

УДК 005.8:69:502.131.1

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.263668

## Удосконалення моделей оцінки сталого управління будівельних проєктів у процесах ініціації та планування

Т. Г. Фесенко

*Об'єктом даного дослідження є процеси управління «стійким будівництвом». Сталість розглядається через застосування управлінських процесів, які, окрім традиційних завдань для будівельних проєктів, окреслюють й завдання ширшого контексту. Стратегії та виробничі практики «стійкого будівництва» передбачають врахування екологічних, соціальних та економічних факторів, які впливають на широке коло стейкхолдерів та загальний стан забудованого простору. У зв'язку з цим актуалізується й питання застосування у будівельній індустрії управлінських процесів, що забезпечують належну організаційну та технологічну стійкість проєктів. Ця стаття має на меті заповнити наявну інформаційно-методичну прогалину в процесах оцінювання сталості процесів управління будівельними проєктами.*

*Застосовано кореляційний метод для визначення взаємозалежностей характеристик застосування інструментів та методів в процесах управління будівельними проєктами із цінностями сталого розвитку 5P (Product, Proses, People, Planet, Prosperity). Висвітлення характеристик сталості в процесах управління проєктом дозволяють пояснити відмінність підходів для забезпечення внутрішньої стійкості об'єкту будівництва та сталим управлінням будівельним проєктом.*

*Запропоновано комплексний інструментарій кількісного оцінювання сталого управління будівельним проєктом у процесах ініціації та планування в умовах невизначеності. Враховується відносна важливість процесів управління будівельним проєктом та субкатегорій сталого розвитку об'єкту будівництва. Розроблено базові математичні моделі оцінки сталості: збалансованої по усім областям знань управління будівельним проєктом для кожного процесу; збалансованої по усім процесам управління будівельними проєктом на фазі «Ініціація» і «Планування» для кожної категорії сталого розвитку; інтегральної оцінки сталості процесів управління будівельним проєктом.*

*Ключові слова: управління проєктами, будівельний проєкт, стійкість, сталий розвиток, процеси планування.*

### 1. Вступ

Сталість визначається через ефективне використання організаційних та виробничих технологій для досягнення Цілей сталого розвитку (ЦСР) [1]. Зважаючи на необхідність розвиватися в параметрах сталості, будівельна галузь ідентифікує відповідну кореляцію з ЦСР [2]. Стратегії та виробничі практики «стійкого будівництва» передбачають врахування всіх можливих екологічних, соціальних та економічних факторів, які впливають на зацікавлених сторін та зага-

льний стан забудованого простору. Зокрема, будівельна індустрія відповідає на нові виклики стосовного ЦСР запровадженням нових стандартів (BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) [3], LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [4], LBC (Living Building Challenge) [5]). Міжнародною організацією стандартизації (International Organization for Standardization, ISO) розроблено стандарти сталості щодо будівель і споруд, а також виконання відповідних інженерних робіт:

- ISO 21929-1. Стійкість в будівництві – індикатори стійкості. Частина 1: Платформа розробки індикаторів і базового набору індикатору для будівель;

- ISO 15392. Стійкість в будівництві та будівельних роботах – Загальні принципи;

- ISO/TR 21932. Стійкість в будівництві та будівельних роботах – Термінологія.

Водночас будівельні проекти також мають здійснюватися на більш високому рівні стійкості усіх організаційно-управлінських та виробничих процесів. Для досягнення операційної стійкості має враховуватися потрійний результат, що забезпечує ефективність в екологічному, економічному та соціальному аспектах. Зростаючий попит на стійкі бізнес-процеси призвів до значущих перетворень у системі знань з управління проектами [6]. Зокрема, розроблено «Глобальний стандарт GPM P5 для сталого розвитку в управлінні проектами (GPM P5)» [7]. Вимірювання сталості проектного менеджменту включає вимірювання впливу проекту на зовнішнє та внутрішнє середовище. У такому контексті актуалізуються й питання різнобічного дослідження оцінки стійкості будівельних проектів з точки зору процесів проектного управління.

Застосування GPM P5 до управління будівельними проектами є важливим завданням для осіб, які приймають рішення. Специфіка виробництва будівельного «продукту», його ресурсоемкість вимагає й більш розгорнутої роботи з навколишнім середовищем будівельного проекту. Стало-орієнтованість будівельного проекту має бути представлена у процесах, інструментах, проектних діях протягом усього життєвого циклу. Надзвичайно важливими для оцінки сталості будівельних проектів є фази ініціації і планування, на яких визначаються основні вимоги та необхідні заходи. Саме ініціація та планування є ключовими для того, щоб перетворити ЦСР на практичні дії. Втім, незважаючи на загальну зацікавленість будівельних компаній у застосуванні стало-орієнтованих підходів до організації процесів управління, існує дефіцит інструментів для оцінки стійкості на ранніх етапах управління проектами [8]. Така актуалізація питання вимагає подальшої розробки нових та удосконалення існуючих інструментів оцінки стало-орієнтованості управління будівельними проектами.

## **2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми**

Дослідники розглядають планування проекту як значний фактор, що сприяє успішній реалізації проектів. У роботі [9] пропонується оцінювати рівень здійснення функції планування в параметрах «зрілості» проектного менеджменту, його спроможності застосовувати необхідні інструменти та методи для зменшення невизначеності. Стверджується, що зріле планування робить цілі

проекту більш конкретними та зрозумілими для команди проекту. З точки зору стійкості, зріле планування розглядається як базис для відстеження фактичного прогресу, у тому числі за екологічними та соціальними цілями сталого розвитку. Втім у роботі [9] пропонуються загальні рішення для підтримки внутрішньої сталості процесів планування, галузева специфіка проекту не враховується.

Більшість дослідників віддають перевагу оцінці планування проекту з точки зору процесу. При цьому вони керуються стандартом проектного менеджменту РМВОК (Project Management Body of Knowledge) [10], у якому група процесів планування складає більше половини усіх проектних процесів (24 з 49). Такі дослідження беруть до уваги цілі проекту, які безпосередньо пов'язані зі стійкістю так званого «трикутника проекту за РМВОК»: час, вартість, зміст і якість. В роботі [11] зазначено, що за умови «вбудови» питань сталого розвитку на різні рівні ієрархії планів проекту, цілей сталого розвитку можна досягти шляхом «простого виконання плану» та «контролю на місячній/щотижневій основі». Проте таким інструментам роботи з ЦСР на фазі планування бракує гнучкості.

Разом з тим, розробляються рішення щодо інтеграції окремих ЦСР в систему проектного менеджменту. У роботі [12] запропоновано рішення щодо сталого управління будівельними проектами в частині ЦСР:5 «Гендерна рівність». Зазначається, що гендерна логічна система є ефективною для виконання процесів управління стейхолдерами проекту та формування якісного контексту архітектурно-планувальних рішень будівельних проектів. У роботі [13] розглядається сталий розвиток проектно-орієнтованого управління як спроможність системи менеджменту застосовувати гендермейнстрімінговий підхід. Запропонована модель оцінки гендерної зрілості організації на платформі моделі зрілості проектного менеджменту. В роботі [14] описані базові принципи створення офісу гендерно-орієнтованого управління проектами. Запропонована модель зрілості РМО<sub>С</sub> в контексті областей знань з управління проектами (РМВОК) та гендерно-сенситивними характеристиками зрілості. Однак стало-орієнтоване управління проектами потребує розробки не лише часткових рішень, а й інтеграційних, що пропонують орієнтацію на усі 17 ЦСР. Крім того, важливим дослідницьким завданням для розробки стало-орієнтованого управління проектами залишається урахування контекстуальних особливостей управління будівельними проектами та програмами.

У роботі [15] оцінюються відповідні інструменти РМВОК у дослідженні практик інтеграції сталості в управління портфелями проектів. Зазначається, що через динамічний характер проектів, система управління портфелем проектів має бути досить гнучкою. Особливо це важливо для управління портфелем з великою кількістю будівельних проектів, які є різними не тільки за економічними показниками, а й екологічними та соціальними. Традиційні інструменти вибору проектів зосереджуються передусім на економічних цілях, що призводить до втрати переваг, які могли б бути отримані за рахунок урахування соціальних та екологічних цілей. Запропонований у роботі [15] підхід до вибору будівельних проектів для портфеля потребує подальшого розвитку не на загальній платформі РМВОК, а спеціально розроблений для будівельної індустрії РМВОК Construction [16]. Тим більше, що аналіз наявної літератури показав, що зміст і

розуміння стійкості може відрізнятись залежно від контексту (будівництво, інформаційні технології тощо). Автори огляду та аналізу релевантних публікацій [17] з'ясували, що 65 % публікацій по стійкість у проєктному менеджменті присвячено конкретній галузі, з яких більшість (55 %) стосується будівельної галузі. Також у роботі [17] проаналізовано вплив стійкості на процеси та практику управління проєктами. Продемонстровано, що такий вплив є чутливим на різних рівнях. Важливо, що наголошується на необхідності зміни парадигми управління проєктами: від жорсткої керованості до гнучкості. Також критиці піддається РМВОК, який визначає внутрішні або зовнішні фактори середовища проєкту, але не ідентифікує потенційні соціальні чи екологічні інтереси як фактори впливу.

Крім того, оцінка сталості для різних груп процесів управління проєктом за РМВОК (ініціювання – планування – виконання – контроль – закриття) досліджена недостатньо, найбільше публікацій присвячено групі процесів виконання. Зокрема, у дослідженні [2] показників стійкості будівельних проєктів на етапі виконання запропоновано 22 показники, згруповані у дві групи: екологічні та соціально-економічні. Ці показники відображають стійкі практики для будівельних майданчиків та є корисними для підрядників. Втім, зі зростанням усвідомлення необхідності застосування концепцій сталого розвитку в управлінні проєктами, необхідно більше досліджувати стійкість у кореляції з усіма групами процесів управління проєктами.

У дослідженні [18] презентують стало-орієнтоване планування проєкту на концептуальному ґрунті стратегічного менеджменту Автор доводить, що характеристики стратегічного планування можуть бути ефективно включені в узагальнену структуру проєктного менеджменту. Стверджується, що за рахунок стратегічного планування можна покращити внутрішню узгодженість інструментів та методів у групах процесів планування за РМВОК. Це, зі свого боку, уможливує включення стало-орієнтованих процесів, оскільки стратегічне планування будується, зокрема, на основі повноти стратегічних альтернатив та участі різноманітних груп зацікавлених сторін.

