

УДК 519.8

DOI: <https://doi.org/10.17721/3041-2323.2024.71-81>

Григорій ГНАТІЄНКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук.  
ORCID ID: 0000-0002-0465-5018  
e-mail: hnatienko@knu.ua

Ірина ДОМАНЕЦЬКА<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.  
ORCID ID: 0000-0002-8629-9933  
e-mail: domanetska@knu.ua

Олексій ГНАТІЄНКО<sup>2</sup>, асп.  
ORCID ID: 0000-0001-8546-5074  
e-mail: oleksii.hnatienko@knu.ua

Ярослав ХРОЛЕНКО<sup>2</sup>, асп.  
ORCID ID: 0009-0004-0641-827X  
e-mail: yaroskhr@gmail.com

<sup>1</sup>Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут проблем реєстрації інформації  
НАН України, Київ, Україна

## СХЕМА ПОСЛІДОВНОГО АНАЛІЗУ ВАРІАНТІВ У ЕКСПЕРТНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІЗУ КОНКУРСНИХ ПРОПОЗИЦІЙ МІСЬКОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

*Досліджено процедурні аспекти вибору ефективних рішень і на-  
дано аналіз публікацій щодо застосування різних методів прийняття  
рішень у задачах управління, зокрема в контексті сучасної міської  
трансформації. Обговорено схему послідовного аналізу варіантів як  
ефективний інструмент для звуження простору можливих рішень і  
запропоновано узагальнену методологію відбору проєктів на конкур-  
сній основі, акцентовано увагу на формалізації процедур відбору, циф-  
ровізації та автоматизації оброблення даних.*

**Ключові слова:** конкурс проєктів, цифровізація, формалізація  
процедури відбору проєктів, схема послідовного аналізу варіантів.

### Вступ

Цифровізація є одним із визначальних трендів сучасності. Пере-  
хід до цифрового середовища передбачає фундаментальну систем-

© Гнатієнко Григорій, Доманецька Ірина,  
Гнатієнко Олексій, Хроленко Ярослав, 2024

ну трансформацію всіх аспектів діяльності організацій на різних рівнях. Це процес переходу на новий рівень управління із широким упровадженням формалізованих моделей бізнес-процесів, використанням інтелектуальних інструментів, автоматизації процесів і документообігу на основі сучасних інформаційних технологій (Панкратова, 2021).

Процеси урбанізації стали мегатрендом глобального розвитку у XXI ст. "Розумне місто" – це сучасна модель міської трансформації, в якій цифрові технології допомагають адекватно реагувати на найбільші виклики міста, трансформують систему управління та створюють умови для розвитку мешканців і їхніх спільнот. Завдання міської трансформації та реалізації інноваційних проєктів вимагають широкого впровадження конкурентних принципів аналізу, оцінювання та відбору ефективних рішень, що привело до розгляду конкурсних процедур у межах концепції "Розумного міста".

Метою цієї статті є структуризація проблеми підтримки конкурсного відбору проєктів міської трансформації на всіх етапах підготовки та реалізації цього відбору. Для формалізації компонентів цього процесу автори використовують математичні інструменти з різних галузей досліджень, застосовують широкий спектр методів та алгоритмів експертної оцінки, теорії прийняття рішень, системного аналізу й інших сучасних інструментів і технологій. Дослідження розвиває теоретичні та практичні аспекти використання сучасних цифрових технологій і методів прийняття рішень для автоматизації та інтелектуалізації процедури конкурсного відбору проєктів.

Експертні технології є поширеною стратегією розв'язання практичних завдань прийняття рішень у різних сферах людської діяльності (Babenko et al., 2021). Експертні знання застосовують у випадках, коли проблема недостатньо вивчена, слабо формалізована, погано структурована і важко піддається безпосередньому моделюванню. У ситуаціях прийняття рішень із великою розмірністю та значною обчислювальною складністю успішно застосовують схеми послідовного аналізу варіантів (Hnatiienko, Tmienova, & Kruglov, 2021). Варто зазначити, що управлінське прийняття рішень – це складне і багатогранне завдання, яке вимагає значних часових і трудових ресурсів. Цифровізація значно полегшує про-

цес прийняття рішень, надаючи швидкий доступ до необхідної інформації, автоматизуючи бізнес-процеси та підтримуючи співпрацю між командами (Hnatiienko, Tmienova, & Kruglov, 2021). Цифрові технології дозволяють підвищити точність аналізу, скоротити час прийняття рішень і зробити процес більш ефективним і прозорим, максимально виключаючи суб'єктивний фактор. Одним з інструментів прийняття рішень є конкурсний відбір, який передбачає залучення й оцінювання різних ідей, пропозицій або проєктів із метою вибору найкращого або найбільш відповідного для розв'язання конкретного завдання або проблеми.

