

DOI: 10.32347/2412-9933.2021.48.102-113

УДК 69.003:658

Аксельрод Роман БорисовичКандидат політичних наук, доцент кафедри політичних наук, orcid.org/0000-0001-7643-7194*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ***Трач Роман Володимирович**Доктор технічних наук, доцент, orcid.org/0000-0001-6654-9870*Варшавський університет природничих наук, Польща, Варшава***Чернишев Денис Олегович**Доктор технічних наук, професор, перший проректор, orcid.org/0000-0002-1946-9242*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ***Рижаків Дмитро Андрійович**Доктор економічних наук, доцент, професор кафедри економіки будівництва, orcid.org/0000-0002-2777-7480*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ***Петруха Сергій Валерійович**

Кандидат економічних наук, доцент, докторант кафедри менеджменту в будівництві,

orcid.org/0000-0002-8859-0724*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ***Хоменко Олександр Михайлович**

Кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри організації і управління будівництвом,

orcid.org/0000-0002-6242-4736*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

ІННОВАЦІЙНІ НАПРЯМИ ОНОВЛЕННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОГО БІЗНЕС-СЕРЕДОВИЩА ПРОЄКТУ

***Анотація.** Досліджено цільові засади концепцій інформаційного моделювання в будівництві (ВІМ) як інноваційного напрямку оновлення операційних систем будівельних підприємств в умовах нестабільного економічного бізнес-середовища. Використовуючи світовий досвід, визначено та обґрунтовано передумови й необхідність упровадження концепції цифрової трансформації будівельних організацій. Виявлено і охарактеризовано основні перешкоди цифрової трансформації будівельних організацій: трансформаційні, інноваційні та управлінські. Сформовано основні етапи формування успішної цифрової стратегії будівельної організації. Для вироблення єдиного бачення цифрової трансформації організації запропоновано докорінну перебудову процесів з метою отримання максимальних вигод від цифровізації діяльності, навчання персоналу і набір нових співробітників з урахуванням вимог до їхньої цифрової грамотності. Проаналізовано та систематизовано складнощі та вигоди, які можуть виникати при запровадженні інформаційного моделювання. Сформульовано конкурентні переваги, які отримують учасники інвестиційно-будівельного процесу від застосування ВІМ. Технології інформаційного моделювання в будівництві можуть стати важливим інструментом для аналізу великих обсягів даних, генерації інформації і знань, оскільки після завершення кожного з етапів реалізації будівельного проєкту залишаються великі набори даних. Накопичені дані можуть бути корпоративним активом, набуття й використання якого допомагає складати краєві прогнози та приймати правильні управлінські рішення. Крім того, знання, які виникли в проєкті та пройшли випробування практикою, можна вважати більш надійними порівняно з даними експериментів або моделювання, оскільки вони містять більше основоположних знань щодо реальності.*

***Ключові слова:** будівельне підприємство; трансформація операційних систем; методологія цифровізації; адміністрування проєктом цифрових трансформацій операційної системи будівельного підприємства*

Постановка проблеми

Цифрова трансформація будівельних організацій значно впливає на всі напрями діяльності, що підвищує якість продукту і оптимізує діяльність організації, що його створює [9]. Для вироблення єдиного бачення цифрової трансформації будівельної організації необхідно визначити та охарактеризувати перешкоди на шляху підвищення ефективності бізнес-процесів, збільшення доходів від наявних проєктів, вдосконалення каналів поширення продукції, залучення нових споживачів, створення нових послуг та розробити стратегію їх усунення. У середовищі, яке динамічно змінюється і є характерним для проєктного управління, важливого статусу набувають знання, що були накопичені учасниками проєкту. Отже, під час реалізації будівельного проєкту виникає низка проблем, пов'язаних з управлінням знаннями, основними з яких є: знання не використовуються там, де вони згенеровані; знання втрачаються із закінченням проєктів та у разі змін в команді проєкту.

Питанням розроблення і впровадження моделей і методів управління проєктами на основі знань присвячені наукові праці багатьох авторів, серед яких слід відзначити: D. Bryde, M. Broquetas, J. M. Volm [1], A. Ganah, G. A. John, E. M. Wetzel [2], W. Y. Thabet, M. Khaddaj, I. Sroug [3], M. Lendo-Siwicka [5], С. Д. Бушуєва [6], А. О. Білощицького, П. М. Кулікова, Г. М. Рижакової, С. В. Цюцюри, О. О. Терентьєва, В. О. Поколенко, Т. С. Марчук, Х. Танака, С. Прайк, М. Е. Ньюман, П. Чіновські, П. Лав.

Напрями використання знання та наукові дослідження в XXI столітті нині суттєво відрізняються від таких, що здійснювались в XX столітті. У минулому основні зусилля вчених були спрямовані на дослідження засобів виробництва, а в столітті, що триває, основою досліджень є суб'єкт виробництва зі своїми знаннями, вміннями та навичками. Всупереч дисциплінарній приналежності та прихильності до різних наукових шкіл наразі вчених об'єднує парадигма – теорія і методологія когнітивної науки. Актуальність проблематики когнітивних досліджень визначається й особливостями сучасного суспільства, яке підходить до нового етапу свого розвитку: на зміну інформаційному поступово приходять суспільство, засноване на знанні.

Основним завданням інноваційного розвитку будівельної галузі є створення конкурентних переваг у стратегічній перспективі, які формують безпечно і комфортно середовище життєдіяльності людини, що відповідає високим світовим стандартам якості для забезпечення сталого соціально-економічного

розвитку країни. Досягнення конкурентних переваг має бути основане на інноваційному переозброєнні будівельної галузі, формуванні інноваційних компетенцій, інжинірингових схем організації управління життєвим циклом будівельного об'єкта, застосуванням інформаційного моделювання з метою підвищення продуктивності праці, зниження енергоємності, матеріаломісткості собівартості будівельної продукції.

Технологічне оновлення будівельної галузі на основі інновацій необхідне для формування конкурентної переваги в стратегічній перспективі у зв'язку з посиленням глобальної конкуренції на ринку будівельних послуг, прискоренням інноваційно-технологічного розвитку та реіндустріалізації світової економіки, що диктують нові технології в області виробництва будівельних матеріалів, енергозбереження, енергоефективності, екологічними проблемами.

