

Тема 5

Метод безпосереднього ранжирування та його застосування для розв'язання задач прийняття рішень

План лекції

1. Поняття про ранжирування. Основні види представлення ранжируваного ряду. Побудова ранжируваного ряду.
2. Сутність та методологія експертного оцінювання за методом безпосереднього ранжирування. Визначення узгодженості суджень експертів.
3. Особливості та умови використання методу безпосереднього ранжирування.
4. Питання для самоконтролю.
5. Рекомендована література.

5.1. Поняття про ранжирування. Основні види представлення ранжируваного ряду. Побудова ранжируваного ряду

У процесі здійснення експертизи, під час проведення експертного опитування, одержувані від експертів думки (судження) часто виражені *порядковою шкалою*, тобто експерт може сказати (та обґрунтувати), наприклад:

- що певний тип продукції буде привабливішим для споживачів, ніж інші;
 - що один показник якості продукції є важливішим за інший;
 - що перший технологічний об'єкт є небезпечнішим, ніж другий,
- і т.д.

Але при цьому експерт не в змозі сказати, *у скільки разів* або *на скільки* важливішою, або, відповідно, не безпечнішою є та чи інша досліджувана характеристика (показник, фактор).

У цьому зв'язку постає питання: як проводити аналіз відповідей, зібраних робочою групою експертів?

Для вирішення такої проблеми експертів часто просять надати ранжування (упорядкування) об'єктів експертизи, тобто розташувати їх у порядку зростання (або, точніше, неспадання) важливості характеристики, яка цікавить організаторів експертизи.

Під *ранжуванням* розуміється процес визначення *рангів*, під якими, в свою чергу, розуміються відносні кількісні оцінки ступенів відмінностей за якісними ознаками (наприклад, розташування факторів у порядку їх суттєвості, значимості в даному дослідницькому контексті).

Іншими словами, під **ранжуванням** розуміють розташування досліджуваних факторів у порядку їх істотності або в порядку рангів, поставлених у відповідність кожному фактору.

Отже, ранжування визначаються та вивчаються за допомогою рангів, які за своєю сутністю являють собою номери (об'єкту експертизи) у впорядкованому (ранжируемому) ряді.

Формально ранги виражаються числами 1, 2, 3, ..., але при цьому дуже важливим є те, що над цими числами не можна проводити звичні арифметичні операції.

Наприклад, хоча $1+2=3$, не можна стверджувати, що для об'єкта, що стоїть на третьому місці в упорядкуванні (в іншій термінології – ранжуванні), важливість характеристики дорівнює сумі важливостей об'єктів з рангами 1 та 2.

Так, наприклад, розглядаючи оцінки досягнень спортсменів, можна поставити питання: чи можна сказати, що спортсмен, який посів третє місце, досяг того ж результату, що й спортсмени, які посіли перше і друге місця, разом узяті?

Тому очевидно, що для аналізу подібних якісних даних необхідна не звичайна арифметика, а підхід, що дає базу для розробки, вивчення та застосування конкретних методів розрахунку. Одним із таких підходів виступає підхід, в основі якого лежить методологія ранжирування.

Ранжування застосовується у випадках, коли є неможливою або недоцільною безпосередня оцінка.

При цьому ранжування об'єктів містить лише інформацію про те, який з об'єктів є кращим, та не містить інформацію про те, наскільки або у скільки разів один об'єкт переважає інший.

Розглянемо більш детально процедуру ранжування.

Нехай експерту пред'являється набір альтернатив (факторів), які підлягають оцінюванню, і пропонується впорядкувати їх за уподобаннями та приписати їм числа натурального ряду – ранги. Найкраща альтернатива (фактор) отримує ранг, що дорівнює 1, наступна за нею альтернатива (фактор) – ранг, що дорівнює 2 і т.д.

В такій постановці формалізуємо процес ранжування (тобто розташування факторів у порядку їх суттєвості) факторів x_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

Ранжируваний ряд може будуватися двома способами:

- 1) на перше місце ставиться найсуттєвіший фактор, слідом за ним менш суттєвий фактор, але найважливіший з решти, і т.д.

Отриманий таким чином ранжируваний ряд має вигляд

$$x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n}, \quad (5.1)$$

де:

i_1 – номер найсуттєвішого фактора,

i_2 – номер менш суттєвого фактора,

...,

i_n – номер найбільш несуттєвого фактора в цьому ряді.

