

DOI: 10.32347/2412-9933.2023.56.173-180

УДК 69.003

**Хоменко Олександр Михайлович**

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

<https://orcid.org/0000-0002-6242-4736>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Рижакова Галина Михайлівна**

Доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту в будівництві,

<https://orcid.org/0000-0002-7875-9768>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Малихіна Оксана Михайлівна**

Доктор економічних наук, професор, професор кафедри менеджменту в будівництві,

<https://orcid.org/0000-0002-3683-570X>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Петренко Ганна Сосоївна**

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

<https://orcid.org/0000-0002-6114-1910>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**Степанюк Роман Борисович**

Аспірант кафедри менеджменту в будівництві, <https://orcid.org/0009-0001-5945-8468>

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ЦІЛЬОВІ ПРІОРИТЕТИ ТА ФОРМАЛІЗОВАНІ ІНДИКАТОРИ ТРАНСФОРМАЦІЇ  
ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ СТЕЙКХОЛДЕРІВ БУДІВНИЦТВА**

***Анотація.** Світовий досвід свідчить, що реалії сучасності створюють умови для постійних трансформацій операційних систем та формування оновлених моделей організаційних структур підприємств-стейкхолдерів будівництва, що мають на меті більш ефективне використання економічного й організаційно-технологічного потенціалу суб'єкта господарювання, розширюють спектр можливостей економіко-управлінського зростання, формують передумови для розвитку бізнес-структур та надають можливість впровадити інноваційні форми управління знаннями в адмініструванні підприємством. Актуальність проблематики когнітивних досліджень визначається особливостями розвитку сучасного суспільства. Характерною особливістю сьогодення є наявність єдиних інформаційних технологій (ІТ) практично у всіх сферах життя. ІТ дають змогу обмінюватися інформацією в глобальних вимірах, збирати величезні набори даних та інтегрувати їх із розосереджених та різноманітних джерел. Зібрані в такий спосіб набори великих даних використовуються для прогнозування та генерування нових знань. Незважаючи на межі дисциплінарної приналежності та прихильності до різних наукових шкіл, вчених об'єднує парадигма, теорія і методологія когнітивної науки. В основі сучасних наукових досліджень повстає суб'єкт виробництва зі своїми знаннями, вміннями та навичками. Останні наукові дослідження когнітивних механізмів здебільшого були сфокусовані на аналізі процесів, моделей та практик з управління знаннями окремої організації, і лише незначна кількість досліджень була спрямована на оцінку й оптимізацію процесів, пов'язаних із інтеграцією знань у проєкті. Процес інтеграції знань має забезпечувати динамічний потенціал організацій – здатність інтегрувати внутрішні і зовнішні знання для реагування на зміни навколишнього середовища. У статті проаналізовано і класифіковано складові системи управління знаннями в будівництві: техноінформаційна система, в якій особлива увага приділяється інформаційним технологіям (ІТ); організаційна система, що зосереджена на тому, якими мають бути організаційна структура проєкту та різноманітні процеси і процедури; людська система, яка орієнтована на управління людськими ресурсами шляхом цифровізації та засобів комунікацій через «інформаційний вибух», що обумовлений трансформацією операційних систем підприємств у вимірах індикаторів «складності світу» (SPOD-світ, VUCA-світ та BANI-світ).*

***Ключові слова:** управління знаннями; інтеграція знань; інформаційне забезпечення; будівельний проєкт; підприємство*

## Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями

Сучасні глобалізаційні виклики, загострення конкурентної боротьби та зміни інтеграційного вектора внаслідок анексії Криму та військової агресії російської федерації (написання назви країни-агресора «росія» та «російська федерація» відтепер є офіційною нормою українського правопису) зумовили суттєві зміни в конкурентній позиції підприємств галузі будівництва.

Раніше світ був менш складним (різноманітним), тому він описувався як SPOD-світ (S – Steady – стійкий, P – Predictable – передбачуваний, O – Ordinary – простий, D – Definite – певний). У цьому була суть старого світу на відміну від сьогоденного. Але завдяки НТП технології почали розвиватися швидше за зміну одного покоління. Через масове поширення обчислювальної техніки та інтернету, шляхом цифровізації та розвитку інформаційних технологій та засобів комунікацій, через «інформаційний вибух» народилася «складність світу», яка стала зростати, як «снігова куля». Вона продовжує зростати. У результаті світ стали позначати як VUCA-світ. Він через зростання складності у 80-х рр. XX ст. замінив собою старий SPOD-світ. VUCA – це V – Volatility – мінливість (незмінність, нестабільність, нестійкість, волатильність), U – Uncertainty – невизначеність, C – Complexity – комплексність (складність), A – Ambiguity – неоднозначність (неясність, двозначність). У цьому значенні по суті виражено складність (різноманітність) світу, яка з того часу виявлялася по 2020 р. У 2020 р. колишній вже звичайний VUCA-світ почав ставати неактуальним. Знайомий світ неупорядкованості почав розмиватися. Все зростаюча складність неминуче привела нас у світ крихкості, тривожності, нелінійності та незабгаженості. Цей світ стали позначати як BANI-світ. VUCA-світ переріс у BANI-світ. BANI – це B – Brittle – крихкий, A – Anxious – тривожний, N – nonlinear – нелінійний, I – Incomprehensible – незрозумілий/незабгажений.