У роботі (Seppänen, Saunila, & Ukko, 2023) проведено детальний аналіз публікацій щодо використання різних методів прийняття рішень і сформовано загальну карту їхнього застосування для різних завдань на різних рівнях прийняття рішень і етапах реалізації у завданнях "Розумного міста". Автори виокремили чотири групи методів: методи багатокритеріального прийняття рішень, методи математичного програмування, методи штучного інтелекту й інтегровані методи. Методи багатокритеріального оцінювання та відбору, а також методи математичного програмування широко використовують у сфері "Розумного міста", хоча останні тенденції вказують на збільшення частки методів, оснований на технологіях штучного інтелекту.

З огляду на те, що технології конкурсного відбору широко застосовують у практиці управління проєктами "Розумного міста", для усунення зловживань, підвищення якості управлінських рішень і забезпечення контрольованої алгоритмічної прозорості процедур відбору, а також за відсутності спеціалізованого програмного забезпечення, створення інструментів у вигляді інформаційних технологій для конкурсного відбору проєктів є нагальною задачею.

### **Результати**

Для розв'язання проблем вибору автори пропонують застосувати схему послідовного аналізу варіантів. На основі узагальнення ідей теорії послідовних рішень і динамічного програмування В. С. Михалевич розробив загальну схему послідовного аналізу варіантів, у якій процес прийняття рішень є багатоступеневою структурою, що нагадує структуру складного експерименту. Кожен крок пов'язано з перевіркою існування певних властивостей

підмножини варіантів і веде або до прямого скорочення початкового набору варіантів, або готує можливість такого скорочення в майбутньому.

З погляду формальної логіки схема послідовного аналізу варіантів зводиться до такої послідовності повторюваних процедур:

- поділ набору варіантів для розв'язання проблеми на кілька підмножин, кожна з яких має специфічні властивості;
- використання цих властивостей для виявлення логічних суперечностей у описі окремих підмножин;
- виключення з подальшого розгляду тих підмножин варіантів рішень, які містять логічні суперечності у своєму описі.
- Нині елементи послідовного аналізу варіантів вибірково застосовують у створенні правил взаємодії в багатьох галузях і сферах людської діяльності.

Проблеми урбаністичного розвитку та пов'язані з ними процеси урбанізації є невід'ємною рисою сучасного світу. Міста концентрують населення та ресурси, що створює додаткові потреби й умови для реалізації фундаментальних змін у сферах енергетики, транспорту, водокористування, землекористування, житла, споживання та способу життя, необхідних для забезпечення життєздатності, добробуту та стійкості їхнього розвитку.

Одним з аспектів міської трансформації є впровадження інноваційних технологій у сфері муніципального управління, так званої концепції "Розумного міста". Основна ідея "Розумного міста" полягає в покращенні можливостей міських адміністрацій через запровадження стратегічного управління, інноваційних технологій, ефективних рішень для управління міськими ресурсами та залучення громадян до активної участі у формуванні вищого стандарту життя в міському середовищі.

Кожен процес міської трансформації є набором унікальних дій, пов'язаних спільною метою, через які реалізуються потреби та вимоги конкретного міста в умовах обмежених ресурсів і за участі різних зацікавлених сторін. Навкруги міської трансформації почало формуватися широке поле досліджень, що поєднує численні наукові дослідження, онтології, моделі та методи прийняття рішень. Аналіз публікацій (Seppänen, Saunila, & Ukko, 2023; Grab, & Pie, 2021) показав, що завдання прийняття рішень, а зокрема

і завдання вибору найкращих варіантів, є притаманні процесу трансформації та технологіям "Розумного міста". Ці завдання охоплюють широкий спектр сфер. На основі публікацій автори створили діаграму, що відображає розподіл кількості публікацій за основними компонентами проєктів "Розумного міста" (рис. 1).



