

УДК 514.18

Микитась М. В.*к.е.н., докторант**кафедра архітектурних конструкцій**Київського національного університету будівництва і архітектури,**mykytas.m@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-6176-6822*

КРИТОРІАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АДАПТИВНОГО КЛАСТЕРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Анотація: в статті розглядаються підхід до вирішення проблеми формування системи якісних показників ефективності функціонування адаптивного кластеру енергоефективності архітектурно-будівельної галузі (енергоефективного архітектурно-будівельного кластеру) за певним сценарієм, що дозволяє сформувати базу знань, яка в подальшому стане основою «внутрішньої моделі» інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень. Досліджується питанням щодо розробки системи оцінки якості прийнятих рішень за критеріями впливу зовнішніх чинників на загальну ефективність системи. Запропонована підхід графо-аналітичного аналізу функціонування адаптивного кластеру енергоефективності за різними сценаріями. Удосконалено методіку оцінювання «ефективності» функціонування досліджуваної кластерної моделі за рахунок використанням узагальненої функції «бажаності» Харрінгтона.

Ключові слова: кластер енергоефективності, адаптивне управління, метод геометричного моделювання, критерій, система бальних оцінок.

Постановка проблеми. Ефективними організаційними формами взаємоузгодженої співпраці держави з профільними підприємствами, компаніями, навчальними закладами, іншими організаціями щодо вирішення стратегічних задач, зокрема, енерго- та ресурсо- збереження, підвищення енергоефективності архітектурно-будівельної галузі [1], економічний розвиток регіонів України тощо, є кластерні організаційні структури (або «кластери»).

В той же час на різних етапах життєвого циклу таких складних соціотехнічних систем як кластер існує потреба у розробці дієвих управлінських рішень, способів аналізу множини можливих сценаріїв їх розвитку та прогнозування ефективності функціонування.

Методологія впровадження кластерних організаційних структур в будівельну галузь передбачає розробку допоміжних програмних засобів для реалізації цілеспрямованого синтезу їх моделей. Розробка алгоритму синтезу

моделей енергоефективних архітектурно-будівельних кластерів (ЕАБК) передбачає використання множини різнорідних даних, інтерпретація та подання яких в зручній для обробки, аналізу та виконання операцій формі є раціональним із застосуванням апарату прикладної геометрії. Тобто, моделювання гетерогенних складноструктурованих систем виконується шляхом розробки відповідних геометричних моделей та за рахунок геометричного моделювання закономірностей, що відображають процеси їх функціонування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Результати дослідження проблем, пов'язаних із процесами об'єднанням організацій (кластеризації) з метою підвищення ефективності діяльності, підвищення конкурентоздатності і впровадження інновацій наведено в [2-6].

Аналіз методів геометричного моделювання (МГМ), який проведено в [7, 8] показав, що метод генерації моделі «під задачу» найкраще адаптується до вирішення задачі синтезу ЕАБК з наперед заданими характеристиками засобами машинного моделювання.

Цільовий вибір або конструювання методу геометричного моделювання «під задачу» виконується на конкретно визначеному класі задач, які підлягають системному аналізу [8, 9].

Розробка концепції формування механізмів адаптивного управління розвитком кластерів енергоефективності архітектурно-будівельної галузі в умовах невизначеності та ризиків різного характеру наведено [9-11].

Мета статті. Враховуючи складність вирішення проблеми формування гетерогенних складноструктурованих геометричних моделей адаптивних ЕАБК розробити системний підхід до оцінки якості прийнятих рішень за комплексним критерієм взаємодії елементів такої системи з оточуючим середовищем за умови отримання зворотного відклику, що впливає на розвиток системи в цілому, тобто за критеріями впливу на загальний рівень ефективності (успішності) функціонування ЕАБК.

Виклад основного матеріалу. На етапі моделювання структури і властивостей ЕАБК передбачається, що система знаходиться в стані постійної зміни [11]. Тобто відбувається реагування системи на зовнішні впливи з одного боку та внутрішні перебудови внаслідок розвитку системи з іншого. Відтак, множині часових сценаріїв поведінки середовища буде відповідати деяка поведінка системи, при цьому можливі різні значення керованості системи, що формує множину векторів функціонування системи [12]:

$$E(\lambda, \mu, \Theta, P(s), v, \gamma(t), t) \rightarrow \max_{M, R}, \quad (1)$$

де E – рівень успішності функціонування системи (відповідно ЕАБК); λ – вектор пріоритетів властивостей системи; μ – особливості об'єкту (умови розташування та експлуатації об'єкту); Θ – вектор характеристик множини елементів життєвого циклу; s – n -вимірна змінна поточного стану системи, що описується в значеннях часткових властивостей p_i ; v – очікуваний показник функціонування системи; $\gamma(t)$ – параметри часових сценаріїв поведінки середовища; t – параметр, що визначає час проміжного стану системи.

