3. ОБРОБКА ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

3.1. Задачі обробки.

Залежно від мети експертного оцінювання й методу обрахунку експертних оцінок виникають наступні основні задачі:

1) побудова узагальненої оцінки понять й об'єктів на основі індивідуальних оцінок експертів;
2) побудова узагальненої оцінки на основі парного порівняння об'єктів кожним з експертів;
3) визначення відносних ваг взаємозв'язку об'єктів;
4) визначення залежностей між ранжировками;
5) визначення узгодженості думок експертів;
6) оцінка надійності обробки результатів.

При вирішенні багатьох задач недостатньо упорядкування об'єктів по одному або по групі показників. Необхідно мати числові значення для кожного об'єкта, що визначають його перевагу перед іншими об'єктами. Наявність таких оцінок дозволить визначити узагальнену оцінку для всієї групи експертів.

Визначення узгодженості думок експертів провадиться шляхом обчислення *числової міри*, що характеризує ступінь близькості індивідуальних думок. Аналіз значення *міри узгодження* сприяє отриманню правильного судження про загальний рівень знань з розв'язуваної проблемі й виявленню групувань думок експертів.

Обробка експертних оцінок дозволяє розкрити зв'язані показники порівняння й здійснити групування по ступеню зв'язку. Так, наприклад, якщо показники порівняння – різні цілі, а об'єкти порівняння – засоби досягнення цих цілей, то встановлення взаємозв'язку між ранжировками, що впорядковують засоби з погляду досягнення цілей, дозволяє обґрунтовано відповістити на запитання: "*у якому ступені досягнення однієї мети при даних засобах сприяє досягненню інших цілей*" (тобто встановити причинно-наслідковий зв'язок).

Оцінки, отримані на основі обробки, являють собою випадкові об'єкти, тому одною з найважливіших задач процедури обробки є визначення їхньої надійності.

3.2. Групова експертна оцінка об'єктів при безпосередньому оцінюванні.

Існує безліч підходів до розв'язання даної задачі. З метою ілюстрації розглянемо один з найпростіших випадків. Нехай m експертів провели оцінку n об'єктів за l показниками. Результати оцінювання представлені величинами x_{ij}^{h}, де i – номер об'єкта, j – номер експерта, h – номер показника. Величини x_{ij}^{h}, отримані методам безпосереднього оцінювання, являють собою числа з деякого відрізка числової осі, або бали.

Як групову оцінку для кожного з об'єктів можна прийняти середнє зважене значення його оцінки

$$x_i = \sum_{h=1}^{l}\sum_{j=1}^{m} q_h x_{ij}^{h} k_j \text{ , } (i=1,2...n) \tag{1}$$

де q_h – вагові коефіцієнти показників порівняння об'єктів, k_j – коефіцієнти компетентності експертів. Величини q_h й k_j є нормованими, тобто

$$\sum_{h=1}^{l} q_h = 1\text{ , } \sum_{j=1}^{m} k_j = 1\text{ .}$$

Коефіцієнти q_h можуть бути визначені експертними шляхом, як середній коефіцієнт ваги h-ого показника по всіх експертах, тобто

$$q_h = \sum_{j=1}^{m} q_{hj} k_j \text{ .}$$

Можливість одержання групової експертної оцінки шляхом підсумовування індивідуальних оцінок з вагами компетентності й важливості ґрунтується на виконанні:

- аксіом теорії корисності фон Неймана-Моргенштерна для індивідуальних і групових оцінок [3];
- і умов нерозрізненості об'єктів у груповому відношенні, якщо вони нерозрізнені у всіх індивідуальних оцінках (частковий принцип Парето) [4].

Коефіцієнти компетентності експертів можна обчислити за апостеріорними даними, тобто за результатами оцінки об'єктів. Основною ідеєю цього обчислення є припущення про те, що компетентність експерта повинна оцінюватися за ступенем погодженості його оцінок із груповою оцінкою об'єктів.