Дослідники стали все більше звертатися до проблем стійкості, і як мети проєкту, і як характеристики процесу, за допомогою якого керується проєкт. В роботі [19] пропонуються різні варіанти індикаторів для застосування на різних етапах будівельного проєкту, а передбачено вибір набору показників стійкості для забезпечення вимог різних фаз проєкту. В роботі [20] визначено 82 індикатори стійкості, пов'язані з практикою управління проєктами в будівельних проєктах. Їх класифікація на економічні, екологічні та соціальні показники стійкості була здійснена шляхом напівструктурованих інтерв'ю з експертами з будівництва. Це дослідження має практичну користь, оскільки пропонує практикам можливість вибрати необхідну комбінацію показників, залежно від того, яку спрямованість сталого розвитку вони хочуть забезпечити у своїх проєктах. В роботі [21] зазначено, що зазвичай будівельні підрядники не мають чіткого розуміння стійкості, визначальним параметром для них слугує продуктивність у плануванні та фінансовий успіх проєкту. Через це, автори пропонують використовувати фактор продуктивності будівництва для переконання підрядників у

впровадженні механізмів стійкості в будівельному проєкті. У цьому дослідженні розроблено якісну модель для вимірювання показників стійкості будівельного проєкту із урахуванням тяжіння підрядників до продуктивності. В основу моделі покладені базові вимоги сталого розвитку, які представлені трьома підсистемами (економічна, екологічна, соціальна), а також цикли зворотного зв'язку між факторами, що впливають на стійкість і продуктивність будівництва. Дана модель є корисною, як для практиків, так і для дослідників, ілюструючи зв'язок між продуктивністю та стійкістю. Водночас, стійкість в управлінні будівельними проєктами має бути представлена комплексною концепцією, яка потребує системного мислення для реалізації.

В роботі [22] наголошується на значимості екологічних показників стійкості для будівельних проєктів. Будівельна галузь вважається одним із найбільших учасників зміни клімату через споживання природних ресурсів і утворення парникових газів. Автори зазначають, що належне управління будівельними проєктами, зі стало-орієнтованою системою прийняття рішень і подальшим контролем, може пом'якшити цю проблему. У роботі [21] запропоновані інструменти, які лише частково відстежують стало-орієнтованість рішень щодо будівельних проєктів, а саме за трьома індикаторами: скорочення відходів, споживання енергії та викиди вуглецю. Подальший розвиток дослідження потребує розширення структури відповідних показників.

В роботі [23] досліджується використання практики планування інженерних будівельних проєктів для інтеграції вимог сталого розвитку. Застосовано якісні методи на основі контент-аналізу даних інтерв'ю проєктних менеджерів з інженерних будівельних об'єктів. Автори послуговуються концептом «стійке проєктне планування», у якому поєднано принципи стійкості з управлінськими процесами (контроль, реагування на ризики, досягнення консенсусу). Також представлено шкалу, яка оцінює рівень успішного планування проєкту з урахуванням стійкості та прогнозованого успіху проєктів будівельних інженерних проєктів у життєвому циклі проєкту. У цьому дослідженні зосереджено увагу на тому, як інтегрувати стійкість у будівельні проєкти з точки зору внутрішнього управління проєктами. Водночас, такі важливі для планування чинники зовнішнього середовища, як потреби зацікавлених сторін, а також управлінська задача їх збалансувати, потребують більш ґрунтовного дослідження.

Незважаючи на те, що наявні дослідження [9, 11–23] спрямовують увагу на сталість управління будівельними проєктами, переважна їх більшість розглядають планування проєкту безпосередньо як інструмент підтримки внутрішньої сталості протягом життєвого циклу проєкту. Залишається недослідженою проблема оцінки стійкості будівельних проєктів з точки зору зовнішньої сталості, у тому числі досягнення ЦСР.

### **3. Мета та завдання дослідження**

Метою дослідження є розробка рішення щодо оцінки сталості управління будівельними проєктами на методологічній платформі проєктного менеджменту PMBOK Construction [16] та GPM P5 [7] в контексті «системи координат» ЦСР. Це дасть можливість менеджерам будівельних проєктів забезпечити осіб,

які приймають рішення про ініціацію та фінансування об'єктів будівництва (спонсорів, замовників, забудовників), дієвим інструментарієм оцінки рівня сталості методів та інструментів процесів управління проектами. Запропонований інструментарій прийняття рішення дозволить ініціювати та розробляти будівельні проекти із цінностями 5P (Product, Proses, People, Planet, Prosperity). У довгостроковій перспективі сталість підвищить енергонезалежність та безпеку об'єктів будівництва, а також якість життя, культуру споживання стейкхолдерів будівельних проектів.

Для досягнення поставленої мети пропонується вирішити:

- розробити базові математичні моделі кількісної оцінки сталості управління будівельним проектом в процесах ініціації та планування на методологічній платформі проектного менеджменту PMBOK Construction та GPM P5;
- запропонувати методику оцінки сталості управління будівельним проектом.

#### 4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом даного дослідження є процеси управління «стійким будівництвом».

Загальною методологічною основою для даного дослідження є система процесів управління будівельними проектами, визначена PMBOK Construction. Для виконання кожного з процесів ініціації (2) та планування (24) рекомендовано застосовувати певний набір методів та інструментів. Концептуальну основу дослідження також складає стандарт GPM P5 [7], що визначає ширший економічний, екологічний та соціальний контекст проекту. Застосування GPM 5P, разом з PMBOK, дозволяє менеджерам планувати проектні дії для досягнення сталого управління проектом. Саме тому у дослідженні пропонується розгляд стійкого планування будівельного проекту шляхом поєднання процесів, методів та інструментів PMBOK Construction з принципами сталого розвитку GPM P5 (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристики сталості управління будівельним проектом у процесах ініціації та планування

Процеси управління будівельними проектами (PMBOK Construction)	Інструменти та методи	Характеристика сталості управління будівельним проектом
<b>Передпроектна фаза/Фаза «Ініціація»</b>		
1. 1. Розробка Статуту проекту	1. 1. 1. Експертна оцінка	<ul style="list-style-type: none"> <li>– застосовується для визначення методів і засобів розвитку будівництва, цінностей елементів сталого розвитку;</li> <li>– виконується спонсором, замовником та useful стейкхолдерами проекту</li> </ul>

Продовження табл. 1

	1. 1. 2. Сбір даних	Аналіз припущень і обмежень починається з відповідей на запит пропозицій (Response to a Request for Proposals, RFP). При цьому має бути враховано бачення/точка зору замовника, підрядника і кожного стейкхолдера, який бере участь в проєкті. Для кожного будівельного проєкту необхідно збирати данні щодо екологічних наслідків, безпеки персоналу та громадськості, а також правил безпеки. Збір даних здійснюється методами “мозковий штурм”, “фокус-групи”, “інтерв’ювання”
	1. 1. 3. Міжособистісні та командні навички	Застосовуються для управління конфліктами, фасилітації, управління зустрічами. Робота в команді, орієнтованої на досягнення цінностей сталого розвитку, ґрунтується на взаємоповазі, рівних правах та можливостях, чесній конкуренції, нульової толерантності до корупції і т.ін.
	1. 1. 4. На ради	Проводяться за участі ключових стейкхолдерів будівельного проєкту (у т. ч. із залученням замовника, підрядника, проєктувальника, клієнтів) для визначення цілей проєкту, критеріїв успіху, ключових результатів ..., цінностей сталого розвитку (соціальних, екологічних, економічних)
10. 1. Ідентифікація стейкхолдерів	10. 1. 1. Експертна оцінка	Забезпечує всебічну ідентифікацію та перелік стейкхолдерів (у тому числі, ті, що мають конкуруючі цілі, очікування, по різному впливають на хід проєкту). Експертна оцінка стейкхолдерів сталоорієнтованого проєкту здійснюється із залученням green-менеджера, експертів з сертифікації BREEAM/LEED/LBC, а також з врахуванням попереднього досвіду. У прийнятті рішення про перехід до фази “Планування” перевага надається експертній оцінці
	10. 1. 2. Сбір даних	Залежить від масштабу проєкту. Наприклад, будівельні проєкти, які фінансуються з державних або місцевих бюджетів, передбачають юридично складні процедури збору даних (офіційні запити, заявки, тендери). Екологічні ініціативи можуть бути частиною нормативних або проєктних вимог/даних
	10. 1. 3. Аналіз даних	Результати аналізу стейкхолдерів, їх інтересів, очікувань і ставлення до проєкту використовуються для пом’якшення потенційних невідомих ризиків. Результатом аналізу документів є оцінка знань, компетентності команди управління, попереднього досвіду (“вивчених уроків”) зі сталоорієнтованого управління будівельними проєктами. Загальний аналіз даних – список стейкхолдерів з відповідною інформацією, визначенням ролі та місця в проєкті, очікувань з кореляцією до ЦСР

Продовження табл. 1

	10. 1. 4. Представлення даних	Реалізується у вигляді “матриці влади/інтересів стейкхолдерів на проєкт” та потенційної неоднозначності щодо потреб і вимог до проєктно-технічних рішень стійкого об’єкту будівництва
	10. 1. 5. Наради	Проводяться регулярно із залученням усіх стейкхолдерів проєктів (у тому числі бенефіціарів, green-менеджера, експерта з сертифікації за стандартом BREEAM/LEED/LBC), а також з урахуванням ролі у проєкті, обов’язків, рівня повноважень. Усі учасники нарад дотримуються культури сталості). Наради проводяться із застосуванням широкого кола онлайн-інструментів групової роботи
Фаза «Планування»		
1. 2. Розробка плану управління проєктом	1. 2. 1. Експертна оцінка	Застосовується для: – адаптації управлінських процесів відповідно до потреб забудовника, клієнта, green-менеджера, експертів з сертифікації BREEAM/LEED/LBC та інших стейкхолдерів; – розробки технічних та управлінських рішень щодо найкращого способу реалізації проєкту і отримання результатів/цінностей сталості для усіх залучених сторін; – оцінка інтеграції принципів сталого розвитку у середовище будівельного проєкту.
	1. 2. 2. Збір даних	Аналогічно п. 1. 1. 2, п. 10. 1. 2. Особлива увага приділяється збору даних, пов’язаних з безпекою, якістю, захистом, екологією, поставками ресурсів. Для розробки інтеграційного плану управління будівельним проєктом важливі данні містяться у контрактах, зокрема: етапи виконання поставок; вартість/ціна; вимоги до звітності, інспекції, прийому-передачі; правила імпорту та експорту
	1. 2. 3. Міжособистісні та командні навички	Аналогічно п. 1. 1. 3. Працівникам може знадобитися навчання: культурним цінностям сталого розвитку; чесності і відкритості; нульової толерантності до корупції; правилам комунікації з підрядниками з інших країн. Важливо, щоб план управління проєктом включав усіх членів команди та відображав спеціальні знання, які є в розпорядженні керівника проєкту
	1. 2. 4. Наради	На першій нараді з обговорення плану управління проєктом важливо, щоб були визначити ролі кожного стейкхолдера (у т. ч. green-менеджера)