З огляду на зміни інституційного середовища, обумовлені загостренням конкуренції на внутрішньому і зовнішньому ринках та поляризацією інтеграційних векторів для підприємств вітчизняної галузі будівництва, виникає необхідність удосконалення методичних підходів до оцінювання їх модернізаційного стану в сучасних умовах задля реалізації наявного потенціалу і конкурентних переваг у сфері трансформацій операційних систем та формування оновлених моделей організаційних структур підприємств-стейкхолдерів будівництва, що мають на меті більш ефективно використання економічного й організаційно-технологічного потенціалу суб'єкта господарювання.

## Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значний внесок у дослідження проблеми теоретико-методологічного та прикладного забезпечення ефективного розвитку й управління підприємствами галузі будівництва, базової ланки (підприємств стейкхолдерів будівництва) здійснили закордонні та вітчизняні вчені: М. Е. Newman [3; 4; 10], S. L. Thomas [1], S. Fortunato [5], Т. А. Гончаренко, [13], О. М. Хоменко, О. М. Малихіна [14], Г. М. Рижакова [15], Т. О. Лященко [16; 17] та ін.

Відаючи належне вагомості наукового доробку закордонних і вітчизняних учених, слід акцентувати увагу на тому, що теоретико-методичні засади та прикладні аспекти розвитку підприємств галузі будівництва в умовах інституційних змін, які зумовлені змінами управлінської парадигми й інтеграційних векторів, потребують поглибленого дослідження.

## Виклад основного матеріалу

Сучасні будівельні проекти є складними. Їх складність зростає в міру залучення все більшої кількості міждисциплінарних учасників, що своєю чергою призводить до потреби в опрацюванні значної кількості інформації та генеруванні знань.

До ключових проблем в управлінні знаннями, що характерні для будівельно-інвестиційного проекту, належать:

- складність побудови ефективної системи управління знаннями та інформацією;
- значна фрагментація будівельного проекту;
- неефективна система комунікації, низький рівень якості обміну інформацією в командах та інструменти, які обслуговують ці процеси;
- нерівномірний ступінь насиченості інформаційними технологіями різних будівельних дисциплін;
- паперова форма передавання, зберігання та спільного використання інформації.

Зазначені проблеми призводять до негативних наслідків:

- знання не використовуються там, де вони згенеровані;
- знання втрачаються, тож їх необхідно повторно генерувати;
- неможливість проведення аналізу чи синтезу на основі вже отриманих знань про проект.

Національний науковий фонд США у 2004 р. опублікував звіт «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.

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 інтелектуальна обробка даних.

Графові алгоритми кластеризації – сукупність алгоритмів, які спрямовані на упорядкування даних і створення ієрархії вкладених кластерів (спільнот). Поняття «спільноти» неоднозначне, воно пов'язане з класифікацією об'єктів за категоріями з метою запам'ятовування і пошуку інформації. Залежно від контексту воно може бути еквівалентне модулю, класу, групі, кластеру і т. д. На концептуальному рівні спільнотою називається така група вузлів, в яких внутрішньо групові зв'язки набагато щільніше міжгрупових [1]. Використання алгоритмів кластеризації забезпечує поділ набору об'єктів на кластери, що не пересікаються таким чином, що члени одного кластера дуже «схожі» між собою, тоді як об'єкти, що належать до різних кластерів, відносно неоднакові [2]. Для оцінювання якості алгоритму кластеризації використовується функціонал модулярності, який був запропонований Girvan і Newman [3]. Коефіцієнт модулярності (modularity) є найпопулярнішою і загально визнаною мірою для кластеризації вузлів графа [4; 13]. Модулярність – це скалярна величина на відрізку [-1, 1], яка кількісно описує неформальне визначення структури спільнот і розраховується так:

$$Q = \frac{|E_{in}| - |E_{in-R}|}{E}, \quad (1)$$

де  $|E_{in}|$  – число зв'язків, що з'єднують вузли, які належать до однієї спільноти;  $|E_{in-R}|$  – оцінюється як  $|E_{in}|$ , якщо зв'язки були випадковими.

