УДК 519.6

Калініна І. О., Гожий О. П., Мусенко Г. О.

ВРАХУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЕКСПЕРТІВ У МЕТОДАХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ В ЗАДАЧАХ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ

У статті запропоновано алгоритм врахування компетентності експертів в методах багатокритеріального аналізу.Запропонована процедура узгодженості думок експертів. Проведено перевірку ефективності алгоритму на задачі вибору елементів вентиляційного обладнання.

Ключові слова:*.Компетентність експертів, багатокритеріальний аналіз, узгодженість експертних оцінок, вибір елементів вентиляційного обладанання.*

В статье предложен алгоритм учета компетентности экспертов в методах многокритериального анализа. Предложена процедура согласованности мнений экспертов. Проведена проверка эффективности алгоритма на задачи выбора элементов вентиляционного оборудования.

Ключевые слова: *Компетентность экспертов, многокритериальный анализ, согласованность экспертных оценок, выбор элементов вентиляционного обладанання.*

This paper proposes an algorithm taking into account the competence of experts in the methods of multi-criteria analysis. Proposition procedure of consensus of experts. Checked the efficiency of the algorithm on the problem of choosing the elements of ventilation equipment.

Key words:*.Competence of the experts, multi-criteria analysis, the consistency of expert judgments, the choice of elements obladanannya ventilation.*

Вступ

На сьогоднішній день в теорії прийняття рішень, одним із завдань якої є раціональний вибір, широко відомі наступні методи: ЕЛЕКТРА, SAW, Подиновского, Харрінгтона, Сааті та інш.[1,3] Порівняльний аналіз показав, що всі ці методи мають істотний недолік: вони не мають можливість поєднувати різні думки груп експертів, та не враховують компетентності експертів за кожним з критеріїв раціонального вибору – тому була поставлена задача розробки методу, вільного від цих недоліків, при цьому, в якості основи запропонованого методу обраний метод аналізу ієрархій Т. Сааті.

Особливості методів багатокритеріального аналізу.

В методі аналізу ієрархій (МАІ), розробленим Т. Сааті, на першому етапі будується ієрархічна система, що складається з трьох рівнів: мета, критерії та альтернативи, які повинні бути оцінені спочатку за критеріями другого рівня, а потім з точки зору загальної мети.

На другому етапі будуються матриці парних порівнянь для кожного рівня. Попарне порівняння всіх приватних критеріїв проводиться за допомогою шкали лінгвістичних оцінок. Правильність визначення значень приватних критеріїв перевіряється за допомогою індексу узгодженості матриці парних порівнянь. На основі індексу узгодженості розраховується показник відношення узгодженості. Далі локальні пріоритети, починаючи з другого рівня, перемножуються на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні, і сумуються по кожному елементу, тобто розраховується глобальний пріоритет для кожного елемента ієрархії за адитивним принципом.

У всіх модифікаціях методу ЕЛЕКТРА на першому етапі за допомогою ОПР визначаються ваги критеріїв, при цьому незначний виграш за одним критерієм може супроводжуватись великим програшем за іншим критерієм [].

Метод TOPSIS базується на концепції, що обрана альтернатива повинна мати найменшу відстань до ідеального рішення і найбільшу відстань до ідеального негативного рішення. Даний метод одночасно розглядає обидві відстані до ідеального і ідеального негативного рішення, враховуючи відносну близькість до ідеального вирішення[].

У методі SAW особа, яка приймає рішення (ОПР) призначає ваги критеріям, що відповідають їх важливості. Після того, як загальні оцінки будуть обчислені для кожної альтернативи, альтернатива з найвищою оцінкою (найбільшою середньою вагою) – і є вирішенням завдання[].

Метод Подіновського заснований на побудові бінарного відношення переваги. Як і в методі ЕЛЕКТРА, для цього використовується додаткова інформація про порівняльну важливість критеріїв. Даний метод може бути застосований лише у випадку однорідності критеріїв, при неоднорідних умовах визначення їх порівняльної важливості зводиться по суті до визначення

коефіцієнтів важливості критеріїв, що є основним недоліком цього методу.

