

**Д.В. Маргасов**, аспірант

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

**В.І. Литвин**, здобувач

Навчальний центр з енергоаудиту та енергоменеджменту Асоціації енергоаудиторів, м. Київ, Україна

### **АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА КОРЕКЦІЯ РІВНЯ УЗГОДЖЕНОСТІ ПІД ЧАС РАНЖИРУВАННЯ ФАКТОРІВ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

**Д.В. Маргасов**, аспирант

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

**В.И. Литвин**, соискатель

Учебный центр по энергоаудиту и энергоменеджменту Ассоциации энергоаудиторов, г. Киев, Украина

### **АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И КОРЕКЦИЯ УРОВНЯ СОГЛАСОВАННОСТИ ПРИ РАНЖИРОВАНИИ ФАКТОРОВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ АНАЛИЗА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Dmytro Marhasov**, PhD student

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

**Vadym Lytvyn**, candidate

Training Center of Energy Audit and Energy Management Association of energy auditors, Kyiv, Ukraine

### **THE ALGORITHMIZATION AND CORRECTION OF THE LEVEL OF CONSISTENCY DURING THE PROCESS OF RANKING FACTORS IN THE INFORMATIONAL SYSTEM OF ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS**

*Створено алгоритми корекції у процесі підвищення рівня узгодженості під час ранжирування факторів на основі їх індикаторів в інформаційній системі аналізу енергоефективності. Це допоможе для подальшого створення програмного модуля ранжирування факторів енергоефективності в інформаційній системі.*

**Ключові слова:** інформаційні технології, інформаційна система, енергоефективність, ранжирування факторів, алгоритм.

*Созданы алгоритмы коррекции в процессе повышения уровня согласованности при ранжировании факторов на основе их индикаторов в информационной системе анализа энергоэффективности. Это поможет для дальнейшего создания программного модуля ранжирования факторов энергоэффективности в информационной системе.*

**Ключевые слова:** информационные технологии, информационная система, энергоэффективность, ранжирование факторов, алгоритм.

*The correction algorithms were created in the process of improving consistency level in ranking factors on the basis of the indicators in the information system analysis of energy efficiency. This will help to further create software module efficiency ranking factors in the information system.*

**Key words:** information technology, information systems, energy efficiency, ranking factor, algorithm.

**Постановка проблеми.** Актуальність розвитку енергоощадних проєктів в Україні висунули питання їх імплементації у сучасні інформаційні технології, створення моніторингових інформаційних систем для онлайн-досліджень та прийняття рішень у ініціюванні проєкту, враховуючи вплив на енергоефективність багатьох факторів та індикаторів.

Так, у програмі енергоощадності в закладах охорони здоров'я м. Чернігова на 2013–2017 роки одним з основних напрямків вирішення завдань скорочення енергоспоживання закладами охорони здоров'я міста є: програмне планування та моніторинг заходів з енергозбереження за допомогою впровадження системи енергетичного моніторингу [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізуючи дослідження з інформаційних систем аналізу енергоощадності, слід зазначити, що в Україні ці питання висвітлюються у працях А.В. Праховника, В.В. Прокопенко, О.І. Соловей [2], О.Г. Ратушняк [3] та ін. Питання інформаційних технологій в Україні розглянуто у працях І.В. Сергієнко [4], В.В. Литвинова [5], В.В. Казимира [6] та інших. За кордоном питання моніторингу енергоощадності досліджували В.П. Вавилов [7], Ю.А. Табунщиков [8] та ін.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Невирішеною є проблема узгодження багатьох факторів та їх індикаторів під час ранжирування в інформаційній системі аналізу енергоефективності.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є створення алгоритмів корекції матриць попарних порівнянь під час ранжирування факторів в інформаційній системі аналізу енергоефективності.

**Виклад основного матеріалу.** Використання інформаційної системи аналізу енергоефективності значною мірою залежить від багатьох зовнішніх чинників, які пов'язані як з об'єктивними причинами, наприклад, кваліфікацією та іншими характеристиками експертів, ОПР тощо, так і суб'єктивними чинниками – технічними параметрами об'єктів, зміною нормативних документів тощо. Тому паралельно з процесом визначення параметрів енергоефективності та напрацюванню рекомендацій щодо прийняття рішень ставиться завдання оцінювання якості експертних оцінок та ранжирування внутрішніх чинників, на основі яких оцінюється енергоефективність. Для цього на основі методу аналізу ієрархій розробляється його модифікація, яка дозволяє проводити ранжирування факторів аналізу енергоефективності через підвищення рівня узгодженості експертних оцінок за рахунок корекції попарних порівнянь.