Рівень успішності функціонування ЕАБК повинен бути оцінений за комплексним критерієм взаємодії елементів системи з оточуючим середовищем за умови отримання зворотного відклику, що впливає на розвиток системи в цілому.

Кластерні організаційні структури архітектурно-будівельної галузі є прикладом складних соціотехнічних систем, метою яких є одночасне виконання певної множини різнорідних задач (функцій). Проведений аналіз предметної області [13-15] дозволив виділити наступні складові критерію ефективності функціонування ЕАБК:

- показник енергетичної ефективності $E_{en}(s,t)$, який визначає здатність системи до зменшення сумарного використання енергетичних ресурсів по відношенню до початкового стану;
- показник ресурсної ефективності $E_{res}(s,t)$ – визначає здатність системи до зменшення сумарного використання матеріальних ресурсів по відношенню до початкового стану;
- показник економічної ефективності $E_{econ}(s,t)$ – визначає здатність системи до підвищення рівня економічної доцільності залучення коштів по відношенню до початкового стану;
- показник соціальної ефективності $E_{soc}(s,t)$ – визначає здатність системи до підвищення рівня якості життєдіяльності людини по відношенню до початкового стану;
- показник екологічної ефективності $E_{ecol}(s,t)$ – визначає здатність системи до зменшення рівня впливу на навколишнє природне середовище по відношенню до початкового стану;
- показник інвестиційної (фінансово-економічної) ефективності $E_{inv}(s,t)$ – визначає здатність системи до підвищення показників рентабельності по відношенню до початкового стану;
- показник науково-технічної ефективності $E_{inn}(s,t)$ – визначає здатність системи до підвищення показників наукомісткості та інноваційності технологічних рішень по відношенню до початкового стану;

– показник конкурентоспроможності $E_{comp}(s,t)$ – визначає здатність системи до підвищення рівня стійкості системи до впливу зовнішніх чинників по відношенню до початкового стану.

Таким чином, загальний показник ефективності адаптивного ЕАБК може бути представлений у наступному векторному вигляді:

$$E(s,t) = \{(E_{en}(s,t), E_{res}(s,t), E_{econ}(s,t), E_{ecol}(s,t), E_{soc}(s,t), E_{inv}(s,t)), E_{inn}(s,t)), E_{comp}(s,t)\}. \quad (2)$$

Визначення частки кожного із запропонованих складових показників оцінки ефективності функціонування ЕАБК може бути виконано на основі різних підходів. При розгляді даного питання виникає складна та комплексна проблема формування системи якісних показників певної моделі (зокрема, геометричних моделей характеристик ефективності ЕАБК) та визначення системи кількісних оцінок її елементів (як приклад, поданої у вигляді деякого поля досліджуваних характеристик). При цьому виникає окрема задача зведення отриманих результатів до єдиного узагальненого показника.

При визначенні проміжних значень оцінок будемо використовувати наступні оцінки:

- системні оцінки, які отримуються в результаті проведення системних досліджень з метою виділення інваріантів, що можуть бути оцінені однозначно;
- кількісні оцінки, які отримуються в результаті виконання симуляційного аналізу в інформаційному середовищі;
- експертні оцінки, які отримуються в результаті виконання узагальнення досвіду фахівців на основі проведення відповідних анкетувань або опрацювання результатів попередніх досліджень;
- оцінки аналогій, які отримуються в результаті співставлення досліджуваних характеристик з характеристиками систем іншої природи.

На даному етапі досліджень функції аналізу, оцінювання даних і прийняття рішень лишаються за експертами. Проте, алгоритм моделювання ЕАБК передбачає формування бази знань, яка в подальшому стане основою «внутрішньої моделі» інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з нечіткою логікою [16].