- 2) кожному фактору x_i ставиться у відповідність деяке число – його ранг k_i , тобто номер фактора в ранжируемому ряді (5.1):

$$\begin{aligned} x_1, x_2, \dots, x_n, \\ k_1, k_2, \dots, k_n. \end{aligned} \quad (5.2)$$

Очевидно, що перший ранг ($k_i = 1$) має фактор x_i , який найбільш впливає на реалізацію мети на об'єкті дослідження. Другий і наступні ранги (до $k_i = 2$ і т.д.) ставляться у порядку спадання їх суттєвості (важливості).

Наприклад, якщо ранги (5.2) виявилися такими, що відповідають представленню

$$\begin{aligned} x_i &= x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \\ k_i &= 3, 1, 5, 4, 2, \end{aligned} \quad (5.3)$$

то ранжируваний ряд має вигляд x_2, x_5, x_1, x_4, x_3 .

Дійсно, з (5.3) видно, що перший ранг ($k_i = 1$) має другий фактор x_2 , другий ранг ($k_i = 2$) – п'ятий фактор і т.д.

Тепер, якщо доведеться створювати, наприклад, математичну модель з 3 факторами ($n = 3$), вибір істотних чинників з (5.3) очевидний. Це x_2, x_5, x_1 . Четвертим і третім факторами при цьому нехтуємо, причому очевидно, що збиток від цього рішення буде мінімальним, оскільки відкинуто найбільш несуттєві фактори.

Зауваження: при описі ранжированих рядів застосовуються:

- **відношення переважності** (\succ), за яким $x_q \succ x_s$ означає, що фактор x_q є більш переважним, ніж фактор x_s . Наприклад, ранжируваний ряд x_2, x_5, x_1, x_4, x_3 з різними за своєю важливістю факторами буде мати вигляд $x_2 \succ x_5 \succ x_1 \succ x_4 \succ x_3$;
- **відношення еквівалентності** (\sim), за яким $x_q \sim x_s$ означає, що фактор x_q є еквівалентним (з таким самим ступенем важливості) фактору x_s . Наприклад, ранжируваний ряд x_2, x_5, x_1, x_4, x_3 у випадку еквівалентності факторів x_1 та x_4 буде мати вигляд $x_2 \succ x_5 \succ x_1 \sim x_4 \succ x_3$.

Задача побудови рангового ряду (5.1) або еквівалентна до неї задача визначення рангів (5.2) вирішується експертами та зводиться до організації експертного опитування й обробки результатів цього опитування з тим, щоб отримати шукані ранги та оцінити їх достовірність, тобто визначити узгодженість суджень експертів.

Найчастіше на практиці застосовують **наступні методи експертного ранжування**:

1. **безпосереднього ранжирування** (в даному методі експерти відразу привласнюють ранги факторам, які їм представлені для ранжирування);
2. **парних порівнянь** (в даному методі використовується парне порівняння факторів, яке спрощує задачу експерту, але потребує подальшого оброблення результатів для отримання ранжируваного ряду).

2. Сутність та методологія експертного оцінювання за методом безпосереднього ранжирування. Визначення узгодженості суджень експертів

Нехай N експертів ранжують n факторів x_1, \dots, x_n .

Кожному фактору кожен експерт присвоює ранг – число від 1 до n . Так, i -му фактору ($x_i, i = \overline{1, n}$) j -й експерт ($E_j, j = \overline{1, N}$) присвоює ранг k_{ij} .

В результаті складається **матриця** $K = (k_{ij})$ **рангових суджень експертів** виду

$$\begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ E_1 & \left\| \begin{matrix} k_{11} & k_{21} & \dots & k_{n1} \end{matrix} \right. \\ E_2 & \left\| \begin{matrix} k_{12} & k_{22} & \dots & k_{n2} \end{matrix} \right. \\ \dots & \left\| \begin{matrix} \dots & \dots & \dots & \dots \end{matrix} \right. \\ E_N & \left\| \begin{matrix} k_{1N} & k_{2N} & \dots & k_{nN} \end{matrix} \right. \end{matrix}, \quad (5.4)$$

де k_{ij} – ранг i -го фактору ($i = \overline{1, n}$), визначений j -м експертом ($j = \overline{1, N}$); номери рядків відповідають номерам експертів, а номери стовпців – номерам факторів. Це означає, що j -й рядок являє собою думку j -го експерта про усі фактори, а i -й стовпець – думка усіх експертів з приводу i -го фактора.