Продовження табл. 1

2. 1. Планування управління змістом проекту	2. 1. 1. Експертна оцінка	В управлінні змістом застосовується для врахування вимог будівельного проекту та організації-виконавця (власника, підрядника, керівника будівництва). Крім того, експертну оцінку надає green-менеджер, експерти з сертифікації BREEAM/LEED/LBC
	2. 1. 2. Аналіз даних	Включає аналіз альтернатив, зокрема оцінюються способи і варіанти інженерних, архітектурно-технічних рішень для забезпечення стійкості об'єкту будівництва. Формується набір даних для проектних креслень, специфікацій, контрактів. Також визначаються допуски, переваги, рівень якості матеріалів та обладнання
	2. 1. 2. На ради	Проводяться з ключовими стейкхолдерами проекту (у т. ч. із залученням замовника, підрядників і субпідрядників, green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC)
2. 2. 3 бір вимог	2. 2. 1. Експертна оцінка	Застосовується для виявлення і аналізу вимог стейкхолдерів (green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC). Визначається обсяг та ймовірність виникнення потенційних претензій від замовника, green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC
	2. 2. 2. Збір даних	Аналогічно п. 1. 1. 2., п. 10. 1. 2, п. 1. 2. 2. Будівельні проекти передбачають отримання офіційних дозвільних документів для початку виконання будівельно-монтажних робіт. Як правило, необхідні технічні умови від державних інспекцій (пожежної безпеки, охорони праці, енергозбереження та ін.). Крім того, виконується оцінка соціальних наслідків (Social impact assessment, SIA) від об'єкту будівництва та оцінка впливу на навколишнє середовище (Environmental impact assessment, EIA)
	2. 2. 3. Аналіз даних	Аналогічно п. 10. 1. 3, п. 2. 1. 2. Аналіз документів передбачає ідентифікацію усієї задокументованої інформації що стосується вимог проектно-технічних рішень об'єкту будівництва. Перелік документів може включати: нормативну документацію; стандарти зеленого будівництва; угоди; запити і пропозиції; база знань кращих практик стійких будівель і т.ін.
	2. 2. 4. Прийняття рішень	Здійснюється на основі багатокритеріальної оцінки (у т. ч. категоріям цінностей 5P). Серед множини підкатегорій перевага надається тим, які забезпечують стійкість об'єкту будівництва. Оцінки green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC мають більшу вагомість

Продовження табл. 1

	<p>2. 2. 5. Представлення даних</p>	<p>Здійснюється у формі:                  – діаграм (Affinity diagrams): стейкхолдери (у т. ч. green-менеджер, експерт з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) ідентифікують ідеї і подібні ідеї поєднують у групи;                  – карти (Mind mapping): стейкхолдери (у т. ч. green-менеджер, експерт з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) усі ідеї об'єднують, відображають спільні та відмінні, а потім доповнюють новими</p>
	<p>2. 2. 6. Міжособистісні та командні навички</p>	<p>Аналогічно п. 1. 1. 3, п. 1. 2. 3.                  Крім того, для збору вимог до будівельного проєкту застосовують клієнтоорієнтовані методики, зокрема: “Voice of the customer (VOC)”, історії користувачів (User stories). Сучасні команди управління будівельними проєктами і використовують ICT інструменти (JIRA, Trello, Asana та ро.) для посилення внутрішніх комунікацій</p>
	<p>2. 2. 7. Контекстна діаграма</p>	<p>відображає як стейкхолдери (у т. ч. замовник, проєктувальник, підрядник, green-менеджер, експерт з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) будуть взаємодіяти для забезпечення стійкості об'єкту будівництва</p>
	<p>2. 2. 8. Прототипізація</p>	<p>Реалізується шляхом створення робочої 3D, 4D, ... моделей об'єкту будівництва із застосуванням інформаційного моделювання (Building Information Modeling, BIM), дозволяє отримати попередню візуалізацію вимог стейкхолдерів (у т. ч. green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC)</p>
<p>2. 3. Визначення змісту проєкту</p>	<p>2. 3. 1. Експертна оцінка</p>	<p>Аналогічно п. 1. 1. 1, п. 1. 2. 1, п. 2. 2. 1.                  Перевага надається оцінці експертів, які мають більший досвід у реалізації проєктів ієнтованих будівельних проєктів</p>
	<p>2. 3. 2. Аналіз даних</p>	<p>Аналогічно п. 10. 1. 3, п. 2. 1. 2, п. 2. 1. 3.                  Аналіз альтернатив використовується для оцінки ступеня кореляції цінностей сталого розвитку 5P у інженерні рішення об'єкту будівництва, а також шляхи досягнення їх стійкості</p>
	<p>2. 3. 3. Прийняття рішень</p>	<p>Аналогічно п. 2. 2. 4</p>

Продовження табл. 1

	2. 3. 4. Міжособистісні та командні навички	Аналогічно п. 1. 1. 3, п. 1. 2. 3, 2. 2. 6. Керівник проекту відповідальний за вчасне забезпечення доставки технічних рішень команді проекту та відповідному за ланцюг поставок (команді субпідрядників). Виконання цих обов'язків може бути частиною відповідальності підрядника (наприклад в рамках ЕРС-контракту (Engineering, procurement and construction))
	2. 3. 5. Аналіз продукту	може відбуватись декілька разів, зокрема на стадіях: «ескізний проект», «техніко-економічне обґрунтування», «проект», «робоча документація», «робочий проект». Для аналізу стійкості об'єкту будівництва застосовують, у тому числі: методи декомпозиції завдань/проектних дій; припущення та оцінка ризиків; оцінка вартості; оцінка цінностей
2. 4. Створення ієрархічної структури робіт	2. 4. 1. Експертна оцінка	Аналогічно п. 1. 1. 1, п. 1. 2. 1, п. 2. 2. 1, п. 2. 3. 1
	2. 4. 2. Декомпозиція	Використовується для поділу обсягу проекту та результатів проекту на менші, більш керовані частини. Результатом декомпозиції є ієрархічна структура робіт (Work Breakdown Structures, WBS), пакети будівельних робіт (Construction Work Packages, CWPs). WBS і CWPs сталого управління будівельним проектом мають містити звіти про досягнення цінностей 5P
3. 1. Планування термінів проекту	3. 1. 1. Експертна оцінка	Аналогічно п. 1. 1. 1, п. 1. 2. 1, п. 2. 2. 1, п. 2. 3. 1. Експертна оцінка планування термінів реалізації сталості будівельного проекту має бути заснована на знаннях, у тому числі застосуванні спеціального програмного забезпечення (наприклад, Microsoft Project, Project Libre)
	3. 1. 2. Аналіз даних	Аналогічно п. 10. 1. 3, п. 2. 1. 2, п. 2. 1. 3, п. 2. 3. 2
	3. 1. 3. Народи	Аналогічно п. 1. 1. 4, п. 10. 1. 5, п. 1. 2. 4, п. 2. 1. 2
3. 2. Визначення операцій/проектних дій	3. 2. 1. Експертна оцінка	
	3. 2. 2. Декомпозиція	
	3. 2. 3. Планування накопуючої хвилі	
	3. 2. 4. Народи	

Продовження табл. 1

3. 3. Послідовність операцій/проектних дій	3. 3. 1. Метод діаграм пріоритету
	3. 3. 2. Визначення залежності та інтеграції
	3. 3. 3. Випередження та відставання
	3. 3. 4. Інформаційна система управління проектами
3. 4. Оцінка тривалості операцій/проектних дій	3. 4. 1. Експертна оцінка
	3. 4. 2. Оцінка за аналогами
	3. 4. 3. Оцінка за параметрами
	3. 4. 4. Оцінка за трьома точками
	3. 4. 5. Оцінювання «знизу до гори»
	3. 4. 6. Аналіз даних
	3. 4. 7. Прийняття рішень
	3. 4. 8. Наради
3. 5. Розробка розкладу проекту	3. 5. 1. Аналіз сітьового графіка
	3. 5. 2. Метод критичного шляху
	3. 5. 3. Оптимізація ресурсів
	3. 5. 4. Аналіз даних
	3. 5. 5. Випередження та відставання
	3. 5. 6. Стискання графіку
	3. 5. 7. Інформаційна система управління проектами
	3. 5. 8. Гнучке планування результату
4. 1. Планування управління вартістю проекту	4. 1. 1. Експертна оцінка
	4. 1. 2. Аналіз даних
	4. 1. 3. Наради
4. 2. Оцінка вартості проекту	4. 2. 1. Експертна оцінка
	4. 2. 2. Оцінка за аналогами
	4. 2. 3. Оцінка за параметрами
	4. 2. 4. Оцінювання «знизу до гори»
	4. 2. 5. Оцінка за трьома точками
	4. 2. 6. Аналіз даних
	4. 2. 7. Інформаційна система управління проектами
	4. 2. 8. Прийняття рішень
4. 3. Визначення бюджету проекту	4. 3. 1. Експертна оцінка
	4. 3. 2. Агрегування вартості
	4. 3. 3. Аналіз даних
	4. 3. 4. Огляд історичної інформації
	4. 3. 5. Погодження фінансових лімітів
	4. 3. 6. Фінансування