В свою чергу, аналіз методів оцінок багатокритеріальних систем показав наявність ряду рішень даного питання, спільним для яких є необхідність визначення окремих ключових індикаторів (табл. 1), але з іншого боку однозначного універсального підходу до порівняння та аналізу цих індикаторів не існує.

Порівняння властивостей основних методів індикаторної оцінки багатокритеріальних складних систем підтверджує вибір матричного методу як базового методу [17, 18]. Однією з його модифікацій є метод балів, застосування якого передбачає виконання наступних етапів:

Таблиця 1.

Аналіз властивостей основних методів індикаторної оцінки багатокритеріальних складних систем

№	Властивості методу	Назва методу		
		Метод різниць	Метод рангів	Матричний метод
1	Спосіб співставлення показників	Прямий спосіб співставлення	Ранжирування за правилами однаковими для всіх індикаторів.	Визначення кількісного значення інтегрального рейтингового показника за певними параметрами.
2	Об'єкт співставлення	Еталонна модель / конкурент	Сукупність конкурентів	Сукупність конкурентів
3	Тип оцінки	Рейтингова позиція кожного ключового показника та кількісна різниця у досягнутих значеннях	Рейтингова позиція за кожним ключовим індикатором шляхом ранжирування досягнутих значень показників.	Низка комбінацій, кожна з яких відповідає певній рейтинговій позиції.
4	Графічне подання	Вісі значень Стовпчасті та лінійні діаграми	Стовпчасті та лінійні діаграми Гістограми	Секторні діаграми Кільцеві діаграми
5	Формування загальної рейтингової оцінки	Не виконується	Визначається рейтинговий показник	Визначається значення інтегрального рейтингового показника

1. Формування матриці вихідних оціночних показників $K = (k_{ij})$, де k_{ij} – оціночний коефіцієнт j -ого сценарію ($1 \leq j \leq m$) за i -им ключовим показником «ефективності» функціонування ЕАБК ($1 \leq i \leq n$).

2. Визначення ступеня вагомості оціночних показників «ефективності» з подальшим їх ранжируванням.

3. Формування вектор-стовпчика максимальних значень оціночних показників «ефективності»: $K^{max} = (k_p)$, де $k_p \geq k_{ij}$, $1 \leq p \leq n$.

4. Формування нормалізованої матриці $K^* = (k_{ij}^*)$, де $k_{ij}^* = k_{ij}/k_p$.

5. Розрахунок бальної оцінки за відповідним оціночним показником відносно максимального (еталонного) значення: $S_{ij} = k_{ij}^* \cdot S_p$, де S_p – максимально встановлений бал оцінювання окремого показника ($1 \leq p \leq n$).

6. Отримання інтегрального показника бальної оцінки «ефективності» функціонування ЕАБК за кожним сценарієм та їх подальше ранжирування.

Інтегральний показник бальної оцінки «ефективності» функціонування ЕАБК в найпростішому випадку розраховується як сума балів за кожним критерієм.

В якості більш наочного та інформаційного підходу пропонуємо використовувати графоаналітичний метод на основі модифікованої секторіальної діаграми, яка враховує як частку складового показника ефективності функціонування ЕАБК в сукупній оцінці, так і його показника бальної оцінки.

Таким чином, складові показники «ефективності» кожного зі сценаріїв функціонування ЕАБК подається у вигляді секторів, які займають частину кола, відповідну ступеню вагомості оціночних показників «ефективності». Радіусом кожного сектору є бальна оцінка певної складової показника ефективності функціонування ЕАБК.

