УДК 681.5

Вялкова В.І.

МЕТОД ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПОДАННЯ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

Розглянуто метод вибору раціональної моделі подання знань систем підтримки прийняття рішень. Метод дозволяє вибрати трьохшарову структуру бази знань, яка базується на змішаній моделі подання знань.

Вступ

Нехай є множина m моделі подання знань. Деяка j - а властивість i – го варіанта моделі подання знань (МПЗ) характеризується величиною i – го часткового показника q_{ij}; $i=1,\overline{m}$; $j=1,\overline{n}$. Тоді МПЗ при i – тому варіанті реалізації характеризується вектором $\overline{Q_i}=\left|q_{i1},..q_{ij},..q_{in}\right|$.

Завдання багатокритеріальної оптимізації зводяться до того, щоб з множини m варіантів МПЗ вибрати такий варіант i_0, який має найкраще значення вектора $\overline{Q_i}$, тобто $i_0=\arg optQ_i$, $i=1,\overline{m}$. При цьому передбачається, що поняття «найкращий вектор $\overline{Q_i}$» – попередньо сформульований математично, тобто обраний (обґрунтований) відповідний критерій переваги (відношення переваги).

Для вирішення багатокритеріального завдання вибору необхідно виразити значення часткових показників q_{ij} у зручній кількісній формі. Найбільш доцільно як кількісні, так і якісні показники привести до вигляду, коли їх значення змінюються від нуля до одиниці [1], тобто $0\le q_{ij}\le 1$ для всіх $i=1,\overline{m}; j=1,\overline{n}$.

При цьому кількісні показники нормуються в такий спосіб:

$\overline{q_{ij}}=\dfrac{q_{ij}}{\max\limits_i q_j}$ у випадку, якщо необхідно максимізувати q_{ij},

$\overline{q_{ij}}=\dfrac{\min\limits_i q_j}{q_{ij}}$, якщо необхідно мінімізувати q_{ij}.

Якісні показники подаються у вигляді експертних оцінок заданого рівня якості $\mu(q_{ij})$. Очевидно, що завжди $0\le\mu(q_{ij})\le 1$.

Аналіз досліджень і публікацій

Аналіз літератури [2] показує, що численні методи вирішення багатокритеріальних завдань можна звести до трьох груп показника:

1. Метод головного показника.
2. Метод результуючого показника.
3. Лексикографічні методи (методи послідовних поступок).

При вирішенні завдання вибору раціонального варіанта МПЗ за багатьма показниками виникає практичне питання – вибір методу оцінки коефіцієнтів важливості.

Аналіз літератури [3] дозволяє визначити основні фактори, що впливають на вибір методу оцінки коефіцієнтів важливості:

– фізична сутність завдань управління і відносини між ними. Завдання управління визначаються виходячи з аналізу процесу функціонування системи. Далі необхідно визначити ступінь взаємозв'язку між завданнями, що впливають на метод оцінки їх важливості.

– складність проведення експертизи й трудомісткість одержання експертної інформації.

– ступінь погодженості думок фахівців. Ступінь погодженості думок, у першу чергу, залежить від кількості залучених експертів і рівня їх кваліфікації. У той же час, на неї впливає й обраний метод оцінки важливості.

– трудомісткість обробки експертних даних. Цей фактор не є головним при сучасному рівні розвитку обчислювальної техніки.

Урахування вищенаведених факторів дозволяє на практиці вибрати раціональний варіант методу оцінки коефіцієнтів важливості.

Найбільше поширення одержали методи Уея [4], Сааті [5] й Коггера [6]. Найбільш простим методом визначення коефіцієнтів важливості є метод власних векторів Уея.

Результати досліджень та аналіз даних

Метод ґрунтується на даних матриці попарних порівнянь $A=\left\|a_{jk}\right\|$, $a_{jk}\in\{-1,0,1\}$, де $a_{jk}=-1$ означає перевагу показника a_k над показниками a_j, $a_{jk}=0$ – рівноцінність a_k і a_j, $a_{jk}=1$ – перевагу показника a_j над a_k.

