УДК 519.816

С. В. Каденко, В. В. Циганок
Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Про один підхід до прийняття кадрових рішень

***Пам'яті доктора технічних наук, професора
Тоценка Віталія Георгійовича***

Запропоновано метод відбору кандидатів на вакантні посади, який використовує досвід ординального оцінювання персоналу. Описано алгоритм, який дозволяє на основі апарату лінійного програмування визначити область допустимих значень коефіцієнтів вагомості критеріїв оцінки співробітників організації і побудувати ранжирування претендентів на вакантну посаду. Наведено числовий приклад роботи алгоритму.

***Ключові слова**: прийняття рішень, ординальна оцінка, ранжирування, критерій.*

Вступ

Оцінка кадрів, зокрема, кандидатів на вакантні посади є актуальною проблемою для багатьох організацій, які працюють в найрізноманітніших сферах людської діяльності. У залежності від конкретної ситуації, яка вимагає оцінки кандидатів, можна використовувати декілька підходів. Найпростішим і найочевиднішим із них є безпосередня оцінка. Якщо професійний рівень кандидатів визначається на основі їхньої оцінки за кількома критеріями, незалежними за перевагами [1], можна побудувати адитивну функцію корисності, яка виражає рейтинг кандидатів і має вигляд зваженої суми їхніх однокритеріальних оцінок. Якщо критерії є такими, що важко піддаються, або взагалі не піддаються безпосередній кількісній оцінці, то можна застосовувати такі загальновідомі методи як метод аналізу ієрархій і мереж, у яких використовується фундаментальна шкала переваг [2].

Нижче розглядається випадок, коли під час оцінки нових кандидатів, які претендують на вакантну посаду, можна використовувати попередній досвід оцінювання професійного рівня кадрів.

Зазначимо, що, коли є можливість отримати кардинальні оцінки професійного рівня співробітників організації за окремими критеріями, можна використовувати відомі методи навчання на основі досвіду, такі як метод найменших квадратів (МНК), метод групового урахування аргументів (МГУА), метод багатовимірної лінійної екстраполяції, метод мінімізації нев'язок, чи нейромережеві алгоритми.

Під ординальною оцінкою (рангом) об'єкта за певним критерієм ми будемо розуміти його номер у заданій множині об'єктів, що розташовані в порядку спадання або зростання ступеню виразності даного критерію. Вважатимемо, що краща альтернатива має менший ранг.

Потреба у використанні досвіду ординального оцінювання кадрів може виникнути в разі, коли важко, або неможливо отримати їхні кардинальні (чисельні) оцінки безпосередньо, або шляхом парних порівнянь [2, 3]. Навіть якщо особа, що приймає рішення (ОПР), наприклад, керівник організаційного підрозділу, не в змозі надати кардинальні оцінки своїх підлеглих, він (вона) може спробувати побудувати їхнє ранжирування за загальним професійним рівнем і за окремими критеріями, які його визначають.

Підхід, що описаний нижче, орієнтується на досвід ординального, а не кардинального оцінювання кадрів.

Стислий опис підходу

Припустимо, керівництво організації має проранжирувати претендентів на певну посаду для того, щоб визначити їхній професійний рівень, і обрати серед них найкращого.

Спочатку ОПР (у нашому випадку це може бути керівник організаційного підрозділу, чи начальник відділу кадрів) має окреслити набір критеріїв, які, на його думку, визначають професійний рівень співробітників. Після цього він (вона) може побудувати ранжирування співробітників, які вже працюють в організації, за їхнім загальним професійним рівнем. Потім (на основі анкет, бесід, або за допомогою безпосереднього ординального оцінювання) він (вона) може побудувати ранжирування співробітників за кожним із критеріїв. На основі цих даних можна буде, за допомогою алгоритму, що описаний нижче, визначити вагомість критеріїв. Коли це буде зроблено, шляхом проведення аналогічного анкетування чи співбесід із кандидатами, він (вона) зможе побудувати ранжирування кандидатів за кожним із критеріїв, визначених раніше. На заключному етапі процедури можна буде визначити загальний професійний рівень кандидатів як зважену суму їхніх однокритеріальних ординальних оцінок (рангів). Очевидно, що на вакантну посаду слід призначати претендента, який отримає найвищий ранг.

Підкреслимо, що в загальному випадку для кожної організації і для кожного керівника набір критеріїв і зміст поняття «загальний професійний рівень» будуть різними. Саме тому на початковому етапі ОПР пропонується визначити ці критерії.