Процедура корекції попарних порівнянь з метою досягнення прийняттого рівня узгодженості може проводитись в автоматичному та ітераційному режимах, а також за допомогою повторного експертного опитування.

Автоматична корекція має певні обмеження, пов'язані з ситуаціями, коли має місце низький рівень узгодженості й аналіз даних не дає корисної інформації [9]. Процес автоматичного корегування проводиться на основі порівняння функціоналу узгодженості  $\Phi$ , розрахованого на основі матриці косинусів. Алгоритм автоматичної корекції наведено на рис. 1.

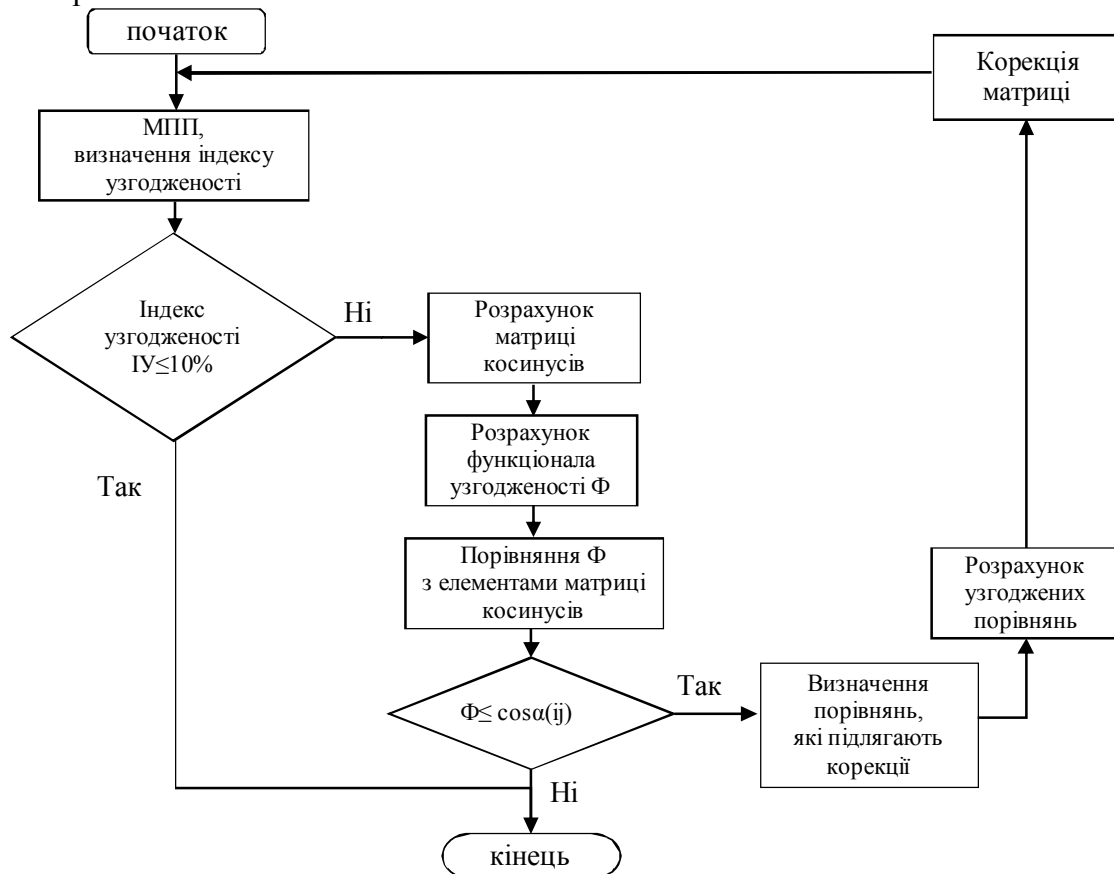


Рис. 1. Загальний погляд на процес прийняття рішень для енергоощадного проекту

Ітераційні процедури корекції доцільно використовувати за умов, коли має місце достатня узгодженість попарних порівнянь у більшості позицій матриці попарних порівнянь, є корисна інформація про ваги показників. При цьому перевагою ітераційного методу є те, що процес корекції пов'язаний з однією із оцінок – переважно з елементом порівняння, який має найнижчий рівень узгодженості – і всі інші скореговані оцінки ґрунтуються на скорегованому первинному елементі [10].