*Рис. 1. Розподіл кількості публікацій за основними компонентами проєктів "Розумного міста"*

Задача, що розв'язується в дослідженні: необхідно організувати та провести тендер на право виконання консалтингових (консультативних, аудиторських, юридичних та оцінювальних) послуг для виявлення найкращих проєктів міської трансформації. Потреба у створенні й формалізації такої процедури відбору виникла через масштаби проблеми та наявність сотень потенційних учасників для такого конкурсу. Очевидно, що кількість осіб, які могли б надати консалтингові та юридичні послуги, була ще більшою.

Отже, для створення системи справедливого відбору найкращих кандидатів із досить великої кількості потенційних учасників вирішено базувати відбір на схемі послідовного відбору. Метою цього підходу є звуження початкового набору учасників за допомогою виключення неперспективних кандидатів для участі в конкурсі на надання консалтингових послуг у сфері управління державними корпоративними правами. Цей підхід допомагає підвищити якість послуг і прозорість процедур відбору.

Зважаючи на участь сотень компаній у конкурсі проєктів міської трансформації, прийнято рішення про вибір переможців у два

етапи. Технології експертного прийняття рішень були поєднані з послідовним аналізом і попереднім виключенням неперспективних варіантів. Цей підхід дозволив організаторам установити необхідні умови для участі в конкурсі.

На першому етапі цієї процедури організатори тендера запропонували участь у конкурсі тим компаніям, які відповідали певним попередньо встановленим обмежувальним вимогам. Тому вже на першому етапі тендера деякі компанії просто вирішили не брати участі, інші компанії не змогли виконати вимоги, а деякі компанії не дотрималися бюрократичних процедур тощо.

Після завершення першого етапу конкурсу кількість потенційних учасників зменшилася у кілька разів порівняно з початковою кількістю. Ці компанії підписали загальні угоди для подальшої участі в тендерних процедурах. Це свідчить про те, що схема послідовного аналізу та виключення неперспективних варіантів виявилася ефективною.

Другий етап конкурсу проєктів фактично встановив достатні умови для участі компаній у конкурсі. І, як і на першому етапі, були використані технології експертного прийняття рішень. Оскільки неможливо надійно виміряти деякі показники компаній, організатори конкурсу традиційно використовували експертну оцінку.

Формальна модель проблеми структуризації ринку консалтингових послуг у сфері управління проєктами міської трансформації має таку схему. Позначимо як  $A^0$  множину всіх юридичних осіб та індивідуальних підприємців, які потенційно можуть надавати послуги в управлінні та підготовці до управління державними корпоративними правами. З огляду на корупційні аспекти управління державними корпоративними правами, а також необхідність відкритої та прозорої політики публічного управління, виникає потреба у розробленні відповідних механізмів відбору з множини  $A^0$ , які дозволили б найефективніше використовувати найкращі ресурси в управлінні державними корпоративними правами.

Припустимо, що деякі фізичні та юридичні особи з множини  $A^0$  висловили бажання працювати у сфері консалтингу з проєктів міської трансформації. Множину таких осіб позначимо  $A^1$ . Завдання полягає у визначенні придатності таких осіб шляхом зву-

ження множини. Згідно з методологією послідовного аналізу варіантів, передбачено два етапи конкурсів:

1. Укласти Загальну угоду про співпрацю на надання консалтингових (консультативних, аудиторських, юридичних та оцінювальних) послуг.

2. Укласти угоду на виконання послуг.

Переможець тендера матиме право надавати одну або кілька послуг з управління державними корпоративними правами. Причому беруть участь у другому етапі тендера лише ті учасники, які пройшли попередній етап і мають Загальні угоди про співпрацю з організатором конкурсного проекту.

Основні критерії для визначення переможців конкурсів такі:

- рівень професійної кваліфікації учасників (f1);
- профіль учасників (f2);
- наявність досвіду роботи не менше двох років у зазначеній сфері (f3);
- наявність відповідних документів, що дозволяють спеціалістам надавати послуги (f4);
- пропозиції учасників щодо умов оплати за послуги (f5);
- додаткове обмеження: термін Загальної угоди лише два роки або зафіксовані випадки надання некваліфікованих або неякісних послуг, порушення закону чи зобов'язань за угодою (f6).