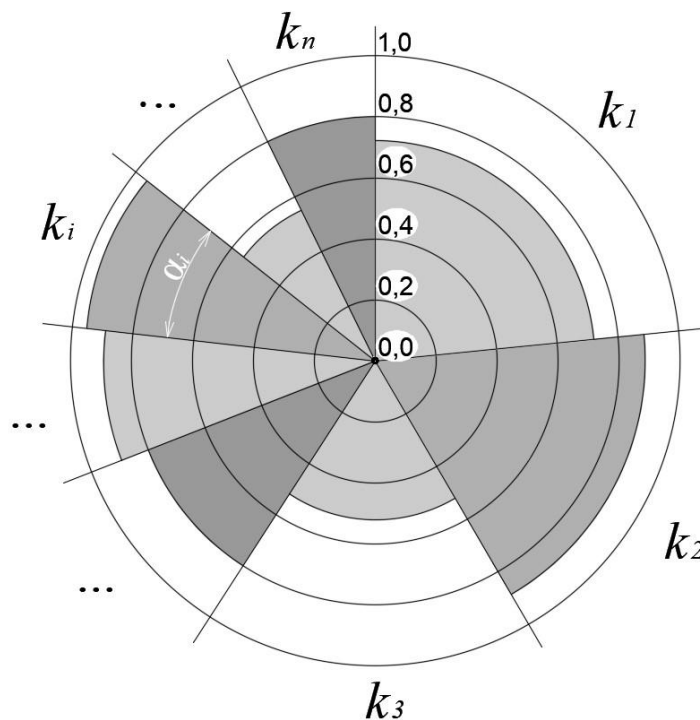


Рис.1. Графоаналітичне подання інтегрального показника бальної оцінки «ефективності» функціонування ЕАБК за j -им симуляційним сценарієм

В результаті утворюється сукупність секторів, площа кожного з яких визначає частину впливу складової показника ефективності функціонування ЕАБК в цілому. Тобто, інтегральний показник бальної оцінки «ефективності» визначається за площею фігури за формулою:

$$S = \sum S_i^{сект}, \quad (3)$$

де $S_i^{сект}$ – площа окремого сектора, що відповідає i -ій складовій показника ефективності певного сценарію функціонування ЕАБК; $1 \leq i \leq n$.

У свою чергу площа кожного сектора обчислюється за формулою:

$$S_i^{сект} = \pi \cdot R^2 \cdot \alpha_i^{сект}, \quad (4)$$

де R – радіус сектора, що співпадає з величиною бальної оцінки певної складової показника ефективності функціонування ЕАБК; α – частина обороту, яка дорівнює ступеню вагомості оціночних показників «ефективності».

Однак основним недоліком використання такого підходу як інтегральної оцінки є ймовірність встановлення хибної рейтингової оцінки внаслідок набору більшої кількості балів при врахуванні критерію меншої значущості. Для інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень щодо вибору параметрів адаптивного ЕАБК вищезазначений недолік є суттєвою перешкодою в отриманні достовірних оцінок, через що варто уникати подібних неоднозначностей.

Зручним способом вирішення означеної проблеми може стати використання узагальненої функції бажаності Є.К. Харрінгтона [19], яка отримана в результаті опрацювання спостережень за реальними рішеннями і має такі корисні властивості, як безперервність, монотонність і гладкість.

Пропонована методика оцінювання ефективності функціонування ЕАБК по узагальненій функції бажаності Харрінгтона надає деякі способи універсалізації загального підходу, а також дозволяє досліджувати можливість оптимізації процесу розробки моделей кластерних організаційних структур. В основі побудови узагальненої функції лежить ідея перетворення натуральних значень часткових відгуків у безрозмірну шкалу бажаності. Значення часткового відгуку, перекладене в безрозмірну шкалу бажаності, позначається через d_i ($i = 1, 2, \dots, n$) і називається частковою бажаністю. За основу береться одна з логістичних функцій Є.К. Харрінгтона – так звана «крива бажаності» [20-22]. Наприклад:

$$d_i = e^{-e^{-y}}. \quad (5)$$

Ця функція визначена на всій дійсній осі y , має дві горизонтальні асимптоти $d_i = 0$ та $d_i = 1$; проміжок ефективних значень на шкалі y – $[-2; +5]$. Вісь координат y називається шкалою часткових показників, вісь d – шкалою бажаності, яка має інтервал $(0; 1)$. Значення $d_i = 0$ відповідає абсолютно неприйнятному рівню даної властивості, а значення $d_i = 1$ – найкращому значенню властивості. Значення $d_i = 0,37$, на основі порівняльного аналізу застосування функції бажаності, відповідає границі допустимих значень [20].

Таким чином, пропонується формування системи критеріальної оцінки ефективності функціонування ЕАБК на основі узагальненого показника бажаності S , який враховує вплив n факторів, що розраховується за ваговою функцією від оцінок за категоріями, із встановленими коефіцієнтами впливу.

У якості розрахункової вагової функції приймається узагальнена функція бажаності Харрінгтона, сума вагових коефіцієнтів якої дорівнює одиниці [20]:

$$\begin{cases} S = S_1^{p_1} \cdot S_2^{p_2} \cdot \dots \cdot S_n^{p_n}; \\ \sum_{i=1}^n p_i = p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1, \end{cases} \quad (6)$$

де S – узагальнений показник ефективності функціонування ЕАБК; n – кількість категорій, за якими виконується оцінка; S_i – оцінка i -ої категорії; p_i – коефіцієнт впливу (вага) i -ої категорії на загальний показник ефективності функціонування ЕАБК.