Знаходження оптимального значення модулярності є NP-повною задачею й отримання точного її рішення перебором доволі затратне. Для виконання практичних завдань таких розмірностей явно недостатньо, що призводить до створення великої кількості евристичних алгоритмів, які використовують модулярність лише в якості проміжної або підсумкової оцінки якості отриманого розбиття. Такі алгоритми можуть як реалізовувати спільні комбінаторні евристики (еволюційні алгоритми [6; 7]), так і ґрунтуватися на більш специфічних характеристиках і процедурах обробки графів (механізми пошуку потоків у мережах [8], аналіз дендрограм [9]).

Перевагою модулярності є те, що вона доволі просто інтерпретується. Її значення дорівнює різниці між часткою ребер всередині спільноти і очікуваної частки зв'язків, якби ребра були розміщені

випадково. Модулярність доволі ефективно перераховується при невеликих змінах в кластерах. Недоліком модулярності є те, що її функціонал не є безперервним, і завдання його оптимізації – дискретне. Для пошуку глобального оптимуму використовують наближені схеми. Деякі з них дійсно оптимізують значення функціоналу, інші ж за значення модулярності вибирають найкраще рішення зі знайдених, тобто без гарантій локальної оптимальності рішення.

Критерій оцінки якості виявлених спільнот – модулярність визначається на основі щільності зв'язків всередині спільноти в порівнянні зі зв'язками між спільнотами. Для зваженого графа модулярність виражається так [10]:

$$Q = \frac{1}{2m} \sum ij \left[ A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i c_j), \quad (2)$$

де  $A_{ij}$  – вага ребра між вузлами  $i, j$ ;  $k_i, k_j$  – сума ваг ребер, що сполучені з вузлами  $i, j$ ;  $\delta$  – функція  $\delta(uv)$  яка дорівнює 1, якщо  $u = v$ , інакше = 0;  $C_i C_j$  – спільноти вузлів  $i, j$ ;  $m$  – напівсума ваг всіх ребер графа  $\left( m = \frac{1}{2} \sum_{i,j \in A_{ij}} \right)$ .

Отже, модулярність дорівнює різниці між часткою ребер всередині спільноти при даному розбитті та часткою ребер, якби вони були випадково згенеровані. Саме тому вона показує вираженість спільнот (випадковий граф структури спільнот не має). Також слід відзначити, що модулярність дорівнює 1 для повного графа, в якому всі вузли поміщені в одну спільноту, і дорівнює нулю для розбиття, при якому кожен вузол є окремою спільнотою. Для особливо невдалого розбиття модулярність може бути від'ємною.

Виграш модулярності  $\Delta Q$ , отриманий шляхом переміщення вузла  $i$  до спільноти  $C$ , можна обчислити за формулою:

$$\Delta Q = \left[ \frac{\sum in + k_{i,in}}{2m} - \left( \frac{\sum tot + k_i}{2m} \right)^2 \right] - \left[ \frac{\sum in}{2m} - \left( \frac{\sum in}{2m} \right)^2 - \left( \frac{k_i}{2m} \right)^2 \right], \quad (3)$$

де  $\sum in$  – сума ваг всіх зв'язків всередині спільноти  $C$ , з якої переміщається вузол  $i$ ;  $\sum tot$  – сума ваг всіх зв'язків у спільноті  $C$ ;  $k_i$  – сума ваг зв'язків вузлів  $i$ ;  $k_{i,in}$  – сума ваг зв'язків між  $i$  та іншими вузлами  $C$ ;  $m$  – сума ваг всіх зв'язків у мережі.

З погляду на зростаючу популярність напряму аналізу мереж і значне різноманіття моделей

кластеризації графів, пропонуване дослідження буде зосереджене лише на алгоритмах, які найбільш адаптовані для вирішення раніше поставлених завдань. У 2001 р. Girvan і Newman [11] представили алгоритм, який став одним з перших ієрархічних методів виокремлення спільнот для неорієнтованого і незваженого графа. Авторами було використано підхід, який полягає в аналізі мережі за допомогою методів ієрархічної кластеризації. Ці методи спрямовані на виявлення природного поділу мереж на групи, вони засновані на різних мірах подібності або сили зв'язків між вузлами. Переваги методу:

1. Автори фокусуються не на видаленні ребер між парами вузлів з найменшою схожістю, а на пошуку ребер з найбільшим рівнем «посередництва» (betweenness). Найпростішим прикладом такого показника «посередництва» є міра, заснована на найкоротших (геодезичних) шляхах. Для цієї мети авторами була адаптована добре відома міра центральності вузла за посередництвом Фрімена (betweennesscentrality) [12]. Значення посередництва розраховується як кількість найкоротших шляхів між усіма парами вузлів, що проходять через дане ребро. Якщо між вузлами  $n$  найкоротших шляхів, то кожному ребру додається  $1/n$  до значення коефіцієнта. Чим більше ця величина, тим більш імовірно, що це ребро з'єднує вузли з різних спільнот.

