

23. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / ГВ. Е. мурман. – М., Высш. шк., 2003. – 479 с.
24. Шаригін, О. А. Розробка підходу до перевірки адекватності моделі прийняття рішень з нечіткими параметрами [Текст] / О. А. Шаригін // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. – № 1(23). – С. 5–61.
25. Основы теории надежности и диагностика [Электронный ресурс]. – Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. – Режим доступа: <http://www.novsu.ru/npe/files/um/1128/umk/OTND/index.htm>

Досліджено складові частини інформаційних технологій для оцінки рівня енергоефективності муніципальних будівель. Модифіковано метод аналізу ієрархій на основі критеріїв та індикаторів: зроблено декомпозицію розв'язку задачі ранжування факторів в ієрархію, на її основі побудовано ієрархічну форму. Також розроблено багатощарова модель ранжування факторів оцінки енергоефективності та сформовано узгоджена матриця попарних порівнянь та глобальний критерій

Ключові слова: інформаційні технології, метод аналізу ієрархій, підтримка прийняття рішень, енергоефективність

Исследованы составные части информационных технологий для оценки уровня энергоэффективности муниципальных зданий. Модифицирован метод анализа иерархий на основе критериев и индикаторов: сделана декомпозиция решения задачи ранжирования факторов в иерархию, на ее основе построена иерархическая форма. Также разработана многослойная модель ранжирования факторов оценки энергоэффективности и сформирована согласованная матрица попарных сравнений и глобальный критерий

Ключевые слова: информационные технологии, метод анализа иерархий, поддержка принятия решений, энергоэффективность

УДК 004.303.064

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51027

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТА МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Д. В. Маргасов

Аспірант*

E-mail: mn123@i.ua

Е. Ю. Сахно

Доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри*

E-mail: kafUYAP@ukr.net

І. С. Скітер

Кандидат фізико-математичних наук, доцент
Кафедра програмної інженеріїЧернігівський національний
технологічний університет

вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14028

E-mail: skiteris@mail.ua

*Кафедра управління якістю і проектами
Чернігівський національний технологічний університет
«Навчально-науковий інститут управління
та адміністрування»
вул. Белова, 4, м. Чернігів, Україна, 14034

1. Вступ

Системна трансформація українського суспільства та його інтеграція в європейський і світовий простір потребує відповідного наукового забезпечення процесу скасування старих і створення низки нових організаційних структур управління у різних сферах суспільного життя [1].

Актуальним зараз стає створення інформаційно-вимірювальних систем для підтримки прийняття рішень ОПР для оцінки енергоефективності муніципальних будівель на базі безліч факторів та індикаторів. В процесі аналізу факторів, які формують систему показників для оцінювання енергоефективності досліджуваних об'єктів та формування управлінських рішень на їх основі, ОПР (особа, що приймає рішення) нашої хується на проблемі оцінювання не лише кінцевого результату прийнятого рішення, але й оцінювання альтернатив чи

ефективності проходження окремих етапів процесу прийняття рішень.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Аналізуючи складові частини інформаційних технологій для оцінки рівня енергоефективності муніципальних будівель, слід зазначити, що в Україні ці питання висвітлюються у працях [2, 3] та інших. Питання інформаційних технологій в Україні висвітлюються в працях [4–9]. За кордоном питаннями інформаційних технологій відображені у працях [10, 11].

Необхідно розглядати об'єкт дослідження саме як систему факторів, в межах кожного з яких існує система індикаторів, які його визначають і, відповідно, формують якість та вагу відповідного фактору. Це означає, що система формуючих індикаторів також набуває актуальності не лише як показник оцінки альтерна-

тиви [5], але й як оціночний показник ефективності управління в цілому.

Розглядаючи об'єкт дослідження, слід зазначити, що серед масиву факторів та критеріїв і індикаторів, які їх формують, можна виділити як якісні, так і кількісні показники. Якщо перші можна застосувати для оцінки будь-якого рішення, то використання критеріїв другої групи потребує суворої формалізації процесу вибору. Прагнення до значного узагальнення і неврахування якісних критеріїв, індикаторів, факторів, які описують систему оцінки енергоефективності [3], може призводити до спрощення ОПР ситуації, яке в подальшому негативно відіб'ється на кінцевому результаті за рахунок потенційного неврахування окремих складових.