Для спрощення подальшого викладу, обмежимося розглядом випадку **h=1**. Тобто коли групове оцінювання об'єктів здійснюється на основі тільки одного показника. Алгоритм обчислення групових оцінок і коефіцієнтів компетентності експертів для цього випадку має вигляд:

а) початкові умови при t=0

$$k_j^0 = \frac{1}{m} \ (j = \overline{1,m}),$$

т.т. початкове значення коефіцієнтів компетентності для всіх експертів приймається однаковим і рівним.

б) рекурентні співвідношення для t=1,2,3 ...

$x_i^t = \sum_{j=1}^{m} x_{ij} k_j^{t-1}, \ (i = \overline{1,n})$ - групова оцінка для i-ого об'єкта на *t-ому* кроці на основі індивідуальних оцінок x_{ij}.

$\lambda^t = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} x_i^t x_{ij}$ - нормувальний коефіцієнт

$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^{n} x_{ij} x_i^t, \ (j = \overline{1,m-1})$ - коефіцієнти компетентності j-ого експерта на *t-ому* кроці

$k_m^t = 1 - \sum_{j=1}^{m-1} k_j^t$ - коефіцієнти компетентності m-ого експерта за умови нормування.

в) ознака закінчення ітераційного процесу

$$\max(\left| x_i^t - x_i^{t-1} \right|) < E .$$

Збіжність даної ітераційної процедури доведена в літературі для випадку, коли індивідуальні оцінки невід'ємні, а експерти й об'єкти не розпадаються на окремі групи (тобто коли кожна група експертів не оцінює об'єкти своєї групи). У більшості практичних задач ці умови виконуються, що доводить збіжність алгоритму [5].

Приклад. Три експерти (***m*=3**) оцінили значення двох заходів (***n*=2**) за ступенем їхнього впливу на розв'язання однієї із проблем (***l*=1**). Результатами експертизи з'явилися нормовані оцінки заходів $\mathbf{x_{1j}+x_{2j}=1}$, j=1,2,3.

x_{ij}	**Експерт 1**	**Експерт 2**	**Експерт 3**
Захід 1	0,3	0,5	0,2
Захід 2	0,7	0,5	0,8

Обчислимо групові оцінки заходів, що приводять до розв'язання проблеми й коефіцієнти компетентності кожного з експертів. Для цього скористаємося наведеним вище алгоритмом, задавшись точністю обчислення E=0,001.

Середні оцінки об'єктів першого наближення (при t=1) будуть рівні:

$x_1^1 = \frac{1}{3}(0{,}3 + 0{,}5 + 0{,}2) = 0{,}333 \qquad x_2^1 = \frac{1}{3}(0{,}7 + 0{,}5 + 0{,}8) = 0{,}667 \qquad x^1 = (0{,}333;\ 0{,}667)$

Обчислимо нормувальний коефіцієнт λ^1 :

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{3} x_{ij} x_i^1 = x_1^1(0{,}3 + 0{,}5 + 0{,}2) + x_2^1(0{,}7 + 0{,}5 + 0{,}8) = 0{,}333 * 1 + 0{,}667 * 2 = 1{,}665$$

Значення коефіцієнтів компетентності першого наближення приймуть значення:

$$k_1^1 = \frac{1}{1{,}665}(0{,}3 * 0{,}333 + 0{,}7 * 0{,}667) = 0{,}34$$

$$k_2^1 = \frac{1}{1{,}665}(0{,}5 * 0{,}333 + 0{,}5 * 0{,}667) = 0{,}30$$

$k_3^1 = 1 - (0{,}34 + 0{,}30) = 0{,}36$ і тоді $k^1 = (0{,}34; 0{,}30; 0{,}36)$

Обчислюючи групові оцінки другого й т.д. наближення, отримаємо:

$x^2 = (0{,}324; 0{,}676)$ $x^3 = (0{,}3235; 0{,}6765)$

$\lambda^2 = 1{,}676$ $\lambda^3 = 1{,}6765$

$k^2 = (0{,}341; 0{,}298; 0{,}361)$ $k^3 = (0{,}341; 0{,}298; 0{,}361)$

Результат третього кроку задовольняє умові закінчення ітераційного процесу й за значення групової оцінки приймається $\boldsymbol{x \approx x^3 = (0{,}3235; 0{,}6765)}$.