Постановка задачі

Дано:

1) множину співробітників організаційного підрозділу $E_1, E_2, \ldots, E_m$;

2) множину показників (незалежних за перевагами критеріїв [1]), що відображають різні складові професійного рівня співробітників: $C_1, C_2, ..., C_n$. Загальний професійний рівень (глобальний критерій) позначимо як *G* (рис. 1);

3) строге ранжирування співробітників за загальним професійним рівнем *G*: $g_1, ..., g_m$;

4) множину ординальних оцінок співробітників за окремими складовими професійного рівня, тобто за критеріями його оцінки: $\{r_{ij}\}, i = 1..m, j = 1,...,n$, де r_{ij} — ранг (ординальна оцінка) *i*-го співробітника за *j*-м критерієм;

5) множину кандидатів, які претендують на вакантну посаду E_{m+1}, $E_{m+2}, ..., E_{m+p}$.

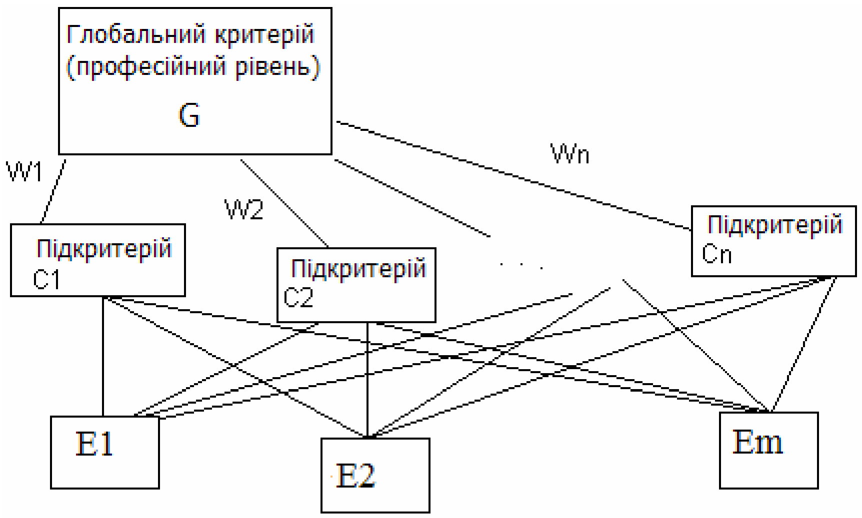

Рис. 1. Ієрархія критеріїв оцінки професійного рівня співробітників

Треба знайти:

1) коефіцієнти вагомості локальних критеріїв оцінки професійного рівня $\{w_j\}, j = 1,...,n$ $\{w_j\}$, $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, w_j > 0, j = 1,...,n,$ які би дозволяли зберегти глобальне ранжирування співробітників при зваженому сумуванні їхніх однокритеріальних ординальних оцінок;

2) ранжирування кандидатів за загальним (глобальним) показником професійного рівня *G*: $g_{m+1}, ..., g_{m+p}$.

Ідея алгоритму розв'язання

За апріорним припущенням, глобальне ранжирування співробітників за рівнем професійних навичок будується як ранжирування зважених сум їхніх однокритеріальних рангів [4], тому задача зводиться до пошуку області розв'язків системи нерівностей наступного вигляду:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \times w_j > 0, i = 1,\ldots,m-1,$$
$$w_j > 0, j = 1,\ldots,n, \qquad (1)$$

де $a_{ij} = r_{i+1,j} - r_{ij}$ (вважатимемо, що співробітників пересортовано у порядку спадання їхніх глобальних рангів). Якщо ми припускаємо, що вимога транзитивності глобального ранжирування може не виконуватись, то $i = 1,\ldots,m(m-1)/2$.

За побудовою, шукана область (якщо вона існує) є опуклою, а її замикання — компактна множина. На рис. 2 показано випадок для трьох критеріїв.