Ефективність реалізації інтеграційного процесу багато в чому залежить від того, наскільки ефективно здійснюється управління різними формами взаємодії будівельних підприємств. В умовах, коли взаємодія підприємств у межах інтегрованих структур не приносить бажаних ефектів, зростає потреба в актуалізації методичних підходів, що дають змогу удосконалити механізм управління інтегрованими структурами. Однією з умов ефективного управління знаннями в проєкті є створення та продуктивне функціонування комунікаційної системи, яка об'єднує учасників реалізації проєкту. Комунікація є ключовим підґрунтям для створення бази знань проєкту, яка включає взаємодію між учасниками і забезпечує вільне переміщення інформації між ними.

Концепція ВІМ виступила як альтернатива наявної традиційної САПР. Нова система пропонує одночасно великі інтелектуальні переваги та можливість взаємодії всіх учасників будівельного процесу [1]. Цифрове подання фізичних і функціональних характеристик об'єкта допомагають користувачам передавати проєктні дані і специфікації як між різними програмними додатками, так і в одній організації або в рамках багатопрофільної групи. Вся доступна про об'єкти інформація зберігається в базі даних ВІМ і в міру необхідності може бути доступна протягом усього життєвого циклу об'єкта.

Аналіз останніх досліджень. ВІМ був ідентифікований як "технологія генерації та управління параметричною моделлю будівлі" [2]. Він також згадується як багатограний феномен, що розвивається, з об'єктно-орієнтованою 3D-моделлю структури для забезпечення інтероперабельності та обміну інформацією [3]. Отже, ВІМ – це зростаюча область теорії і практики, яка об'єднує різні галузі знань будівельної галузі [4]. Інструменти ВІМ

забезпечують оптимізацію процесів параметричного моделювання об'єктів, створення нових рівнів просторової візуалізації, моделювання «поведінки» будівель, ефективне управління проектом і оперативне співробітництво між членами команди. BIM належить до набору технологій і рішень, які можуть сприяти міжорганізаційній співпраці і підвищенню продуктивності в будівельній галузі, а також поліпшенню дизайну, будівництва та обслуговування об'єкта. Технології BIM постійно розширюють і розвивають нові функціональні можливості. Інструменти BIM допомагають отримати вичерпну інформацію про критерії, які мають бути враховані під час процесу проектування, починаючи від окремих компонентів і розташування будівлі і закінчуючи стосунками між цими критеріями. BIM включає в себе інформацію про будівництво, починаючи від геометрії, просторових зв'язків, аналізу висвітлення, географічної інформації, кількості і властивості будівельних матеріалів і комплектуючих, специфікації, вогнестійкості, вартості. Хоча переваги BIM неявно розуміються дизайнером, вони можуть стати явними для інших учасників проекту, таких як: власники, підрядники, субпідрядники, оздоблювальні компанії. У разі змін дизайну інструменти BIM можуть інтегрувати і систематизувати зміни в цілому проекті [5]. Більш того, BIM може використовуватися для інтеграції управління об'єктами.

Мета статті

Головною метою цієї роботи є аналіз актуальних питань, проблем і викликів інноваційного розвитку будівельних підприємств та можливість застосування інформаційного моделювання як одного з ключових чинників сталого розвитку підприємств будівельної галузі.

Для досягнення мети дослідження сформульовано такі завдання:

- провести аналіз сучасних концепцій: інтеграції підприємств, інформаційного моделювання в будівництві, управління великими даними, що чинять вплив на когнітивні механізми управління проектами в будівництві;
- дослідити термінологічну базу знань щодо визначення інформаційного моделювання в будівництві;
- проаналізувати наявні методи оцінки ефекту від впровадження інформаційного моделювання та інтегрованої реалізації проекту в будівництві.

Виклад основного матеріалу

Реалізація проектів у будівництві є складним процесом, що відбувається в турбулентному середовищі з непередбачуваними процесами, унікальними роботами та тимчасово організованими

командами. Крім того, будівельна галузь характеризується обмеженими ресурсами та високим рівнем конкуренції. Саме обмеженість ресурсів і конкурентне середовище визначають управління знаннями як особливо важливий напрям розвитку галузі.

Національний науковий фонд США у 2002 р. опублікував звіт «Converging Technologies for Improving Human Performance Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science» (Конвергентні технології для покращення людської діяльності Нанотехнології, Біотехнології, Інформаційні Технології та Когнітивні Науки), в якому наведено прогноз розвитку науки на найближчі 50 років. Його автори представляють новий погляд наукової спільноти на перспективи трансдисциплінарності інтеграції знань і технологій та вводять у використання термін NBIC-конвергенції, де «N» – це нанотехнології, «B» – біотехнології, «I» – інформаційні технології та «C» – когнітивні науки.

Когнітивні науки являють собою міждисциплінарний синтез наук, пов'язаних єдиною проблематикою. Слово «cognitio» перекладається з латинської як «знати», «пізнавати». Термін «когнітивний» описує пізнавальну діяльність з точки зору процесів інформаційного обміну людини з навколишнім середовищем. Цілями при створенні когнітивних систем є: отримання нових знань, прийняття рішень в складних ситуаціях і інтелектуальне опрацювання даних.

Управління знаннями в проектах, з урахуванням специфіки будівельної галузі, вже потрапляло в поле зору науковців. Проте більшість попередніх досліджень були сфокусовані на аналізі теоретичних напрацювань, методів, моделей та практичної діяльності щодо управління знаннями окремого підприємства. Незначна частина зусиль науковців була спрямована на аналіз процесу інтеграції знань учасників проекту. Дослідження проектних знань ключових учасників може мінімізувати негативний вплив недоліків, що виникають через поділ етапів будівництва, знизити ймовірність внесення змін у об'єм, тривалість та кошторис проекту, а в майбутньому дасть змогу підвищити їх ефективність.

Інтеграція знань була визначена як процес, в ході якого люди, які раніше отримали досвід в спеціалізованих областях знань, діляться ними з метою досягнення спільного результату. У будівельній галузі спільною метою може бути вирішення практичних проблем і конкретних завдань для успішної реалізації будівельних проектів.

У пропонованому дослідженні під когнітивними механізмами розуміються сучасні концепції: інформаційного моделювання, інтегрованої реалізації проекту та великих даних з їх

методами, інструментами та сучасними апаратно-програмними засобами. Інтегроване використання когнітивних механізмів дає змогу отримувати, опрацьовувати, зберігати та використовувати згенеровані в проєкті знання, а також здатне забезпечити зростання ефективності реалізації проєкту, досягнення запланованих цілей та підвищити ймовірність його успішного завершення. Концептуальна модель дослідження, що базується на спільному запровадженні когнітивних механізмів, представлена на рис. 1.