У методі Харрінгтона здійснюється перетворення натуральних значень показників стану різних об'єктів в безрозмірну шкалу з одночасною якісною оцінкою величини показника, який можна інтерпретувати в термінах корисності чи бажаності для будь-якого специфічного застосування.

Головні порівняльні характеристики розглянутих методів багатокритеріального аналізу наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняльна оцінка методів багатокритеріального аналізу

Методи / Критерії оцінювання		MAI	Електра	TOPSIS	SAW	Подіновського	Харрінгтона
Спільні позитивні особливості	➢ Враховують багатокритеріальні умови ➢ Використовують критерії зі шкалою оцінки ➢ Підтримують задачі прийняття індивідуального рішення ➢ Мають можливість коригувати задачу, або подання особи, яка приймає рішення						
Методологічні відмінності	➢ декомпозиція задачі	ієрархічна структура	–	–	–	–	–
	➢ оцінка критеріїв	містить механізм оцінки	вимагає оцінки критеріїв	вимагає оцінки критеріїв	вимагає оцінки критеріїв	вимагає оцінки критеріїв	вимагає оцінки критеріїв
Взаємодія користувача з вирішенням задачі	➢ труднощі обробки експертної інформації	–	+	+	+	+	+
	➢ відповідність інтуїтивному поданню	+	–	+	+	+	+
Суб'єктивність		велика	велика	велика	велика	велика	велика
Агрегування різних думок груп експертів		–	–	–	–	–	–
Врахування компетентності експертів за кожним критерієм		–	–	–	–	–	–

Алгоритм експертного опитування.

Для вирішення задачі раціонального вибору за допомогою методів багатокритеріаль- ного аналізу спочатку проводиться експертне опитування. Для врахування компетентності був розроблений узагальнений алгоритм експертного опитування з оцінкою компе- тентності експертів і визначенням коефіцієнта конкордації – коефіцієнта узгодженості думок експертів (Рис.1).

Експертне опитування проводиться за методом Дельфі. Він є одним з найпоширеніших методів анкетування. У методі Дельфі немає безпосередніх колективних обговорень. Кожен експерт отримує спеціально розроблену анкету з запитаннями, яку заповнює незалежно від інших. Відповіді експертів підсумовують і разом з узагальненими безособовими аргументами на користь тих чи інших оцінок повертають експертам для уточнення або зміни, якщо вони знайдуть це необхідним, своїх первинних відповідей. Процедура повторюється до тих пір, поки не буде отримано задовільний збіг думок експертів або поки не стане ясною стійка відмінність в думках.

При використанні методу Дельфі повинна бути забезпечена взаємна незалежність відповідей експертів на кожному кроці, оцінки бажано отримувати в кількісній формі, аргументи повинні узагальнюватися в безособовому вигляді. Отримані оцінки експертів зважують, множачи їх на коефіцієнт компетентності даного експерта, що вимірюється в частках одиниці. Коефіцієнт компетентності можна, в свою чергу, визначати методом колективної експертної оцінки.

Алгоритм врахування компетентності експертів

Компетентність – це ступінь кваліфікації експерта в певній галузі знань. Так як компетентність дуже складна властивість експерта, її вимір реально може бути здійснено тільки людьми. Тому на практиці оцінка компетентності часто проводиться шляхом самооцінки експерта або оцінки іншими експертами. Для здійснення оцінки цієї характеристики експерта введено числовий показник – коефіцієнт компетентності. Існує багато методів знаходження коефіцієнта компетентності. І для кожного окремого випадку обирають той метод, який найбільш підходить для конкретної задачі. Для цього можна використати методику, яка базується на застосуванні формул:

$$Z_j = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^{m} R_j},$$

де

$$R_j = \frac{(0{,}1R_i + R_a)}{2}$$

де Zj – відносний коефіцієнт компетентності; m – кількість експертів; R_j– коефіцієнт інформованості з проблеми; Ra– коефіцієнт аргументації.