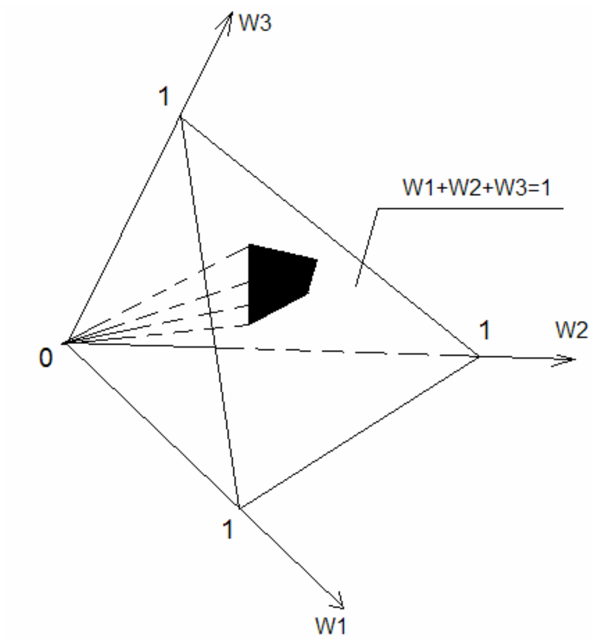

Рис. 2. Зображення області розв'язків у трьохвимірного випадку

Отже, достатньою умовою існування такої області можна вважати наявність скінченої кількості її крайніх точок. Будь-яка опукла комбінація крайніх точок (у тому числі й середнє арифметичне) належить області. В нашому випадку крайні точки області — це точки, де симплекс ($\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, w_j > 0, j = 1,\ldots,n,$) перетинається з гіперплощинами, що відповідають лівим частинам нерівностей системи (1). Отже, можна шукати крайні точки як розв'язки систем лінійних рівнянь, що складатимуться з n – 1 рівняння гіперплощин і рівняння симплекса ($\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, w_j > 0,$ $j = 1,\ldots,n$). Кожна система складатиметься з n рівнянь і матиме n невідомих (ваг). Перебравши всі такі системи, ми знайдемо область допустимих значень ваг (у вигляді множини її крайніх точок) та її центр, або зможемо стверджувати, що вона порожня. Якщо область допустимих значень ваг виявилася порожньою, то ми можемо звернутися до особи, яка будувала глобальне ранжирування (наприклад, керівника організаційного підрозділу, який ранжирував своїх підлеглих), та запропонувати їй переставити альтернативи (наприклад співробітників) у ньому таким чином, щоб область існувала. Для того, щоб дізнатись, які саме альтернативи слід переставляти, пропонується переглянути всі отримані розв'язки перебраних систем, і вибрати ті, на яких досягається мінімальна відстань Кемені між отриманим і заданим глобальними ранжируваннями [5, 6] (даний показник обирається через його наочність: відстань між ранжируваннями буде в 4 рази більшою за кількість нерівностей системи (1), що не виконуються (доведення — див. [7])). Серед відібраних таким чином векторів пропонується обирати той, на якому досягається мінімальна абсолютна нев'язка:

$$\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \times w_j + u_i > 0, i = 1,...,m(m-1)/2, \\
&w_j > 0, j = 1,...,n, \\
&\sum_{i=1}^{m(m-1)/2} u_i \to \min,
\end{aligned} \tag{2}$$

де u_i — невід'ємне значення нев'язки в i-й нерівності.

У такому разі від укладача ранжирувань вимагатимуться мінімальні зміни (тобто найменша кількість перестановок) у початковому глобальному ранжируванні альтернатив, і він більш охоче погодиться змінити свої оцінки.

Покроковий алгоритм

Крок 1. Переходимо від ранжирувань до системи нерівностей та дописуємо до неї рівняння координатних площин: $w_j > 0, j = 1,...,n$. Отримуємо наступну систему нерівностей:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \times w_j > 0, i = 1,...,m(m-1)/2\,, \tag{3}$$

де $a_{ij} = r_{i+1,j} - r_{ij}$, $w_j > 0, j = 1,...,n$.

Вважатимемо, що співробітників у ранжируванні пересортовано в порядку спадання їхнього загального професійного рівня.

Крок 2. Заміняємо перші $n - 1$ нерівностей системи (3) рівностями. Дописуємо до отриманої системи рівнянь рівняння симплексу $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$. Отримуємо систему з n рівнянь із n невідомими:

$$\begin{gathered}
\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \times w_j = 0, i = 1,...,n-1\,, \\
\sum_{j=1}^{n} w_j = 1\,.
\end{gathered} \tag{4}$$

Крок 3. Перевіряємо, чи не дорівнює 0 детермінант системи, тобто, чи не є рівняння лінійно залежними. Якщо детермінант системи дорівнює 0, щойно описаним чином формуємо іншу (наступну) систему рівнянь та повертаємось на Крок 2. Якщо система не вироджена, переходимо на Крок 4.

Крок 4. Знаходимо розв'язок системи рівнянь, який являє собою точку в n-вимірному просторі.