Через незручність роботи з негативними числами матрицю попарних порівнянь можна представити як не негативну матрицю $A^{+}=\left\|a_{jk}\right\|$, $a_{jk}\in\{0,1,2\}$, де числа $\{0, 1, 2\}$ мають вищезазначений смисл.

Склавши числа по кожному з рядків матриці, будемо мати числові характеристики важливості показників, а розділивши їх на загальну суму, одержимо коефіцієнти важливості показників.

$$\lambda_j=\frac{\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{+}}{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}a_{jk}^{+}}, \qquad (1)$$

де з формули (1) витікає умова

$$\sum_{l=1}^{n}\lambda_j=1. \qquad (2)$$

Упорядкуємо показники якості МПЗ по важливості:

Рангова шкала	Показники якості МПЗ
0 – перевага C_i над C_j; 1 – рівноцінність C_i і C_j; 2 – перевага C_j над C_i.	C_1 – прогнозована ефективність; C_2 – здатність до пояснення рішення; C_3 – продуктивність; C_4 – здатність до навчання; C_5 – масштабованість; C_6 – можливість експорту-імпорту знань; C_7 – наочність моделі.

Таблиця 1.

Ранжирування семи показників якості МПЗ

C_{ij}	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}	C_{i4}	C_{i5}	C_{i6}	C_{i7}	$\sum$
C_{j1}	1	0	2	2	1	2	2	10
C_{j2}	2	1	2	2	2	1	2	12
C_{j3}	0	0	1	0	0	2	2	5
C_{j4}	0	0	2	1	1	2	2	8
C_{j5}	1	0	2	1	1	2	2	9
C_{j6}	0	1	0	0	0	1	0	2
C_{j7}	0	0	0	0	0	2	1	3

Розраховуємо значення матриці за формулою (1):

$$C_1=\frac{10}{49}=0{,}204;\quad C_2=\frac{12}{49}=0{,}244;\quad C_3=\frac{5}{49}=0{,}102;$$

$$C_4=\frac{8}{49}=0{,}163;$$

$$C_5=\frac{9}{49}=0{,}183;\quad C_6=\frac{2}{49}=0{,}043;$$

$$C_7=\frac{3}{49}=0{,}061\cdot$$

$$C_1=0{,}204;C_2=0{,}244;C_3=0{,}102;C_4=0{,}163;$$

$$C_5=0{,}183;C_6=0{,}043;C_7=0{,}061.$$

Показники впорядковані в такий спосіб:

$$C_2>C_1>C_5>C_4>C_3>C_7>C_6.$$

Проведемо групову експертну оцінку МПЗ по заданих показниках якості. Для отримання експертних даних, що характеризують ступінь відповідності МПЗ заданим критеріям, була створена група з п'яти експертів. Був використаний метод парних порівнянь. На основі парних порівнянь варіантів МПЗ по заданих показниках якості від кожного експерта отримані такі нижченаведені дані.

Дані оцінки МПЗ за показником якості «здатність до пояснення рішення» п'яти експертів.

Використаємо таку ранговую шкалу:	Моделі подання знань:
0 – перевага a_i над a_j 1 – рівноцінність a_j і a_i 2 – перевага a_j над a_i	a_1 – семантичні мережі; a_2 – фреймові моделі; a_3 – логічні моделі; a_4 – продукційні моделі; a_5 – нейронні мережі.

Эксперт 1

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	0	1	1	2	5
a_{j2}	2	1	1	1	2	7
a_{j3}	1	1	1	1	1	5
a_{j4}	1	1	1	1	2	6
a_{j5}	0	0	1	0	1	2

Эксперт 2

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	1	0	0	2	4
a_{j2}	1	1	1	1	0	4
a_{j3}	2	1	1	1	2	7
a_{j4}	2	1	1	1	2	7
a_{j5}	0	2	0	0	1	3

Эксперт 3

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	0	1	1	2	5
a_{j2}	2	1	2	1	2	8
a_{j3}	1	0	1	1	1	4
a_{j4}	1	1	1	1	2	6
a_{j5}	0	0	1	0	1	2