2. Включення в алгоритм «кроку перерахунку». При виконанні стандартної кластеризації розподілу на основі міжграничних ребер необхідно було розраховувати граничність між усіма ребрами в мережі, а потім ребра видалялися за порядком зменшення інтервалу. Однак в такому алгоритмі після видалення першого ребра в мережі значення посередництва для інших ребер більше не будуть відображати модифіковану мережу, що може

привести до небажаного результату. Для вирішення такої проблеми автори пропонують перераховувати міру посередництва після видалення кожного ребра.

Отже, кожен крок алгоритму починається з обчислення значення посередництва для кожного ребра в графі, а потім ребро з найбільшим значенням цієї міри видаляється. Так мережа розбивається на незв'язні компоненти, кожна з яких своєю чергою піддається тій самій процедурі. Розбиття може проводитися до тих пір, поки в графі не залишаться ребер, або поки модулярність результуючого розбиття не досягне максимуму.

Схема роботи алгоритму наведена на рис. 1.

Графічно процес виконання алгоритму можна представити у вигляді ієрархічного дерева або дендрограми (рис. 2).

Як альтернативу автори алгоритму пропонують використовувати методи «Випадкового блукання» (Randomwalk) і «Резисторних мереж» (Resistor network). Найкоротший шлях між вузлами можна уявити в термінах сигналів, що проходять через мережу. Якщо сигнали переміщуються від джерела до місця призначення шляхами геодезичної мережі, і всі вузли посилають сигнали з однаковою сталою швидкістю, то посередництво є мірою швидкості, з якою сигнали проходять уздовж кожного ребра. Можна припустити, що сигнали не поширюються геодезичними шляхами, а замість цього просто виконують випадковий обхід мережі, поки не досягнуть свого місця призначення. Це дає змогу використовувати на ребрах ще одну міру – випадкове блукання. Для визначення випадкового блукання необхідно вирахувати, як часто в середньому випадкові блукання, що починаються з вузла  $s$ , будуть проходити по певному ребру від вузла  $v$  до вузла  $w$  (або навпаки), перш ніж знайти шлях до заданого цільового вузла  $t$ .