Коефіцієнт Ri визначається на основі самооцінки експерта по проблемі, що вирішується.

Ri = 0 – експерт зовсім не знає проблеми;

Ri = 1/3 – експерт поверхово знайомий з проблемою;

Ri = 4/6 – експерт знайомий з проблемою, але не приймає безпосередньої участі в її вирішенні;

Ri = 7/9 – експерт знайомий з проблемою і приймає безпосередню участь в її вирішенні;

Ri = 10 – експерт знає проблему на відмінно.

Ra визначається в результаті суми балів за відмітками експерта в наступній таблиці 2.

Рис. 1. Узагальнений алгоритм експертного опитування з врахуванням компетентності експертів.

Таблиця 2

Таблиця оцінки впливу джерела інформації на думку експерта

Джерела аргументацій	**Міра впливу джерела на вашу думку**		
	висока	**середня**	**низька**
Проведений теоретичний аналіз	0,3	0,2	0,1
Досвід на виробництві	0,5	0,4	0,2
Знайомство з роботами закордонних авторів	0,05	0,05	0,05
Знайомство зі станом справ за кордоном	0,05	0,05	0,05
Ваша інтуїція	0,05	0,05	0,05

Узгодженість експертів розраховується алгоритмом зображеним на рис.2. При оцінці об’єктів експерти зазвичай розходяться в думках по питанню, що вирішується. У зв’язку з цим виникає необхідність кількісної оцінки міри узгодженості експертів. Оцінка узгодженоості думок експертів основується на використанні поняття компактності. Оцінка кожного експерта представляється як точка в деякому просторі, в якому введене поняття відстані. Якщо оцінки експертів знаходяться на невеликій відстані одна від одної, то можна інтерпретувати це як гарну узгодженість думок експертів. Якщо ж точки розсіяні у просторі на великій відстані, то узгодженість – невисока. При використанні кількісних шкал виміру і оцінці об’єкта лише за одним критерієм думки груп експертів можна представити як точки на числовій осі. Ці значення можна розглядати як реалізацію випадкової величини. Тоді центр групування точок можна розглядати як математичне сподівання, а розсіювання кількісно оцінюється дисперсією випадкової величини.