Інтеграція підприємств у будівельному проєкті характеризується появою нової синергетичної складової, яка і являє собою ефект від інтеграції підприємств. Наявність синергетичного ефекту означає, що результат роботи інтегрованої системи вище, ніж сума результатів окремо функціонуючих підприємств, об'єднаних у процесі інтеграції.

Ефективність реалізації інтеграційного процесу багато в чому залежить від того, наскільки ефективно здійснюється управління різними формами взаємодії будівельних підприємств. У сучасних умовах почали з'являтися інформаційні інструменти, здатні забезпечити підтримку інтегрованої реалізації будівельного проєкту. Саме до таких інструментів можна віднести технологію інформаційного моделювання в будівництві (англ. Building Information Modeling, BIM). Ідея BIM походить з 80-х рр. XX ст., коли була концептуально описана науковцями і запроваджена в перших версіях

програмного забезпечення САПР (Система Автоматизованого Проєктування). В основі технології BIM лежить концепція об'єктно-орієнтованого параметричного проєктування (моделювання) будівель. І це параметричне моделювання є однією з тих принципових особливостей, які відрізняють BIM-програми від всіх інших САПР систем проєктування.

Інформаційне моделювання в будівництві може стати важливим інструментом для аналізу великих масивів даних (англ. Big Data) та генерації інформації і знань, які утворюються на кожному з етапів будівельного проєкту. З активним розвитком концепції великих даних потребують зміни й деякі традиційні методи та моделі. Зокрема, концепція управління знаннями, заснована на порівняно невеликій їх кількості, не завжди справляється з опрацюванням, аналізом і отриманням знань при значному збільшенні обсягу вхідних даних. Накопичені великі набори даних можуть бути корпоративним активом, використання якого допомагає складати кращі прогнози і приймати правильні обґрунтовані рішення. Крім того, знання, які виникли в проєкті та пройшли випробування практикою, можна вважати більш надійними порівняно з даними експериментів або моделювання, оскільки вони містять більше основоположних знань щодо реальності.

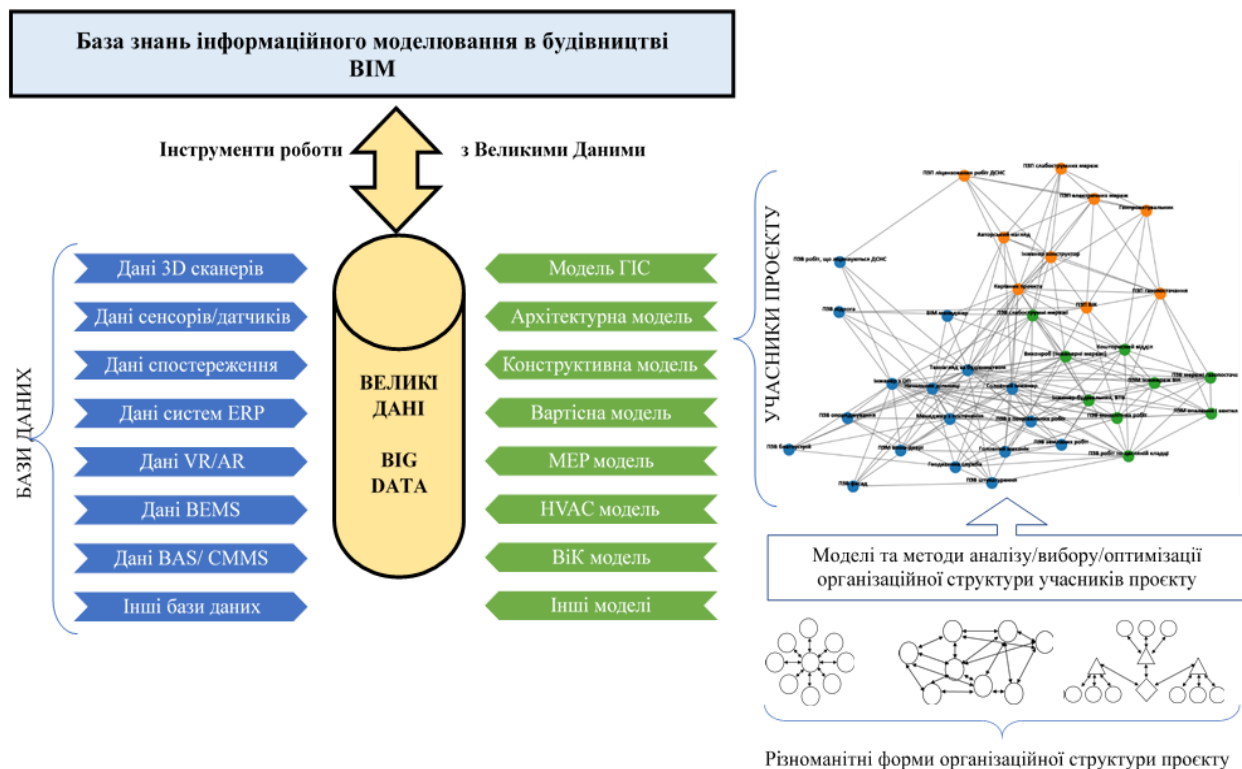


Рисунок 1 – Концептуальна модель дослідження, що базується на спільному запровадженні когнітивних механізмів

Незважаючи на важливість розроблення та реалізації цифрової стратегії з метою успішної цифрової трансформації будівельних організацій, дослідження KPMG International, проведене в 84 країнах за участю понад 4 000 респондентів, показало, що лише 23% будівельних організацій розробило і впроваджує цифрову стратегію. Ще 23% організацій мають цифрову стратегію за окремими напрямками розвитку, а 54%, що залишилися на цей

момент, не мають чіткого уявлення про цифрову трансформацію. Проте, навіть за наявності цифрової стратегії 42% будівельних організацій визнають процес цифрової трансформації неефективним і тільки 12% респондентів вважає, що стратегія реалізується повною мірою [5].

Перешкоди для цифрової трансформації будівельних організацій можна поділити на такі групи (таблиця).