Доцільність прийняття ефективних управлінських рішень залежить від обґрунтованого вибору критеріїв, які формують фактори енергоефективності, їх «ваги» та значущості в наборі тощо. Тож, постає питання визначення показників подібного оцінювання та ранжування масиву факторів за рівнем їх значущості в моделях прийняття рішень щодо енергоефективності об'єктів.

Слід зазначити, що система показників, яка формується на основі набору факторів, критеріїв та їх індикаторів, містить значну міру невизначеності [7], яка характерна для такого роду систем. Крім того, вибір факторів для оцінювання значною мірою залежить як від зовнішнього середовища (об'єктивних причин), так і від якостей та задач, які ставить ОПР (суб'єктивних причин). Тому постає проблема розробки алгоритму впорядкування та визначення ваги окремих факторів на основі аналізу їх внутрішнього наповнення (критеріального набору, масиву індикаторів) з врахуванням як зовнішніх чинників, так і запитів ОПР та розробці глобального критерію відносних цінностей факторів.

Невирішеними питаннями є:

- необхідність розробки спеціалізованого програмного забезпечення для перетворення вихідних ІК термограм будівель для оцінки енергоефективності, виражених в температурі, в зображення, калібровані в потужності теплового потоку, опорі теплопередачі і фактичних фінансових втратах [12];

- програмне планування та моніторинг заходів з енергозбереження за допомогою впровадження системи енергетичного моніторингу [13] та інші.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є розробка моделі та модифікація методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності будівель.

Для досягнення цілі дослідження були поставлені наступні задачі:

- зробити декомпозицію та представлення задачі в ієрархічному вигляді;
- на основі декомпозиції побудувати ієрархічну форму системи ранжування факторів та оцінки енергоефективності об'єкту;
- розробити модель ранжування факторів оцінки енергоефективності;
- сформувати узгоджену матрицю попарних порівнянь та глобальний критерій.

4. Матеріали дослідження та модифікація методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності

4.1. Декомпозиція розв'язку задачі ранжування

Проблема зниження суб'єктивності процесу прийняття управлінських рішень може бути реалізована за рахунок формалізації окремих етапів процесів шляхом врахування та оцінювання якісних критеріїв. Але при цьому ОПР може зіштовхнутися з кількома проблемами.

По-перше, для оцінки ситуації може бути необхідним застосування якісних критеріїв, які важко формалізувати, тож необхідно або буде застосовувати складні процедури формалізації, або відкидати такі критерії.

По-друге, за рахунок значної формалізації процесу прийняття управлінського рішення необхідною є наявність додаткових знань, вмій та навичок щодо правильного трактування отриманих в процесі розрахунків результатів. І необхідно зважати на те, що складність об'єкту дослідження ставить ОПР перед необхідністю здійснення багатокритеріального вибору та застосування певного програмного забезпечення, яке не завжди є доступним ОПР.

Крім того можна зазначити, що з метою спрощення процедури прийняття рішень можливе застосування не просто окремих критеріїв, а їх груп. Це полегшить ОПР не лише процес вибору, але й процедуру встановлення взаємозалежностей між окремими критеріями, адже при формулюванні критеріїв необхідно врахувати й той факт, що досягнення оптимальності за одним критерієм може призводити до погіршення за іншими параметрами, які є не менш важливими [14].

При цьому необхідно розуміти, що неможливо врахувати всі критерії, і не всі зі сформульованих критеріїв є рівнозначними, зважаючи на конкретну ситуацію, тому необхідно спочатку проаналізувати мету проведення оцінювання, критерії, за якими може бути проведена оцінка, та експертів, що приймають участь в процесі прийняття рішення.

Модуль аналізу стану енергоефективності муніципальних об'єктів на системному рівні передбачає оперування набором факторів оцінювання. Особливістю є те, що обрані для аналізу фактори включають в себе на другому рівні декомпозиції набору індикаторів (критеріїв), які значною мірою визначають їх вагомість та значущість. Таким чином, загальний опис системи на рівні системи оцінки енергоефективності включає в себе також вектори критеріїв для кожної окремої альтернативи:

$$S = \{F, R_{(F)}, I, R_{(I)}\}, \quad (1)$$

де $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ – множина елементів, альтернатив, критеріїв оцінки станів системи (факторів енергоефективності).