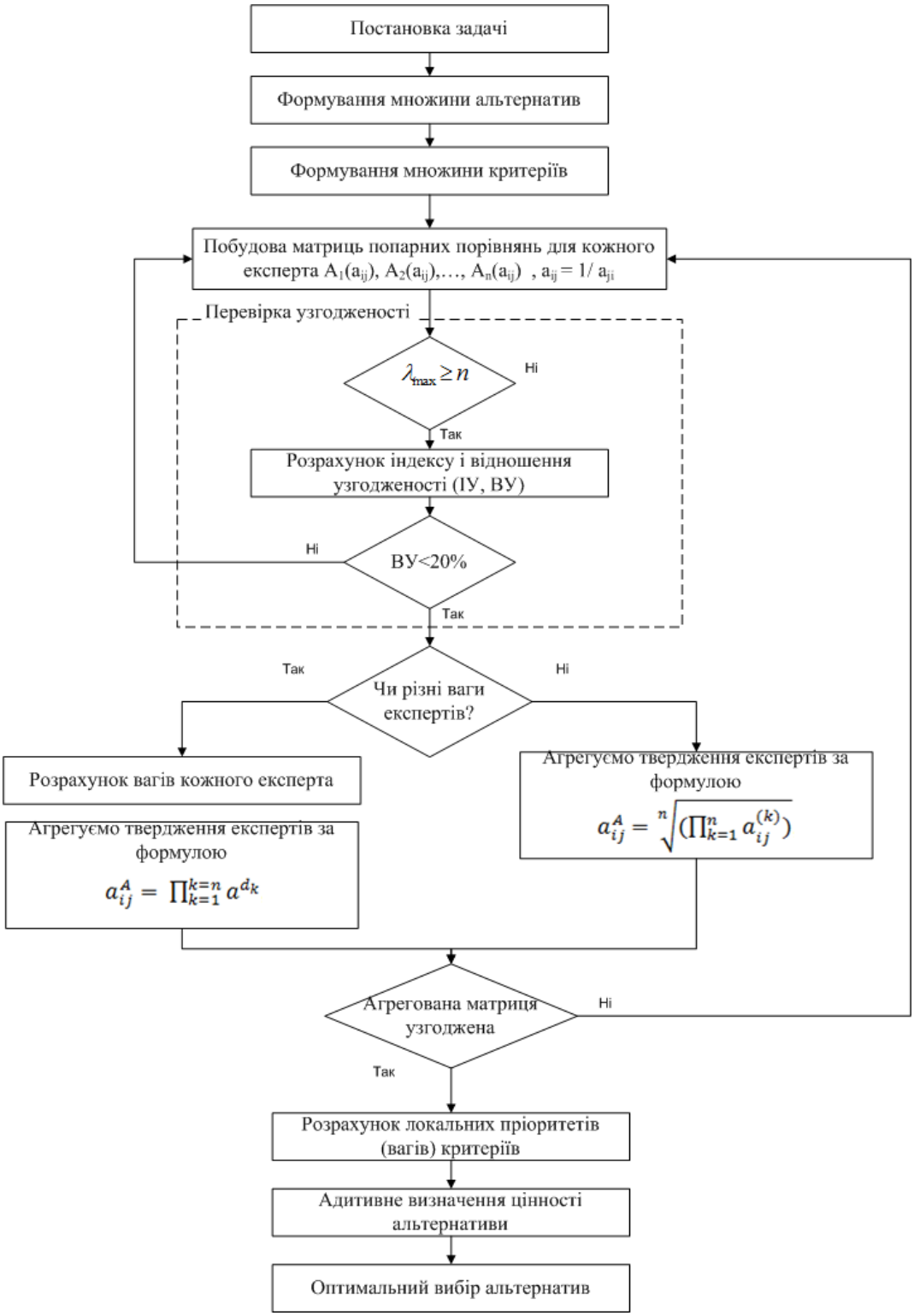

Рис. 2 Алгоритм розрахунку узгодженості між експертами

Визначення узгодженості між експертними групами

Узгодженість експертів розраховується алгоритмом зображеним на рис 3. При оцінці об'єктів експерти зазвичай розходяться в думках по питанню, що вирішується. У зв'язку з цим виникає необхідність кількісної оцінки міри узгодженості експертів.

При використанні кількісних шкал виміру і оцінці об'єкта лише за одним критерієм думки груп експертів можна представити як точки на числовій осі. Ці значення можна розглядати як реалізацію випадкової величини. Тоді центр групування точок можна розглядати як математичне сподівання, а розкид кількісно оцінюється дисперсією випадкової величини.