Эксперт 4

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	0	1	1	2	5
a_{j2}	2	1	1	1	2	7
a_{j3}	1	1	1	0	2	5
a_{j4}	1	1	2	1	1	6
a_{j5}	0	0	0	1	1	2

Эксперт 5

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	1	1	1	1	5
a_{j2}	1	1	1	1	2	6
a_{j3}	1	1	1	1	1	5
a_{j4}	1	1	1	1	2	6
a_{j5}	1	0	1	0	1	3

Підсумовуючи отримані дані від кожного експерта, одержуємо матрицю:

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	5	2	4	4	9	24
a_{j2}	8	5	6	5	8	32
a_{j3}	6	4	5	4	7	26
a_{j4}	6	5	6	5	9	31
a_{j5}	1	2	3	1	5	12

Розраховуємо значення матриці за формулою (1):

$a_1 = \frac{24}{125} = 0{,}192$; $a_2 = \frac{32}{125} = 0{,}256$;

$a_3 = \frac{26}{125} = 0{,}208$;

$a_4 = \frac{31}{125} = 0{,}248$; $a_5 = \frac{12}{125} = 0{,}096$.

Дані оцінки МПЗ за показником якості «прогнозована ефективність» п'яти експертів.

Эксперт 1

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	0	1	1	2	5
a_{j2}	2	1	1	1	2	7
a_{j3}	1	1	1	1	1	5
a_{j4}	1	1	1	1	2	6
a_{j5}	0	0	1	0	1	2

Эксперт 2

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	1	1	0	2	5
a_{j2}	1	1	2	1	2	7
a_{j3}	1	0	1	1	2	5
a_{j4}	2	1	1	1	2	7
a_{j5}	0	0	0	0	1	2

Эксперт 3

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	0	1	1	2	5
a_{j2}	2	1	2	1	2	8
a_{j3}	1	0	1	1	2	5
a_{j4}	1	1	1	1	1	5
a_{j5}	0	0	0	1	1	2

Эксперт 4

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	1	2	1	1	6
a_{j2}	1	1	1	1	2	6
a_{j3}	0	1	1	1	1	4
a_{j4}	1	1	1	1	2	6
a_{j5}	1	0	1	0	1	3

Эксперт 5

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	1	1	1	1	2	6
a_{j2}	1	1	2	1	1	6
a_{j3}	1	0	1	2	2	6
a_{j4}	1	1	0	1	1	4
a_{j5}	0	1	0	1	1	3

Підсумовуючи отримані дані від кожного експерта, одержуємо матрицю:

МПЗ	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	$\sum$
a_{j1}	5	3	6	4	9	27
a_{j2}	7	5	8	5	9	34
a_{j3}	4	2	5	6	8	25
a_{j4}	6	5	4	5	8	28
a_{j5}	1	1	2	2	5	11

Розраховуємо значення матриці за формулою (1):

$$a_1 = \frac{27}{125} = 0{,}216;\ a_2 = \frac{34}{125} = 0{,}272;\ a_3 = \frac{25}{125} = 0{,}2;$$

$$a_4 = \frac{28}{125} = 0{,}224;\ a_5 = \frac{11}{125} = 0{,}088.$$

Аналогічно розраховуємо всі показники якості МПЗ.

При використанні експертних оцінок звичайно передбачається, що думка групи експертів надійніша, ніж думка окремого експерта. У деяких теоретичних дослідженнях відзначається, що це припущення не є очевидним [5, 6, 7].

Вся безліч проблем, розв'язуваних методами експертних оцінок, ділиться на два класи. До першого відносяться такі, у відношенні яких, є достатнє забезпечення інформацією. При цьому методи опитування й обробки ґрунтуються на використанні принципу "гарного вимірника", тобто експерт – якісне джерело інформації; групова думка експертів близька до істинного рішення. До другого класу відносяться проблеми, у відношенні яких, знань для впевненості в справедливості зазначених гіпотез недостатньо. У цьому випадку експертів уже не можна розглядати як «гарних вимірників» і необхідно обережно підходити до обробки результатів експертизи, щоб уникнути помилок.