3.3. Обробка парних порівнянь.

При встановленні причинно-наслідкових залежностей між об'єктами предметної області, експертам у ряді випадків складно виразити їх чисельно. Тобто важко встановити кількісно ступінь впливу тієї або іншої причини (об'єкта) на конкретний наслідок. Особливо психологічно це складно, якщо таких об'єктів багато.

Разом з тим, експерти порівняно легко вирішують задачі парного порівняння. Це завдання полягає в тому, що експерт встановлює переваги об'єктів при порівнянні всіх можливих пар. Тобто експерт, розглядаючи всі можливі пари об'єктів, у кожній з них встановлює ту причину, що на його думку дуже впливає на наслідок. Виникає питання, як отримати ***оцінку всієї сукупності об'єктів*** на основі результатів парного порівняння, виконаного групою експертів.

Нехай кожний з ***m*** експертів робить оцінку впливу на результат всіх пар об'єктів, даючи числову оцінку

$$r_{ij}^h = \begin{cases} 1 & \text{, якщо об'єкт } O_i \text{ має більше значення, ніж } O_j \\ 0{,}5 & \text{, об'єкти } O_i \text{ і } O_j \text{ рівноправні} \\ 0 & \text{, якщо об'єкт } O_i \text{ має менше значення, ніж } O_i \end{cases}$$

де ***h*=1,2,...*m*** – номер експерта, ***i,j*=1,2,...*n*** – номера об'єктів, досліджуваних при експертизі. Т. т. за результатами експертизи маємо *m-таблиць* (матриць) виду (рис. 1):