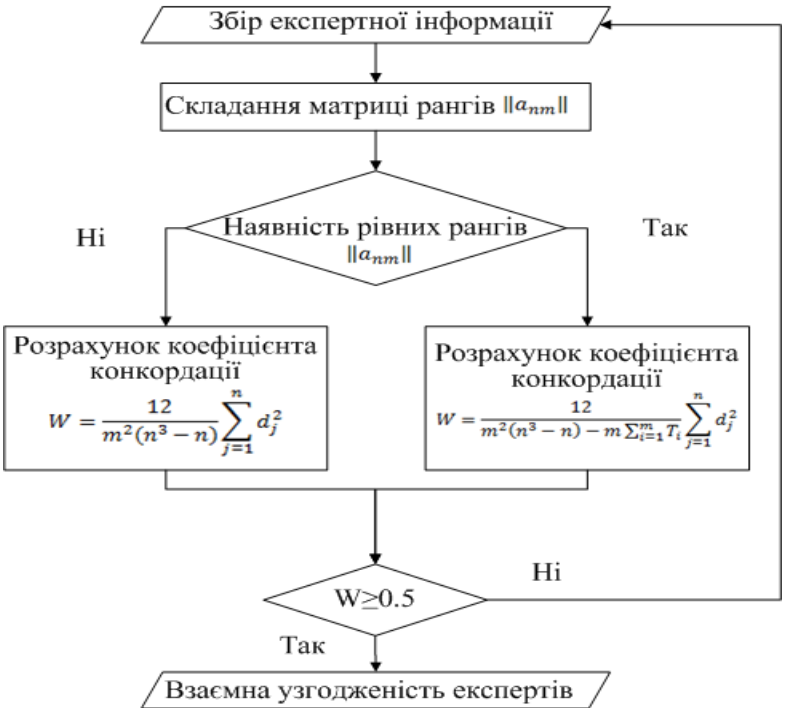

Рис. 3. Алгоритм визначення узгодженості експертів

При вимірі об'єктів в порядковій шкалі узгодженість оцінок експертів у вигляді ранжування чи попарних порівнянь об'єктів також основується на понятті компактності. Для цього зазвичай використовується міра узгодженості думок експертів – дисперсійний коефіцієнт конкордації.

Експериментальна перевірка

Експерементальна перевірка запропонованих алгоритмів проводилась на задачі вибору елементів венттиляційної системи. Для обгрунтування вибору основних показників елементів припливно-витяжної вентиляційної установки був проведений аналіз відомих на сучасному ринку вентиляційного обладнання моделей в результаті чого були виявлені основні показники, які найбільш часто вживаються для опису їх характеристик. На основі проведеного аналізу було виділене ядро з 12 основних показників припливно-витяжних вентиляційних установок, які потім проходять процедуру адекватного вибору з використанням методу аналізу ієрархій. Цей метод оснований на ієрархічній моделі властивостей об'єкта, в якому 12 показників були розділені по критеріям на 2-х рівнях.