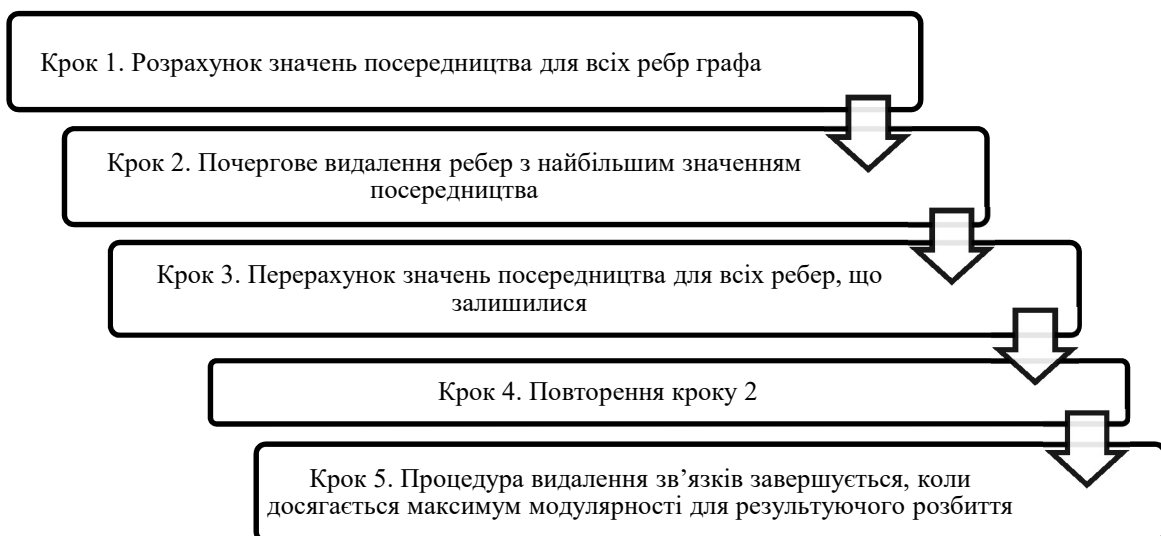


Рисунок 1 – Схема роботи алгоритму Girvan-Newman

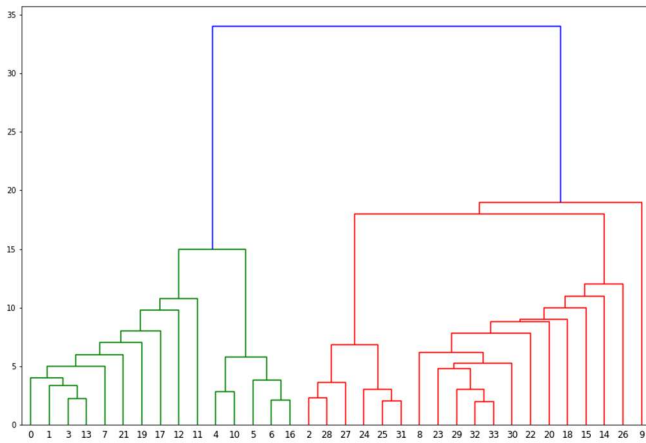


Рисунок 2 – Ієрархічне дерево, що ілюструє мережу дружби між людьми в "The karate club study of Zachary" [18]

Як когнітивні механізми розуміють сучасні концепції: інформаційного моделювання, інтегрованої реалізації проєкту та великих даних з їхніми методами, інструментами та сучасними апаратно-програмними засобами. Інтегроване використання когнітивних механізмів дає змогу отримувати, опрацьовувати зберігати та ефективніше використовувати згенеровані в проєкті знання, а також здатне забезпечити зростання ефективності реалізації проєкту, досягнення запланованих цілей та підвищити ймовірність його успішного завершення.

В основі технології інформаційного моделювання в будівництві (ВІМ) лежить концепція

об'єктно-орієнтованого параметричного моделювання будівельних об'єктів. Модель є спільним джерелом знань, містить інформацію про будівельний об'єкт, створюючи надійну основу для прийняття рішень протягом усього його життєвого циклу, від етапу концепції до завершення експлуатації.

У процесі дослідження термінологічної бази щодо питання інформаційного моделювання в будівництві проведений аналіз засвідчив неоднозначність у трактуванні науковцями і практиками дефініції «інформаційне моделювання». Було запропоновано авторське бачення дефініції «інформаційного моделювання в будівництві» (ВІМ), а саме еволюційний шлях цього поняття від «інформаційної моделі», через «інформаційне моделювання» і до «інформаційного менеджменту» (рис. 3).

Застосування технології ВІМ уможливорює впровадження в будівництві нових стандартів виробництва та управління, а саме запровадження концепції інтегрованої реалізації будівельного проєкту (англ. Integrated Project Delivery, IPD). IPD – це підхід до реалізації проєкту, який об'єднує людей, організації, бізнес-структури та практичний досвід у процес, при якому знання та ідеї всіх учасників проєкту використовуються ефективніше, що допомагає досягати оптимальних результатів і максимальної ефективності на етапах планування, проєктування та будівництва.