Окремою перевагою даного підходу є можливість включення або виключення окремих категорій, за рахунок зміни заданих ваг (ступеня впливу) елементів по відношенню до системи в цілому. Тобто система внутрішніх оцінок лишається незмінною, а комплексна оцінка коригується відповідно до кількості та значимості складових.

Висновки. Враховуючи складність та потребу у комплексності вирішення проблеми формування системи якісних показників гетерогенних геометричних моделей характеристик складових ефективності функціонування ЕАБК, особливо важливим питанням є розробка системи оцінки якості прийнятих рішень за критеріями впливу на загальну ефективність системи.

Базовим методом індикаторної оцінки багатокритеріальних складних систем варто прийняти матричний метод на основі визначення бальних оцінок. Такий підхід дозволяє аналізувати різні сценарії функціонування ЕАБК як графічно, що є додатковим інструментом для експерта, так і аналітично, що дозволяє розробити програмні алгоритми штучного інтелектуального прийняття рішень [23].

Запропонована методика оцінювання «ефективності» із використанням узагальненої функції бажаності Харрінгтона надає деякі способи універсалізації загального підходу до проблеми оцінки багатокритеріальної системи. Такий підхід надає певну гнучкість, незалежність оцінки характеристичних категорій, що унеможливорює завищення загальної оцінки за рахунок виконання умов критеріїв меншої важливості. Проте, в рамках даної статті підбір та аналіз найбільш раціональної логістичної функції не виконується і потребує окремого розгляду.

В якості перспектив подальшого дослідження необхідним є визначення, порівняння і відбір моделей складових критерію ефективності функціонування ЕАБК, а також відбір методів багатокритеріальної оптимізації, що відповідають цільовим особливостям кластерних систем.

Література:

1. Іванова Л.С. Енергоефективні іновачії у будівництві // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2018. – № 52. – С. 302-306.
2. The Role of Clusters in Smart Specialisation Strategies [Chairman. Christian Ketels] – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. – 59 pp. DOI: 10.2777/43211.
3. Porter M., Michael E. Location, competition, and economic development: Local clusters in a global economy // Economic Development Quarterly, Feb2000, Vol. 14 Issue 1, P. 15-34.
4. Inaudible E. E. State policy of cluster development: conceptual foundations and world experience // Economic sciences № 5 (66), 2010. – p. 11-15.
5. Романова, О.А., Лаврикова, Ю.Г. Потенціал кластерного розвитку економіки регіона // Проблеми прогнозування №4, 2008. – С.56-70.
6. Мазур Т.М. Формування кластерів освіти і профорієнтації шкільної молоді в умовах реконструкції великого міста (на прикладі Львова) // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2018. – № 52. – С. 286-293.
7. Плоский В.О., Бондар О.А. Щодо проблеми системного опису соціально-технічної організаційної структури // Шляхи підвищення ефективності в будівництві в умовах ринкових відносин. – К: КНУБА. 2005. – Вип. 14. – С. 155-162.
8. Плоский В.О. Принципи визначення загальносистемних властивостей методів геометричного моделювання // Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 79. – С. 23-27.
9. Плоский В. О., Микитась М. В., Кожедуб С.А., Теренчук С.А., Розробка концепції адаптивного управління розвитком кластерів енергоефективності архітектурно-будівельної галузі // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2018. – № 52. – С. 98-105.
10. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин // Труды Института системного программирования РАН. – 2007. – Том 13. – Часть 2. – С. 37-55.
11. Микитась М. В. Системно-геометричні структурні елементи енергоефективного архітектурно-будівельного кластеру з адаптивними властивостями / М. В. Микитась // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Вип. 39 у двох частинах. Ч. 1. – 2019. – С. 190-197.
12. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир. – М.: Радио и связь, 1990. – 534 с.
13. Krüger A. Building analysis for urban energy planning using key indicators on virtual 3D city models the energy atlas of Berlin / A. Krüger, T. Kolbe // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, – 2012. 39(B2), pp. 145-150.