$f^i = \{I^1, \dots, I^k\}$ – внутрішня структура окремої альтернативи, яка формується за допомогою набору індикаторів $I^k \in I$ для кожного окремого фактору (альтернативи).

Задачу ранжування факторів для оцінки їх рівня значущості в інформаційній системі оцінки енергоефективності доцільно проводити за допомогою методики аналізу ієрархій з врахуванням особливостей формування факторів їх індикаторами.

Використання експертних оцінок для побудови узагальненої матриці попарних порівнянь повинно враховувати і внутрішню структуру факторів. Цим самим буде досягнуто виконання основних принципів теорії систем – ієрархії, збереження і причинно-наслідкових обмежень.

Вхідними умовами до використання методики є:

- 1) масив факторів $F = \{f^1, \dots, f^m\}$;
- 2) визначені масиви індикаторів для кожного із факторів: $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$.

Задача полягає у визначенні ваги факторів з врахуванням особливостей їх формування за допомогою їх індикаторів. Таким чином, ранжування важливості факторів при побудові системи оцінки енергоефективності буде визначатись його глобальною відносною цінністю ω_{gl}^i .

На першому кроці проведемо декомпозицію та представлення задачі в ієрархічному вигляді (рис. 1).

На основі визначених факторів, критеріїв, індикаторів та їх відношень побудована ієрархічна форма системи ранжування факторів та оцінки енергоефективності об'єкту, представлена на рис. 2.

В приведеній ієрархії можна виділити наступні рівні:

Рівень 1 – «інтегральна оцінка» – рівень, на якому відбувається визначення комплексного показника енергоефективності.

Рівень 2 – «формування груп факторів» – рівень визначення вагових коефіцієнтів вкладу факторів у інтегральний комплексний показник енергоефективності.

Рівень 3 – визначення масиву факторів впливу на рівень енергоефективності – визначення глобальних показників впливу факторів, ранжування факторів.

Рівень 4 – формування масиву індикаторів та визначення їх відносних цінностей в формуванні факторів (рівень 3).

Ієрархічну 4-х рівневу модель оцінки енергоефективності можна представити у вигляді 2-х підсистем, кожна з яких має свої окремі функції, а саме: підсистема 1 – ранжування факторів (рівень 4, рівень 3) та підсистема 2 – визначення комплексного показника енергоефективності (рівень 2, рівень 1).

Підсистема 2 призначена для визначення комплексного показника енергоефективності на основі інформації підсистеми 1, в якій проводиться побудова когнітивної карти (модуль когнітивного моделювання).

Для побудови когнітивної карти оцінки впливу факторів, їх ранжування та формування на їх основі комплексного показника енергоефективності об'єкту та на процес формування прийняття рішень в розроблюваній інформаційній системі значною мірою впливають набір факторів оцінки та їх внутрішня структура – критерії та індикатори.

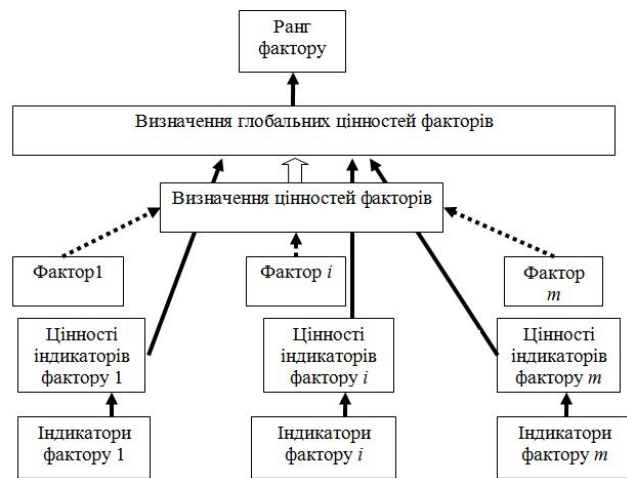


Рис. 1. Декомпозиція розв'язку задачі ранжування факторів в ієрархію

Особливістю масивів даних для аналізу і прийняття рішень є те, що весь масив факторів є якісно різно-рідним за своїм змістом, а також те, що набір критеріїв і відповідних їм індикаторів не структурований як за рівнем впливу так і за якісними характеристиками, які можуть представляти різного роду параметричні технічні оцінки, економічні показники, якісні характеристики тощо.