При обробці матеріалів колективної експертної оцінки використовуються методи теорії рангової кореляції. Для кількісної оцінки ступеня погодженості думок експертів застосовується коефіцієнт конкордації [8]:

$$W = \frac{12d}{m^2(n^3 - n)}, \tag{3}$$

де $d = \sum_{i=1}^{n} d_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[\sum_{i=2}^{m} r_{ij} - 0.5m(n+1) \right]^2$,

m – кількість експертів, $j = \overline{1, m}$,

n – кількість властивостей, що розглядаються, $i = \overline{1, n}$, r_{ij} – місце, що зайняла i - а властивість у ранжируванні j -м експертом, d_i – відхилення суми рангів по i -й властивості від середнього арифметичного сум рангів по n властивостях.

Коефіцієнт конкордації W дозволяє оцінити, наскільки погоджені між собою ряди переваги, побудовані кожним експертом. Його значення перебуває в межах $0 \le W \le 1$;

$W=0$ – означає повну протилежність, а $W=1$ – повний збіг ранжирувань.

Практично вірогідність вважається достатньою, якщо $W=0{,}7 \div 0{,}8$.

Невелике значення коефіцієнта конкордації, що свідчить про слабку погодженість думок експертів, є наслідком таких причин: у розглянутої сукупності експертів дійсно відсутня спільність думок; у середовищі розглянутої сукупності експертів існують групи з високою погодженістю думок, однак узагальнені думки таких груп протилежні.

Визначимо ступінь погодженості думок п'яти експертів. Результати ранжирування семи показників якості МПЗ наведені в табл. 2. Оцінюємо середньоарифметичне число рангів: $Q_{cp}=(12+9+23+18+14+34+30)/7=20$.

Потім оцінюємо суму квадратів відхилень від середнього значення: $d=530$. Визначаємо величину коефіцієнта конкордації: $W=12x530/25x(343-7)=0{,}75$. Отриманий результат свідчить про те, що думки експертів добре погоджені.

Таблиця 2.

Дані для оцінки погодженості думок п'яти експертів

Показники якості МПЗ	Оцінка експерта					Сума рангів	Відхилення від середнього значення	Квадрат відхилення
	1	2	3	4	5			
C_1	2	1	1	5	3	12	8	64
C_2	1	3	2	1	2	9	11	121
C_3	4	5	5	3	6	23	3	9
C_4	5	4	4	4	1	18	2	4
C_5	3	2	3	2	4	14	6	36
C_6	7	7	6	7	7	34	14	196
C_7	6	6	7	6	5	30	10	100

Вибір методу вирішення багатокритеріального завдання. Як у класичній, так і в нечіткій постановці вибір методу вирішення багатокритеріального завдання визначається тим, у якому вигляді представлена експертна інформація переваги показників або їх важливості. Тому наведемо таблицю, що дозволяє обґрунтовано вибирати метод нечіткої багатокритеріальної оптимізації залежно від експертної інформації про перевагу показника (табл. 3).

Вирішення завдання вибору раціонального варіанта моделі подання знань лексикографічним методом.

Для завдання вибору раціонального варіанта моделі подання знань вхідними початковими даними є: множина МПЗ і множина показників якості МПЗ [9].

Таблиця 3.

Експертна інформація про перевагу показника

Експертна інформація про ступінь переваги або важливості показників	Метод вирішення багатокритеріального завдання
Відсутня	Максимінний метод
Показники впорядковані по важливості	Лексикографічний метод
Визначені вагові коефіцієнти показників	1. Адитивний показник 2. Мультиплікативний показник 3. Максимінний показник

У результаті групової експертної оцінки одержали такі дані, що характеризують ступінь відповідності вирішення задачі заданим критеріям (табл. 4).

Таблиця 4.