Продовження табл. 1

5. 1. Планування управління якістю проєкту	5. 1. 1. Експертна оцінка	Аналогічно п. 1. 1. 1, п. 1. 2. 1, п. 2. 2. 1, п. 2. 3. 1, п. 3. 1. 1. Стейкхолдери (у т. ч. замовник, проєктувальник, підрядник, green-менеджер, експерт з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) повинні мати досвід з питань забезпечення якості, контролю, вимірювання, та покращення якості, а також створення системи якості об'єктів будівництва
	5. 1. 2. Сбір даних	Аналогічно п. 1. 1. 2., п. 10. 1. 2, п. 1. 2. 2, п. 2. 2. 2
	5. 1. 3. Аналіз даних	Аналогічно п. 10. 1. 3, п. 2. 1. 2, п. 2. 1. 3, п. 2. 3. 2. Аналіз витрат і вигід виконується із залученням green-менеджера, експертів з сертифікації BREEAM/LEED/LBC
	5. 1. 4. Прийняття рішень	
	5. 1. 5. Представлення даних	Аналогічно п. 2. 2. 5. Green-менеджер, експерти з сертифікації BREEAM/LEED/LBC розробляють SIPOC-діаграми (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers). Така логічна модель даних візуалізує потоки інформації як досягти цінностей сталості 5P
	5. 1. 6. Планування випробувань та перевірок	Команда проєкту (у тому числі green-менеджер, експерти з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) визначають, як тестувати або перевіряти об'єкт будівництва, щоб задовольнити потреби і очікування зацікавлених сторін, а також досягти цінностей сталості 5P.
	5. 1. 7. Наради	
6. 1. Планування управління ресурсами проєкту	6. 1. 1. Експертна оцінка	
	6. 1. 2. Представлення даних	Аналогічно п. 2. 2. 5, п. 5. 1. 5. Для документування ролей і обов'язків членів команди (у тому числі green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) застосовують: організаційну ієрархічну структуру, ієрархічну структуру ресурсів, матрицю розподілу відповідальності
	6. 1. 3. Теорія організації	Передбачає орієнтацію на розвиток організаційної зрілості зі сталого управління будівельними проєктами
	6. 1. 4. Наради	

Продовження табл. 1

6. 2. Оцінка ресурсів операцій/проектних дій	6. 2. 1. Експертна оцінка	
	6. 2. 2. Оцінювання «знизу до гори»	
	6. 2. 3. Оцінка за аналогами	
	6. 2. 4. Оцінка за параметрами	
	6. 2. 5. Аналіз даних	
	6. 2. 6. Інформаційна система управління проектами	
	6. 2. 7. Наради	
7. 1. Планування управління комунікаціями проекту	7. 1. 1. Експертна оцінка	
	7. 1. 2. Аналіз вимог до комунікацій	Визначає інформаційні (внутрішні і зовнішні) потреби зацікавлених сторін проекту (у тому числі green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC)
	7. 1. 3. Комунікаційні технології	Команда сталоорієнтованого управління будівельним проектом для співпраці та обміну інформацією надає перевагу цифровим інструментам, зокрема: онлайн зустрічам, електронному документообігу, базам даних, соціальним мережам та веб-сайтам
	7. 1. 4. Комунікаційні моделі	Команда сталого управління будівельним проектом обирає стиль спілкування, що враховує відмінності методи роботи, вік, національність, професійну спеціальність, етнічну приналежність, расу чи гендер
	7. 1. 5. Методи комунікації	
	7. 1. 6. Міжособистісні та командні навички	
	7. 1. 7. Представлення даних	
	7. 1. 8. Наради	
8. 1. Планування управління ризиками проекту	8. 1. 1. Експертна оцінка	
	8. 1. 2. Аналіз даних	
	8. 1. 3. Наради	Відбуваються за участі green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC
8. 2. Ідентифікація ризиків проекту	8. 2. 1. Експертна оцінка	
	8. 2. 2. Аналіз даних	
	8. 2. 3. Міжособистісні та командні навички	
	8. 2. 4. Списки підказок	Є результатом попереднього досвіду роботи команди сталоорієнтованого управління будівельним проектом з моделями: PESTLE (political, economic, social, technological, legal, environmental), TECOP (technical, environmental, commercial, operational, political), або VUCA (volatility, uncertainty, complexity, ambiguity)
	8. 2. 5. Наради	

Продовження табл. 1

8. 3. Якісний аналіз ризиків проекту	8. 3. 1. Експертна оцінка	
	8. 3. 2. Сбір даних	
	8. 3. 3. Аналіз даних	
	8. 3. 4. Міжособистісні та командні навички	
	8. 3. 5. Категоризація ризиків	
	8. 3. 6. Представлення даних	
	8. 3. 7. Наради	
8. 4. Кількісний аналіз ризиків проекту	8. 4. 1. Експертна оцінка	
	8. 4. 2. Сбір даних	
	8. 4. 3. Міжособистісні та командні навички	
	8. 4. 4. Представлення невизначеності	
	8. 4. 5. Аналіз даних	
8. 5. Планування реагування на ризики проекту	8. 5. 1. Експертна оцінка	
	8. 5. 2. Сбір даних	
	8. 5. 3. Міжособистісні та командні навички	
	8. 5. 4. Стратегії загроз	
	8. 5. 5. Стратегії можливостей	
	8. 5. 6. Умовні стратегії реагування	
	8. 5. 7. Стратегії по відношенню загального ризику проекту	
	8. 5. 8. Аналіз даних	
	8. 5. 9. Прийняття рішень	
9. 1. Планування управління закупівлями проекту	9. 1. 1. Експертна оцінка	
	9. 1. 2. Сбір даних	
	9. 1. 3. Аналіз даних	
	9. 1. 4. Аналіз вибору джерел	
	9. 1. 5. Наради	
10. 2. Планування взаємодії із стейкхолдерами	10. 2. 1. Експертна оцінка	Застосовується для визначення рівня залучення кожного стейкхолдера (стейкхолдери (у т. ч. замовника, проектувальника, підрядника, green-менеджера, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC) на кожному етапі будівельного проекту
	10. 2. 2. Аналіз даних	Може бути представлено у вигляді «матриці оцінки участі стейкхолдерів» (у т. ч. експертів з сертифікації BREEAM/LEED/LBC, експерта з гендермейнстрімінгу в будівництві [24] ті ін.)
	10. 2. 3. Прийняття рішень	Відбувається за участю експертів з сертифікації BREEAM/LEED/LBC, експерта з гендермейнстрімінгу в будівництві
	10. 2. 4. Представлення даних	У вигляді «матриці стейкхолдерів», матриць потреб green-менеджера, експертів з сертифікації BREEAM/LEED/LBC, експерта з гендермейнстрімінгу в будівництві

Продовження табл. 1

	10. 2. 5. На ради	Стейхолдерів (у т. ч. green-менеджер, експерта з сертифікації BREEAM/LEED/LBC, експерта з гендермейнстрімінгу в будівництві) і проєктної групи присвячені визначенню необхідного рівня залучення усіх стейкхолдерів протягом життєвого циклу будівельного проєкту
11. 1. Планування управління охороною праці, безпекою і навколишнім середовищем будівельного проєкту	11. 1. 1. Методи підтримки здоров'я	<ul style="list-style-type: none"> <li>– скринінг на наркотики та алкоголь;</li> <li>– паспорт безпеки матеріалу (MSDS);</li> <li>– глобально гармонізована система (GHS);</li> <li>– заходи боротьби з пилом і шумом;</li> <li>– медичні засоби на місці (включаючи портативне обладнання, таке як станція для промивання очей, екстрений душ тощо);</li> <li>– плани зменшення втоми;</li> <li>– обмеження робочого часу;</li> <li>– специфічні для клімату заходи пом'якшення, такі як доступна вода, теплі хатини тощо;</li> <li>– регулярні медичні огляди та гігієнічні умови праці;</li> <li>– надання навченого персоналу з надання першої допомоги (поруч, якщо не на робочому місці)</li> </ul>
	11. 1. 2. Методи забезпечення безпеки робочого місця в будівництві	<ul style="list-style-type: none"> <li>– попередня підготовка об'єкта (аналіз небезпек, дозволи, ознайомлення з об'єктом і постійне маркування небезпеки тощо);</li> <li>– постійне навчання, управління дорожнім рухом;</li> <li>– перевірка гарантій;</li> <li>– періодична перевірка інструментів та обладнання;</li> <li>– стандартні операційні процедури (Standard operating procedures, SOP);</li> <li>– розпізнавання та оцінка ризиків;</li> <li>– відповідність OSHA (Occupational Safety and Health Administration);</li> <li>– персонал з безпеки на місці</li> </ul>
	11. 1. 3. Методи охорони будівельного майданчика	<ul style="list-style-type: none"> <li>– контрольований доступ за допомогою посвідчення або смарт-картки;</li> <li>– охоронні ворота та огорожі;</li> <li>– транспортні бар'єри;</li> <li>– охоронці;</li> <li>– дистанційна охорона (камери, датчики тощо);</li> <li>– освітлення майданчика</li> </ul>



Продовження табл. 1

	11. 1. 4. Інструменти впливу на стан екології	<ul style="list-style-type: none"> <li>– переробка/утилізація відходів;</li> <li>– поводження з небезпечними відходами; <ul style="list-style-type: none"> <li>– екологічне очищення;</li> <li>– моніторинг шуму;</li> <li>– акустичний контроль;</li> </ul> </li> <li>– планування культурних ресурсів;</li> <li>– вплив на навколишнє середовище; <ul style="list-style-type: none"> <li>– дренаж ділянки;</li> <li>– контроль пилу;</li> </ul> </li> <li>– організація дорожнього руху;</li> <li>– вимоги урядових дозволів</li> </ul>
12. 1. Планування управління фінансами будівельного проекту	12. 1. 1. Аналітичні методи	
	12. 1. 2. Техніко-економічне обґрунтування	
	12. 1. 3 Аналіз чутливості	

Дане дослідження є науковою спробою перевірки гіпотези про існування специфічної кореляції між принципами і підходами сталого розвитку та ефективністю процесів управління будівельними проектами з точки зору екологічності, економічності та соціальноорієнтованості (інклюзивності). Більша інтеграція цінностей сталого розвитку 5P в процесі управління є передумовою створення стійкості об'єкту будівництва.