Рис. 2. Ієрархічна форма системи оцінки енергоефективності об'єкту

4. 2. Модель ранжування факторів

Постає задача узагальненої оцінки індикаторів, та їх відносних цінностей з метою оцінки на їх основі масиву факторів за рівнем важливості (вагомості, значущості) в комплексному показнику енергоефективності та моделі прийняття рішень на його основі.

Процес ранжування факторів доцільно проводити за моделлю, представленою на рис. 3.

Багатшарова модель представляє собою декомпозицію задачі визначення ваги факторів з врахуванням їх внутрішньої структури – наборів індикаторів.

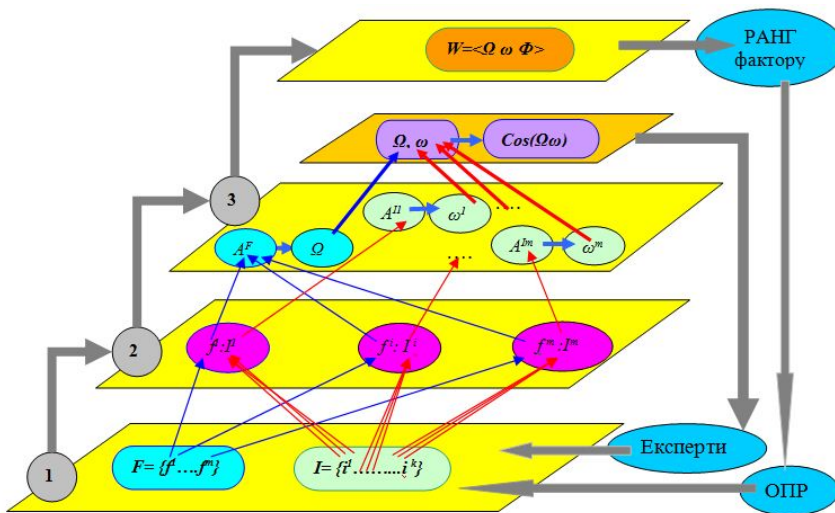


Рис. 3. Багатшарова модель ранжування факторів оцінки енергоефективності

$$W = \begin{bmatrix} \Omega^1 \begin{bmatrix} \omega_1^1 \\ \omega_2^1 \\ \dots \\ \omega_k^1 \end{bmatrix} \\ \Omega^2 \begin{bmatrix} \omega_1^2 \\ \omega_2^2 \\ \dots \\ \omega_k^2 \end{bmatrix} \\ \dots \\ \Omega^m \begin{bmatrix} \omega_1^m \\ \omega_2^m \\ \dots \\ \omega_k^m \end{bmatrix} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де k, l, \dots, z – кількість індикаторів, які формують відповідний фактор, причому $k \neq l \neq \dots \neq z$.

На першому рівні моделі формуються масиви факторів $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ та масиви індикаторів, які характерні для об'єкту дослідження $I = \{i^1, \dots, i^k\}$. Формування масивів та індикаторів проводиться двома групами користувачів – інженером із знань (експертом, експертами) та ОПР.

На другому рівні визначаються критеріальні набори, які характеризують окремі фактори відповідними їм індикаторами $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$. При цьому в межах кожного окремого фактору набір індикаторів має якісно однорідні показники, які формуються на основі груп факторів (рис. 3). В залежності від характеристики групи факторів може характеризуватися наборами індикаторів, які мають результати вимірювань, так і індикаторами, визначеними на основі експертних оцінок. В межах кожного факторального набору $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$ ставиться задача визначення відносних цінностей індикаторів, які його формують. Мета цього – визначення ваг впливу $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$ їх на елементи наступних рівнів ієрархії. Реалізацію доцільно проводити за методикою Сааті [15] шляхом попарного порівняння індикаторів за відповідною шкалою. Таким чином для кожного окремого фактору f^i із набору $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ буде сформована матриця попарних порівнянь $A^i = (a_{ij}^i)$ індикаторів $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$, на основі якої визначається їх вектор відносних цінностей.