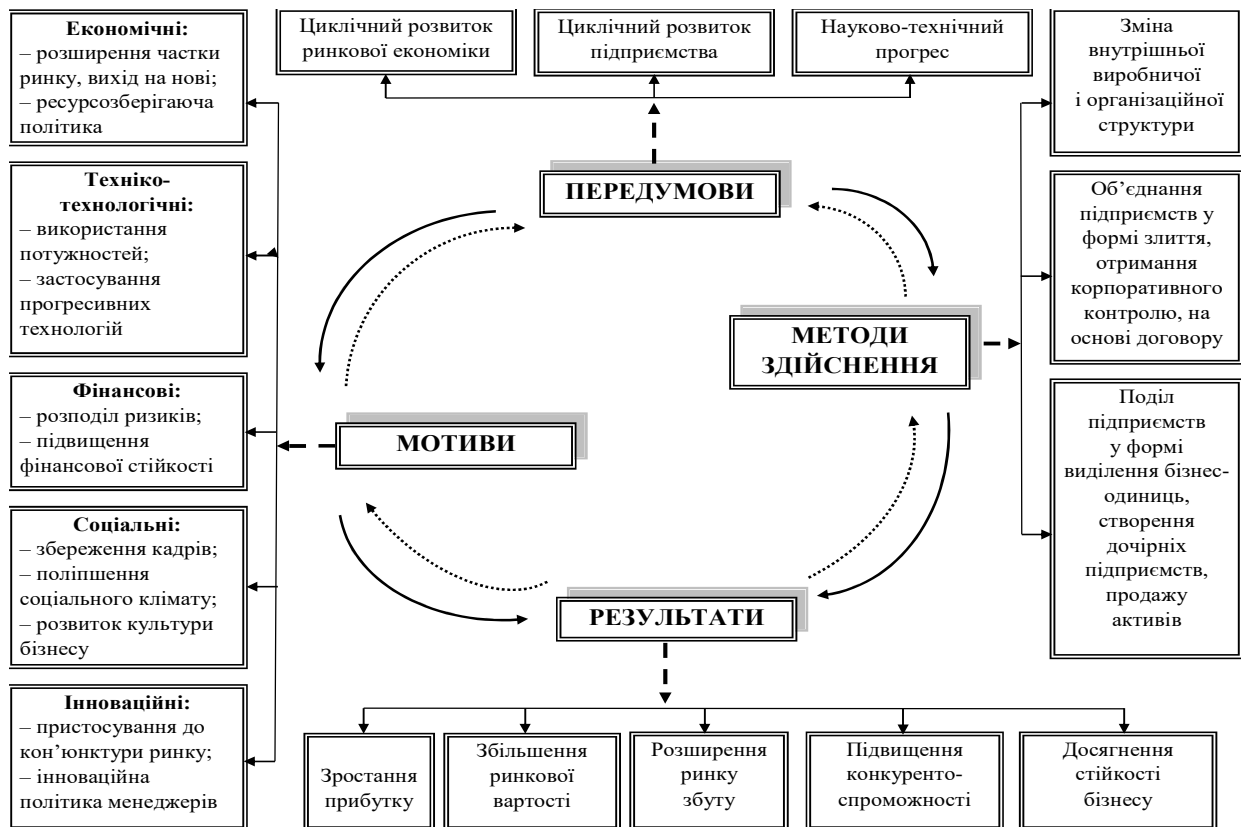


Рисунок 3 – Декомпозиція робіт IT-проєкту "Бізнес-платформа для визначення трансформації операційних систем стейкхолдерів будівництва" [18]

Інтеграція підприємств у будівельному проєкті характеризується появою нової синергетичної складової. Наявність синергетичного ефекту означає, що результат роботи інтегрованої системи вище, ніж сума результатів окремо функціонуючих підприємств.

ВІМ може стати важливим інструментом для зберігання, опрацювання та використання фрагментованої інформації, а також джерелом для генерування знань протягом усього життєвого циклу будівельного об'єкта. Накопичені великі набори даних (англ. BigData) можуть бути корпоративним активом, використання якого дасть змогу складати кращі прогнози і приймати обґрунтовані рішення. Крім того, знання, які виникли в проєкті і пройшли випробування практикою, можна вважати більш надійними порівняно з даними експериментів або моделюванням, оскільки вони містять більше основоположних знань щодо реальності.

### Висновки

Для належного спрямування трансформаційних процесів на підприємствах-стейкхолдерах девелоперських проєктів будівництва потрібні сучасні напрацювання в управлінні змінами, які б враховували особливості середовища та циклу девелоперського проєкту як тимчасового підприємства. Вихідним поштовхом пропонуваної роботи є гіпотеза, яка визначила, що

продуктивним форматом адаптації будівельних підприємств до трансформацій в складі мультипроєктного зовнішнього середовища будівельного девелопменту має бути стратегія інноваційних трансформацій, яка готується і впроваджується через цільовий внутрішньофірмовий проєкт. З позицій висунутої гіпотези вивляється, що не вирішеною залишається нагальна проблема – формування методології до трансформації систем менеджменту для підприємств будівельного комплексу у форматі єдиного алгоритму та циклу спеціального внутрішньофірмового проєкту, питання оцінки готовності та потенціалу трансформацій, урахування впливу зовнішнього середовища при плануванні трансформацій, підвищення ефективності впровадження трансформацій. Вимоги до індикаторів мають будуватися відповідно до їхньої організаційно-економічної сутності, а саме як: орієнтуючий показник, що допомагає передбачити, в якому напрямі слід очікувати розвиток економічних процесів; параметр або цінність, отримана за допомогою даних параметрів, яка відображає інформацію про феномен; показник, який відображає стан об'єкта, що спостерігається приблизно, але служить сигналом його благополуччя або неблагополуччя; сигнал, який показує наявність та рівень використання ресурсів, конкуренто-спроможність.