При призначенні рангів експертами потрібно дотримуватися наступних умов:

- 1) сума рангів, призначених всім факторам кожним експертом, має бути однаковою:

$$\sum_{i=1}^n k_{ij} = \sum_{i=1}^n i = \frac{n(n+1)}{2}, \quad j = 1, 2, \dots, N;$$

- 2) якщо експерт якісь з q факторів вважає еквівалентними (однаковими за важливістю), то він надає їм один й той самий ранг, який дорівнює середньому арифметичному з q цілих рангів, таких, які б були отримані за умови, що експерту вдалося їх проранжувати.

Наприклад, якщо для трьох факторів x_1, x_2, x_3 з різною важливістю ($x_1 \succ x_2 \succ x_3$) встановлено відповідні ранги 1; 2; 3, то, у випадку, якщо визначено, що x_1, x_2 є еквівалентними ($x_1 \sim x_2$) та мають більшу важливість (є більш переважними) за x_3 , то ранжируваний ряд матиме вигляд $x_1 \sim x_2 \succ x_3$, а ранги будуть наступними: 1,5; 1,5; 3.

Якщо

$x_3 \sim x_1 \succ x_2$	
1 2 3	ранги при умові врахування суто переважності
1,5 1,5 3	ранги при умові врахування еквівалентності

то, відповідно, ранги будуть наступними: 1,5; 1,5; 3, а в матрицю рангів записується наступна послідовність рангів: 1,5; 3; 1,5 – значення рангів заносяться відповідно розташуванню факторів x_1, x_2, x_3 у матриці.

Для остаточного визначення шуканих рангів слід обчислити середні ранги кожного i -го фактора:

$$\bar{k}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N k_{ij}, \quad i = \overline{1, n},$$

де на перше місце ставиться фактор з мінімальним середнім рангом

$$\bar{k}_l = \min_{i=1, \dots, n} \{\bar{k}_i\},$$

тобто фактор x_l , на друге місце – фактор, що має мінімальний з решти ранг тощо.

Отримані ранги дозволяють побудувати ранжируваний ряд факторів, який і буде відповідати усередненій оцінці колективу з N експертів. В такому випадку буде отримане **ітогове (результуюче) ранжування**.

Зауважимо, що, оскільки в процесі ранжування досліджуваних факторів кожним експертом, що входить до експертної групи, встановлюваний ранг присвоюється самостійно, а, отже, можливим є вплив суб'єктивного фактору експерту, виникає необхідність обробки цих даних з метою визначення ступеня довіри ОПР отримуваному ітоговому ранжуванню, в якості міри якого виступає **узгодженість суджень експертів**.

Ця оцінка є необхідною, в першу чергу, тому, що думки експертів можуть сильно розходитися за оцінюваними параметрами. Неузгоджене ранжування призводить до того, що дані коефіцієнти будуть статистично недостовірними.

В такому формулюванні узгодженість ранжування, здійсненого експертами, необхідно визначати для підтвердження правильності гіпотези про те, що експерти виробляють відносно точні вимірювання, що дозволяє формувати різні угруповання в експертних групах, які обумовлюються багато в чому людськими факторами, насамперед такими, як відмінність поглядів, концепцій, різними науковими школами, характером професійної діяльності тощо.

Узгодженість суджень експертів визначається за допомогою *коефіцієнта конкордації (критерію узгодженості)* $0 \leq W \leq 1$:

$$W = \frac{D(\bar{k})}{D_{\max}} = \frac{12}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n \left(\bar{k}_i - \frac{n+1}{2} \right)^2,$$

де:

$D(\bar{k})$ – сумарне квадратичне відхилення від середнього значення для кожного середнього рангу факторів:

$$D(\bar{k}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{k}_i - M(\bar{k}))^2;$$

$M(\bar{k})$ – середнє арифметичне сум рангів оцінок, одержаних всіма факторами:

$$M(\bar{k}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i = \frac{n+1}{2};$$

D_{\max} – сумарне квадратичне відхилення від середнього значення для середніх рангів факторів при найкращій узгодженості експертів:

$$D_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(i - \frac{n+1}{2} \right)^2 = \frac{n^2 - 1}{12}.$$

Коефіцієнт конкордації може набувати значень від 0 до 1: $0 \leq W \leq 1$.