На третьому рівні ієрархічної системи оцінювання інтегрального показника енергоефективності проводиться порівняння факторів $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ та визначення їх ваг $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$. Процедура побудови матриці попарних порівнянь характеризується тим, що факто-

ральний набір $F = \{f^1, \dots, f^m\}$ включає в себе якісно різні фактори, параметри яких можуть змінюватися залежно від об'єкту дослідження. Тому на даному етапі доцільно залучати для формування матриці $A^F = (a_{ij}^F)$ кваліфікованих експертів чи інженера зі знань з відповідною кваліфікацією.

Таким чином, після реалізації третього рівня системи ми отримуємо вектор показників $W(\Omega, \omega)$, який включає в себе оцінки факторів на основі визначення їх ваг $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$ та оцінки індикаторів, які їх формують $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$:

На останньому рівні ієрархії проводиться визначення інтегральних (глобальних) показників ваг факторів із врахуванням їх внутрішньої структури на основі визначення ваг відповідних індикаторів $W = \langle \Omega, \omega \rangle$. В роботі [16] визначення глобальних критеріїв на основі уточнення ваг їх внутрішньої структури проводиться за допомогою адитивної згортки виду

$$W_{(x_j)} = \sum_{i=1}^m \Omega^i \omega_{i(x_j)}^j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де $x_j \in X$ – масив альтернатив вибору, $\omega_{i(x_j)}^j$ – ваги критеріїв, які формують альтернативи; Ω^i – ваги альтернатив, оцінені за методикою Сааті.

Методика оцінювання глобального критерію i у згаданих роботах, як правило, проводиться в задачах багатокритеріальної оптимізації, за умови, коли об'єкти дослідження описуються стандартизованими та однойменними критеріями.

Характерною особливістю дослідження є саме різнокритеріальність – оцінка факторів проводиться власними наборами індикаторів, які формуються в межах кожного фактору окремо – $f^i : I^i = \{i_1^i, \dots, i_k^i\}$. Тому для визначення глобального критерію запропонований новий підхід у використанні МАІ до приведеного випадку оцінювання глобального критерію.

Основна ідея побудови модифікованого методу МАІ базується на трьох проблемах:

1) формування узгоджених матриць попарних порівнянь індикаторів у окремих факторах $A^F = (a_{ij}^F)$;

2) створення узгодженої матриці порівнянь факторів $A(F) = (a_{ij}^F)$;

3) визначення глобального критерію на основі факторально-індикаторних оцінок.

5. Результати досліджень та формування узгоджених матриць попарних порівнянь та глобального критерію

Використання попарних порівнянь в МАІ дає змогу проводити коректне визначення ваг показників та проводити їх ранжування тільки за умови, коли індекс узгодженості (IY) не перевищує 10 % [15]. У випадку аналізу індикаторів та факторів, які мають чисельні характеристики (технічні параметри, експериментальні дані, грошові оцінки тощо), проблема узгодженості порівнянь дещо знижується і значною мірою залежить від експертних оцінок при порівнянні непараметричних факторів. В таких випадках може статись, що отримані вектори відносних цінностей альтернатив чи вектори ваг (як індикаторів у факторах так і самих факторів) можуть мати значну міру неузгодженості в порівнянні з ідеальним експериментом.

В роботі [17] міру неузгодженості/узгодженості пропонується оцінювати за допомогою порівняння абсолютно узгодженої матриці та отриманої експертними методами. При цьому абсолютно узгоджена матриця має жорстко пов'язані елементи і для такої матриці виконується умова $\frac{a_{ij}}{a_{kj}} = \text{const}$ для всіх j .