14. Kerzner H. Project Management: System Approach to Planning, Scheduling and Controlling. - N.Y., 1995
15. Воронин А.Н. Многокритериальный синтез динамических систем. - К.: Наук. думка, 1992. - 160 с.
16. Ісаєнко Д.В., Плоский В.О., Теренчук С.А. Формування нечіткої бази знань системи підтримки прийняття рішень з технічного регулювання в будівництві // Управління розвитком складних систем. – К.: КНУБА, 2018. – № 35. – С. 168-174.
17. Комчатных Е.В. Графоаналитический метод оценки инновационного потенциала предприятия / Е.В. Комчатных // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 2: Серия «Экономические науки». – К.: НТУ, 2014. – Вып. 30. – С. 104-110.
18. Вєдьманова К.С. Методи оцінки конкурентоспроможності підприємства / К.С. Вєдьманова, О.В. Соколова // Вісник ХНТУ, 2016 – № 4(59). – С. 225-229.
19. Harrington E. C. The Desirability Function. Industrial Quality Control. 1965. P. 494-498.
20. Сергейчук О., Кожедуб С. Розробка критеріальної оцінки енергоефективності та екологічності будівельних об'єктів / Енергоефективність в будівництві та архітектурі. К.: КНУБА, 2018. Вип. 11. С. 61-68.
21. Рыков А. С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. М. : Издательский Дом МИСиС, 2009. 608 с.
22. P.-H. Lee and B.-J. Yum. Multi-characteristics parameter design: A desirability function approach based on process capability indices. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. 2003. Vol. 10, No. 4, P. 445–461,
23. Terenchuk S. Modeling of intelligent system of estimation of technical condition of construction structures / S. Terenchuk, A. Pashko, B. Yeremenko, S. Kartavykh, N. Ershova // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3/2 (93), 2018, P. 47-53

Аннотация

М. В. Микитась, к.э.н., докторант, Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

Критеріальний підхід к оцінке ефективности адаптивного кластера энергоэффективности архитектурно-строительной отрасли.

В статье рассматриваются подход к решению проблемы формирования системы качественных показателей эффективности функционирования адаптивного кластера энергоэффективности архитектурно-строительной отрасли за наперед определенному сценарию, что позволяет сформировать базу знаний, которая в дальнейшем станет основой «внутренней модели» интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Исследуется вопрос о разработке системы оценки качества принимаемых решений по критериям влияния внешних факторов на общую эффективность системы. Предложенная

подход графо-аналитического анализа функционирования адаптивного кластера энергоэффективности по разным сценариям. Предложенная методика оценки «эффективности» функционирования исследуемой кластерной модели с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона.

Ключевые слова: кластер энергоэффективности, адаптивное управление, метод геометрического моделирования, критерий, система балльных оценок.

Annotation

Maksym Mykytas, PhD., Doctoral Student, Kiyv National University of Construction and Architecture.

Criterion assessing approach of the effectiveness of an adaptive energy-efficiency cluster of architectural and construction industry.

Cluster organizational structures (or "clusters") are the effective united organization forms of the state cooperation with special field enterprises, companies, educational institutions, other organizations to solve strategic problems, in particular, energy and resource saving, energy efficiency of the architectural and construction industry, the economic development of Ukrainian regions, etc. At the same time, at different stages of the life cycle of such complex socio-technical systems as a cluster, there is a need to develop effective management decisions, ways to analyze a variety of possible scenarios for their development and predict the efficiency of it functionality. The article discusses the approach to solving the problem of forming a system of qualitative indicators of the efficiency of an adaptive cluster of energy efficiency of the architectural and construction industry according to a specific scenario, which allows you to create a knowledge base that will later become the basis of the "internal model" of an intelligent adoption support decision system. We study the question of developing a system for assessing the quality of decisions made by the criteria for the influence of external factors on the overall efficiency of the system. As a basic method for evaluating a multicriteria complex system, which is an adaptive energy efficiency cluster, the matrix method is adopted based on the definition of scoring. Such an approach allows analyzing various scenarios for the operation of an adaptive energy efficiency cluster in a graph-analytical manner with the possibility of further developing software algorithms for intelligent decision-making systems. The proposed method of assessing the "effectiveness" of the functioning of the adaptive energy-efficient architecture and construction cluster using the generalized desirability function of Harrington.

Keywords: energy efficiency cluster, adaptive control, geometric modeling method, criterion, scoring system.