Він визначається для кожного питання типу «оцінка відносної важливості».

При $W = 0$ судження експертів повністю розходяться.

При $W = 1$ судження експертів висловлюються одноголосно (повністю співпадають), що на практиці являє собою неможливий випадок.

Якщо значення коефіцієнта конкордації є невеликим ($0 \leq W < 0,75$ – для технічних об'єктів; $0 \leq W < 0,5$ – для економічних об'єктів; $0 \leq W < 0,4$ – для екологічних й соціальних об'єктів), то це означає, що ступінь довіри є достатньо низькою, а узгодженість думок експертів – досить слабкою. Причиною низької узгодженості експертів може бути або дійсно відсутня спільність думок експертів, або ситуація, коли серед експертів існують групи з високою узгодженістю думок, однак спільні думки їх при цьому є протилежними. В таких випадках для підвищення ступінь довіри можна застосувати наступні кроки:

- 1) надати експертам досліджувані фактори для повторного ранжування;
- 2) змінити кількість експертів, що входять в експертну групу;
- 3) замінити групу експертів.

5.3. Особливості та умови використання методу безпосереднього ранжирування

Сформулюємо основні переваги та недоліки методу безпосереднього ранжування, які формують особливості та умови використання методу.

До *недоліків методу* слід віднести наступні:

1) обмеженість кількості факторів, які підлягають ранжуванню. Їх кількість може становити не більше 20. Пов'язано це виключно із можливостями експертів. По суті це призводить до виникнення неточностей (похибок) при використанні методу при великому числі обробок, оскільки зі збільшенням кількості досліджуваних факторів експертам стає важко присвоїти об'єктивні рангові оцінки;

2) високий вплив суб'єктивного фактору експерту (оскільки ранжируваний ряд не є результатом кількісних оцінок факторів, а є результатом суб'єктивної думки відповідного експерту);

3) залишається відкритим питання про те, наскільки далеко за значимістю знаходяться досліджувані об'єкти один від одного.

До *переваг методу* відносяться наступні:

1) низька трудомісткість методу при здійснюванні математичних обчислень;

2) зручність для програмування та потреба в мінімальному обсязі використовуваних ресурсів обчислювальної техніки;

3) низький рівень використовуваних ресурсів часу для проведення досліджень.

Розглянемо декілька прикладів з використання методу безпосереднього ранжування.

Приклад 5.1. Нехай маємо судження трьох експертів ($N = 3$), представлених відповідними ранжируемими рядами виду:

– ряд 1-го експерту E_1 : $x_1 \succ x_2 \succ x_3$;

– ряд 2-го експерту E_2 : $x_2 \succ x_1 \succ x_3$;

– ряд 3-го експерту E_3 : $x_3 \succ x_1 \succ x_2$.

Необхідно за наданими експертами рядами ранжування побудувати матрицю рангових суджень експертів, за якою визначити ітогове ранжування та ступінь узгодженості думок експертів. Зробити відповідні висновки.

Розв'язання:

Побудуємо матрицю рангових суджень експертів. Для цього поставимо у відповідність кожному i -му фактору ранг, який відповідає рангу у ранжируемому ряді, наданими відповідними експертами.

Вважаючи, що ранг i -го фактору відповідає номеру цього (i -го) фактору у ранжируемому ряді, наданим відповідним j -м експертом, та враховуючи відношення переважності (та/або еквівалентності) факторів вихідних ранжированих рядів, отримаємо матрицю рангових суджень $K = (k_{ij})$ з відповідними рангами k_{ij} .

Так, за рядом $x_1 \succ x_2 \succ x_3$ 1-го експерту E_1 маємо наступні ранги: 1;2;3; за рядом $x_2 \succ x_1 \succ x_3$ 2-го експерту E_2 – ранги 2;1;3; за рядом $x_3 \succ x_1 \succ x_2$ 3-го експерту E_3 – ранги 2;3;1.