Розглянемо матрицю попарних порівнянь $A^F = (a_{ij}^F)$. Рядки цієї матриці можна трактувати, як вектори $\vec{a} = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$. Тоді, для абсолютно узгодженої матриці, вони повинні бути паралельними $\vec{a}_i \parallel \vec{a}_j$. Відповідно, кут між векторами, а точніше косинус кута між векторами $\cos(\angle \vec{a}_i \vec{a}_j) = 1$. Тоді, мірою узгодженості матриці попарних порівнянь, крім традиційного індексу узгодженості, може виступати значення $\cos(\angle \vec{a}_i \vec{a}_j)$, величина якого вказує на те, якою є залежність між елементами матриці. Зменшення залежності елементів призводить до збільшення кута між векторами рядків матриці і відповідно до зменшення показника узгодженості.

Косинус кута між векторами визначається як

$$\cos \alpha = \frac{\langle \vec{a}_i, \vec{a}_j \rangle}{|\vec{a}_i| \times |\vec{a}_j|} \text{ або } \cos \alpha = \frac{\langle \vec{a}_i, \vec{a}_j \rangle}{\sqrt{\langle \vec{a}_i, \vec{a}_i \rangle \langle \vec{a}_j, \vec{a}_j \rangle}}, \quad (4)$$

де $\langle \vec{a}_i, \vec{a}_i \rangle$ скалярний добуток векторів.

Для матриці попарних порівнянь $A^F = (a_{ij}^F)$ рівень узгодженості – косинус кута між векторами можна представити як:

$$IY^F = \cos \alpha = \frac{\sum_{k=1}^n a_{ik} a_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n a_{ik}^2 \sum_{k=1}^n a_{jk}^2}}, \quad (5)$$

та на її основі для кожної пари векторів попарних порівнянь отримуємо матрицю узгодженостей:

$$IY^F = \begin{pmatrix} 1 & iy_{12} & \dots & iy_{1n} \\ iy_{21} & 1 & \dots & iy_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ iy_{n1} & iy_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Елементи матриці узгодженостей лежать в межах $0 \leq iy_{ij} \leq 1$ і показують ступінь узгодженості кожного парного порівняння до інших. Проміжним результатом оцінки елементів матриці (6) є можливість визначення мінімальних та максимальних узгоджень, їх ранжування, встановлення монотонних послідовностей, тощо.

Таким чином, реалізація запропонованої методики дає змогу, незважаючи на достатньо велику розмірність масиву індикаторів в межах заданого фактору, проводити коректні попарні порівняння з досягненням заданого рівня узгодженості ($IY \leq 10\%$) та визначення відносних цінностей індикаторів $\{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k\}$, яким можна довіряти.

Аналогічну методику доцільно використовувати і для формування узгодженої матриці попарних порівнянь факторів $A(F) = (a_{ij}^F)$, на основі оцінки ступеню узгодженості якої визначаються відносні оцінки цінностей факторів на факторальному наборі $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$. Таким чином, в результаті формується узагальнений вектор ваг $W(\Omega, \omega)$ виду (2).

У виразі (2) вектори відносних цінностей індикаторів $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$ оцінюють ваги індикаторів, які формують відповідні ним фактори. В свою чергу, проводиться оцінювання відносних цінностей факторів $\{\Omega^1, \Omega^2, \dots, \Omega^m\}$ з врахуванням їх індикаторної структури. Таким чином, формування глобального критерію оцінки факторального набору та його ранжування повинне проводитись із врахуванням векторів ваг індикаторів. У якості коригуючого показника для визначення глобальних ваг за (3) пропонується ввести функціонал

$$\Phi(\cos \alpha) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}}{n^2}, \quad (7)$$

який дасть змогу проводити чисельну оцінку міри подібності відносних цінностей факторів та індикаторів. Тоді, глобальний критерій відносних цінностей факторів на основі аналізу та визначення ваг індикаторів, що їх формують, буде мати вигляд

$$W_{(F/I)} = \sum_{i=1}^m \Omega^i \omega_{i(F/I)}^j \Phi(\cos \alpha)_{(F/I)}. \quad (8)$$

Зважені таким чином фактори будуть більш коректно відображати їх відносні цінності (ваги) з врахуванням їх внутрішньої структури. Крім того, використання запропонованої методики дозволяє впорядкувати, алгоритмізувати і коригувати процедуру експертно-

го оцінювання різномірних факторів та підвищити якість отримуваних результатів на формування процесу прийняття рішень.

