

УДК 001.89

UDC 001.89

5.2.2. «Математические, статистические и инструментальные методы в экономике» (физико-математические науки, экономические науки)

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА

MULTI-CRITERIA ASSESSMENT OF A SPECIALIST'S COMPETENCE

Ганичева Антонина Валериановна
к.ф.-м.н., профессор кафедры “Физико-математических дисциплин и информационных технологий”

Ganicheva Antonina Valerianovna
Cand.Phys-Math.Sci., Professor of the Department of Physical and Mathematical Sciences and Information

SPIN-код: 9049-4545, AuthorID: 177856

tgan55@yandex.ru

Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь, Россия, ул. Василевского, дом 7, поселок Сахарово, Тверь, 17131, Россия

Tver state agricultural academy, ul.Vasilevskogo, Saharovo, Tver, 171314, Russia

Ганичев Алексей Валерианович
старший преподаватель кафедры “Информатики и прикладной математики”
SPIN-код: 4747-0880, AuthorID: 178091
alexej.ganichev@yandex.ru
Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия, 170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, дом 22, Россия,

Ganichev Alexey Valerianovich
Associate Professor of the Department of Computer Science and Applied Mathematics
RSCI SPIN-code: 4747-0880, AuthorID: 178091
alexej.ganichev@yandex.ru
Tver State Technical University, Nab.Af.Nikitina, 22, Tver, 170026, Russia

В статье применяется метод главных компонент для формирования многокритериальной оценки специалиста с наилучшей компетентностью по профессиональным качествам. Разработан новый метод анализа стабильности полученных оценок на основе решения системы уравнений Колмогорова

The article applies the principal component method to form a multi-criteria assessment of a specialist with the best competence in professional qualities. A new method for analyzing the stability of the obtained estimates based on solving the Kolmogorov system of equations has been developed

Ключевые слова: ЭКСПЕРТ, КРИТЕРИЙ, КАЧЕСТВА, СОБСТВЕННЫЙ ВЕКТОР, СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ КОЛМОГОРОВА

Keywords: EXPERT, CRITERION, QUALITIES, EIGENVECTOR, KOLMOGOROV SYSTEM OF EQUATIONS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-011>

Введение

Определение уровня подготовки специалиста является важной и сложной задачей. Для ее решения используется совокупность показателей [1, 4]. Таким образом, данная задача является задачей многокритериальной оценки. В данной статье для выбора специалиста с лучшей компетентностью применяется метод главных компонент (МГК).

Целью данной работы является разработка модели оценки качеств ик специалистов по совокупности критериев.

Для осуществления данной цели нужно:

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/11.pdf>

- 1) на основе мнений экспертов сформировать оценки кандидатов методом собственного вектора;
- 2) определить определения стабильность полученных оценок.

Материалы и методы

Рассмотрим следующую задачу. На должность специалиста – управленческого работника претендуют три кандидата: A , B и C , которые оцениваются по профессиональной компетентности (критерий K_1), способности руководить людьми (критерий K_2) и деловым качествам (критерий K_3).

Мнения экспертов представлены в следующей таблице:

Таблица - Оценка качеств кандидатов

Претенденты	Профессиональная компетентность	Способность руководить людьми	Деловые качества
A	9,1	6,4	8,7
B	7,6	6,5	7,1
C	7,2	7,1	8,6

Рассмотрим формирование оценки кандидатов методом собственного вектора [2]. Процесс осуществляется в пять этапов.

1. Формирование вектора приоритетов критериев.

По мнению экспертов значимости критериев соотносятся как:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{10}{10}, \frac{K_1}{K_3} = \frac{10}{8}, \frac{K_2}{K_3} = \frac{10}{8}.$$

Матрица критериев (в баллах) значения критериев:

$$K = \begin{pmatrix} & K_1 & K_2 & K_3 \\ K_1 & 1 & 1 & 1,25 \\ K_2 & 1 & 1 & 1,25 \\ K_3 & 0,8 & 0,8 & 1 \end{pmatrix}, \begin{matrix} a_{12} = 1; \\ a_{13} = 1,25; \\ a_{23} = 1,25. \end{matrix}$$

Главное собственное число данной матрицы равно:

$$\tau = \left\{ \frac{a_{13}}{a_{12}a_{23}} \right\}^{\frac{1}{3}} + \left\{ \frac{a_{12}a_{23}}{a_{13}} \right\}^{\frac{1}{3}} + 1. \quad (1)$$

Получаем

$$\tau = \left\{ \frac{1,25}{1 \cdot 1,25} \right\}^{\frac{1}{3}} + \left\{ \frac{1 \cdot 1,25}{1,25} \right\}^{\frac{1}{3}} + 1 = 3.$$

Рассчитываем собственный вектор матрицы K . Находятся координаты $\omega_1, \omega_2, \omega_3$:

$$\omega_1 = \frac{\Delta}{D}, \quad \omega_2 = \frac{(\tau-1)a_{23} + \frac{a_{13}}{a_{12}}}{D}, \quad \omega_3 = \frac{(\tau-1)^2 - 1}{D}, \quad (2)$$

$$\Delta = a_{12}a_{23} + a_{13}(\tau-1), \quad (3)$$

$$D = a_{12}a_{23} + a_{13}a_{23}(\tau-1) + \frac{a_{13}}{a_{12}(\tau-1)^2} - 1. \quad (4)$$