Таблиця – Перешкоди цифрової трансформації будівельних організацій

Група перешкод	Характеристика	Опис
Трансформаційні перешкоди	Недостатньо повне бачення цифрової трансформації з боку керівництва будівельної організації.	Цифрова трансформація починається з усвідомлення вищим менеджментом потреби в цифровому перетворенні організації. Успішна реалізація цифрової стратегії може бути проведена тільки в умовах прийняття керівництвом організації рішення про проведення цифрової трансформації не поетапно, а шляхом створення єдиного бачення для всієї організації. Проте на сьогодні тільки в 1/3 організації керівництво має чітке уявлення про цифрову трансформацію [9].
	Відсутність конкретних термінів завершення цифрової трансформації.	Успішна цифрова трансформація організацій вимагає встановлення не поетапних цілей, а єдиного плану реалізації цифрових перетворень, оскільки при досягненні проміжного результату знижується мотивація до подальших перетворень, виникає оманливе відчуття завершеності процесу цифрової трансформації [18].
	Консерватизм і небажання менеджменту переглядати структуру організації.	Цифрова трансформація організації неминуче веде до перегляду її організаційної структури та корпоративної культури, однак будівельна сфера доволі консервативна і будівельні організації не ставлять за мету запровадження нових бізнес-моделей. Цифрова трансформація організацій веде до цифрової трансформації галузі, тому успішна реалізація цифрової стратегії в одній організації поступово потребує змін і в зовнішньому середовищі з метою підтримки стійкості системи.
Інноваційні перешкоди	Відсутність корпоративної культури, що сприяє інноваційному розвитку організації.	Відсутність взаємозв'язку між культурою в організації та цифровими перетвореннями веде до неефективної реалізації цифрової стратегії. У рамках цієї проблеми цифрової трансформації будівельних організацій виокремлюють постійне запобігання ризикових ситуацій, наявність неузгоджених і суперечливих цілей, а також консерватизм щодо використання цифрових технологій [11].
	Недолік цифрових навичок у персоналу організації.	Найбільш важливим елементом успішної цифрової трансформації організації є наявність кваліфікованих кадрів, здатних сприймати цифрові технології. З метою розвитку кадрового потенціалу організації можна найняти новий персонал, що володіє потрібними якостями і вміннями, а можна провести навчання вже існуючого. Слід зазначити, що для цифрової трансформації важливі не стільки навички роботи з новими технологіями і глибоке розуміння їх технічних аспектів, скільки вміння бачити можливості цифрової трансформації у своїй діяльності, що особливо важливо для управлінських посад.
	Недостатня взаємодія всередині організації.	Навіть за наявності кваліфікованого персоналу, що сприймає цифрову трансформацію як основу розвитку організації, необхідне розуміння того, що спільні зусилля дадуть більший ефект, ніж їх відсутність. Цифрова трансформація удосконалює процеси організації, змінює наявні бізнес-моделі, отже, заходи щодо реалізації цифрової стратегії вже неможливо впроваджувати ефективно без активної співпраці між різними підрозділами.

Група перешкод	Характеристика	Опис
Інноваційні перешкоди	Нечіткі цілі цифрової трансформації.	Не всі цифрові перетворення мають явний результат для організації, оскільки не завжди можна оцінити прибутковість від тієї чи іншої інвестиції в цифрові технології [18]. Найбільш інноваційні заходи, як правило, мають конкретну мету, яку, однак, складно відобразити в кількісному результаті, хоча саме такі перетворення є основою ефективної цифрової трансформації організації.
Управлінські перешкоди	Проблеми координації через відсутність розподілу обов'язків.	Окремі підрозділи організації можуть успішно реалізовувати стратегію цифрової трансформації, проте для досягнення масштабних цілей необхідна координація і поділ сфер відповідальності. Так, відсутність злагодженості між напрямками маркетингу, аналізу досвіду роботи з клієнтами і керівництвом організації знижує значущість цифрової трансформації, що проводиться окремо по кожному напрямку [18]. Більш того, для будівельних організацій особливо важлива координація між наявними традиційними процесами і новими цифровими напрямками.
	Обмеженість ресурсів, що використовуються.	Нині важливими ресурсами організації є інформація і технології. Для побудови стабільної інформаційно-комунікаційної інфраструктури всередині організації необхідна не тільки координація між підрозділами, а й наявність якісної інформації і технологій в необхідному обсязі і в певні стислі терміни [15].
	Недостатнє фінансування цифрової трансформації.	Реалізація цифрової стратегії безпосередньо залежить від інвестування в цифрові технології, організаційні, кадрові та інші заходи, тож наразі недолік фінансування вважається однією з найбільш значущих проблем цифрової трансформації організацій.

Аналіз перспектив використання концепції інформаційного моделювання в будівництві засвідчив, що цей інноваційний інструмент може бути придатним на всіх стадіях реалізації проекту, починаючи з етапу планування і проектування та закінчуючи етапом управління будівельним об'єктом. BIM включає в себе різнопланову інформацію і знання про будівельний об'єкт: геометрію, просторові зв'язки, географічну інформацію, кількість і властивості будівельних

матеріалів і комплектуючих, специфікації, вогнестійкість, вартість, аналіз зовнішнього освітлення тощо. Стандартні системи САПР дають змогу створення тривимірних моделей, які називають 3D-моделями. Система BIM виходить за ці межі, даючи можливості для моделювання, що визначається як 4D, 5D, 6D та навіть 7D.

Етапи розвитку технології BIM від 3D до 7D може бути описана так (рис. 2).