Введемо деякі позначення:

$A^2$  – множина осіб, з якими укладено Загальну угоду;

$A^3$  – множина осіб, з якими укладено угоду на виконання поточної послуги (за видом діяльності);

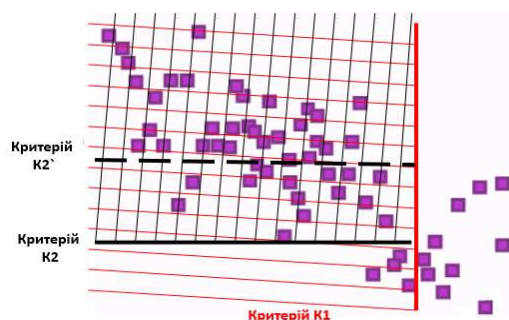
$A^4$  – множина осіб, які ще не досягли двох років строку.

В результаті ми отримуємо ланцюг включень, який формується внаслідок правильного застосування схеми послідовного аналізу варіантів:

$$A^0 \supset A^1 \supset A^2 \supset A^3 \supset A^4. \quad (1)$$

У такий спосіб, на кожному етапі процес звужує множину претендентів відповідно до вказаної схеми (1).

Графічно це проілюстровано на діаграмі послідовного аналізу варіантів (рис. 2). Діаграму зображено у площині двох критеріїв  $C_1, C_2$ . Кожна точка на діаграмі відповідає окремому варіанту (кандидату на укладення угоди).



*Рис. 2. Схематична діаграма вибору ефективних варіантів за допомогою послідовного аналізу варіантів*

На першому етапі претенденти відбираються відповідно до критерію С1, що дозволяє укласти Загальну угоду про співпрацю на виконання послуг з організатором тендера (критерій С1). Червоне штрихування на рис. 2 визначає множину учасників тендера, які відповідають вимогам критерію С1 і можуть брати участь у наступному етапі.

Відбір на другому етапі відбувається на зменшеній множині варіантів. Крім того, на кожному етапі алгоритму, якщо потужність множини варіантів, що підлягають виключенню, дорівнює нулю або мала, умова відбору може бути посилена.

Другий етап передбачає відбір учасників відповідно до критерію С2, який надає відібраним учасникам право надання однієї або кількох послуг з управління державними корпоративними правами (критерій С2). Чорне штрихування на діаграмі представляє множину учасників, які відповідають критерію С2. Важливо підкреслити, що відбір на основі критерію С2 застосовують лише до тих кандидатів, які відповідають критерію С1, тому область чорного штрихування обмежена раніше визначеною областю червоного штрихування. Кандидати, які відповідають обома критеріям, перебувають у зоні подвійного штрихування.

Умови відбору на другому етапі конкурсу були такими:

$S2 = \{\text{"Особи, для яких термін обмеження у 2 роки не минув"}\}.$

Оскільки кількість вільних пропозицій на право надання послуг з управління державними корпоративними правами менша, ніж кількість заявників, умова відбору на другому етапі була посилена:

$S2' = \{\text{"Особи, для яких термін обмеження у 3 роки не минув"}\}$ .

Інший підхід, що також працює, полягає у врахуванні пропозицій учасників щодо умов оплати та термінів на останньому етапі процесу відбору. Такі підходи дозволяють гнучко регулювати потужність множини учасників.

Розроблення та впровадження експертних технологій на основі схем послідовного аналізу опцій дозволили формалізувати аспекти процесу прийняття рішень в управлінні державними корпоративними правами, які підлягають маніпуляціям, зловживанню владою, недобросовісній конкуренції та іншим несприятливим суб'єктивним впливам. Цей підхід також підвищив прозорість документів і процесу прийняття рішень. Досвід практичного використання розроблених інструментів демонструє ефективність запропонованого підходу.

#### **Дискусія і висновки**

Управління сучасними міськими трансформаціями є складним завданням, яке вимагає розроблення та впровадження ефективних стратегій і рішень для розв'язання широкого спектра проблем. Зокрема, виклики, що виникають у межах реалізації концепції "Розумних міст", ілюструють необхідність цифровізації та застосування сучасних методів і процедур прийняття рішень. Аналіз публікацій підтвердив, що процес прийняття рішень, особливо в контексті вибору найкращих варіантів, є ключовим елементом технологій трансформації Smart City. Схема послідовного аналізу варіантів дозволяє мінімізувати вплив людського фактора у процесі прийняття рішень, формалізуючи ті аспекти, які можуть бути використані для маніпуляцій, зловживань, недобросовісної конкуренції та інших негативних впливів. У роботі продемонстровано застосування схеми послідовного аналізу варіантів для розроблення загальної методології проведення конкурсних процедур. Запропонована методика була використана як основа для розроблення регламентуючого документа, затвердженого державним органом як нормативний акт. Цей документ дозволяє ефективно управляти процесом відбору найпрофесійніших претендентів для надання консалтингових послуг щодо управління державними

корпоративними правами. Практичний досвід використання запропонованих інструментів підтверджує їхню ефективність.