Крок 5. Підставляємо замість вектора w в усі нерівності системи (3) значення ваг, отримані з системи рівнянь (4). Якщо бодай одна нерівність не виконується (строго), отриманий вектор ваг не запам'ятовується. Якщо розв'язок системи (4) задовольняє всі нерівності з системи (3), він є одною з крайніх точок області допустимих значень ваг, і його слід запам'ятати.

Крок 6. Перебираємо всі системи з n лінійних рівнянь, які можна сформувати з системи нерівностей (3) та рівняння симплексу, повторюючи кроки 2–5. Таким чином, отримуємо набір крайніх точок області допустимих значень ваг, яка задовольняє системі (3). Існування бодай однієї крайньої точки вказує на те, що область не порожня. Крайні точки лежатимуть на перетинах симплекса та гіперплощин, заданих лівими частинами нерівностей системи (3), в тому числі, координатних площин.

Крок 7а. Підраховуємо оптимальний, з точки зору стійкості до можливих збурень, вектор ваг, як середнє арифметичне координат крайніх точок області допустимих значень, які задовольняють систему (3) (див. рис. 2).

Крок 7б. У разі, якщо жоден із розв'язків систем рівнянь, отриманих на Кроці 5, не задовольняє всім нерівностям системи (3), можна зробити висновок, що область допустимих значень ваг критеріїв порожня. В цьому випадку слід шукати вектори ваг, на яких не виконується мінімальна кількість нерівностей з системи (3). Серед них пропонується обрати той, на якому досягається мінімальне значення абсолютної нев'язки:

$$\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \times w_j + u_i > 0, i = 1,...,m(m-1)/2,\\
&w_j > 0, j = 1,...,n,\\
&\sum_{i=1}^{m(m-1)/2} u_i \to \min,
\end{aligned} \tag{5}$$

де u_i — невід'ємне значення нев'язки в i-й нерівності.

Після цього слід запропонувати укладачеві ранжирувань поміняти місцями підлеглих із відповідними номерами в глобальному ранжируванні. Якщо він погодиться, знаки коефіцієнтів у нерівностях, що не виконуються, зміняться на протилежні.

Після Кроку 7б слід повторити кроки 1–7а для нового ранжирування і відповідної системи нерівностей, щоб отримати не порожню область допустимих значень ваг критеріїв та її центр.

Крок 8. Будуємо ранжирування кандидатів за кожним з підкритеріїв (див. рис. 1). Після цього можна буде отримати глобальне ранжирування кандидатів, тобто ранжирування зважених сум їхніх ординальних оцінок за всіма підкритеріями, які визначають загальний професійний рівень:

$$\sum_{j=1}^{n} r_{m+i,j} \times w_j > \sum_{j=1}^{n} r_{m+k,j} \times w_j \Rightarrow g_{m+i,j} > g_{m+k,j}, i,k = 1,...,p. \qquad (6)$$

Числовий приклад

Далі наведений гіпотетичний приклад (див. таблицю), де з трьох претендентів на вакантну посаду у відділі, де вже працює п'ятеро співробітників, слід обрати одного. Припустимо, число критеріїв, які визначають загальний професійний рівень співробітників, дорівнює 3.

Приклад підтримки прийняття рішення про відбір кандидата на вакантну посаду

Критерії оцінки професійного рівня	C_1	C_2	C_3	G
Співробітники	Ранжирування			
E_1	3	2	2	5
E_2	2	5	1	4
E_3	1	4	4	3
E_4	4	3	3	2
E_5	5	1	5	1
Для того, щоб отримати не порожню область значень ваг, ОПР має поставити співробітника E_1 між співробітниками E_4 та E_5 у глобальному ранжируванні. Припустимо, він погоджується це зробити.				
Співробітники	Ранжирування після перестановок			
E_2	2	5	1	5
E_3	1	4	4	4
E_4	4	3	3	3
E_1	3	2	2	2
E_5	5	1	5	1
Крайні точки області допустимих значень ваг	0	0,75	0,25	
	0,25	0,6875	0,0625	
	0,25	0,75	0	
	0	1	0	
Центр області допустимих значень	0,125	0,7969	0,0781	
Кандидати	Ранжирування			
E_6	3	1	1	1 (3*0,125+1*0,7969+1*0,0781=1,25)
E_7	2	2	3	2(2*0,125+2*0,7969+3*0,0781=2,0781)
E_8	1	3	2	3(1*0,125+3*0,7969+2*0,0781=2,6719)

За даних умов, згідно з системою пріоритетів ОПР, кандидат E_6 є найкращим претендентом на вакантну посаду.