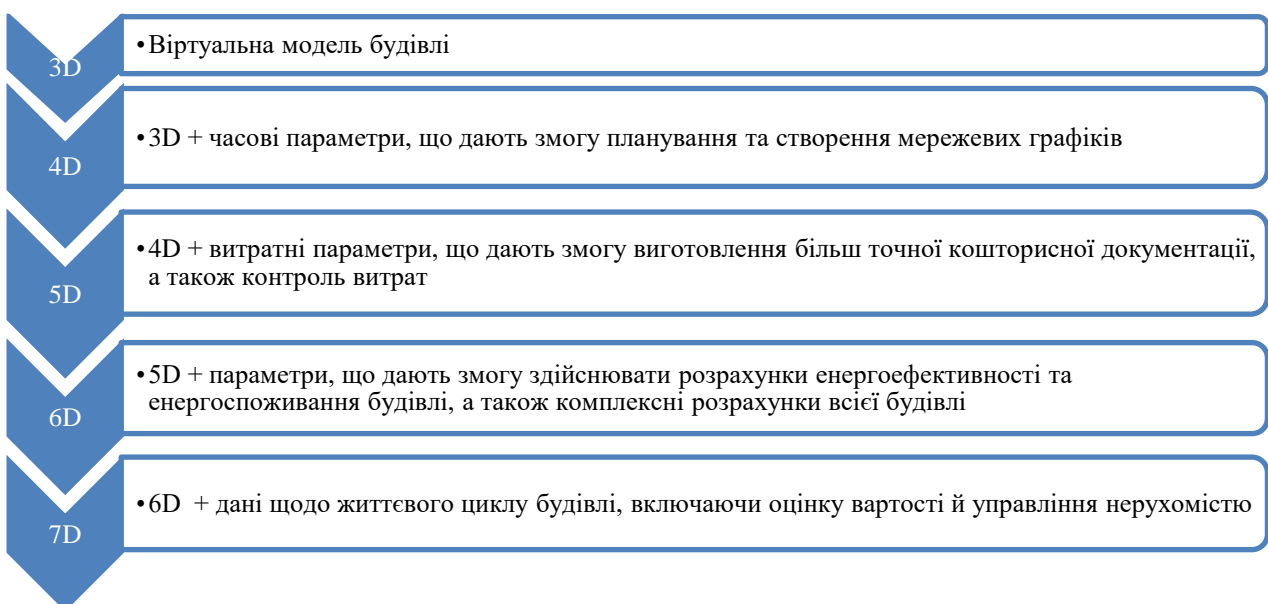


Рисунок 2 – Етапи розвитку технології BIM

Інформаційне моделювання в будівництві (BIM) можна описати як спосіб:

- розроблення стратегії реалізації будівельного проекту, а саме ключових його етапів: проектування, будівництва, експлуатації за допомогою моделювання та комп'ютерної імітації самого об'єкта та його життєвого циклу;

- забезпечення інтегрованого управління потоками даних, інформацією та знаннями, у поєднанні з описом процесу в рамках єдиного інформаційного середовища;

- перетворення окремих виконавців у команди для вирішення складних завдань й інтеграції окремих завдань у процеси;

- швидшого, більш ефективного, менш витратного виконання різних операцій протягом всього життєвого циклу будівельного проекту.

Будівельні проекти можуть реалізовуватися при використанні різноманітних видів організаційних структур. Мережева структура є новою порівняно з лінійними, дивізійними, матричними, проектними, моделлю перерозподілу інтелектуальних і виробничих ресурсів, що дає змогу їй суб'єктам мінімізувати часові і матеріальні витрати на адаптацію до умов ринку.

Основні її позитивні ефекти і переваги полягають у такому:

- наявності синергетичного ефекту, який в результаті об'єднання елементів створює можливість отримувати більший ефект, ніж арифметична сума ефектів від діяльності окремих суб'єктів;

- зниженні сукупних витрат;

- можливості швидкого навчання суб'єктів мережевої організації, що є важливим чинником для широкого розповсюдження позитивних ефектів;

- раціональному використанні спільних матеріальних і нематеріальних ресурсів;

- доступності великих будівельних проектів і джерел капіталу для малих та середніх підприємств будівельної галузі;

- мінімізації дублювання компетенцій робочої сили та виробничих потужностей;

- високому ступені організації і скоординованості інформаційного потоку та інноваційного процесу, посилення їх ключових компетенцій;

- підвищенні швидкості та якості виконання проекту, кращому задоволенні потреб замовника.

Основними ознаками формування нової економіки стає швидке зростання цінності інформації, яка є нескінченним ресурсом. Отже, в умовах цифрової економіки інформаційна сфера набуває системоутворюючого значення для життя суспільства, визначаючи його політичний, соціально-економічний і культурний розвиток. Інформаційні системи відіграють все більшу роль у досягненні стратегічних цілей організацій, оскільки вони не тільки забезпечують опрацювання інформації для відділів і кінцевих користувачів у внутрішньому середовищі, а й безпосередньо самі породжують вироби і послуги, засновані на інформації та забезпечують конкурентну перевагу на ринку. З огляду на значущість інформаційної інфраструктури в системі управління організацією для функціонування та розвитку запропоновано модель її побудови, що вимагає врахування властивостей і специфіки організації, обумовленої процесами цифрової модернізації (рис. 3).

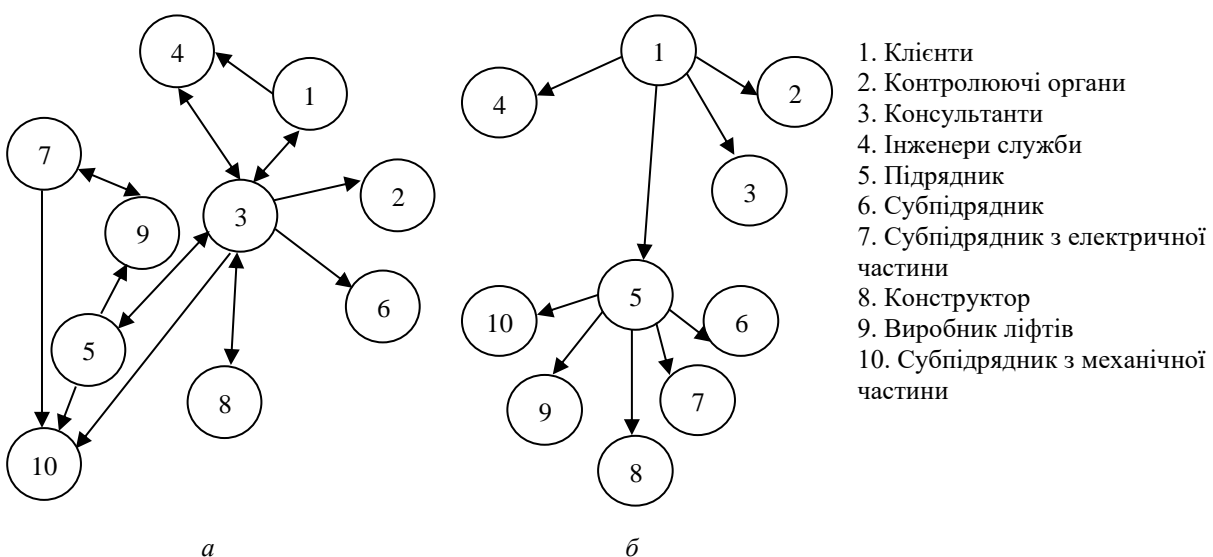


Рисунок 3 – Мережа договірних відносин (а) та мережа обміну інформацією (б) учасників проекту

Застосування технології BIM дає змогу на впровадження в будівництві нових стандартів виробництва й управління, а саме – запровадження концепції інтегрованої реалізації будівельного проекту (*англ. Integrated Project Delivery, IPD*).