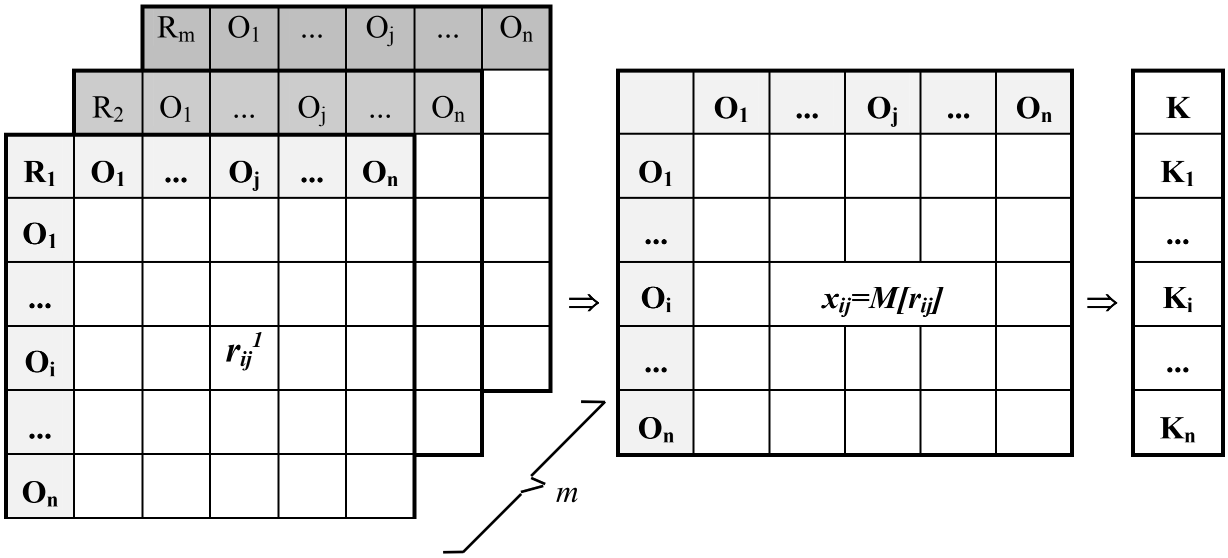

Рис.1. Послідовність обробки парних порівнянь

З рис.1. випливає, що послідовність обробки парних порівнянь полягає в тому, що на підставі таблиць парних порівнянь **m**-експертів будується матриця математичних очікувань оцінок всіх пар об'єктів. Потім за цією матрицею обчислюється вектор коефіцієнтів відносної важливості об'єктів.

Якщо при оцінці пари $\boldsymbol{O_{ij}}$ із загальної кількості експертів $\boldsymbol{m_i}$ висловилися за перевагу $\boldsymbol{O_i}$, $\boldsymbol{m_j}$ експертів на користь $\boldsymbol{O_j}$, а $\boldsymbol{m_p}$ вважає ці об'єкти рівноправними, то оцінка математичного очікування дискретної випадкової величини $\boldsymbol{r_{ij}}$ буде дорівнювати:

$$x_{ij} = M[r_{ij}^h] = 1*\frac{m_i}{m} + 0{,}5*\frac{m_p}{m} + 0*\frac{m_j}{m}\ ,\ h=\overline{1,m}.$$

Так як загальна кількість експертів $m = m_i + m_p + m_j$, то визначаючи звідси $\boldsymbol{m_p}$ і підставляючи його у вищенаведений вираз, отримаємо

$$x_{ij} = \frac{m_i}{m} + 0{,}5\left(\frac{m - m_i - m_j}{m}\right) = \frac{1}{2} + \frac{m_i - m_j}{2m}.$$

Очевидно, що $\boldsymbol{x_{ij} + x_{ji} = 1}$. Сукупність величин $\boldsymbol{x_{ij}}$ утворять матрицю $\boldsymbol{X}=||\boldsymbol{x_{ij}}||$ розмірності $\boldsymbol{n}$ х $\boldsymbol{n}$, на основі якої можна побудувати ранжировку всіх об'єктів і визначити коефіцієнти відносної важливості об'єктів, тобто вектор

$$\boldsymbol{k} = [k_1,\ k_2,\ \dots\ k_n]^T$$

Одним зі способів визначення значень елементів вектора $\boldsymbol{k}$ є ітераційний алгоритм виду:

а) початкова умова $t=0$

$$k^0 = [\underbrace{\ 1\ \ 1\ \ 1 \dots\ 1\ }_{n}]^T$$

б) рекурентні співвідношення

$$k^t = \frac{1}{\lambda^t} * X * k^{t-1}$$

$$\lambda^t = [1\ 1\ 1\ \ldots\ 1] * X * k^{t-1},\ t = (1,2,\ \ldots\ n)$$

де $\boldsymbol{X}$ – матриця математичних очікувань оцінок пар об'єктів, $\boldsymbol{k^t}$ – вектор коефіцієнтів відносної важливості об'єктів порядку $\boldsymbol{t}$.

$$\sum_{i=1}^{n} k_i^t = 1 \text{ – умова нормування.}$$

в) ознака закінчення алгоритму $\|k^t - k^{t-1}\| < E$.

Якщо матриця X невід'ємна й нерозкладна (тобто шляхом перестановки рядків і стовпців її не можна привести до трикутного вигляду), то при збільшенні порядку $\boldsymbol{t \to \infty}$ величина λ^t сходиться до максимального власного числа матриці $\boldsymbol{X}$, тобто

$$k = \lim_{t \to \infty} k^t,\ \sum_{i=1}^{n} k_i = 1.$$

Це твердження випливає з теореми Перрона-Фробеніуса й доводить збіжність наведеного вище алгоритму [6].