Отже, матриця суджень представляється матрицею виду

$$\begin{array}{c} x_1 \quad x_2 \quad x_3 \\ E_1 \left\| \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ E_2 \left\| \begin{array}{ccc} 2 & 1 & 3 \\ E_3 \left\| \begin{array}{ccc} 2 & 3 & 1 \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Визначимо середні ранги за співвідношенням $\bar{k}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N k_{ij}$, $i = \overline{1, n}$:

$$\bar{k}_1 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 k_{1j} = \frac{1}{3} (k_{11} + k_{12} + k_{13}) = \frac{1}{3} (1 + 2 + 2) = \frac{5}{3},$$

$$\bar{k}_2 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 k_{2j} = \frac{1}{3} (k_{21} + k_{22} + k_{23}) = \frac{1}{3} (2 + 1 + 3) = \frac{6}{3} = 2,$$

$$\bar{k}_3 = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 k_{3j} = \frac{1}{3} (k_{31} + k_{32} + k_{33}) = \frac{1}{3} (3 + 3 + 1) = \frac{7}{3},$$

Розраховані середні ранги $\bar{k}_1 = \frac{5}{3}$, $\bar{k}_2 = 2$, $\bar{k}_3 = \frac{7}{3}$ дають можливість побудувати ранжирований ряд. Для цього визначимо з трьох середніх рангів $\bar{k}_1 = \frac{5}{3}$, $\bar{k}_2 = 2$, $\bar{k}_3 = \frac{7}{3}$ мінімальний ранг за співвідношенням $\bar{k}_l = \min_{i=1, \dots, n} \{\bar{k}_i\}$:

$$\bar{k}_1 = \min \left\{ \frac{5}{3}, \frac{6}{3}, \frac{7}{3} \right\} = \frac{5}{3}.$$

Далі, фактор, що відповідає мініальному середньому рангу $\bar{k}_1 = \frac{5}{3}$, поставимо на перше місце в ранжированому ряді.

На друге місце поставиться фактор, значення середнього рангу якого буде мінімальним з решти двох, тобто

$$\bar{k}_2 = \min \left\{ \frac{6}{3}, \frac{7}{3} \right\} = \frac{6}{3}.$$

На останнє місце поставимо фактор, значення середнього рангу якого залишилося, тобто $\bar{k}_3 = \frac{7}{3}$.

Отже, отримуємо ранжирований ряд виду $x_1 \succ x_2 \succ x_3$.

Визначимо узгодженість суджень експертів:

$$W = \frac{D(\bar{k})}{D_{\max}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\bar{k}_i - \frac{n+1}{2} \right)^2}{\frac{n^2 - 1}{12}} = \frac{\frac{1}{3} \left((\bar{k}_1 - 2)^2 + (\bar{k}_2 - 2)^2 + (\bar{k}_3 - 2)^2 \right)}{\frac{8}{12}} =$$

$$= \frac{\frac{1}{3} \left(\left(\frac{5}{3} - \frac{6}{3} \right)^2 + (2 - 2)^2 + \left(\frac{7}{3} - \frac{6}{3} \right)^2 \right)}{\frac{2}{3}} = \frac{\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{9}}{\frac{2}{3}} = \frac{2}{27} \cdot \frac{3}{2} = \frac{1}{9} \approx 0,11.$$

Оскільки $0 \leq W = 0,1 \leq 0,4$, то можна зробити висновок, що судження експертів виявились дуже погано узгодженими. Тим не менш, ітогове ранжування виявилось правильним. Це вийшло за рахунок усереднення суджень експертів, котре виключило їх індивідуальні особливості, а разом з ними і помилки.

Розглянемо ще один приклад.

Приклад 5.2. За завданням керівництва підприємства аналізувалися вісім проектів, запропонованих для включення до плану стратегічного розвитку підприємства. Вони позначені: *A, B, C, D, E, F, G, H*. Усі проекти було направлено 12 експертам, включеним до експертної групи, організованої за рішенням правління підприємства. У наведеній нижче табл. 5.1 представлено ранги восьми проектів, які їм було присвоєно кожним з 12 експертів.

Таблиця 5.1 – Ранги 8 проектів за рівнем привабливості для включення до плану стратегічного розвитку підприємства

№ експерта	Досліджувані проекти							
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
1	5	3	1	2	8	4	6	7
2	5	4	3	1	8	2	6	7
3	1	7	5	4	8	2	3	6
4	6	4	2,5	2,5	8	1	7	5
5	8	2	4	6	3	5	1	7
6	5	6	4	3	2	1	7	8
7	6	1	2	3	5	4	8	7
8	5	1	3	2	7	4	6	8
9	6	1	3	2	5	4	7	8
10	5	3	2	1	8	4	6	7
11	7	1	3	2	6	4	5	8
12	1	6	5	3	8	4	2	7

За табл. 5.1 ранги присвоювалися відповідно до уявлень експертів про доцільність включення проектів у стратегічний план підприємства. Так, експерт надавав ранг 1 найкращому проекту, який обов'язково треба реалізувати; ранг 2 отримував від експерта другий за привабливістю проект, ... , нарешті, ранг 8 – найбільш сумнівний проект, який реалізувати варто лише в останню чергу.