Ступінь відповідності вирішення задачі заданим критеріям

Показники якості МПЗ	Моделі подання знань				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
C_2	0,192	0,256	0,208	0,248	0,096
C_1	0,216	0,272	0,2	0,224	0,088
C_5	0,224	0,245	0,2	0,211	0,12
C_4	0,118	0,264	0,18	0,194	0,244
C_3	0,262	0,16	0,185	0,168	0,225
C_7	0,276	0,233	0,118	0,213	0,16
C_6	0,245	0,18	0,239	0,252	0,084

1. Показники впорядковані по важливості в такий спосіб

$$C_2 > C_1 > C_5 > C_4 > C_3 > C_7 > C_6$$

2. Величиною припустимої поступки $\Delta C_i = 0{,}1$ для всіх $i=\overline{1{,}7}$.

3. Формуємо множину π_1 за першим критерієм. При максимальному значенні $C_2 = 0{,}256$ і $\Delta C_i = 0{,}1$ у цю множину входять варіанти $\pi_1 = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$.

4. З елементів множин $\pi = \pi_1 \times \pi_2$ формуємо множину π_2 за другим критерієм. При $\max_{j \in \pi_1} C_1 = 0{,}272$ і $\Delta C_1 = 0{,}1$ множина $\pi_2 = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$.

5. З елементів множини $\pi = \pi_1 \times \pi_3$ формуємо множину π_3 за третім критерієм. При $\max_{j \in \pi_1 \times \pi_2 \times \pi_3} C_5 = 0{,}245$ і $\Delta C_5 = 0{,}1$ множина $\pi_3 = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$.

6. З елементів множини $\pi = \pi_1 \times \ldots \times \pi_4$ формуємо множину π_4 за четвертим критерієм. При $\max_{j \in \pi_1 \times .. \times \pi_4} C_4 = 0{,}264$ і $\Delta C_4 = 0{,}1$ множина $\pi_4 = \{a_2, a_3, a_4\}$.

7. З елементів множини $\pi = \pi_1 \times \ldots \times \pi_5$ формуємо множину π_5 за п'ятим критерієм. При $\max_{j \in \pi_1 \times .. \times \pi_5} C_3 = 0{,}185$ і $\Delta C_3 = 0{,}1$ множина $\pi_5 = \{a_2, a_3, a_4\}$.

8. З елементів множини $\pi = \pi_1 \times \ldots \times \pi_6$ формуємо множину π_6 за шостим критерієм. При $\max_{j \in \pi_1 \times .. \times \pi_6} C_7 = 0{,}233$ і $\Delta C_7 = 0{,}1$ множина $\pi_6 = \{a_2, a_4\}$.

9. З елементів множини $\pi = \pi_1 \times \ldots \times \pi_7$ формуємо множину π_7 за сьомим критерієм. При $\max_{j \in \pi_1 \times .. \times \pi_7} C_6 = 0{,}25$ і $\Delta C_6 = 0{,}1$ множина містить два елементи $\pi_7 = \{a_2, a_4\}$. Таким чином, найкращим варіантом є другий і четвертий варіанти рішення.

Висновки

Виходячи зі специфіки проектування ІТ та структури предметної області, було вибрано змішану МПЗ, оскільки кожна з використовуваних моделей забезпечує підсистеми і систему в цілому деякими перевагами – робить її більш ефективною в конкретних умовах експлуатації.

Список літератури

1. Обработка знаний. Пер. с япон. /Под ред. С. Осуча. – М.: Мир, 1989 – 292 с.

2 Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Радио, 1975. – 367 с.

3. Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В. Методы определения коэффициентов важности критериев // Автоматика и телемеханіка, 1997. – № 8. – С. 3-35.

4. Wei T.H. The algebraic foundations of ranking theory Theses. Cambridge. – 1952. – 35 p.

5. Saaty Thomas L Eigenweinghtor an logarithmic lease sguares // Eur. J. Oper. Res. – 1990. – V. 48. – № 1. – P. 156-160.

6. Cogger K.O., Yu P.L. Eigenweight vector and least-distance appromation // J.Optimiz. Theory and Appl. – 1985. – V. 46. – № 4 – P. 483-491.

7. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методи экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

8. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 200 с.

9. Гермеер Ю.Б. Введение в теорию исследований операций. – М.: Наука, 1971. – 324 с.