<u>Приклад</u>. Припустимо, що в результаті опитування трьох (**m**=3) експертів про ступінь впливу на результат трьох (**n**=3) різних факторів (об'єктів) отримані наступні таблиці парних порівнянь:

Експерт 1(R_1)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	1
O_2	0	0,5	0
O_3	0	1	0,5

Експерт 2(R_2)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	0,5	0,5
O_2	0,5	0,5	0,5
O_3	0,5	0,5	0,5

Експерт 3(R_3)

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	0,5	1	0,5
O_2	0	0,5	0
O_3	0,5	1	0,5

Для одержання групової оцінки ступеня впливу кожного з об'єктів на результат, побудуємо матрицю математичних очікувань оцінок кожної з пар об'єктів, що для розглянутого приклада буде мати вигляд:

	O_1	**O_2**	**O_3**
O_1	3/6	5/6	4/6
O_2	1/6	3/6	1/6
O_3	2/6	5/6	3/6

Значення елементів цієї матриці отримані з наступних виразів:

$$x_{11} = \frac{1}{2} + \frac{0-0}{2*3} = \frac{1}{2} \quad x_{11} = x_{22} = x_{33} = \frac{3}{6}\ ,\ x_{12} = \frac{1}{2} + \frac{2-0}{2*3} = \frac{5}{6} \quad x_{21} = 1 - x_{12} = \frac{1}{6}$$

$$x_{13} = \frac{1}{2} + \frac{1-0}{2*3} = \frac{4}{6} \quad x_{31} = 1 - x_{13} = \frac{2}{6} \quad ,\ x_{23} = \frac{1}{2} + \frac{0-2}{2*3} = \frac{1}{6} \quad x_{32} = 1 - x_{23} = \frac{5}{6}$$

Скористаємося вищеописаним алгоритмом для одержання вектора відносної важливості об'єктів. Для наочності, кожний із кроків представимо у вигляді:

крок 0:

$$K^0 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

крок 1:

$$Y^1 = X \times K^0 = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 3 & 5 & 4 \\ 1 & 3 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 3+5+4 \\ 1+3+1 \\ 2+5+3 \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$\lambda^1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times Y^1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{6} \times 27 = \frac{27}{6}$$

$$K^1 = \frac{1}{\lambda^1} \times Y^1 = \frac{6}{27} \times \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{27} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}444 \\ 0{,}185 \\ 0{,}370 \end{bmatrix}$$

крок 2:

$$Y^2 = X \times K^1 = \frac{1}{6} \times \begin{bmatrix} 3 & 5 & 4 \\ 1 & 3 & 1 \\ 2 & 5 & 3 \end{bmatrix} \times \frac{1}{27} \times \begin{bmatrix} 12 \\ 5 \\ 10 \end{bmatrix} = \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 36+25+40 \\ 12+15+10 \\ 24+25+30 \end{bmatrix} = \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix}$$

$$\lambda^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times Y^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix} = \frac{217}{6 \times 27}$$

$$K^2 = \frac{1}{\lambda^2} \times Y^2 = \frac{6 \times 27}{217} \times \frac{1}{6 \times 27} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix} = \frac{1}{217} \times \begin{bmatrix} 101 \\ 37 \\ 79 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}465 \\ 0{,}171 \\ 0{,}364 \end{bmatrix}$$

$$\max\left(|0{,}465 - 0{,}444| \ , \ |0{,}171 - 0{,}185| \ , \ |0{,}364 - 0{,}3701| \right) = 0{,}021 > 0{,}001$$

Продовжуючи ітераційний процес доти, поки норма оцінки не буде менше заданої ($\max\limits_i \ (|K_i^t - K_i^{t-1}|) < 0{,}001$) отримаємо

$$K^3 = \begin{bmatrix} 0{,}468 & 0{,}169 & 0{,}363 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

$$K^4 = \begin{bmatrix} 0{,}468 & 0{,}169 & 0{,}363 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

На четвертому кроці виконується умова виходу, що дозволяє за групову оцінку ступеня впливу на результат прийняти вектор коефіцієнтів відносної важливості об'єктів виду:

$$K = \begin{bmatrix} 0{,}468 & 0{,}169 & 0{,}363 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$$

3.4. Визначення узагальнених ранжировок.