#### Список використаних джерел

- Панкратова, О. (2021). Цифровізація як сучасний тренд розвитку менеджменту. *Економіка та суспільство*, 33. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-55>
- Babenko, T., Hnatiienko, H., Ignisca, V., & Iavich, M. (2021). Modeling of critical nodes in complex poorly structured organizational systems. *Proceedings of the 26th International Conference on Information Society and University Studies (IVUS 2021)*, April 23, 2021. Kaunas, Lithuania. CEUR Workshop Proceedings, 2915, 92–101.
- Grab, B., & Ilie, C. (2021). Innovation management in the context of smart cities digital transformation. In *Economic and Social Development: Book of Proceedings* (pp. 165–174).
- Hnatiienko, H., Tmienova, N., & Kruglov, A. (2021). Methods for determining the group ranking of alternatives for incomplete expert rankings. In S. Shkarlet, A. Morozov, & A. Palagin (Eds.). *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1265 (pp. 217–226). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_21)
- Seppänen, S., Saunila, M., & Ukko, J. (2023). Digital transformation of organizational and management controls – Review and recommendations for the future. *Management and Industrial Engineering Management for Digital Transformation*, 1–25.

#### References

- Babenko, T., Hnatiienko, H., Ignisca, V., & Iavich, M. (2021). Modeling of critical nodes in complex poorly structured organizational systems. *Proceedings of the 26th International Conference on Information Society and University Studies (IVUS 2021)*, April 23, 2021. Kaunas, Lithuania. CEUR Workshop Proceedings, 2915, 92–101.
- Grab, B., & Ilie, C. (2021). Innovation management in the context of smart cities digital transformation. In *Economic and Social Development: Book of Proceedings* (pp. 165–174).
- Hnatiienko, H., Tmienova, N., & Kruglov, A. (2021). Methods for determining the group ranking of alternatives for incomplete expert rankings. In S. Shkarlet, A. Morozov, & A. Palagin (Eds.). *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1265 (pp. 217–226). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_21)
- Pankratova, O. (2021). Digitalization as a modern trend in management development. *Economy and Society*, 33 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-55>
- Seppänen, S., Saunila, M., & Ukko, J. (2023). Digital transformation of organizational and management controls – Review and recommendations for the future. *Management and Industrial Engineering Management for Digital Transformation*, 1–25.

**Отримано редакцією журналу / Received: 13.09.24**

**Прорецензовано / Revised: 24.09.24**

**Схвалено до друку / Accepted: 01.10.24**

Hryhorii HNATIENKO<sup>1</sup>, PhD (Engin.)  
ORCID ID: 0000-0002-0465-5018  
e-mail: hnatienko@knu.ua

Iryna DOMANETSKA <sup>1</sup>, PhD (Engin.), Assoc. Prof.  
ORCID ID: 0000-0002-8629-9933  
e-mail: domanetska@knu.ua

Oleksii HNATIENKO<sup>2</sup>, PhD Student  
ORCID ID: 0000-0001-8546-5074  
e-mail: oleksii.hnatienko@knu.ua

Yaroslav KHROLENKO<sup>2</sup>, PhD Student  
ORCID ID: 0009-0004-0641-827X  
e-mail: yaroskhr@gmail.com

<sup>1</sup>Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Information Registration Problems  
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

## SCHEME OF SEQUENTIAL ANALYSIS OF OPTIONS IN EXPERT TECHNOLOGY OF ANALYSIS OF COMPETITIVE PROPOSALS OF URBAN TRANSFORMATION

*The article investigates the procedural aspects of selecting effective solutions and provides an analysis of publications on the application of various decision-making methods in management tasks, particularly in the context of modern urban transformation. The scheme of sequential analysis of options is discussed as an effective tool for narrowing the space of possible solutions, and a generalized methodology for the selection of projects on a competitive basis is proposed, with a focus on the formalization of selection procedures, digitization and automation of data processing.*

**Keywords:** *project competition, digitalization, formalization of the project selection procedure, scheme of sequential analysis of options.*

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The authors declare no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; or in the decision to publish the results.