IPD – це підхід до реалізації проекту, який об'єднує людей, організації, бізнес-структури та практичний досвід у процес, який спільно використовує знання та ідеї всіх учасників проекту з метою оптимізації результатів, підвищення цінності, скорочення відходів і максимальної ефективності на всіх етапах планування, проектування та будівництва.

Інтегрований процес характеризують:

- рання участь зацікавлених сторін (принцип полягає в залученні зацікавлених сторін, включаючи проектанта, виконавця, конструкторів і підрядників із самого початку роботи над проектом);

- загальний ризик і винагороди (учасники проекту розподіляють між собою як можливі ризики, так і винагороду від реалізації проекту);

- спільне прийняття рішень і контроль (на основі поставлених власником цілей сторони проекту формулюють чіткий і конкретний набір критеріїв для прийняття рішень і контролю над проектом);

- спільно розроблені та затверджені цілі проекту (власник за допомогою зацікавлених сторін чітко визначає досяжні цілі та контрольні показники для їх вимірювання);

- високий рівень довіри між членами команди проекту (довіра лежить в основі ефективної інтеграції учасників реалізації будівельного проекту, є ефективним способом мінімізації проблем взаємодії, покращення комунікації та відповідно підвищення успішності реалізації проекту).

Наявність довіри об'єднує ключових учасників проекту, а відсутність навпаки – руйнує. Для оцінки рівня довіри між учасниками проекту доцільно використовувати когнітивні карти довіри.

Бар'єри, які стримують використання технологій BIM та IPD:

- побоювання незначного ефекту або взагалі його повної відсутності;

- високі початкові інвестиційні витрати;

- необхідний час для вивчення програмного забезпечення;

- відсутність підтримки з боку керівництва підприємства (консервативний підхід);

- висока вартість програмних комплексів BIM порівняно з вартістю проектних послуг;

- неврегульованість нормативної бази щодо статусу інформаційного моделювання та його впровадження у процес будівництва на всіх етапах;

- неготовність інвесторів нести додаткові витрати на інформаційні моделі, що можуть бути використані не тільки при будівництві, але і при експлуатації об'єктів;

- інертність і традиційність будівельної галузі, недостатнє розуміння переваг BIM;

- відсутність стандартизованих бізнес- та контракт-моделей у будівництві, до яких міг би бути «прив'язаний» наскрізний процес BIM.

Отже, технологія BIM сама по собі не поліпшить процес будівництва, але створить можливості для значно більш ефективного і спільного процесу проектування. Необхідно, щоби всі учасники проекту розуміли мету використання BIM у проекті. Успіх проекту більше залежить від самого слабкого учасника, ніж від самого сильного. Навчання всіх зацікавлених сторін використання інструментів BIM стає вирішальним для успіху проекту. Крім того, розуміння цілей і використання BIM у проекті має бути ефективно визначено на самому ранньому етапі і на найвищому керівному рівні. Це всеосяжне розуміння потім «просочиться» до інших членів команди проекту. Для забезпечення того, щоб для кожної цілі проекту були вибрані відповідні варіанти використання BIM, існує необхідність для створення і використання посади менеджера BIM. Менеджер BIM буде відповідати за координацію всього робочого процесу між учасниками проекту і контролювати його виконання. Менеджер BIM несе пряму відповідальність за забезпечення реалізації BIM у проекті відповідно до Плану виконання проекту BIM.

Висновки і перспективи подальших досліджень

За умови безумовної цінності наукових досліджень вітчизняного і зарубіжного співтовариства вчених з'ясовано, що на сьогодні актуально залишається потреба в розробці теоретико-методологічних рекомендацій та організаційних положень композиційного управління і створення принципово нової системи управління організацією, розвиненою за допомогою розроблення та реалізації Digital-стратегії. Поступова цифрова трансформація будівельних організацій є відповіддю на мінливі умови ведення будівельної діяльності. Основою сучасної цифрової стратегії будівельних організацій мають стати: зосередження на способах взаємодії з клієнтами, впровадження всього набору цифрових інструментів і систем, цифрова просвіта персоналу і розвиток методів управління новими бізнес-моделями. Ключовою особливістю запровадження BIM в операційну систему підприємства стейкхолдера

будівництва є забезпечення спільної роботи і доступу до цифрової моделі всіх учасників будівельного процесу, централізоване зберігання і зміна даних у моделі, яка відображається у всіх учасників проекту, за рахунок дотримання вимог сумісності і єдиних встановлених стандартів обміну інформацією, що підвищує рівень збирання і точність даних, прозорість, швидкість і якість роботи, здатність до навчання нових співробітників, а також скорочує час

на введення інформації і підвищує швидкість створення проєктної документації зі стандартних програмованих об'єктів. Таку зв'язаність в єдину мережу (цифрову платформу), «Підключення» (connectivity) інфраструктури і безшовну інтеграцію з BIM з можливістю обмінюватися даними і підключатися до будь-яких сторонніх внутрішніх і зовнішніх систем забезпечують хмарні платформи і комплекс технологій, об'єднаних Internet of Things.