Враховуючи загальний контекст будівельного проекту пропонуються категорії цінностей сталого розвитку об'єкта будівництва:

– P 1: вплив продукту (об'єкту будівництва) передбачає збільшення терміну експлуатації об'єкту за рахунок використання безпечних матеріалів та інклюзивних (людиноорієнтованих) технічних рішень, а також зменшення витрат на сервісне та експлуатаційне обслуговування об'єкту;

– P 2: вплив процесів управління будівельними проектами означає, що процеси проектного управління є високоефективними, справедливими для усіх стейкхолдерів проекту і орієнтовані на досягнення сталих результатів;

– P 3: соціальний вплив. По-перше, це створення гідних умов праці, зокрема: створення безпечних умов праці, організація навчання і розвиток компетентностей, забезпечення різноманітності та рівних можливостей для усіх членів проектної команди. По-друге, здатність взаємодіяти із суспільством та клієнтами. Крім того, важливо демонструвати повагу до прав людини, дотримуватись правил чесної конкуренції;

– P 4: вплив на довкілля пов'язаний із мінімізацією фізичних перевозок (поїздок, доставок) та максимізацією використання цифрових комунікаційних технологій. Крім того, в будівництві необхідно ощадливо використовувати енергоресурси, переходити на відновлювальні джерела енергії та місцеві матеріали;

– Р 5: економічний вплив. Реалізація сталого будівельного проєкту має бути фінансово успішною і рентабельною. Для цього аналізуються бізнес-кейси з варіантами оцінок поточних витрат, рентабельності, прибутку і т. ін. Бажано, щоб сталоорієнтовані будівельні проєкти отримувати фінансову підтримку від інвесторів, державних органів і органів місцевого самоврядування.

У фокусі уваги постають процеси управління проєктами передпроєктної фази/фази ініціації та фази планування. Оскільки зміст проєкту закладається на початкових етапах. На фазі «виконання» внесення принципових змін в інженерні рішення будівельних проєктів приводить до значного перевищення бюджету і зниження показників ефективності. Адже відомо, що рання розробка обсягу робіт створює «відправну точку» для забудовника, а обсяг та зміст проєктних рішень розвивається разом зі створенням вимог до об'єкту будівництва.

Для перевірки гіпотези застосовуються також засоби та інструменти математичного моделювання; методи багатокритеріальної оцінки та оптимізації в умовах різного ступеня визначеності вихідної інформації. Застосування фокусу цінностей сталого розвитку GPM P5 в контексті методології управління будівельними проєктами (PMBOK Construction) дозволило розробити якісно нову модель оцінки сталості управління будівельними проєктами у процесах ініціації та планування.

Дослідження ґрунтується на досвіді участі авторів у розробці моделей прийняття рішень для будівельних проєктів, як складових сталого розвитку міста Харкова (Україна).

## **5. Результати розробки моделі оцінки сталості управління будівельним проєктом**

### **5.1. Математичні моделі кількісної оцінки сталості управління будівельним проєктом в процесах ініціації та планування**

Характер сталоорієнтованості управління забудовника можна визначити інтегральною оцінкою сталості процесів управління будівельним проєктом. У контексті проєктного підходу система управління будівельними проєктами, що здатна до сталості, має продемонструвати усі необхідні управлінські методи та інструменти для ініціації та планування будівельного проєкту. Оцінки сталості здійснюються за балансованими регресійними співвідношеннями (з нульовим вільним членом) і включають:

– часткову модель збалансованої оцінки по усім областям знань управління будівельним проєктом для кожного процесу, яка має вигляд:

$$\square VB_j = \lambda_1 S_{j1} + \lambda_2 S_{j2} + \dots + \lambda_n S_{jn} + \varepsilon_{rj}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де  $S_{ji}$  – оцінка сталості  $j$ -того процесу управління будівельним проєктом  $i$ -тої області знань,  $j = \overline{1, m}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $m$  – кількість процесів управління будівельним проєктом на фазі «Ініціація» і «Планування»  $m=28$ ;  $n$  – кількість категорій (субкатегорій) сталого розвитку 5P, за якими здійснюється оцінка;

$VB_j$  – збалансована оцінка по областям знань управління будівельними проєктами для  $j$ -того процесу,  $j = \overline{1, m}$ ;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  – невід'ємні вагові коефіціє-

нти, що задовольняють умову нормування  $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = 1$ ;  $\varepsilon_{rj}$  – гаусовий білий шум з нульовим математичним сподіванням;

– часткову модель збалансованої по усім процесам управління будівельними проектом на фазі «Ініціація» і «Планування» для кожної категорії (субкатегорії) сталого розвитку 5P, яка має вигляд:

$$VB_{di} = \mu_1 S_{1i} + \mu_2 S_{2i} + \dots + \mu_m S_{mi} + \varepsilon_{di}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

де  $VB_{di}$  – збалансована оцінки сталості управління будівельним проектом щодо  $i$ -тої категорії (субкатегорій) сталого розвитку 5P,  $i = \overline{1, n}$ ;  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$  – невід’ємні вагові коефіцієнти, що задовольняють умову нормування  $\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_m = 1$ ;  $\varepsilon_{di}$  – гаусовий білий шум з нульовим математичним очікуванням;

– модель інтегральної оцінки  $VB$  сталості процесів управління будівельним проектом, яка може бути представлена або у вигляді зваженого усереднення збалансованих оцінок за областями знань для усіх процесів:

$$VB = \mu_1 VB_1 + \mu_2 VB_2 + \dots + \mu_m VB_m + \varepsilon, \quad (3)$$

або у вигляді зваженого усереднення збалансованих за оцінками процесів управління будівельними проектами для усіх категорій сталого розвитку 5P:

$$VB = \lambda_1 VB_{d1} + \lambda_2 VB_{d2} + \dots + \lambda_n VB_{dn} + \varepsilon, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  – гаусовий білий шум з нульовим математичним очікуванням.

Таким чином, для інтегральної оцінки  $VB$  сталості процесів управління будівельним проектом сформовано модель:

$$VB = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_j \lambda_i S_{ji} + \varepsilon. \quad (5)$$

З математичних співвідношень (3) і (4) випливає рівність:

$$\mu_1 VB_1 + \mu_2 VB_2 + \dots + \mu_m VB_m = \lambda_1 VB_{d1} + \lambda_2 VB_{d2} + \dots + \lambda_n VB_{dn}, \quad (6)$$

що дозволяє контролювати результати обчислення оптимальних значень вагових коефіцієнтів  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  і  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$ .

У задачах, коли відсутні статистичні характеристики змінних, що описують об’єкт, для параметричної ідентифікації використовують метод найменших квадратів (МНК). Необхідно врахувати наступні ускладнення: по-перше, комплекс моделей (1), (2), (5) є лінійним за областями знань і за процесами управління проектами, але нелінійним у цілому за параметрами, що оцінюються. Така ситуація потребує застосування ітераційних обчислювальних процедур. По-друге, для отримання обґрунтованих регресійних оцінок необхідно, щоб об’єм спостережень у декілька разів перевищував кількість вагових коефіцієнтів. Натомість розмір діагностичної матриці окремого об’єкту цій умові не відповідає. По-третє, рядки та стовпці матриці характеризуються високим рівнем мульти-

колінеарності. Тому простежується потенційна числова нестійкість обчислювальних процедур. Для подолання останніх складнощів пропонується використувати апріорні оцінки та регуляризацію критерію оптимальності.

Враховуючи предметну область задачі оцінювання, приймаємо обмеження на вагові коефіцієнти:

$$\begin{aligned} \lambda_i &\geq 0, \quad i = \overline{1, n}; \quad \mu_j \geq 0, \\ j &= \overline{1, m}; \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1; \quad \sum_{j=1}^m \mu_j = 1. \end{aligned} \quad (7)$$

Враховуючи особливості діагностичної матриці та задачі ідентифікації в цілому, обчислення оптимальних оцінок вагових коефіцієнтів здійснюється із використанням зваженого МНК. При цьому враховуються обмеження та застосовується регуляризація (для забезпечення стійкості комп'ютерних обчислень і відображення наявності апріорних уявлень про значення коефіцієнтів). Критерієм оптимальності, який підлягає мінімізації, слугує функція:

$$\begin{aligned} f &= \alpha_1 \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i S_{ji} - VB_j^e \right)^2 + \alpha_2 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m \mu_j S_{ji} - VB_{di}^e \right)^2 + \\ &+ \alpha_c \left( \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_j \lambda_i S_{ji} - VB^e \right)^2 - \chi \sum_{j=1}^m \mu_j + \mu_j^a + \chi \sum_{i=1}^n \lambda_i - \lambda_i^a, \end{aligned} \quad (8)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_c$  – невід'ємні ваги реальних спостережень  $VB_j^e, VB_{di}^e, VB^e$  відповідних показників сталості процесів управління будівельним проектом;  $\lambda_i^a$  і  $\mu_j^a$  – апріорні оцінки відповідних вагових коефіцієнтів;  $\chi$  – додатний параметр регуляції,  $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$ .

Вибір значень  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_c, \lambda_i^a, \mu_j^a, \chi$  дозволяє врахувати додаткову інформацію про якість контрольних замірів та експертну обробку даних, досвід у оцінці сталості будівельних проектів, а також складність формалізації думки експертів. Коли оцінки  $\lambda_i^a$  і  $\mu_j^a$  невідомі, тоді апріорі приймається  $\lambda_i^a = 0, \mu_j^a = 0$ , що відповідає обмеженню за нормою оптимальних значень вагових коефіцієнтів згідно критерію (8). Ступінь стабілізації оптимальних оцінок вагових коефіцієнтів визначається значенням параметра регуляції  $\chi$ , апріорі приймається  $\chi=0,001$ . Вибір співвідношення між значеннями вагових елементів  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_c$  дозволяє регулювати відносну ступінь мінімізації відповідних відхилень. Враховуючи масштаб величин, які розглядаються, та об'ємних даних апріорі приймається:  $\alpha_1=1, \alpha_2=1, \alpha_c=1$  ( $m+n \sim 40$ ).