Алгоритм ітераційного процесу корекції матриці попарних порівнянь наведено на рис. 2.

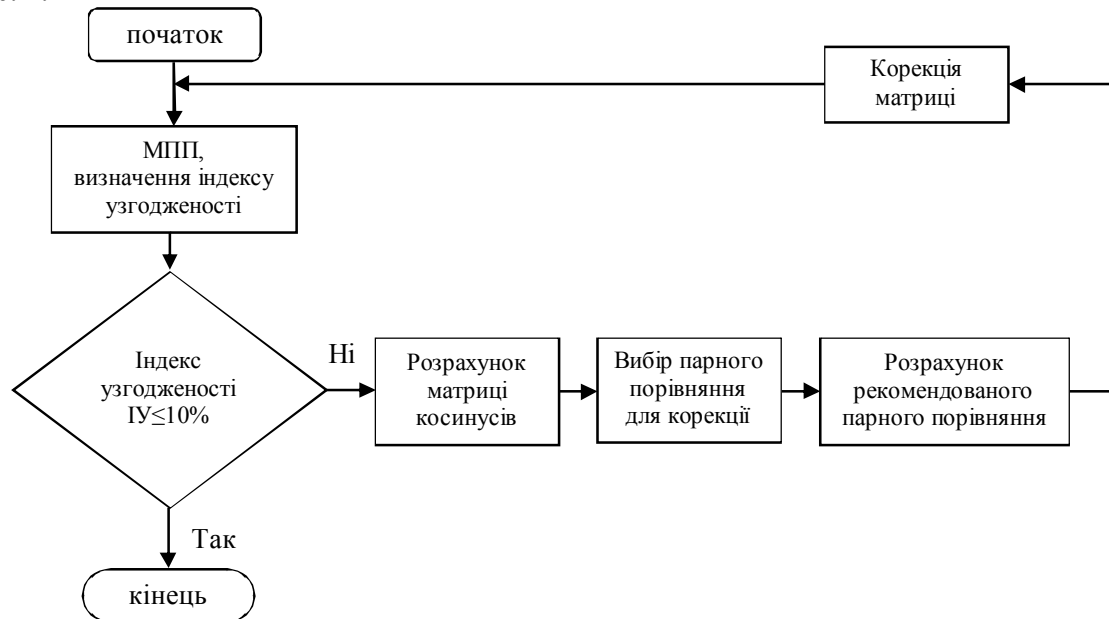


Рис. 2. Алгоритм ітераційного процесу корекції матриці попарних порівнянь

Умова автоматичного корегування матриці попарних порівнянь відповідає ситуації, коли результат ранжирування показників не змінюється під час приведення індексу узгодженості до прийняттого значення.

Умова ітераційного корегування відповідає ситуації, коли вхідні дані про порівняння альтернатив достатньо узгоджені, але існують порівняльні судження, які значно відрізняються від інших як за величиною, так і за достовірністю.

В усіх інших випадках за умов значної неузгодженості матриці попарних порівнянь та за наявності суджень, які суперечать одне одному, доцільно проводити повторне експертне оцінювання.

Рівень достовірності попарних суджень та їх порівняння по достовірності в роботі пропонується визначати на основі статистичного аналізу чисельних значень попарних порівнянь матриці, де для вибірки із  $n(n-1)$  оцінок попарних порівнянь (без діагональних елементів) визначаються середні значення оцінок та середньоквадратичне відхилення (СКВ)  $\sigma$  як міра розкиду узгодженості порівнянь.

У роботі [11] на основі аналізу СКВ від індексу узгодженості для матриць різної розмірності встановлено, що ймовірність раціонального корегування матриці попарних порівнянь тим більша, чим більший розкид узгодженостей суджень, оскільки в цих випадках можна виділити максимально пов'язані оцінки експертів.

За [11] зона раціонального корегування відповідає розподілу Парето. В матриці попарних порівнянь СКВ може набувати значення від 0 до 0,5. Згідно з правилом Парето пропонується визначати нижню межу СКВ у межах 20 % від максимального значення, тобто на рівні  $0,5 \cdot 20\% = 0,1$ . Таким чином, матриці попарних порівнянь, для яких СВК оцінок узгодженості окремих суджень перевищують 0,1 ( $\sigma > 0,1$ ), можуть бути скорего-

говані представленими методами. Алгоритм вибору методу корегування матриць представлено на рис. 3.