Зауваження: Експерт №4 вважає, що проекти *C* та *D* є рівноцінними, але поступаються лише одному проекту – проекту *F*. Тому проекти *C* й *D* мали б стояти на другому і третьому місцях та отримати бали 2 й 3. Оскільки вони є рівноцінними, то отримують середній бал $(2+3)/2 = 5/2 = 2,5$.

Аналізуючи результати роботи експертів, представлені в табл. 5.1, члени аналітичного підрозділу робочої групи, які аналізували відповіді експертів за завданням правління підприємства, змушені констатувати, що повної згоди між експертами немає, тому дані, наведені в табл. 5.1, слід піддати ретельнішому математичному аналізу, а, отже, для отримання групового судження потрібне застосування методу безпосереднього ранжування.

Для цього підраховано суму рангів, присвоєних проектам (див. табл. 5.2). Потім ця сума була розділена на кількість експертів, в результаті розрахований середній ранг.

За отриманими середніми рангами надалі будується ітогове ранжування, виходячи з принципу – чим меншим є середній ранг, тим кращим є проект.

Так, найменший середній ранг, що дорівнює 2,625, у проекту *D*, – отже, у підсумковому ранжуванні він отримує ранг 1. Наступна за величиною сума, що дорівнює 3,125, у проекту *C*, – і він отримує підсумковий ранг 2.

Проекти *B* та *F* мають однакові суми (які дорівнюють 3,25), отже, з точки зору експертів вони є рівноцінними (при аналізованому способі зведення разом суджень експертів), а тому вони мають стояти на 3 й 4 місцях та отримують середній бал $(3 + 4) / 2 = 3,5$. Подальші результати розрахунків наведено у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Результати розрахунків для рангів, наведених в табл. 5.1

Обчислювальний показник	Досліджувані проекти							
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>
Сума рангів, $\sum_{j=1}^N k_{ij}$	60	39	37,5	31,5	76	39	64	85
Середнє рангів, \bar{k}_i	5	3,25	3,125	2,625	6,333	3,25	5,333	7,083
Ітоговий ранг	5	3,5	2	1	7	3,5	6	8

Отже, ітогове ранжування має вигляд

$$D \succ C \succ B \sim F \succ A \succ G \succ E \succ H .$$

Найбільш привабливим проектом, таким чином, є проект *D*, найменш привабливим проектом визначено проект *H*. Оскільки проекти *B* та *F* отримали однакову суму балів, то це означає, що вони є еквівалентними.

Надалі оцінюється узгодженість суджень експертів за використанням коефіцієнту конкордації.

5.4 Питання для самоконтролю

1. Що таке ранг? Яким чином його визначають?
2. Сформулюйте поняття ранжування.
3. Які існують способи побудови ранжируваного ряду?
4. Яким методом можна побудувати ітогове (результуюче) ранжирування?
5. У чому полягає метод безпосереднього ранжирування?
6. Яким чином будується матриця рангових суджень експертів?
7. Що таке коефіцієнт конкордації і які його границі змінення?
8. Сформулюйте основні недоліки методу безпосереднього ранжирування та способи їх усунення.

5.5 Рекомендована література

1. Пономаренко В. С., Павленко Л. А., Беседовський О. М. та ін. Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-економічними процесами підприємств : навч. посіб. Харків : Вид. ХНЕУ, 2012. 272 с.
2. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок : теорія, методологія, напрямки використання : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 171 с.
3. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень : монографія. Київ : ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
4. Ярощук Л. Д. Інтелектуальні системи управління: курс лекцій до теми «Системи експертного оцінювання» розділу «Основи штучного інтелекту» кредитного модуля «Інтелектуальні системи управління». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 40 с.
5. Новосад В. П., Селіверстов Р. Г., Артим І. І. Кількісні методи експертного оцінювання : наук.-метод. розробка. Київ : НАДУ, 2009. 36 с.
6. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2001. 170 с.