Рассчитываем:

$$\Delta = 1 \cdot 1,25 + 1,25(3-1) = 3,75; \quad D = 1 \cdot 1,25 + 1,25 \cdot 1,25(3-1) + \frac{1,25}{1(3-1)^2} - 1 = 5,88;$$

$$\omega_1 = \frac{3,75}{5,88} = 0,64; \quad \omega_2 = \frac{(3-1) \cdot 1,25 + \frac{1,25}{1}}{5,88} = 0,64; \quad \omega_3 = \frac{(3-1)^2 - 1}{5,88} = 0,51.$$

Нормируем собственный вектор $\bar{\omega}(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ и получаем вектор приоритетов:

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0,64 + 0,64 + 0,51 = 1,79;$$

$$\frac{\omega_1}{1,79} = \frac{0,64}{1,79} = 0,36; \quad \frac{\omega_2}{1,79} = \frac{0,64}{1,79} = 0,36; \quad \frac{\omega_3}{1,79} = \frac{0,51}{1,79} = 0,28.$$

Вектор приоритетов критериев: $\bar{\omega}(0,36; 0,36; 0,28)$.

2. Выбор по K_1 .

По данным приведенным в таблице получаем:

$$\frac{A}{B} = \frac{9,1}{7,6} = 1,2; \quad \frac{A}{C} = \frac{9,1}{7,2} = 1,26; \quad \frac{B}{C} = \frac{7,6}{7,2} = 1,06;$$

$$K_1 = \begin{pmatrix} & A & B & C \\ A & 1 & 1,2 & 1,26 \\ B & 0,84 & 1 & 1,06 \\ C & 0,79 & 0,95 & 1 \end{pmatrix}, \begin{matrix} a_{12} = 1,2; \\ a_{13} = 1,26; \\ a_{23} = 1,06. \end{matrix}$$

Рассчитываем:

$$\tau = \left\{ \frac{1,26}{1,2 \cdot 1,06} \right\}^{\frac{1}{3}} + \left\{ \frac{1,2 \cdot 1,06}{1,26} \right\}^{\frac{1}{3}} + 1 = 3; \Delta = 1,2 \cdot 1,06 + 1,26 \cdot (3 - 1) = 3,79;$$

$$\Delta = 1,2 \cdot 1,06 + 1,26 \cdot 1,06(3 - 1) + \frac{1,26}{1,2}(3 - 1)^2 - 1 = 7,14;.$$

$$\omega_1 = \frac{3,79}{7,14} = 0,53; \omega_2 = \frac{(3 - 1) \cdot 1,06 + \frac{1,26}{1,2}}{7,14} = 0,44; \omega_3 = \frac{(3 - 1)^2 - 1}{7,14} = 0,42.$$

Нормированный собственный вектор $\bar{\omega}(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$:

$$\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 0,53 + 0,44 + 0,42 = 1,39; \frac{\omega_1}{1,39} = 0,38; \frac{\omega_2}{1,39} = 0,32; \frac{\omega_3}{1,39} = 0,3.$$

Получен вектор приоритетов $\omega(0,38;0,32;0,30)$.

Далее 3-ий и 4-ый этапы осуществляются аналогично 2-ому этапу. А именно:

3. Выбор по K_2 .

Вектор приоритетов $\bar{\omega}(0,32;0,33;0,35)$.

4. Выбор по K_3 .

Вектор приоритетов $\bar{\omega}(0,36;0,29;0,35)$.

5. Итоговое распределение мест.

Составляется матрица на основе векторов $\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \bar{\omega}_3$, столбцы которой – векторы приоритетов по K_2, K_2, K_2 :

$$\begin{pmatrix} 0,38 & 0,32 & 0,36 \\ 0,32 & 0,33 & 0,29 \\ 0,30 & 0,35 & 0,35 \end{pmatrix}.$$

Эта матрица умножается на вектор-столбец приоритетов критериев $\begin{pmatrix} 0,36 \\ 0,36 \\ 0,28 \end{pmatrix}$.

Получаем:

$$\begin{pmatrix} 0,38 & 0,32 & 0,36 \\ 0,32 & 0,33 & 0,29 \\ 0,30 & 0,35 & 0,35 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,36 \\ 0,36 \\ 0,28 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,14 + 0,12 + 0,13 \\ 0,12 + 0,12 + 0,10 \\ 0,08 + 0,10 + 0,10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,38 \\ 0,34 \\ 0,28 \end{pmatrix}.$$

Итог: претендент A набрал 0,38 балла, претендент $B - 0,34$, претендент $C - 0,28$. Предпочтение отдается претенденту A .