6. Обговорення результатів дослідження інформаційного забезпечення тепловізійного моніторингу

Отримані дані щодо модифікації методу аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності на основі системи критеріїв та індикаторів дозволяють стверджувати наступне:

– досліджено складові частини інформаційних технологій;

– виконана мета дослідження, а саме розроблена модель та модифіковано метод аналізу ієрархій для оцінки рівня енергоефективності будівель.

Особливістю дослідження є різнокритеріальність – оцінка факторів проводиться власними наборами індикаторів, які формуються в межах кожного фактору окремо.

Особливий інтерес та одночасно позитивний вплив представляє реалізація запропонованої методики, що дає змогу, незважаючи на достатньо велику розмірність масиву індикаторів в межах заданого фактору, проводити коректні парні порівняння з досягненням заданого рівня узгодженості ($IY \leq 10\%$) та визначення відносних цінностей індикаторів $\{\omega_1^i, \omega_2^i, \dots, \omega_k^i\}$, яким можна довіряти.

Але на заваді розвитку дослідження, сьогодні, є низка невирішених питань.

Проведення відповідних досліджень було б дуже доцільним, бо дало б можливість розвитку інформаційних технологій щодо узгодження інформаційного

забезпечення енергоощадних заходів та збільшення енергоефективності будівель.

7. Висновки

В результаті проведеного дослідження зроблено ранжування факторів за допомогою методики аналізу ієрархій для оцінки їх рівня значущості в інформаційній системі оцінки енергоефективності з врахуванням особливостей формування факторів їх індикаторами. Розроблена модель представляє собою декомпозицію задачі визначення ваги факторів з врахуванням їх внутрішньої структури – наборів індикаторів.

Виконані задачі дослідження, що дозволяє стверджувати наступне:

1. Зроблена декомпозиція розв'язку задачі ранжування факторів в ієрархію.

2. Створена багатопарова модель оцінки енергоефективності та описано процес ранжування факторів.

3. Модифіковано метод аналізу ієрархій кризь:

– формування узгоджених матриць парних порівнянь індикаторів у окремих факторах $A^F = (a_{ij}^F)$;

– створення узгодженої матриці порівнянь факторів $A(F) = (a_{ij}^F)$;

– визначення глобального критерію на основі факторально-індикаторних оцінок.

Використання запропонованої методики дозволяє впорядкувати, алгоритмізувати і коригувати процедуру експертного оцінювання різномірних факторів та підвищити якість отримуваних результатів на формування процесу прийняття рішень.

Таким чином, є можливість до подальшого вдосконалення методів та моделі, але це напрямок вже іншого дослідження.

Література

1. Бех, Ю. В. Філософські проблеми сучасного управління складними системами: ідеї, принципи і моделі: монографія [Текст] / Ю. В. Бех, А. І. Слепцов. – К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – С. 35.
2. Праховник, А. В. Енергетичний менеджмент [Текст] / А. В. Праховник, О. І. Соловей, В. В. Прокопенко та ін. – Київ: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.
3. Ратушняк, Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термомодернізації будівель [Текст]: навч. пос. / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – С. 86–90.
4. Білощицький, А. О. Розробка інтегрованих інформаційних засобів для забезпечення впровадження кредитно-модульної системи в сфері навчання [Текст] / А. О. Білощицький, В. В. Демченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2007. – Т. 4, № 2 (29). – С. 20–28.
5. Казимир, В. В. Модельно-орієнтоване управління інтелектуальними виробничими системами [Текст]: дис... д-р техн. наук / В. В. Казимир. – НАН України; Інститут проблем математичних машин і систем, 2006. – С. 18–24.
6. Лізунов, П. П. Інформаційні системи в менеджменті [Текст]: навч. посіб. / П. П. Лізунов, Н. П. Івлева, Г. Л. Васильєва. – К.: КНУБА, 2010. – 128 с.
7. Михайленко, В. М. Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика [Текст]: навч. посіб. / В. М. Михайленко, С. А. Теренчук, О. О. Кубайчук. – Європейськ. ун-т., 2007. – С. 64–67.
8. Плоский, В. О. Дослідження структурних особливостей методів геометричного моделювання та тенденцій розвитку прикладної геометрії [Текст]: дис... д-р техн. наук / В. О. Плоский. – Київський національний ун-т будівництва і архітектури, 2007. – С. 200–227.
9. Тесля, Ю. Н. Введение в информатику природы [Текст] / Ю. Н. Тесля. – К.: Кондор, 2010. – 256 с.
10. Бурков, В. Н. Основы математической теории активных систем [Текст] / В. Н. Бурков. – М.: Наука, 1977. – 255 с.
11. Ken, A. The Java™ Programming Language, Fourth Edition [Text] / A. Ken, J. Gosling, D. Holmes. – Addison-Wesley, Boston, 2005. – 928 p.
12. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль [Текст] / В. П. Вавилов. – Москва, «Спектр», 2009. – С. 340–400.