Специфіка набору моделей (1), (2), (5) і структура задачі умовної мінімізації (7), (8) дозволяє розщепити ітераційний процес параметричної ідентифікації на окремі складові. На першому етапі розв'язуються редуковані задачі значно меншого розміру, допускається паралельність обчислень. При цьому відповідні моделі лінійні за параметрами, а цільові функції квадратичні, тому мають єди-

ний безумовний глобальний мінімум. Також, на першому етапі забезпечується вибір початкового наближення в околі сумісного умовного екстремуму. За допустимі вхідні початкові оцінки вагових коефіцієнтів можна взяти нормальні (мінімальні за нормою) розв'язання обмежень-рівнянь із (7), що дає  $\lambda_i=1/n$ ,  $\mu_j=1/m$ . Далі, виходячи з початкових значень вагових коефіцієнтів, знаходяться їх уточнені оцінки як розв'язки двох паралельних задач  $Q_1$  і  $Q_2$  квадратичного програмування:

$$Q_1 : f_{Q_1} = \alpha_1 \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n \lambda_i S_{ji} - VB_j^e \right)^2 + \chi \sum_{i=1}^n \lambda_i - \lambda_i^a \rightarrow \min, \quad (9)$$

з обмеженнями:  $\lambda_i \geq 0, i = \overline{1, n}; \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1;$

$$Q_2 : f_{Q_2} = \alpha_2 \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^m \mu_j S_{ij} - VB_{di}^e \right)^2 + \chi \sum_{j=1}^m \mu_j - \mu_j^a \rightarrow \min \quad (10)$$

з обмеженнями:  $\mu_j \geq 0, j = \overline{1, m}; \sum_{j=1}^m \mu_j = 1$ , де цільові функції  $f_{Q_1}$  та  $f_{Q_2}$  – відокремлені за  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  і  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$  складові критерію (8), в якому покладено  $\lambda_c=0$  та враховано відповідні балансові співвідношення (7).

На другому етапі відбувається узгодження результатів попередніх розрахунків та всеохоплююча корекція множини значень параметрів моделей у цілому. Спираючись на безпосередньо незалежні між собою попередні оцінки вагових коефіцієнтів як початкові, здійснюється їх узгодження та остаточна оптимізація як результат розв'язування загальної задачі на умовний екстремум (7), (8). Контроль обчислень оптимальних значень вагових коефіцієнтів здійснюється перевіркою рівності (6).

Для реалізації обчислювальних процедур параметричної ідентифікації використовується вільно поширюване програмне середовище Scilab [25]. Одержані МНК-оцінки вагових коефіцієнтів слугуватимуть інформаційною базою подальших експертних досліджень.

Для реалізації обчислювальних процедур параметричної ідентифікації використовується вільно поширюване програмне середовище Scilab [25]. Одержані МНК-оцінки вагових коефіцієнтів слугуватимуть інформаційною базою подальших експертних досліджень.

## 5. 2. Розробка методики кількісної оцінки сталості управління будівельним проєктом

Розрахунок оцінки сталості процесів управління будівельним проєктом починається з визначення вагових коефіцієнтів процесів  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  (табл. 2) та субкатегорій сталого розвитку об'єкту будівництва  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$  (табл. 3) експертним шляхом. При цьому вирішальна роль надається експерту в сфері зеленого будівництва (green manager). Він/вона здійснює скореговане узагальнення їх відповідних числових оцінок, одержаних методами параметричної ідентифікації

балансових моделей сталості за критерієм мінімуму суми квадратів відхилень модельних значень сталості процесів управління від реальних.

Таблиця 2

Приклад вагових коефіцієнтів процесів управління у забезпеченні стійкості об'єкту будівництва

Області знань управління будівельними проектами	Процеси управління будівельними проектами на фазі «Ініціація» та «Планування» (PMBOK, PMBOK Construction)		Ваговий коефіцієнт, $\lambda$
1. Управління інтеграцією проекту	1. 1. Розробка Статуту проекту	1	0,05
	1. 2. Розробка плану управління проектом	2	0,05
2. Управління змістом проекту	2. 1. Планування управління змістом проекту	3	0,045
	2. 2. Збір вимог	4	0,035
	2. 3. Визначення змісту проекту	5	0,035
	2. 4. Створення ієрархічної структури робіт	6	0,03
3. Управління термінами проекту	3. 1. Планування термінів проекту	7	0,035
	3. 2. Визначення операцій/проектних дій	8	0,03
	3. 3. Послідовність операцій/проектних дій	9	0,03
	3. 4. Оцінка тривалості операцій/проектних дій	10	0,03
	3. 5. Розробка розкладу проекту	11	0,03
4. Управління вартістю проекту	4. 1. Планування управління вартістю проекту	12	0,035
	4. 2. Оцінка вартості проекту	13	0,03
	4. 3. Визначення бюджету проекту	14	0,03
5. Управління якістю проекту	5. 1. Планування управління якістю проекту	15	0,04
6. Управління ресурсами проекту	6. 1. Планування управління ресурсами проекту	16	0,04
	6. 2. Оцінка ресурсів операцій/проектних дій	17	0,03
7. Управління комунікаціями проекту	7. 1. Планування управління комунікаціями проекту	18	0,035
8. Управління ризиками проекту	8. 1. Планування управління ризиками проекту	19	0,040
	8. 2. Ідентифікація ризиків проекту	20	0,035
	8. 3. Якісний аналіз ризиків проекту	21	0,030
	8. 4. Кількісний аналіз ризиків проекту	22	0,030
	8. 5. Планування реагування на ризики проекту	23	0,035
9. Управління поставками проекту	9. 1. Планування управління закупівлями проекту	24	0,04
10. Управління стейкхолдерами проекту	10. 1. Ідентифікація стейкхолдерів проекту	25	0,035
	10. 2. Планування взаємодії із стейкхолдерами проекту	26	0,035
11. Управління управління охороною праці, безпекою і навколишнім середовищем проекту	11. 1. Планування управління охороною праці, безпекою і навколишнім середовищем будівельного проекту	27	0,05
12. Управління фінансами проекту	12. 1. Планування управління фінансами будівельного проекту	28	0,03
Разом			1,0

Таблиця 3

Приклад вагових коефіцієнтів для категорій сталого розвитку Р5

Категорії сталого розвитку Р5	Субкатегорії сталого розвитку об'єкту будівництва	Ваговий коефіцієнт, $\mu$
Р 1. Вплив продукту (об'єкту будівництва)	Р 1. 1. Термін експлуатації об'єкту будівництва	0,06
	Р 1. 2. Сервісне/експлуатаційне обслуговування об'єкту будівництва	0,07
Р 2. Вплив процесів управління будівельними проектами	Р 2. 1. Результативність проектних процесів	0,05
	Р 2. 2. Ефективність проектних процесів	0,07
	Р 2. 3. Справедливість проектних процесів	0,06
Р 3. Соціальний вплив	Р 3. 1. Гідні умови праці	0,07
	Р 3. 2. Суспільство та клієнти	0,07
	Р 3. 3. Права людини	0,06
	Р 3. 4. Етична поведінка	0,06
Р 4. Екологічний вплив	Р 4. 1. Транспорт	0,05
	Р 4. 2. Енергія	0,08
	Р 4. 3. Земля, вода та повітря	0,06
	Р 4. 4. Споживання	0,06
Р 5. Економічний вплив	Р 5. 1. Аналіз бізнес-кейсів	0,07
	Р 5. 2. Бізнес-гнучкість	0,06
	Р 5. 3. Економічне стимулювання	0,05
Разом		1,00

В табл. 4 наведено приклад кількісних оцінок сталості процесів управління будівельним проектом. Для оцінювання застосовано неперервну шкалу  $[-1; 1]$  з опорними маркерами:

– «1» – процес управління будівельним проектом в повній мірі забезпечує досягненню цінності (категорії) сталого розвитку;

– «0» – процес управління будівельним проектом не передбачає досягнення цінності (категорії) сталого розвитку;

– «-1» – процес управління будівельним проектом негативно впливає на цінність (категорію) сталого розвитку;

Далі, використовуючи (1)–(10) обчислюємо значення:

– збалансованої оцінки по усім областям знань управління будівельним проектом для кожного процесу ( $VB_j$ );

– збалансованої по усім процесам управління будівельними проектом на фазі «Ініціація» і «Планування» для кожної категорії сталого розвитку 5Р ( $VB_{di}$ );

– інтегральної оцінки сталості процесів управління будівельним проектом ( $VB$ ).

Ці оцінки можуть допомогти у детальному аналізі елементів сталості процесів управління будівельного проекту, що досліджується. Візуалізація збалансованих оцінок по усім процесам управління для кожної субкатегорії сталого

розвитку об'єкту будівництва у вигляді профілограми (рис. 1) допомагає побачити слабкі місця у досягненні цінностей 5Р. Зокрема, приклад будівельного проекту, що розглядався, максимально орієнтований на впровадження екологічних рішень. Натомість бізнес рішення є недостатньо ефективними і потребують удосконалення.

Таблиця 4

Приклад оцінки сталості процесів управління будівельним проектом за категоріями сталого розвитку 5Р

Номер процесу управління будівельним проектом	Категорії (субкатегорії) сталості																
	Р 1. Вплив продукту (об'єкту будівництва)		Р 2. Вплив процесів управління будівельними проектами			Р 3. Соціальний вплив					Р 4. Екологічний вплив			Р 5. Економічний вплив			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,6	0,7
2	0,8	1	0,9	1	1	0,9	1	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5
3	1	1	1	0	0	0	0	-1	0,7	0,5	1	1	1	1	1	1	1
4	-1	-0,3	0,7	0,5	0,4	0,5	0,3	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,3
5	-1	-0,4	0,5	0	0,5	0,4	0,5	-1	-1	-1	0,7	0,7	0,5	-1	0	0	0
6	0,5	0,8	0,5	0,9	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8
7	0,7	0	0,8	0	0	0	0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0
8	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3
10	-1	-0,8	-1	0,6	0,7	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,5