Рассмотрим метод определения стабильности полученных оценок. Каждого из претендентов рассмотрим как систему с состояниями S_0 , S_1 и S_2 для каждого критерия $K_i (i = 1, 2, 3)$. При S_0 оценка качества претендента не изменяется при изменении ситуации. При S_1 оценка уменьшается, при S_2 – увеличивается (см. рисунок):

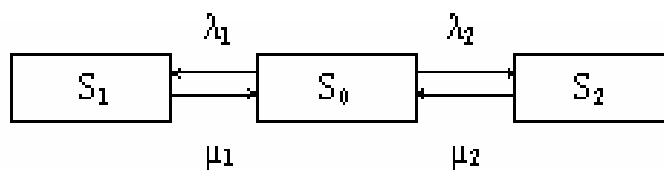


Рисунок. – Переходы системы при изменении оценок

Предположим, что плотности потоков, перехода системы из S_1 в S_0 и из S_2 в S_0 , постоянны и равны μ_1 и μ_2 соответственно.

Находим вероятности P_0 , P_1 , P_2 нахождения системы соответственно в состояниях S_0 , S_1 и S_2 . Используем систему уравнений Колмогорова в стационарном режиме:

$$\begin{cases} P_0(\lambda_1 + \lambda_2) + \mu_1 P_1 + \mu_2 P_2 = 0, \\ P_0 \lambda_1 - P_1 \mu_1 = 0, \\ P_0 \lambda_2 - P_2 \mu_2 = 0, \\ P_0 + P_1 + P_2 = 1. \end{cases}$$

Примем за P_0 значение балла в результирующем векторе приоритетов претендентов A , B , C .

Находим решение:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2}}; \quad P_1 = \frac{\frac{\lambda_1}{\mu_1}}{1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2}}; \quad P_2 = \frac{\frac{\lambda_2}{\mu_2}}{1 + \frac{\lambda_1}{\mu_1} + \frac{\lambda_2}{\mu_2}}. \quad (5)$$

Условие устойчивости претендента к сохранению и повышению уровня приобретенного качества имеет вид:

$$P_0 + P_2 = \alpha. \quad (6)$$

Неизвестное пороговое значение α больше 0 и меньше 1. Из (6):

$$P_1 = 1 - \alpha. \quad (7)$$

Это вероятность снижения уровня приобретенного качества. Из (5) имеем систему:

$$\begin{cases} P_1 = P_0 \cdot \frac{\lambda_1}{\mu_1}, \\ P_2 = P_0 \cdot \frac{\lambda_2}{\mu_2}. \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{Тогда: } P_0 + P_0 \cdot \frac{\lambda_2}{\mu_2} = \alpha \text{ и } \frac{\lambda_2}{\mu_2} = \frac{\alpha}{P_0} - 1, \frac{\lambda_1}{\mu_1} = \frac{1 - \alpha}{P_0}.$$

$$\text{Отсюда получаем } \frac{\lambda_2}{\mu_2} - \frac{\lambda_1}{\mu_1} = \frac{2\alpha - 1}{P_0}, \text{ и}$$

$$\alpha = \left(\frac{\lambda_2}{\mu_2} - \frac{\lambda_1}{\mu_1} + 1 \right) \cdot \frac{P_0}{2} + \frac{1}{2}. \quad (9)$$

Если потоки равны, т.е. $\lambda_1 = \lambda_2$ и $\mu_1 = \mu_2$, то порог будет равен $\alpha = \frac{P_0 + 1}{2}$. Если обозначить α_i^j - пороговое значение i -ого претендента по j -ому критерию, то выбран будет претендент с наибольшей суммой взвешенных критериев $K_1\alpha_i^1 + K_2\alpha_i^2 + K_3\alpha_i^3$ (K_i — веса критериев).

Заключение

Разработанный в статье метод можно распространит на большее количество претендентов и критериев оценки компетентности

специалистов. Данный метод является достаточно универсальным и может использоваться не только для оценки качеств специалиста, но и для решения широкого круга психолого- педагогических задач.

Литература

1. Ганичева А.В. Метод определения оптимальных модулей и компетентности обучаемых // Качество. Инновации. Образование, 2013. - № 10 (101). - С. 19-23.
2. Денисенко А.С. О применении метода главных компонент в задачах финансового мониторинга / А.С. Денисенко, Г.О. Крылов, И.А. Корнев / Известия самарского научного центра российской академии наук, 2015. – Т. 17.- № 2-5. С. 1131–1140.
3. Роганов Е. А., Тихомиров Н. Б., Шелехов А.М. Математика и информатика для юристов: Учебник. - М.: МГИУ, 2005. - 364 с.

References

1. Ganicheva A.V. Metod opredelenija optimal'nyh modulej i kompetentnosti obuchaemyh // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie, 2013. № 10 (101). S. 19-23.
2. Denisenko A.S. O primenenii metoda glavnyh komponent v zadachah finansovogo monitoringa / A.S. Denisenko, G.O. Krylov, I.A. Kornev / Izvestija samarskogo nauchnogo centra rossijskoj akademii nauk, 2015. – T. 17. № 2-5. S. 1131–1140.
3. Roganov E. A., Tihomirov N. B., Shelehov A.M. Matematika i informatika dlja juristov: Uchebnik. M.: MGIU, 2005. 364 c.