13. Маргасов, Д. В. Інформаційні технології у моніторингу енергоощадності бюджетних будівель м. Чернігова [Текст] / Д. В. Маргасов // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія "Технічні науки". – 2014. – № 1 (71). – С. 186.
14. Стародуб, В. І. Критерії оцінювання транспортно-планувальної системи міста [Електронний ресурс] / В. І. Стародуб. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/methods/asp/vd/v40249.doc>
15. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
16. Демурич, В. Б. Многокритериальная оптимизация принятия управ- ленческих решений в информационной системе го- стиничного комплекса в ус- ловиях неопределённости [Текст]: сб. науч. тр. / В. Б. Демурич // Материалы Международной научно-практической конференции «Тенденции развития научных исследований». – Киев: НАИРИ, 2011. – С. 103–107.
17. Ломакин В. В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов [Текст] / В. В. Ломакин, М. В. Лифиренко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 9-11. – С. 1798–1803.

Відображено приклади практичного засто- сування бази знань для аналізу якісного стану земель сільськогосподарського призначення на основі просторового розподілу показників розора- ності, лісистості, полезахисної лісистості, сіль- ськогосподарської освоєності земель, коефіцієн- тів антропогенного навантаження й екологічної стабільності.

Розроблена структура бази знань може висту- пати основою для створення набору тематичних карт, інших геозображень для оцінювання, акту- алізації та прогнозування стану геосистем та їх компонентів

Ключові слова: геоінформаційний моніторинг, база знань, база геопросторових даних, геоінфор- маційне картографування

Приведены примеры практического приме- нения базы знаний для анализа качественного состо- яния земель сельскохозяйственного назначения на основе пространственного распределения показа- телей распаханности угодий, лесистости, поле- защитной лесистости, сельскохозяйственного освоения земель, коэффициентов антропогенной нагрузки и экологической стабильности.

Разработанная структура базы знаний мо- жет выступить основой для создания набора тематических карт, других геоизображений для оценки, актуализации и прогнозирования состоя- ния геосистем и их компонентов

Ключевые слова: геоинформационный мони- торинг, база знаний, база геопространственных данных, геоинформационное картографирование

УДК 651.3:518.33
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.51050

РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРИ БАЗИ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКІСНОГО СТАНУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

С. С. Кохан
Доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри*
E-mail: GIS_DZZ_chair@nubip.edu.ua

А. А. Москаленко
Кандидат технічних наук, доцент*
E-mail: an_moskalenko@yahoo.com

*Кафедра геоінформаційних систем і технологій
Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041

1. Вступ

Україна має унікальні земельні ресурси та природно-кліматичні умови, сприятливі для вирощування стійких врожаїв сільськогосподарських культур. Інтенсивне використання земель сільськогосподарсько-го призначення призводить до розвитку ерозійних процесів, зниження родючості ґрунтів, зростання розораності. Погіршення якісного стану земель спричи-нює порушення екологічних зв'язків, водного балан-

су, розвиток опустелювання. Нерідко спостерігається ставлення до землі на рівні споживача за відсутності державного екологічного контролю. Ґрунти дедалі інтенсивніше втрачають свою здатність до самовіднов-лення й самоочищення.

Ресурси агросфери швидко руйнуються. Проце-си розвитку ерозії ґрунтів, засолення, техногенного забруднення, розораність земель пов'язані насампе-ред з проблемою охорони земельних ресурсів та їх раціонального використання. У зв'язку з необхідні-