При груповій експертній оцінці кожному *i-ому* об'єкту кожний з *j-их* експертів привласнює $\boldsymbol{r_{ij}}$. В результаті проведення експертного оцінювання утворюється матриця рангів $\| \boldsymbol{r_{ij}} \|$ розмірності n×m, де **n** – число об'єктів ($i=\overline{1,\mathrm{n}}$), а **m** – число експертів ($j=\overline{1,\mathrm{m}}$).

Самий найпростіший спосіб одержання *узагальненої ранжировки* полягає в ранжируванні об'єктів за величиною сум рангів, отриманих кожним об'єктів від всіх експертів. У цьому випадку для матриці ранжировок $\| \boldsymbol{r_{ij}} \|$ обчислюються суми:

$$r_i = \sum_{j=1}^{m} r_{ij} \quad (i = 1,2,\ldots \mathrm{n}).$$

Далі об'єкти впорядковуються за ланцюжком нерівностей $\boldsymbol{r_k < r_l < \ldots < r_q}$, де $r_k = \min_i(r_i)$, $r_l = \min_{i,\, i \neq k}(r_i)$, ... , $r_q = \max_i(r_i)$. Звідси випливає узагальнена ранжировка об'єктів

$$\mathbf{O}_k \succ \mathbf{O}_l \succ \ldots \succ \mathbf{O}_q.$$

Для урахування компетентності експертів досить помножити *і-ю* ранжировку на коефіцієнти компетентності *j-го* експерта $\mathbf{0} \le \mathbf{k}_j \le \mathbf{1}$. У цьому випадку обчислення суми рангів для ***i***-ого об'єкта здійснюється за формулою:

$$r_i = \sum_{j=1}^{m} k_j r_{ij} \ ,$$

яка дозволяє впорядкувати об'єкти по ланцюжку нерівностей. Слід зазначити, що побудова таких узагальнених ранжировок є коректною процедурою тільки в тому випадку, якщо ранги призначаються як місця об'єктів у вигляді натуральних чисел **1, 2 , … , n**.

Однак ранги об'єктів визначають тільки порядок розташування об'єктів за показниками порівняння. Ранги як числа не дають можливість зробити висновок про те, на скільки або в скільки разів переважніше один об'єкт у порівнянні з іншим. Якщо ранг **3**, то звідси не слід робити висновок про те, що об'єкт, з рангом **1**, у три рази переважніше, ніж об'єкт, що має ранг, який дорівнює трьом.

Разом з тим для використання в ЕС знань, отриманих від експертів, необхідно не тільки впорядкування або ранжирування об'єктів за ступенем їхнього впливу або впливу на який-небудь результат, але й визначення кількісної оцінки ступеня впливу кожного з об'єктів на результат.

Найпростішим методом для реалізації цієї задачі є підхід, заснований на побудові узагальненої ранжировки шляхом переходу від матриці ранжировок до матриці парних порівнянь. Для цього на основі матриці $\| r_{ij} \|$ будується m матриць парних порівнянь R_j (j=1,2,...,m), де m – число експертів. Елементи цих матриць визначаються так:

$$R_j = \left\| r_{ik}^j \right\| = \begin{cases} 1 & \text{, якщо } \mathbf{O}_i^j \succ \mathbf{O}_k^j \text{, тобто } r_{ij} < r_{kj} \\ 0{,}5 & \text{, якщо } \mathbf{O}_i^j \sim \mathbf{O}_k^j \text{, тобто } r_{ij} = r_{kj} \\ 0 & \text{, якщо } \mathbf{O}_i^j \prec \mathbf{O}_k^j \text{, тобто } r_{ij} > r_{kj} \end{cases}$$

де j – номер експерта, i й k – номери порівнюваних об'єктів.