### Список літератури

1. Thomas S. L. Ties that Bind: A Social Network Approach to Understanding Student Integration and Persistence. *Journal of Higher Education*. 2000. Vol. 71. № 5. P. 591–615.
2. Xu R., and Wunsch D. Survey of clustering algorithms. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 16(3):645–678, 2005.
3. Newman, M. E. (2003). Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, 67(2), 026126.
4. Newman M. E. J. Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B*, 2004, vol. 38, no. 2, pp. 321–330.
5. Fortunato S. Community detection in graphs. *Physics reports*, 2010, vol. 486. N. 3–5, pp. 75–174. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>.
6. Maulik U., Bandyopadhyay S. Genetic algorithm-based clustering technique. *Pattern recognition*, 2000, vol. 33, no. 9, pp. 1455–1465.
7. Pizzuti C. A multiobjective genetic algorithm to find communities in complex networks. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 2012, vol. 16, no. 3, pp. 418–430. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2011.2161090>.
8. Flake G. W., Lawrence S., Giles C. L. Efficient identification of web communities. *Proceedings of the sixth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. ACM, 2000, pp. 150–160. <https://doi.org/10.1145/347090.347121>.
9. Radicchi F., Castellano C., Cecconi F., Loreto V., Parisi D. Defining and identifying communities in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, vol. 101, no. 9, pp. 2658–2663. <https://doi.org/10.1073/pnas.0400054101>.
10. Newman, M. E. (2004). Analysis of weighted networks. *Physical review E*, 70(5), 056131.
11. Girvan, M., & Newman, M. E. (2001). Community structure in social and biological networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99 (cond-mat/0112110), 8271–8276.
12. Leskovec J., Lang K. J., Mahoney M. Empirical comparison of algorithms for network community detection. *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*. ACM, 2010, pp. 631–640. <https://doi.org/10.1145/1772690.1772755>.
13. Гончаренко Т. А. Кластерний метод формування метаданих багатовимірних інформаційних систем для розв'язання задач генерального планування. *Управління розвитком складних систем*. № 42. С. 93–101, 2020. DOI: 10.32347/2412-9933.2020.42.93-101.

14. Хоменко О. М., Петренко Г. С., Рижакова Г. М., Петруха Н. М., Чуприна Ю. А., Малихіна О. М., Кушнір О. К. Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 52. С. 113 – 125, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125.

15. Рижакова Г. М., Кішак Н. Г., Хоменко О. М., Ротов О. О., Ніколаєва М. Ю., Веремєєва Т. І. Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратегії Integrated Project Delivery. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 49. С. 113 – 123, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.113-123.

16. Савенко В. І., Демидова О. О., Шатрова І. А., Гончаренко Т. А., Лященко Т. О. Еволюція розвитку організації і кадрового менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 53. С. 91 – 99, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.91-99.

17. Горда О. В., Цюцюра С. В., Лященко Т. О. Когнітивні елементи інформаційних середовищ. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2022. № 51. С. 49 – 57, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.49-57.

18. Zachary, W. W., "An information flow model for conflict and fission in small groups", *Journal of Anthropological Research* 33 (1977), 452–473.

19. Roco M. C., Bainbridge W. S. (eds). *Converging Technologies for Improving Human Performance*. NSF-DOC Report / Boston: Cluwer Academic Publisher, 2004.

Стаття надійшла до редколегії 10.12.2023

---

**Khomenko Oleksandr**

PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management in Construction,  
<https://orcid.org/0000-0002-6242-4736>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Ryzhakova Galyna**

DSc (Economics), Professor, Head of the department of management in construction, <https://orcid.org/0000-0002-7875-9768>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Malykhina Oksana**

DSc (Economics), Professor, Professor of the Department of Construction Management, <https://orcid.org/0000-0002-3683-570X>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Petrenko Hanna**

PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management in Construction,  
<https://orcid.org/0000-0002-6114-1910>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

**Stepaniuk Roman**

Postgraduate student of the Department of Construction Management, <https://orcid.org/0009-0001-5945-846>

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv*

---

**TARGET PRIORITIES AND TRANSFORMATION FORMALIZED INDICATORS  
OF OPERATIONAL SYSTEMS FOR CONSTRUCTION STAKEHOLDERS**

**Abstract.** *World experience shows that the realities of modern times create conditions for permanent transformations of operating systems and the formation of updated models of organizational structures of construction enterprises-stakeholders, aimed at more effective use of the economic and organizational-technological potential of the business entity, expanding the range of opportunities for economic and managerial growth, form prerequisites for the development of business structures and provide an opportunity to introduce innovative forms of knowledge management in enterprise administration. The relevance of the issues of cognitive research is determined by the features of the development of modern society. A characteristic feature of today is the presence of unified information technologies (IT) in almost all spheres of life. IT enables the sharing of information on a global scale, the collection and integration of vast data sets from dispersed and diverse sources. Big data sets collected in this way are used for forecasting and generating new knowledge. Contrary to the boundaries of disciplinary affiliation and commitment to different scientific schools, scientists are united by the paradigm, theory and methodology of cognitive science. At the basis of modern scientific research, the subject of production, with its knowledge, abilities and skills, is emerging. The latest scientific studies of cognitive mechanisms were mainly focused on the analysis of processes, models and practices of knowledge management of an individual organization, and only a small number of their studies were aimed at evaluating and optimizing processes related to the integration of knowledge in the project. The process of knowledge integration should ensure the dynamic potential of organizations – the ability to integrate internal and external knowledge to respond to environmental changes. The article analyzes and classifies the components of knowledge management systems in construction: an information technology system, in which special attention is paid to information technologies (IT); an organizational system that focuses on what the project's organizational structure and various processes and procedures should be; a human system that is focused on the management of human resources through digitalization and means of communication through the "information explosion", which is due to the transformation of the operating systems of enterprises in the dimensions of the "complexity of the world" indicators: SPOD-world, VUCA-world and BANI-world.*