Список літератури

1. Bryde D., Broquetas M., Volm J. M. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management* 2013; 31:971–80.
2. Ganah A., John G. A. Integrating Building Information modeling and health and safety for onsite construction. *Saf Health Work* 2015; 6: 39–45.
3. Wetzal E. M., Thabet W. Y. The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes. *Automation in Construction* 2015; 60:12–24.
4. Khaddaj M, Srour I. Using BIM to retrofit existing buildings. *Procedia Engineering* 2016; 145:1526–33.
5. Trach R., Lendo-Siwicka M. Zastosowanie sieciowej struktury organizacyjnej w zintegrowanej realizacji przedsięwzięcia budowlanego. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* (2018), 27 (1), 84–92.
6. Trach R., Bushuyev S. Analysis communication network of construction project participants. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences* (2020), 29 (3), 388–396.
7. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Prykhodko, D., Faizullin, A. Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development *SIST 2021 - 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, 2021, 9465993
8. Chupryna Khrystyna, C., Derkach, A., ...Slipenchuk, A., Mukhatayev, A. Formalization of the System of Indicators of Economic Stability of the Construction Enterprise in the Conditions of Digitization of Economy *SIST 2021 – 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, 2021, 9465966.
9. Honcharenko, T., Ryzhakova, G., Borodavka, Y. Method for representing spatial information of topological relations based on a multidimensional data model *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* [this link is disabled](#), 2021, 16(7), стр. 802–809.
10. Petro Kulikov, Galyna Ryzhakova, Tetyana Honcharenko, Dmytro Ryzhakov and Oksana Malykhina. OLAP-Tools for the Formation of Connected and Diversified Production and Project Management Systems *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering* Vol 9, No.5, September – October 2020. pp. 8670-8676. Available Online at <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse254952020.pdf> <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/254952020>.
11. Рижакова Г. М., Малихіна О. М., Петренко Г. С. Економіко-управлінські предиктори стратегічного розвитку в умовах динамічного середовища впровадження проєктів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2019. № 39. С. 154 – 163; dx.doi.org|10.6084/m9.figshare.11340710.
12. Рижакова Г. М., Приходько Д. О., Предун К. М. Моделі цільового вибору репрезентативних індикаторів діяльності будівельних підприємств: етимологія та типологія систем діагностики. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2017. № 32. С. 159 – 165.
13. Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Ryzhakov, Dmytro, (2018). Risk-management in the system of management of integration processes as a component of modernization of Ukrainian economy. *Management of Development of Complex Systems*, 36, 113 – 119.
14. Marchuk Tetyana. Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. *Investment Management and Financial Innovations*. 2017. Vol. 14(4), pp. 12 DOI:[http://10.21511/imfi.14\(4\).2017.02](http://10.21511/imfi.14(4).2017.02).
15. Ryzhakova G., Chupryna K., Ivakhnenko I. Expert-analytical model of management quality assessment at a construction enterprise *Scientific Journal of Astana IT University*, Volume 3, September 2020. P. 71–82.
16. Рижакова Г. М., Рижаков Д. А., Шпакова Г. В. Оцінка продуктивності операційної системи девелопера в мікросередовищі стейкхолдерів житлового будівництва *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2019. Вип. 42. С. 120–131. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/shpebfrv_2019_42_16
17. Білоусов О. М. Економіко-управлінські аспекти формування інвестиційного портфеля девелопера в будівельній галузі *Бізнес-навігатор: наук.-вироб. журн. Херсон: В. Д. Гельветика*, 2019. № 6.1. 1(56). С. 239–246.
18. Рижакова Г. М., Рижаков Д. А., Шпакова Г. В. Забезпечення економічно-відтворювальної і аналітично-контролінгової функцій інструментарію з управління активами забудовників житла *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип. 38. С. 36–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/shpebfrv_2018_38_6.

19. Ryzhakova, Galyna, Petrukha, Serhiy. The innovative technology for modeling management business process of the enterprise. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. No. 8 (4), pp. 4024 – 4033. DOI:10.35940/ijrte.D8356.118419.
20. Mihaylenko, V., Honcharenko, T., Chupryna, K., Liazschenko, T. Integrated Processing of Spatial Information based on Multidimensional Data Models for General Planning Tasks *International Journal of Computing*, 2021, 20 (1), pp. 55–62.
21. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Danchenko, O. (2019). Development of Infocommunication System for Scientific Activity Administration of Educational Environment's Subjects. 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 – Proceedings, 8632036. C. 369–372.
22. Biloshchytskyi, A., Myronov, O., Reznik, R., (...), Paliy, S., Biloshchytska, S. (2017). A method to evaluate the scientific activity quality of Heis Based on a scientometric subjects presentation model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2-90). C. 16–22.
23. Bushuyev, S., Verenych, O. (2018). Organizational maturity and project: Program and portfolio success (Book Chapter). *Developing Organizational Maturity for Effective Project Management*. C. 104–127.
24. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., (...), Shabala, Y., Lyashchenko, T. (2017). A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2-89). C. 4–11.
25. Bushuyev, S. D., Bushuyev, D. A., Rogozina, V. B., Mikhieieva, O. V. (2015). 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*, 2,7341355, c. 496–500.

Стаття надійшла до редколегії 22.11.2021

Akselrod Roman

PhD (Political Science), Associate Professor of the Department of the Department of Political Science,
orcid.org/0000-0001-7643-7194
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Roman Trach

DSc (Eng.), Associate Professor, *orcid.org/0000-0001-6654-9870*
Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland

Chernyshev Denys

DSc (Eng.), Professor, First vice-rector, *orcid.org/0000-0002-1946-9242*
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Ryzhakov Dmytro

DSc (Economics), Associate Professor, Professor of the Department of Economics of Construction,
orcid.org/0000-0002-2777-7480
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Petrukha Serhii

PhD (Econ.), Associate Professor, Ph.D. student of the Department of Management in Construction,
orcid.org/0000-0002-8859-0724
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Homenko Oleksandr

PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management in Construction,
orcid.org/0000-0002-6242-4736
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**INNOVATIVE DIRECTIONS OF UPDATING THE OPERATING SYSTEMS
OF CONSTRUCTION COMPANIES IN AN UNSTABLE BUSINESS ENVIRONMENT OF THE PROJECT**

Abstract. *The article investigates the target principles of information modeling concepts in construction (BIM) as an innovative direction of updating the operating systems of construction companies in an unstable economic business environment. Based on the world experience, the preconditions and necessity of introduction of the concept of digital transformation of construction organizations are determined and substantiated. The main obstacles to the digital transformation of construction organizations are identified and characterized: transformational, innovative and managerial. The main stages of formation of a successful digital strategy of a construction organization are formed. To develop a unified vision of the digital transformation of the organization, it is proposed to radically restructure the processes in order to get the most out of digitalization, staff training and recruitment, taking into account the requirements of their digital literacy. The difficulties and benefits that may arise when implementing information modeling are analyzed and systematized. The competitive advantages that participants of the investment*

and construction process receive from the use of BIM are formulated. Information modeling technologies in construction can be an important tool for big data analysis, information generation and knowledge, because after the completion of each stage of the construction project remains large data sets. Accumulated data can be a corporate asset, the acquisition and use of which allows you to make better forecasts and make the right management decisions. In addition, the knowledge gained in the project and tested in practice can be considered more reliable than the data of experiments or simulations, because they contain more basic knowledge of reality.