Потім до отриманих матриць парних порівнянь всіх експертів застосовується розглянутий раніше метод обробки парних порівнянь. Його ітераційна процедура дозволяє одержати *коефіцієнти відносної важливості* об'єктів за ступенем їхнього впливу на результат. Проілюструємо застосування цього підходу на прикладі.

<u>Приклад</u>. Нехай три експерти (m=3) провели ранжировку трьох об'єктів (n=3) за ступенем їхнього впливу на який-небудь результат і таблиця ранжировок має вигляд:

Об'єкт O_i	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
O_1	1	1	2
O_2	2	3	1
O_3	3	2	3

На основі цієї таблиці матриця парних порівнянь для першого експерта буде мати вигляд:

$$R_1 = \left\| R_{kj}^1 \right\| = \begin{array}{c} \begin{matrix} O_1 & O_2 & O_3 \end{matrix} \\ \begin{Vmatrix} 0{,}5 & 1 & 1 \\ 0 & 0{,}5 & 1 \\ 0 & 0 & 0{,}5 \end{Vmatrix} \end{array} \begin{matrix} O_1 \\ O_2 \\ O_3 \end{matrix}$$

Аналогічні матриці парних порівнянь для другого й третього експерта будуть мати вигляд:

$$R_2 = \begin{Vmatrix} 0{,}5 & 1 & 1 \\ 0 & 0{,}5 & 0 \\ 0 & 1 & 0{,}5 \end{Vmatrix}; \quad R_3 = \begin{Vmatrix} 0{,}5 & 0 & 1 \\ 1 & 0{,}5 & 1 \\ 0 & 0 & 0{,}5 \end{Vmatrix}$$

Використовуючи метод обробки парних порівнянь отримаємо послідовність векторів коефіцієнтів відносної важливості об'єктів:

Крок	O_1	O_2	O_3
0	1,0	1,0	1,0
1	0,481	0,330	0,185
2	0,489	0,346	0,156
3	0,5	0,348	0,152
4	0,5	0,349	0,151

Ітераційна процедура із заданою точністю (E=0,001) є збіжною на четвертому кроці до значень:

$$K = \begin{bmatrix} 0{,}500 & 0{,}349 & 0{,}151 \end{bmatrix}^{\mathrm{T}},$$

що дозволяє оцінити кількісно ступінь впливу кожного об'єкта на результат, отриманий на основі вихідного ранжирування експертів.

3.5. Зауваження до визначення групових оцінок.

Всі розглянуті методи одержання групових оцінок дозволяють одержати достовірні результати у випадку добре підібраної групи експертів і погодженості їхніх думок. Якщо це не так, то встає задача визначення кількісної оцінки ступеня погодженості експертів. Одержання кількісної міри дозволяє більш обґрунтовано інтерпретувати причини в розбіжності думок.

Для оцінки міри погодженості думок групи експертів використовують, зокрема, *дисперсійний й ентропійний коефіцієнти конкордації* [5]. Крім цього, при обробці результатів ранжирування можуть виникати задачі:

- визначення залежності між ранжировками двох експертів;
- зв'язку між досягненням двох різних цілей при розв'язанні однієї й тієї ж сукупності проблем;
- взаємозв'язку між ознаками (об'єктами).

У цих випадках мірою взаємозв'язку може служити *коефіцієнт рангової кореляції*. Характеристикою взаємозв'язку множини ранжировок буде матриця коефіцієнтів рангової кореляції. Відомі коефіцієнти рангової кореляції Спірмена [5] і Кендалла [5].