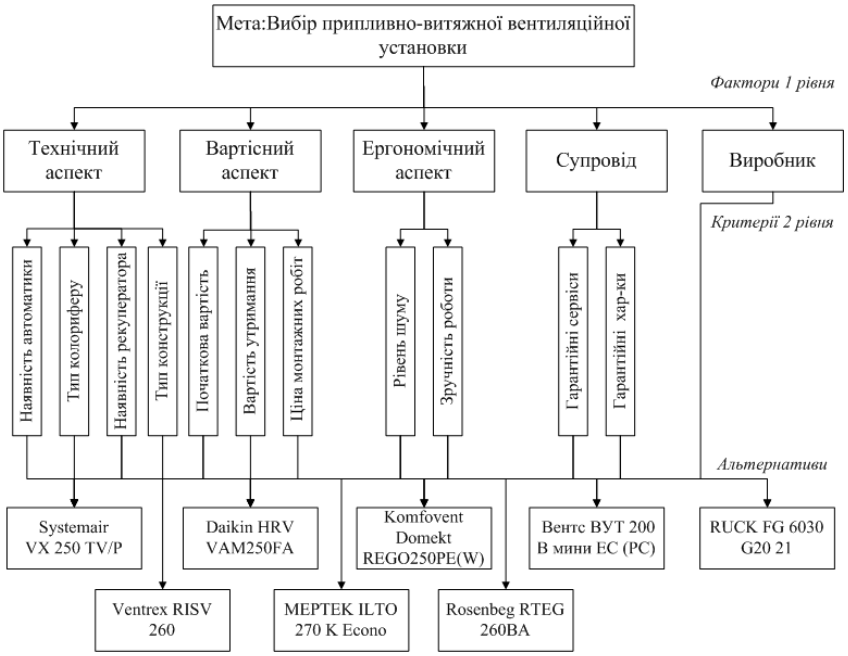

Рис. 4. Багаторівнева модель вибору припливно-витяжної вентиляційної установки

На рис. 4 наведена багаторівнева модель вибору припливно-витяжної вентиляційної установки, де критеріями 1-го рівня є: технічний, вартісний, ергономічний, естетичний аспекти, а також супровід і фірма-виробник. Критеріями технічного аспекту є наявність автоматики та її якість, ефективність рекуператора, тип калориферу і тип конструкції . На вартісний аспект вплив виявляють початкова вартість, вартість щорічного утримання та витрати на монтаж. Ергономічний аспект відноситься до шумових характеристик та зручності. Супровід оцінюється гарантійними характеристиками і наявністю гарантійних сервісів.

Альтернативами є вісім вентиляційних систем, що представлені на ринку: Systemair VX 250 TV/P, Daikin HRV VAM250FA, Ventrex RISV 260, Mitsubishi Electric Lossnay LGH-25RX5-E, MEPTEK ILTO 270 K Econo, Komfovent Domekt REGO250PE(W), Вентс ВУТ 200 В мини ЕС (PC), Rosenbeg RTEG 260BA. Кількість альтернатив можна збільшувати чи зменшувати залежно від кількості моделей серед яких проводиться вибір.

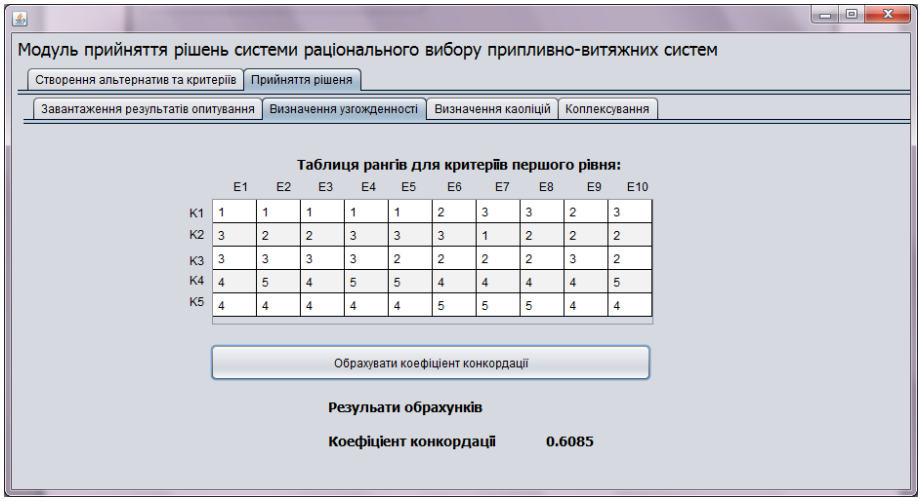

Рис. 5. Визначення узгодженості між експертами в СППР.

Для реалізації процедури раціонального вибору вентеляційних систем була створена СППР. В якій були реалізовані всі етапи алгоритму наведеного на рис. 1. На рис. 5 приведено визначення узгодженості між експертами в СППР. На на рис. 6 представлені розрахунки в по агрегуванню думок експертів в СППР.