Keywords: construction enterprise; transformation of operating systems; digitalization methodology; project administration of digital transformations of construction system operating system

References

1. Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31, 971–980.
2. Ganah, A., John, G. A. (2015). Integrating Building Information modeling and health and safety for onsite construction. *Saf Health Work*, 6, 39–45.
3. Wetzel, E. M., Thabet W. Y. (2015). The use of a BIM-based framework to support safe facility management processes. *Automation in Construction*, 60, 12–24.
4. Khaddaj, M, Srour, I. (2016). Using BIM to retrofit existing buildings. *Procedia Engineering*, 145, 1526–1533.
5. Trach, R., Lendo-Siwicka, M. (2018). Zastosowanie sieciowej struktury organizacyjnej w zintegrowanej realizacji przedsięwzięcia budowlanego. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 27 (1), 84–92.
6. Trach, R., Bushuyev, S. (2020). Analysis communication network of construction project participants. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences*, 29 (3), 388–396.
7. Tormosov, R., Chupryna, I., Ryzhakova, G., Prykhodko, D., Faizullin, A. (2021). Establishment of the rational economic and analytical basis for projects in different sectors for their integration into the targeted diversified program for sustainable energy development *SIST 2021 – 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, 2021, 9465993
8. Chupryna, Khrystyna, Derkach, A., ...Slipenchuk, A., Mukhatayev, A. (2021). Formalization of the System of Indicators of Economic Stability of the Construction Enterprise in the Conditions of Digitization of Economy *SIST 2021 – 2021 IEEE International Conference on Smart Information Systems and Technologies*, 2021, 9465966
9. Honcharenko, T., Ryzhakova, G., Borodavka, Y. (2021). Method for representing spatial information of topological relations based on a multidimensional data model ARPN. *Journal of Engineering and Applied Sciences* [this link is disabled](#), 16(7), 802–809.
10. Kulikov, Petro, Ryzhakova, Galyna, Honcharenko, Tetyana, Ryzhakov, Dmytro & Malykhina, Oksana. (2020). OLAP-Tools for the Formation of Connected and Diversified Production and Project Management Systems. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9, 5, 8670-8676. Available Online at <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse254952020.pdf> <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/254952020>.
11. Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Ruchynska, Yulia & Petrenko, Anna. (2019). Economic and managerial predictors of strategic development in a dynamic environment of construction projects implementation. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 154–163. [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11340710](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340710).
12. Ryzhakova, Galyna, Prykhodko, Dmitry, Predun, Konstantin, Lugyna, Tatyana & Koval, Timur. (2017). Models of target selection of representative indicators of activities of construction enterprises: the etymology and typology of systems of diagnostics. *Management of Development of Complex Systems*, 32, 159–165.
13. Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Ryzhakov, Dmytro. (2018). Risk-management in the system of management of integration processes as a component of modernization of Ukrainian economy. *Management of Development of Complex Systems*, 36, 113–119.
14. Marchuk, Tetyana. (2017). Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. *Investment Management and Financial Innovations*, 14(4), 12. DOI:[http://10.21511/imfi.14\(4\).2017.02](http://10.21511/imfi.14(4).2017.02).
15. Ryzhakova, G., Chupryna, K., Ivakhnenko, I. (2020). Expert-analytical model of management quality assessment at a construction enterprise. *Scientific Journal of Astana IT University*, 3, 71–82.
16. Ryzhakova, Galyna, Ryzhakov, Dmytro & Shpakova, Hanna. (2019). Evaluating the performance of the developer's operating system in the micro-environment of housing stakeholders. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*, 42, 120–131. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/shpebfrv_2019_42_16
17. Bilousov, O. M. (2019). Economic and managerial aspects of the formation of the investment portfolio of the developer in the construction industry. *Business-navigator*, 6.1, 1(56), 239–246.
18. Ryzhakova, Galyna, Ryzhakov, Dmytro & Shpakova, Hanna. (2018). Providing economic-reproductive and analytical-controlling functions of tools for asset management of housing developers. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*, 38, 36–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/shpebfrv_2018_38_6.
19. Ryzhakova, Galyna, Petrukha, Serhiy. (2019). The innovative technology for modeling management business process of the enterprise. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8 (4), 4024–4033. DOI:10.35940/ijrte.D8356.118419.

20. Mihaylenko, V., Honcharenko, T., Chupryna, K., Liazschenko, T. (2021). Integrated Processing of Spatial Information based on Multidimensional Data Models for General Planning Tasks. *International Journal of Computing*, 20 (1), 55–62.
21. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., Biloshchytska, S., Danchenko, O. (2019). Development of Infocommunication System for Scientific Activity Administration of Educational Environment's Subjects. *2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 – Proceedings*, 8632036, Pp. 369–372.
22. Biloshchytskyi, A., Myronov, O., Reznik, R., (...), Paliy, S., Biloshchytska, S. (2017). A method to evaluate the scientific activity quality of Heis Based on a scientometric subjects presentation model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2-90), 16–22.
23. Bushuyev, S., Verenych, O. (2018). Organizational maturity and project: Program and portfolio success (Book Chapter). *Developing Organizational Maturity for Effective Project Management*, 104–127.
24. Biloshchytskyi, A., Kuchansky, A., Andrashko, Y., (...), Shabala, Y., Lyashchenko, T. (2017). A method for the identification of scientists' research areas based on a cluster analysis of scientific publications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2-89), 4–11.
25. Bushuyev, S. D., Bushuyev, D. A., Rogozina, V. B., Mikhieieva, O. V. (2015). 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, 2*, 7341355, pp. 496–500.
-

Посилання на публікацію

- APA Akselrod, Roman, Trach, Roman, Chernyshev, Denys, Ryzhakov, Dmytro, Petrukha, Serhii & Homenko, Oleksandr. (2021). Innovative directions of updating the operating systems of construction companies in an unstable business environment of the project. *Management of development of complex systems*, 48, 102–113. dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.102-113.
- ДСТУ Аксельрод Р. Б., Трач Р. В., Чернишев Д. О., Рижаков Д. А., Петруха С. В., Хоменко О. М. Інноваційні напрями оновлення операційних систем будівельних підприємств в умовах нестабільного бізнес-середовища проєкту. Київ, 2021. *Управління розвитком складних систем*. № 48. С. 102 – 113, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.102-113.