Висновки

Запропоновано підхід, що дозволяє використовувати ординальні оцінки як джерело даних під час ранжирування кандидатів, які претендують на вакантну посаду.

Внаслідок утрати інформації, яка спостерігається під час переходу від кардинальних оцінок до ординальних, недоцільно порівнювати описаний підхід із методами, що ґрунтуються на досвіді кардинального оцінювання альтернатив, і сподіватись отримати точніші результати. Втім, результати подібних порівнянь можна вважати позитивними: описаний алгоритм видає значення, що є досить близькими до ваг, отриманих методами найменших квадратів, групового врахування аргументів, мінімальних нев'язок і багатовимірної лінійної екстраполяції [8].

Незважаючи на те, що жодна з процедур агрегації ординальних переваг не дозволяє уникнути парадоксів і позбавитись усіх недоліків [9], проблема залишається актуальною. В контексті описаної ситуації, де головною задачею є порівняння кандидатів, які претендують на вакантну посаду, запропонований підхід ілюструє розв'язання оберненої задачі, і може стати корисним інструментом підтримки прийняття кадрових рішень. Описаний метод можна застосовувати в разі, коли неможливо, або проблематично отримати будь-які оцінки співробітників, окрім їхніх рангів, а ваги критеріїв оцінки професійного рівня персоналу невідомі. Запитання, на які доводиться відповідати керівникам та експертам під час побудови ранжирувань, є значно простішими, аніж ті, що ставляться при безпосередньому оцінюванні, або попарному порівнянні об'єктів. Саме через це, навіть якщо інші оцінки невідомі, залишається можливість отримання рангових оцінок. Якщо ОПР, чи керівник, не впевнений у тому, як розташувати своїх підлеглих у ранжируванні, тоді має сенс спробувати застосувати нечіткі підходи до ранжирування співробітників і претендентів на посади. Даний аспект проблеми потребує окремого вивчення.

У загальному випадку ієрархія критеріїв оцінки персоналу може мати багаторівневу складну структуру [8, 10].

На поточному етапі досліджень математичний апарат розв'язання задачі передбачає трудомістке перебирання потенційних крайніх точок області розв'язків, тому метод розрахований на порівняно невеликі кількості альтернатив, які експерт буде в змозі проранжирувати (у даному конкретному випадку в ролі альтернатив виступають співробітники та кандидати). Навіть у нинішньому вигляді алгоритм може бути задіяний у наявних і нових автоматизованих системах підтримки прийняття рішень.

1. *Keeney, R.L.* Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs / R.L. Keeney, H. Raiffa. — Cambridge University Press. — New York, 1993.

2. *Saaty, T.L.* The Analytic Hierarchy/Network Process / T.L. Saaty // RACSAM. — 2008. — **102** (2). — P. 251–318.

3. *Тоценко В.Г.* Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко; ИПРИ НАНУ. — К.: Наук. думка, 2002. — 382 с.

4. *Тоценко В.Г.* Методы определения групповых многокритериальных ординальных оценок с учетом компетентности экспертов / В.Г. Тоценко // Проблемы управления и информатики. — 2005. — № 5. — С. 84–89.

5. *Kemeny J.G.* Mathematical Models in the Social Sciences / J.G. Kemeny, L. Snell. — MIT Press, Cambridge, MA. — 1973.

6. *Гнатієнко Г.М.* Експертні технології прийняття рішень / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк. — К.: ТОВ «Маклаут», 2008. — 444 с.

7. *Каденко С.В.* Удосконалення методу визначення коефіцієнтів відносної вагомості критеріїв на основі ординальних оцінок / С.В. Каденко // Реєстрація зберігання і оброб. даних. — 2008. — Т. 10, № 1 — С. 137–149.

8. *Kadenko, S. V.* Experience-based Decision Support Methods Using Ordinal Expert Estimates / S.V. Kadenko // Proceedings of the Tenth International Symposium for the AHP/ANP (ISAHP 2009) — Режим доступу: http://isahp.org.

9. *Arrow K.J.* Social Choice and Individual Values, 2nd ed. / K.J. — Arrow. — Wiley, New York, 1963.

10. *Каденко С.В.* Определение параметров иерархии критериев типа «дерево» на основе ординальных оценок / С.В. Каденко // Проблемы управления и информатики. — 2008. — № 4 — С. 84–92.

Надійшла до редакції 10.09.2009