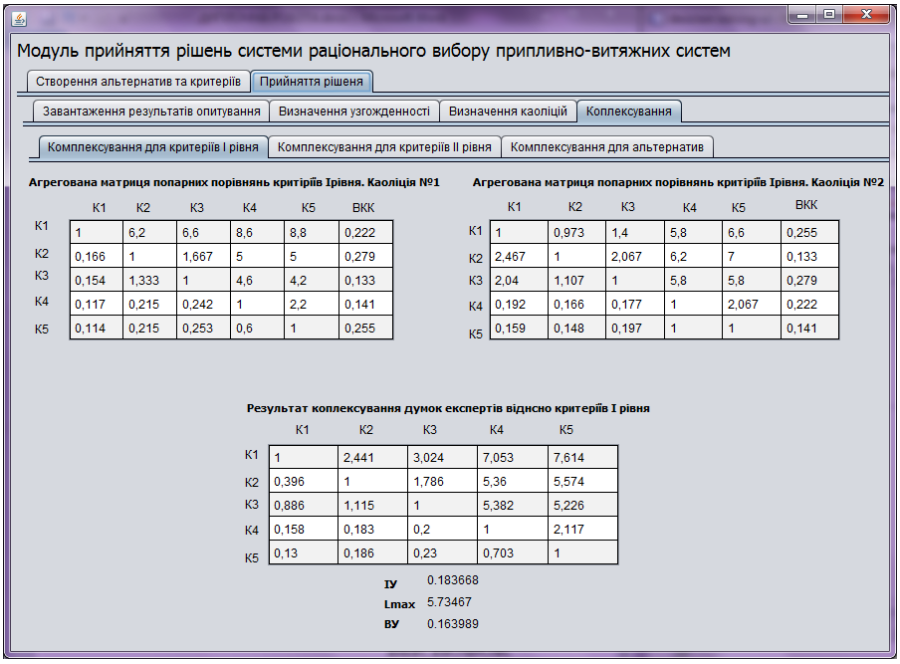

Рис. 6. Агрегування думок коаліцій експертів

В результаті обчислень проведених в блоці прийняття рішень СППР з врахуванням компетентності експертів була обрана припливно-витяжна вентиляційна установка MEPTEK ILTO 270K Econo (рис.7).

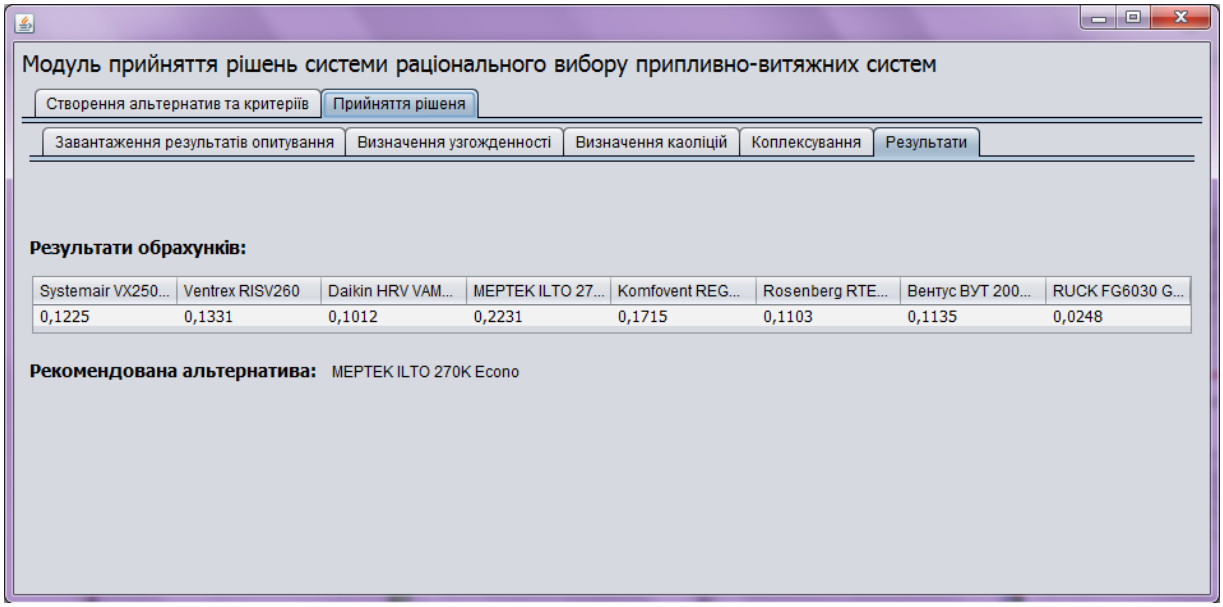

Рис. 7. Результати розрахунків

Таким чином провівши аналіз експертних оцінок десяти експертів для восьми альтернативних варіантів було отримано рекомендації стосовно вибору кращої вентиляційної системи.