**Keywords:** *knowledge management; integration of knowledge; information support; construction project; enterprise*

## References

1. Thomas, S. L. (2000). Ties that Bind: A Social Network Approach to Understanding Student Integration and Persistence. *Journal of Higher Education*, 71, 5, 591–615.
2. Xu, R, and Wunsch, D. (2005). Survey of clustering algorithms. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 16(3):645–678.
3. Newman, M. E. (2003). Mixing patterns in networks. *Physical Review E*, 67(2), 026126.
4. Newman, M. E. J. (2004). Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B*, 38, 2, 321–330.
5. Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. *Physics reports*, 486, 3–5, 75–174. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>.
6. Maulik, U., Bandyopadhyay, S. (2000). Genetic algorithm-based clustering technique. *Pattern recognition*, 33, 9, 1455–1465.
7. Pizzuti, C. (2012). A multiobjective genetic algorithm to find communities in complex networks. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 16, 3, 418–430. <https://doi.org/10.1109/TEVC.2011.2161090>.
8. Flake, G. W., Lawrence, S., Giles, C. L. (2000). Efficient identification of web communities. *Proceedings of the sixth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. ACM, 2000, pp. 150–160. <https://doi.org/10.1145/347090.347121>.
9. Radicchi, F., Castellano, C., Cecconi, F., Loreto, V., Parisi, D. (2004). Defining and identifying communities in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 9, pp. 2658–2663. <https://doi.org/10.1073/pnas.0400054101>.
10. Newman, M. E. (2004). Analysis of weighted networks. *Physical review E*, 70(5), 056131.
11. Girvan, M. & Newman, M. E. (2001). Community structure in social and biological networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99 (cond-mat/0112110), 8271–8276.
12. Leskovec, J., Lang, K. J., Mahoney, M. (2010). Empirical comparison of algorithms for network community detection. *Proceedings of the 19th international conference on World wide web*. ACM, pp. 631–640. <https://doi.org/10.1145/1772690.1772755>.
13. Honcharenko, Tetyana, (2020). Cluster method of forming metadata of multidimensional information systems for solving general planning problems. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 93–101. [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.93-101](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.93-101).
14. Homenko, Oleksandr, Petrenko, Hanna, Ryzhakova, Galyna, Chupryna, Yurii, Malykhina, Oksana, Petrukha, Nina & Kushnir, Olesii. (2022). Modern tools and software products for the administration of construction organizations in the conditions of transformation of operational management systems. *Management of Development of Complex Systems*, 52, 113–125, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.52.113-125](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125).
15. Ryzhakova, Galyna, Kishchak, Nataliia, Khomenko, Oleksandr, Rotov, Oleksandr, Nikolaeva, Marina & Veremeeva, Tetyana. (2022). Modern vector of construction development renovation in the context of Integrated Project Delivery Stratagems. *Management of Development of Complex Systems*, 49, 113–123. [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.49.113-123](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.113-123).
16. Savenko, Volodymyr, Shatrova, Inna, Demydova, Olena, Honcharenko, Tetiana & Liashchenko, Tamara. (2023). Evolution of organizational development and personnel management. *Management of Development of Complex Systems*, 53, 91–99, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.53.91-99](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.91-99).
17. Gorda, Elena, Tsiutsiura, Svitlana & Liashchenko, Tamara. (2022). Cognitive elements of information environments. *Management of Development of Complex Systems*, 51, 49–57, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.51.49-57](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.49-57).
18. Zachary, W. W. (1977). An information flow model for conflict and fission in small groups. *Journal of Anthropological Research*, 33, 452–473.
19. Roco, M. C., Bainbridge, W. S. (eds). (2004). *Converging Technologies for Improving Human Performance*. NSF-DOC Report / Boston: Cluwer Academic Publisher.

## Посилання на публікацію

- APA Khomenko, O., Ryzhakova, G., Malykhina, O., Petrenko, H. & Stepaniuk, R. (2023). Target priorities and transformation formalized indicators of operational systems for construction stakeholders. *Management of Development of Complex Systems*, 56, 173–180, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.173-180](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.173-180).
- ДСТУ Хоменко О. М., Рижакова Г. М., Малихіна О. М., Петренко Г. С., Степанюк Р. Б. Цільові пріоритети та формалізовані індикатори трансформації операційних систем стейкхолдерів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 56. С. 173 – 180, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.56.173-180](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.173-180).