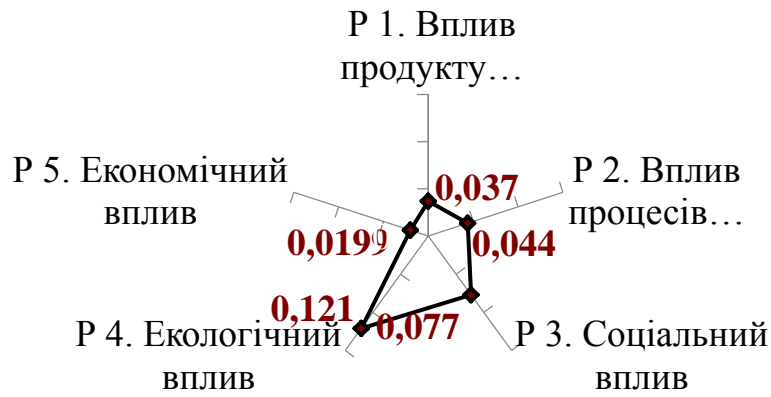


Продовження табл. 4

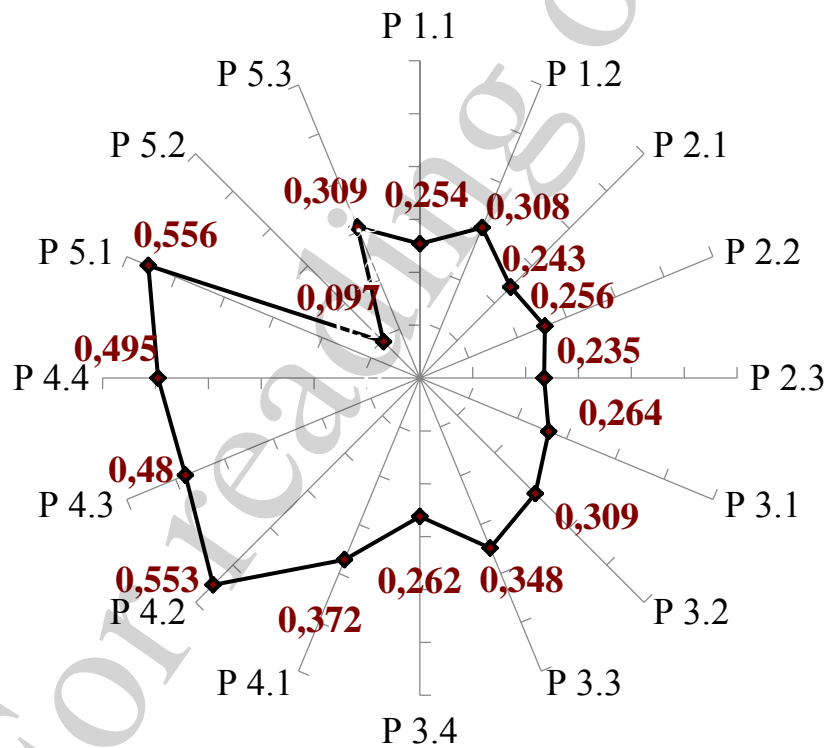
11	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5
12	-0,9	0	-0,9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	-0,9	0
13	0,4	0,5	0,4	0,9	0,6	0,5	0,9	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0,5
14	-1	-0,3	-0,7	0,3	0,2	0,5	0,5	-0,4	-0,5	-0,2	-0,2	0,7	0,8	0,6	-1	-0,3
15	-1	-1	-1	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	-0,5	0	0	-1	-1
16	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5
17	-0,3	0,7	-0,2	0,8	0,8	0,8	0,9	1	1	1	1	1	1	1	-0,3	0,5
18	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-0,5	-0,5
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
21	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0,7	0	0,7	0	0	0	0	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
24	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
25	0,6	0,9	0,7	0,9	0,3	0,5	0,9	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,69	0,6	0,9
26	0,8	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1
27	0,9	1	1	1	1	0,9	1	0	0	1	1	0	0	0,9	0,9	1
28	0	0	0	0	0	-0,5	0	0	0	0	1	0	-0,5	0	0	0

Діаграма збалансованої оцінки системнебіліті за усіма категоріями 5P (рис. 2) візуалізує ступінь ефективності застосування інструментів і методів управління проектами для забезпечення стійкості об'єкту будівництва. Так, в проекті, що досліджувався, знижують стійкість об'єкту будівництва процеси за номерами: 2, 3, 4, 5, 10, 12, 14, 15, 17, 19, 21 та 28. Оцінюючи ступінь негативного впливу потребують перегляду і удосконалення стійкості процеси: збір вимог (процес 4); визначення змісту проекту (процес 5); оцінка тривалості операцій (процес 10); визначення бюджету проекту (процес 14); планування управління якістю проекту (процес 15); якісний аналіз ризиків проекту (процес 21). Крім того, потребують удосконалення інструменти і методи кількісного аналізу ризиків проекту (процес 22), оскільки під час оцінювання не встановлено його орієнтованість на досягнення цінностей (категорій) сталого розвитку.

У цілому, інтегральна оцінка сталості управління будівельним проектом (що розглядався як приклад) склала  $VB=0,337$ . При заданих параметрах вагових коефіцієнтів (табл. 2, 3) максимальне граничне значення інтегральна оцінка сталості  $VB^{(\max)}=1,02$ , а мінімальне  $VB^{(\min)}=-1,02$ .



*a*



*б*

Рис. 1. Приклади профілограми збалансованих оцінок по усім процесам управління для забезпечення сталості об'єкту будівництва: *a* – профілограми збалансованих оцінок сталості по усім процесам управління для кожної категорії 5P; *б* – профілограма збалансованих оцінок сталості по усім процесам управління для кожної субкатегорії 5P

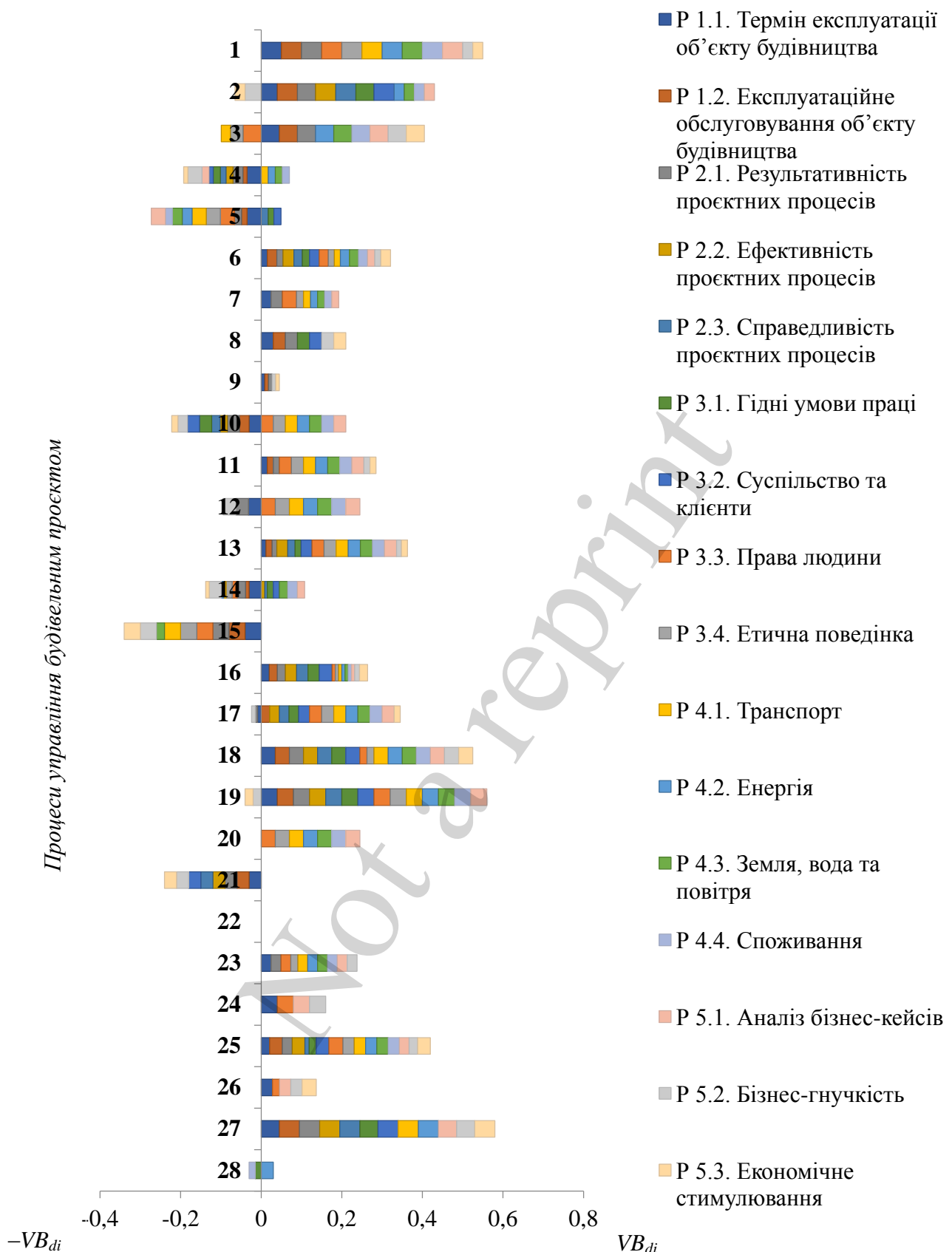


Рис. 2. Приклад діаграми збалансованої оцінки сталості за усіма категоріями (субкатегоріями) 5P для кожного процесу управління будівельним проектом

## 6. Обговорення результатів моделювання оцінки сталості управління будівельними проєктами

Розроблена методика кількісної оцінки сталості управління будівельним проєктом має стати важливим інструментом для прийняття рішень про початок будівництва об'єкту. У фокусі уваги постають процеси ініціації та планування (визначені PMBOK Construction, PMBOK), адже на початкових фазах проєкту закладаються основи для ключових технічних рішень об'єкту будівництва. Для оцінки сталого розвитку використані категорії сталого розвитку 5P: Product, Proses, People, Planet, Prosperity (визначені GPM P5). Врахування характеристик сталості управління будівельним проєктом у процесах ініціації та планування (табл. 1) у поєднанні з ваговими коефіцієнтами процесів управління у забезпеченні стійкості об'єкту будівництва (табл. 2) та категорій сталого розвитку 5P (табл. 3) дозволяє отримати кількісну оцінку щодо сталоорієнтованості управління. Для оцінювання застосовується неперервна шкала  $[-1; 1]$ . Нормування значень вагових коефіцієнтів процесів управління у забезпеченні стійкості об'єкту будівництва ( $\lambda_n$ ) буде залежати від кількості процесів, прийнятих до виконання. Так, PMBOK Construction [16] на фазі «Ініціація» визначено два процеси ( $n=2$ ), на фазі «Планування» – двадцять чотири ( $n=24$ ). Рівень сталості управління проєктом буде визначати процедуру нормування значень вагових коефіцієнтів важливості категорій сталого розвитку P5 ( $\mu_m$ ). Для оцінки сталості управління будівельним проєктом будуть застосовуватись п'ять категорій (вплив продукту проєкту/об'єкту будівництва; вплив процесів управління будівельними проєктами; соціальний вплив; екологічний вплив; економічний вплив) і шістнадцять субкатегорій ( $m=16$ ). Введення вагового коефіцієнту категорій сталого розвитку  $\mu$  допомагає особі, яка приймає рішення, визначитись з пріоритетністю цілей, яких прагне досягти забудовник.

