukki pro надає можливість оренди спецтехніки та устаткування, а також виконання логістичних послуг і деяких видів будівельних робіт.

Аналіз існуючих проблем, що є перешкодою на шляху розвитку цифрових технологій, дає розуміння про неповну інформованість учасників будівельного процесу щодо сутності і ефективності використання запроєктованої інформаційної моделі та про правильну взаємодію на різних рівнях керування об'єктами капітального будівництва.

Застосування сучасних цифрових технологій, таких як BIM, 3D-друк, доповнена віртуальна реальність, робототехніка на стадіях проектування та будівництва дозволить прискорити зведення, зменшити трудові та матеріальні витрати на всіх стадіях життєвого циклу будівельних

об'єктів. При цьому правильна взаємодія закладів професійної освіти, проектних організацій та всіх учасників будівельного процесу на різних рівнях керування дозволить досягти максимального ефекту від цифрової трансформації

## Література

1. Кабінет Міністрів України. Концепція впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні. 17.02.2021 URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/news/cifrova-transformaciya-teper-i-v-budivnictvi/>

2. Dixit S., Mandal S.N., Sawhney A., Singh S. Relationship between skill development and productivity in construction sector: a literature review // J. Civ. Eng. Technol. 2017. Vol. 8 (8) P. 649–665. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3_36).

3. Ключко А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва // Інформаційні технології проектування. 2021. № 48. С. 61–68. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.61-68>.

4. Gerrish T., Ruikar K., Cook M., Johnson M., Phillip M., Lowry C. BIM application to building energy performance visualization and management: challenges and potential // Energy Build. 2017. Vol. 144. Pp. 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.032>.

5. Anton L.A., Diaz J. Integration of life cycle assessment in a BIM environment // Procedia Eng. 2014. Vol. 85. Pp. 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.525>.

6. Durdyev S., Mbachu J., Thurnell D., Zhao L., Hosseini M.R. BIM adoption in the Cambodian construction industry: key drivers and barriers. ISPRS // J. Geoinf. 2021. Vol. 10. 215. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040215>.

7. Jang R., Collinge W. Improving BIM asset and facilities management processes: a Mechanical and Electrical (M&E) contractor perspective // J. Build. Eng. 2020.

Vol. 32. 101540. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101540>.

8. Ahmed S. Barriers to implementation of building information modeling (BIM) to the construction industry: a review // J. Civil Eng. Construct. 2018. Vol. 7. P. 107–113. <https://doi.org/10.32732/jcec.2018.7.2.107>.

9. Sun C., Jiang S., Skibniewski M.J., Man Q., Shen L. A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry // Technol. Econ. Dev. Econ. 2017. Vol. 23. P. 764–779. <https://doi.org/10.3846/20294913.2015.1087071>.

10. Tytok V., Bolila N., Ryzhakov D., Pokolenko V., Fedun I. CALS–Technology as a Basis of Creating Modules for Assessment of Construction Products Quality, Regulation of Organizational, Technological and Business Processes of Stakeholders of Construction Industry Under the Conditions of Cyclical and Seasonal Variations // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2021. Vol. 10, No 1. P. 271–276. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2021/381012021>.

11. Classen M., Ungermann, J., Sharma R. Additive Manufacturing of Reinforced Concrete–Development of a 3D Printing Technology for Cementitious Composites with Metallic Reinforcement // Appl. Sci. 2020. No 10. Pp. 3791. <https://doi.org/10.3390/app10113791>.

12. Upendra Varma A., Kumar A.D. Glass Fiber Reinforced Concrete // Journal of Engineering Research and Applications. 2013. Vol. 3, Is. 5. P.1914–1918. [https://www.ijera.com/papers/Vol3\\_issue5/LE3519141918.pdf](https://www.ijera.com/papers/Vol3_issue5/LE3519141918.pdf)

13. Rebbani Z., Azougagh D., Bahatti L., Bouattane O. Definitions and Applications of Augmented/Virtual Reality: A Survey // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2021. Vol. 9. No 3. P. 279–285. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/21932021>.

14. Mak L., Tang F. W. F., Li C. H., Lee G. T. W., Chiu W. H. A Review on Development and Application of Virtual Reality (VR) Training Platform for Test-

ing, Inspection and Certification Industry // International Journal of Information and Education Technology. 2020. 10(12). P. 926–931. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2020.10.12.1480>.