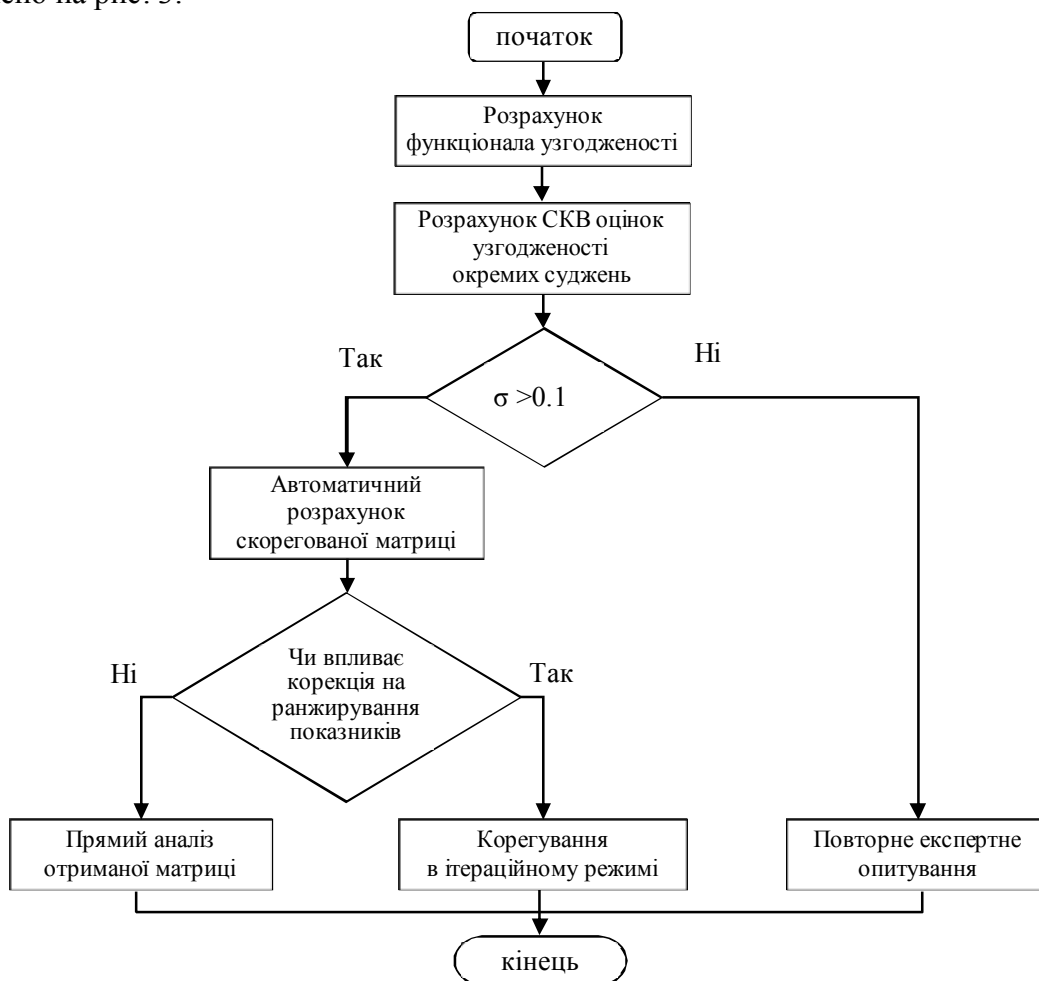


Рис. 3. Алгоритм вибору методу корегування у процесі підвищення ступеня узгодженості парних порівнянь

На етапі підвищення рівня узгодженості важливим є вибір методу корегування парних порівнянь. Процес адаптивного підбору дозволяє покроково підвищити узгодженість матриці парних порівнянь, визначаючи найбільш оптимальний метод корегування. Схематично адаптивну процедуру корегування парних порівнянь з метою підвищення рівня узгодженості представлено на рис. 4.