Такий авторський доробок відкриває можливість оцінити сталість процесів управління будівельними проєктами. А застосування математичного інструментарію (1)–(10) дозволяє формалізувати прийняття рішень в умовах різного ступеня визначеності вихідної інформації. Запропонований математичний апарат є базовий, він може доповнюватися, розвиватися відповідно до умов та специфіки окремого будівельного проєкту та(або) програми.

Коректне використання запропонованого підходу передбачає наявність у експерта розвинутих компетентностей з ЦСР та специфіки їх реалізації в будівельних проєктах. Експерт здійснює власне дослідження передпроєктних рішень, формує «особисте бачення (особисту точку зору)» щодо ефективності цих рішень у забезпеченні стійкості об'єкту будівництва як «вхідні дані» у вигляді таблиць прийнятої форми. Під час заповнення табличних форм експертом можливі (навмисні чи випадкові) пропуски та(або) помилки у клітинках, а також порушення правил етики (перевага суб'єктивності над об'єктивністю). Така ситуація призведе до того, що на «виході» отримаємо індивідуальні числові значення критеріальних оцінок і вагових коефіцієнтів за межами їхніх узгоджених діапазонів. Запропонована методика кількісного оцінювання сталості управління проєктом дозволяє вчасно виявляти неузгодження та усувати їх. Та-

кож під час контролю вхідних даних обчислювальних процедур можуть бути виявлені технічні похибки, що вимагають усунення.

Розроблені інструменти оцінювання сталості процесів управління будівельними проектами є важливим інструментом для удосконалення та розвитку системи управління будівельними проектами в перспективі ЦСР. Застосування розробленого аналітичного інструментарію буде корисним у проектній діяльності компаній-забудовників, девелоперів, інвесторів, а також підрозділів капітального будівництва органів місцевого самоврядування, які виконують будівельні проекти та програми.

Разом з тим, авторський підхід потребує подальшого науково-практичного розвитку у напрямку роботи з конкретними даними. Емпіричну базу подальших досліджень мають скласти аналітичні звіти про реалізовані проекти нового будівництва, реконструкції, відновлення будівель у м. Лодзь (Польща). Такий досвід сталоорієнтованого управління будівельними проектами може бути корисний для програм відновлення інфраструктури України. Перспективним напрямком відповідних наукових пошуків може слугувати послідовне застосування апарату нечіткої логіки, а також розробка відповідного програмного продукту.

## 7. Висновки

1. Розроблено базові математичні моделі кількісної оцінки сталості управління будівельним проектом, зокрема:

– часткову модель збалансованої оцінки по усім областям знань управління будівельним проектом для кожного процесу ( $VB_j$ );

– часткову модель збалансованої оцінки по усім процесам управління будівельними проектом на фазі «Ініціація» і «Планування» для кожної категорії сталого розвитку 5P ( $VB_{di}$ );

– модель інтегральної оцінки сталості процесів управління будівельним проектом ( $VB$ ).

Запропоновані моделі сформовано у взаємозалежності трьох змінних:

– рівень впливу процесів управління на забезпечення сталості об'єкту будівництва;

– рівень значимості досягнення цінностей сталого розвитку 5P (Product, Proses, People, Planet, Prosperity);

– оцінки методів та інструментів управління будівельним проектом щодо забезпечення досягнення сталого розвитку за визначеними параметрами.

Такий підхід дозволяє сформуванню комплексну оцінку сталості процесів управління будівельним проектом відповідно до GPM P5 та PMBOK Construction, а також якісний контекст архітектурно-технічних рішень будівельних проектів.

2. Запропоновано комплексну методику кількісного оцінювання сталого управління будівельним проектом у процесах ініціації та планування в умовах невизначеності. Методика розроблена із використанням апарату нечіткої математики та враховує відносну важливість процесів управління будівельним проектом та субкатегорій сталого розвитку об'єкту будівництва. Застосування даної методики передбачає виконання таких кроків:

- визначення вагових коефіцієнтів процесів ( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ) та субкатегорій сталого розвитку об'єкту будівництва ( $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m$ ) експертним шляхом;
- кількісна оцінка сталості процесів управління будівельним проектом із застосуванням неперервної шкали  $[-1; 1]$ );
- обчислення значень сталості процесів управління будівельним ( $VB_j, VB_{di}, VB$ );
- результати кількісного оцінювання сталого управління будівельним проектом представити у графічному вигляді (профілограм та діаграм).

Чим більший масштаб будівельного проекту або програми, тим більш видимими постають ефекти від сталоорієнтованого управління проектами. У цілому застосування запропонованих моделей та методики оцінки сталості процесів управління будівельним проектом виводить будівельну галузь на більш високий рівень екологічної культури та соціальної відповідальності. Застосування оціночного інструментарію дозволить особам, які приймають рішення, оцінювати передпроектні рішення (техніко-економічні обґрунтування) та організаційний потенціал компанії-забудовника в контексті сталості за категоріями 5Р. Така оцінка є важливою для ухвалення рішення про фінансування для початку виконання будівельних робіт.

### **Конфлікт інтересів**

Автор декларує, що не має конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

### **Подяка**

Це дослідження виконано в рамках програми підтримки українських науковців Лодзинського університету (угода №22/IDUB/SNU/2022).

### **Література**

1. Claro, P. B. de O., Esteves, N. R. (2021). Sustainability-oriented strategy and Sustainable Development Goals. *Marketing Intelligence & Planning*, 39 (4), 613–630. doi: <https://doi.org/10.1108/mip-08-2020-0365>
2. Rajabi, S., El-Sayegh, S., Romdhane, L. (2022). Identification and assessment of sustainability performance indicators for construction projects. *Environmental and Sustainability Indicators*, 15, 100193. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2022.100193>
3. BREEAM International New Construction. Version 6.0 (2021). BRE Global Ltd. URL: <https://files.bregroup.com/breem/technicalmanuals/sd/international-new-construction-version-6/>
4. LEED v4.1 building design and construction: Getting started guide for beta participants (2022). Washington: U.S. Green Building Council, 300.
5. Living building challenge 4.0: a visionary path to a regenerative future (2019). Seattle: Living Future Institute, 84.

6. Gontar, B., Gontar, Z., Sikora-Fernandez, D. (2018). Strategiczne zarządzanie projektami transformacji inteligentnych miast. Łódzkiego. doi: <https://doi.org/10.18778/8142-621-3>
7. The GPM P5™ Standard for Sustainability in Project Management (2019). GPM Global. Version 2.0. URL: <https://mosaicprojects.com.au/PDF-Gen/The-GPM-P5-Standard-for-Sustainability-in-Project-Management-v2.0.pdf>
8. Фесенко, Т. Г., Мінаєв, Д. М. (2014). Клієнтоцентризм в управлінні комунікаціями проєктів (на прикладі житлового будівництва). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (71)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28032>
9. Kerzner, H. (2022). *Project management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Wiley, 880. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Project+Management%3A+A+Systems+Approach+to+Planning%2C+Scheduling%2C+and+Controlling%2C+13th+Edition-p-9781119805373>
10. A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide): Sixth Edition (2017). Project Management Institute, 756.
11. Kivilä, J., Martinsuo, M., Vuorinen, L. (2017). Sustainable project management through project control in infrastructure projects. *International Journal of Project Management*, 35 (6), 1167–1183. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.02.009>
12. Fesenko, T., Shakhov, A., Fesenko, G., Bibik, N., Tupchenko, V. (2018). Modeling of customer-oriented construction project management using the gender logic systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (91)), 50–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123124>
13. Fesenko, T., Fesenko, G. (2017). Developing gender maturity models of project and program management system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (85)), 46–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.28031>
14. Fesenko, T., Shakhov, A., Fesenko, G. (2017). Modeling of maturity of gender-oriented project management office. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (89)), 30–38. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110286>
15. Siew, R. Y. J. (2015). Integrating sustainability into construction project portfolio management. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 20 (1), 101–108. doi: <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0520-z>
16. A Guide to the project management body of knowledge Construction (PMBOK® Guide) (2016). Project Management Institute, 489.
17. Silvius, A. J. G., Schipper, R. P. J. (2014). Sustainability in project management: A literature review and impact analysis. *Social Business*, 4 (1), 63–96. doi: <https://doi.org/10.1362/204440814x13948909253866>
18. Papke-Shields, K. E., Boyer-Wright, K. M. (2017). Strategic planning characteristics applied to project management. *International Journal of Project Management*, 35 (2), 169–179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.10.015>
19. Yu, W., Cheng, S., Ho, W., Chang, Y. (2018). Measuring the Sustainability of Construction Projects throughout Their Lifecycle: A Taiwan Lesson. *Sustainability*, 10 (5), 1523. doi: <https://doi.org/10.3390/su10051523>

20. Stanitsas, M., Kirytopoulos, K., Leopoulos, V. (2021). Integrating sustainability indicators into project management: The case of construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123774. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123774>
21. Dabirian, S., Khanzadi, M., Taheriattar, R. (2017). Qualitative Modeling of Sustainability Performance in Construction Projects Considering Productivity Approach. *International Journal of Civil Engineering*, 15 (8), 1143–1158. doi: <https://doi.org/10.1007/s40999-017-0241-4>
22. Al-Tekreeti, M. S., Beheiry, S. M., Ahmed, V. (2022). Commitment Indicators for Tracking Sustainable Design Decisions in Construction Projects. *Sustainability*, 14 (10), 6205. doi: <https://doi.org/10.3390/su14106205>
23. Yu, M., Zhu, F., Yang, X., Wang, L., Sun, X. (2018). Integrating Sustainability into Construction Engineering Projects: Perspective of Sustainable Project Planning. *Sustainability*, 10 (3), 784. doi: <https://doi.org/10.3390/su10030784>
24. Fesenko, T., Fesenko, G., Bibik, N. (2017). The safe city: developing of GIS tools for gender-oriented monitoring (on the example of Kharkiv city, Ukraine). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (87)), 25–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103054>
25. Campbell, S. L., Chancelier, J.-P., Nikoukhah, R. (2010). Modeling and Simulation in Scilab. *Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4*, 73–106. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5527-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5527-2_3)