15. Reinhardt D., Haeusler M.H., London K., Loke L., Feng Y., Barata E.D.O. Investigating the potential of collaborative robotics for subject matter experts // International Journal of Architectural Computing. 2020. Vol. 18(4). P. 353–370. <https://doi.org/10.1177/1478077120948742>.

16. Molina A.A., Huang Y. Jiang Y. A Review of Unmanned Aerial Vehicle Applications in Construction Management: 2016–2021. Standards 2023, 3, P. 95–109. <https://doi.org/10.3390/standards3020009>.

17. Dixit S., Mandal S.N., Sawhney A., Singh S. Relationship between skill development and productivity in construction sector: a literature review // J. Civ. Eng. Technol. 2017. Vol. 8(8) P. 649–665. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3_36)

18. Ellmers G. The graphic design project: employing structured and critical reflection to guide student learning // Communication Design. 2015. Vol. 3. Is. 1. P. 62–79. <https://doi.org/10.1080/20557132.2015.1057376>

19. Ірмищева І. О., Сенкевич О. Ф. Цифрова трансформація регіонів України: об'єктивна необхідність, принципи цифрового розвитку та особливості регулювання // Регіональна економіка. 2020. №1 (95). С. 14–21. <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2020-1-2>.

20. Волосюк М.А., Проценко О.М., Герасименко В.В. Цифрова економіка в будівництві // Матер. XII Міжнар. наук.-практ. конф. «Європейський вектор модернізації економіки: креативність, прозорість та сталий розвиток». (27–28 травня 2020 р.). Тези доповідей. Харків : ХНУБА, 2020. С. 45–47.

21. Жекало Г. І. Цифрова економіка України: проблеми та перспективи

розвитку // Наук. вісник Ужгород. нац. ун-ту. 2019. Вип. 26, ч. 1. URL: [http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/26\\_1\\_2019ua/12.pdf](http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/26_1_2019ua/12.pdf).

22. Ірмищева І. О., Крамаренко І. С., Ірмищев О. С., Гарагуля А. В., Ставцов Р. В. Цифрова економіка в Україні: виклики сьогодення та завдання управління // Ефективна економіка. 2020. № 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8074>.

23. Tallgren M.V., Roupé M., Johansson M. 4D modelling using virtual collaborative planning and scheduling // Journal of Information Technology in Construction (Itcon). 2020. Vol. 26. P. 763–782. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.042>

24. Nielson G.M. Volume Modelling // M. Chen et al. (eds.). Volume Graphics, Springer, 2000; 29–48. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0737-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0737-8_2)

25. Borrmann A., König M., Koch C., Beetz J. Building Information Modeling: Why? What? How? Building Information Modeling. Springer, Cham. 2018. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_1)

26. Prasad P., Sharma P. Information Technology in modern World. IJARIE. 2019. Vol. 5. Is. 1. P. 858–861. [https://www.researchgate.net/publication/343481196\\_INFORMATION\\_TECHNOLOGY\\_IN\\_MODERN\\_WORLD](https://www.researchgate.net/publication/343481196_INFORMATION_TECHNOLOGY_IN_MODERN_WORLD)

27. Shick Alshabab M., Petrichenko M., Vysotskiy A., Khalil T. BIM-based Quantity Takeoff in Autodesk Revit and Navisworks Manage // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 70. P. 413–421. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42351-3_36).

28. Sacks R., Eastman C. M., Lee G. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete // Automation in Construction. 2004. Vol. 13. Is. 3. P. 291–312. [https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(03\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0926-5805(03)00043-8).

20.08.2024

*Відомості про авторів:*

*Сопов Віктор Петрович* — доктор технічних наук, професор, професор кафедри архітектури та інженерних вишукувань; Сумський національний аграрний університет; Суми, Україна; email: vpsopov@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1908-0421>; Scopus; Google Scholar

*Проценко Олена Михайлівна* — старший викладач кафедри цифрового моделювання та графіки; Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова; Харків, Україна; email: L696236@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2478-4781>; Scopus; Google Scholar

*Герасименко Володимир Віталійович* — кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри цифрового моделювання та графіки; Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова; Харків, Україна; email: Volodymyr.Herasymenko@kname.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7874-1322>; Scopus; Google Scholar