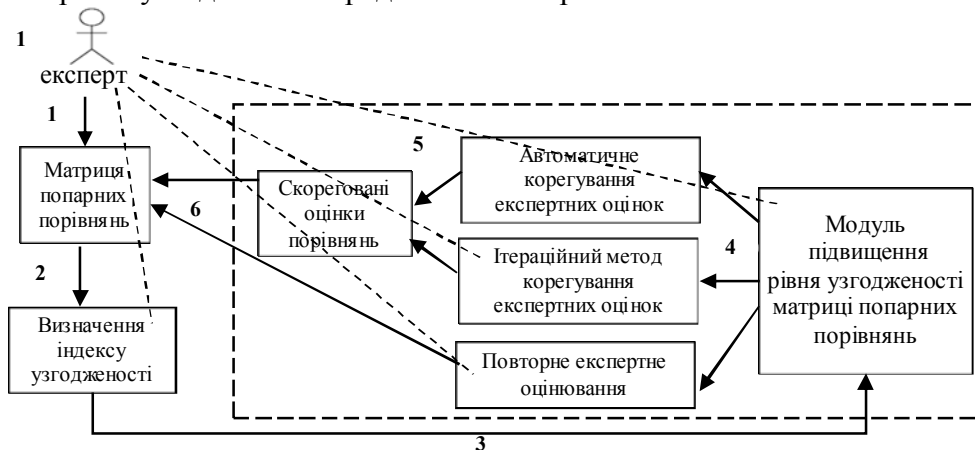


Рис. 4. Схема адаптивного підбору чисельних оцінок у матриці парних порівнянь (пунктиром позначена участь експерта в процесі оброблення матриці парних порівнянь)

Реалізація пропонованого підходу включає в себе такі послідовні кроки:

- 1) формування матриці попарних порівнянь;
- 2) визначення індексу узгодженості та необхідності його корегування;
- 3) за необхідності – передача значень експертних оцінок та розрахованого індексу на вхід модуля підвищення рівня узгодженості;
- 4) вибір алгоритму підбору коректних порівнянь;
- 5) корекція експертних оцінок;
- 6) перерозрахунок ваг факторів та визначення задовільного індексу узгодженості.

**Висновки.** Створено алгоритми корекції для підвищення рівня узгодженості під час ранжирування факторів в інформаційній системі аналізу енергоефективності: алгоритм ітераційного процесу корекції матриці попарних порівнянь, алгоритм вибору методу корегування у процесі підвищення ступеня узгодженості попарних порівнянь. Процес адаптивного підбору дозволяє покроково підвищити узгодженість матриці попарних порівнянь, визначаючи найбільш оптимальний метод корегування. У подальшому буде розроблятися модуль ранжирування факторів, що дасть змогу визначити згідно з мотивованими та узгодженими судженнями експертів групи факторів за їх монотонною силою впливу на формування визначеного рівня енергоефективності. Модуль ранжирування факторів структурно є елементом інформаційної системи аналізу енергоефективності в разі підтримки управлінських рішень щодо проведення енергоефективних заходів.

#### Список використаних джерел

1. Програма енергозбереження в закладах охорони здоров'я м. Чернігова на 2013–2017 роки : Рішення міської ради 27 квітня 2012 року (20-а сесія 6 скликання).
2. *Енергетичний менеджмент* / [А. В. Праховник, О. І. Соловей, В. В. Прокопенко та ін.]. – К. : ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.
3. *Ратушняк Г. С.* Управління проектами енергозбереження шляхом термомодернізації будівель : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 106 с.
4. *Сергієнко І. В.* Наукові ідеї В.М. Глушкова та розвиток актуальних напрямів інформатики / І. В. Сергієнко. – К. : Наук. думка, 2013. – 288 с.
5. *Литвинов В. В.* Методы построения имитационных систем / В. В. Литвинов, Т. П. Марьянович. – К. : Наукова думка, 1991. – 120 с.
6. *Казимир В. В.* Модельно-орієнтоване управління інтелектуальними виробничими системами : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.13.06 / В. В. Казимир ; НАН України ; Інститут проблем математичних машин і систем. – К., 2006. – 301 с.
7. *Вавилов В. П.* Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : Спектр, 2009. – 544 с.
8. *Табунщиков Ю. А.* Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
9. *Сушков Ю. А.* Многокритериальность в многорежимных системах / Ю. А. Сушков // Архитектура и программное обеспечение цифровых систем. – М. : МГУ, 1984. – С. 71–77 ; *Кузнецов В. Н.* Согласование и оптимизация в иерархических системах с активными элементами / В. Н. Кузнецов. – М. : Институт проблем управления, 1996. – 132 с.
10. *Трахтенгерц Э. А.* Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений / Э. А. Трахтенгерц. – М. : Синтег, 2001. – 256 с.
11. *Ломакин В. В.* Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов / В. В. Ломакин, М. В. Лифиренко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С. 1798–1803.