ВИСНОВКИ. У статті розглянуто алгоритм врахування компетентності експертів в методах багатокритеріального аналізу для задач вибору. Проведено перевірку ефективності алгоритму на задачі вибору елементів вентиляційного обладнання, результати якої підтверджують ефективність запропонованого підходу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Системний аналіз : підручник / А. В. Катренко ; за наук. ред. : В. В. Пасічника. – Л. : НовийСвіт-2000, 2009. – 396 с.
2. Подіновський, В.В., Ногин, В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – Москва: Наука, 1982. –256 с.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. – Р. Г. Вачнадзе. – М. : Радио исвязь, 1993. – 278 с.
4. Применение метода SAW для многокритериального сравнительного анализа вариантов риска инвестиций в строительстве / Леонас Устинович, Зенонас Турскис, Галина Шевченко //Транспорт и связь. – 2006. – №7. –Часть 3. – С. 459-471.
5. Комплексирование мнений экспертов при экспертной оценке с применением метода анализа иерархий / П.И. Падерно // Человеческий фактор. Проблемы психологии и эргономики. 2007. – №3. – С.122-127.
6. Емельянов, С.В. ; Ларичев, О.И. Многокритериальные методы принятия решений. – Москва: Знание, 1985. – 32 с.
7. Литвак, Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М. : Патент, 1996. – 271 с.
8. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
9. Лотов, А.В. ; Поспелова, И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие. – М.:МАКС Пресс, 2008. –197с.
10. Многокритериальные задачи принятия решений / Под ред. Д.М. Гвишиани и С.В. Емельянова. – М.:Машиностроение, 1978. – 192 с.
11. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных Странах: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
12. Орлов, А.И. Экспертные оценки: Учебное пособие. – М., 2002. – 31с.
13. Орлов, А.И. Проверка согласованности мнений экспертов в модели независимых парных сравнений // Труды ВНИИСИ. 1979. – Вып 4: Экспертные оценки в системном анализе . – С. 37-46.
14. Бешелев, С. Д. ; Гурвич, Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1980. – 263 с., ил.— (Матем. статистика для экономистов).
15. Бешелев, С.Д. ; Гурвич, Ф.Г. Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973. – 79 с.
16. Анализ процессов принятия человеком решений при альтернативах, имеющих оценки по многим критериям / О.И. Ларичев // Автоматика и телемеханика.–1981.–№8.–С. 131–141.
17. Черноруцкий, И. Г. Методы принятия решений: Учебное пособие. – СПб., 2005. – 416 с.
18. Simple Additive Weighting approach to Personnel Selection problem / Alireza Afshari, Majid Mojahed and Rosnah Mohd Yusuff // International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 1, No. 5, December 2010, pp.511-16.
19. Ranking Efficient Units in DEA by Using TOPSIS Method / F. Hosseinzadeh Lotfi, R. Fallahnejad and N. Navidi // Applied Mathematical Sciences, Vol. 5, 2011, no. 17, pp. 805 – 815.

© Калініна І. О.,
Гожий О. П.,
Мусенко Г. О., 2012

Дата надходження статті до редколегії 20.04.2012 р.

КАЛІНІНА І. О. – к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій і програмних систем Чорноморського державного університету імені Петра Могили.

Коло наукових інтересів: методи багатокритеріального аналізу, методи прийняття рішень, фінансові інформаційні системи.

ГОЖИЙ О. П. – к.т.н., доцент, декан факультету комп'ютерних наук Чорноморського державного університету імені Петра Могили.

Коло наукових інтересів: методи багатокритеріального аналізу, еволюційні методи прийняття рішень, методи штучного інтелекту.

МУСЕНКО Г. О. – магістр з інтелектуальних систем прийняття рішень, випускниця Чорноморського державного університету імені Петра Могили.

Коло наукових інтересів: методи багатокритеріального аналізу, теорія програмування.