УДК 658.562.014.1

Є.О. ЯКОВЕНКО, Херсон, Україна,
В.М. ТОНКОНОГИЙ, д-р техн. наук, Одеса, Україна,
В.Д. ЯКОВЕНКО, канд. техн. наук, Херсон, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ЗНАНЬ (СУЯОЗ)

Розглянуто алгоритм визначення рівня організаційних знань (РОЗ) та їх оцінювання Проведено моделювання процесу автоматизованого управління РОЗ. Проведено оцінювання множини показників РОЗ матричним методом та методом експертного оцінювання.

Рассмотрен алгоритм определения уровня организационных знаний (УОЗ) и их оценивания Проведено моделирование процесса автоматизированного управления УОЗ. Проведено оценивание множественного числа показателей УОЗ матричным методом и методом экспертного оценивания.

E.O. JAKOVENKO, V.M. TONKONOGIJ, V.D. JAKOVENKO
SOFTWARE OF A CONTROL SYSTEM FUNCTIONING OF ORGANIZATIONAL KNOWLEDGE QUALITY
The algorithm of determination of level of organizational knowledges (LOK) and their evaluation was observed. The design of process of the automated management of LOK was Conducted. The evaluation of numerous of indexes of LOK was done by a matrix method and method of expert evaluation.

Обґрунтування кількісних і якісних критеріїв оцінки функціонування СУЯОЗ. Визначення рівня організаційних знань (РОЗ) належить до основних завдань, що стоять перед будь-якою організацією. Дотепер відсутні серйозні дослідження в області систем якості, немає загальноприйнятих, формалізованих систем оцінювання РОЗ. Кількісне оцінювання (вимірювання) РОЗ відноситься до найбільш складних задач і є найменш дослідженим, тоді як необхідність, актуальність і практична значущість таких робіт достатньо велика.

У даний час основною тенденцією в області гарантій рівня освіти стає контроль РОЗ на базі національних систем атестації і акредитації на основі моделі управління рівнем організаційних знань. Це забезпечує відповідальність за рівень і оцінку організаційних знань.

Трудомісткість, ефективність, проблема обґрунтування кількісних і якісних критеріїв оцінки такого комплексного завдання важко піддається прямому оцінюванню. У той же час ієрархічна структура дозволяє провести її декомпозицію до рівня досить простих завдань, і побудувати алгоритми оцінювання.

З метою рішення поставлених задач використовуються методи системного аналізу, теорії ієрархічних багаторівневих систем, теорії прийняття рішень, теорії вірогідності і статистики, матричний метод.

Проводиться моделювання процесу автоматизованого управління рівнем організаційних знань та їх оцінювання. Для цього пропонується модель організаційних знань, під якою розуміється певна сукупність показників і критеріїв, що характеризують основні компоненти організаційних знань, а також опис рівнів досконалості (кваліметричних шкал у вигляді матриць) всіх критеріїв.

Для визначення рівня організаційних знань та їх оцінювання розроблено алгоритм, який враховує такі фактори:

– еталони, стандарти діяльності кожної категорії працівників організації, де закладаються вимоги суспільства, держави до їх діяльності;

– апарат оцінювання, який включає задані параметри розвитку керованого об’єкту, показники та критерії оцінки цих параметрів та спосіб оцінювання;

– технологію контролю, яка поєднує процеси зовнішньої оцінки та самооцінки з поточним зовнішнім коригуванням (за результатом) та самокоригуванням (за процесом, спрямованим на результат).

Звичайно, рівень організаційних знань не можна оцінити на основі характеристики однієї властивості і тоді його можна оцінити деякою зведеною (узагальненою) величиною - узагальненим показником рівня організаційних знань (УПРОЗ).

Порядок формування УПРОЗ включає:

– вибір і представлення загальної схеми системи;

– формування групи експертів;

– опис характеристик системи і її складових;

– визначення векторів пріоритетів показників та критеріїв;

– визначення узгодженості локальних пріоритетів;

– формування шкали бальних оцінок;

– вибір і формування узагальненого показника рівня знань.

Доцільно дати аналіз одержаного УПРОЗ.

Формування групи експертів здійснюється із числа фахівців, які володіють професійними знаннями у вищій професійній освіті. Група експертів повинна включати не менше 5 і не більше 10 осіб, автор пропонує 6 експертів для проведення моделювання, причому автор одночасно виступає у ролі кожного експерта. Шкала оцінювання від 1 до 5 балів.

Опис характеристик системи включає такі показники, які експерти вважають найважливішими при визначенні якості рівня організаційних знань. Для цього задачу представляють у вигляді ієрархії або мережі. Ієрархія будується з цілі, яка розташовується у вершині ієрархії. Через проміжні рівні, на яких розташовані критерії і від яких залежать наступні рівні, до найнижчого рівня, який складається із набору варіантів. При проведенні експертами оцінки множини показників використані матричний метод та метод експертного оцінювання. Обробка результатів оцінювання рівня організаційних знань СУЯОЗ за допомогою цих математичних методів визначає залежності між вимірюваннями різних експертів і тим самим встановлює єдність і відмінність у думках експертів.

Оцінка кількісних і якісних показників РОЗ СУЯОЗ матричним методом. Матричний метод потребує структурування задачі учасниками розв’язання задач прийняття рішень, тобто необхідно скласти ієрархію у відповідності з ціллю задачі, розумінням критеріїв (або факторів) і існуючими варіантами вибору.

Визначення векторів пріоритетів показників та критеріїв дає змогу виявити важливіші з них, на основі їх попарного порівняння.

Парні порівняння приводять до запису характеристик порівнянь у вигляді квадратної таблиці чисел, яка називається матрицею.

Порівнюючи набір критеріїв один з одним, отримаємо наступну матрицю:

$$\begin{pmatrix} a_{11}\ a_{12}\ a_{13}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ a_{1n} \\ a_{21}\ a_{22}\ a_{23}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ a_{2n} \\ a_{31}\ a_{32}\ a_{33}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ a_{3n} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1}\ a_{n2}\ a_{n3}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ a_{nn} \end{pmatrix}$$

Ця матриця обернено симетрична, тобто має властивість

$$a_{ij}=1/a_{ji}, \tag{2.1}$$

де індекси і та j – номер рядка і – номер стовпчика .

При порівнянні елемента із самим собою маємо рівну значимість. Це значить, що на перетині рядка і стовпчика з однаковими номерами заносимо одиницю, тому головна діагональ повинна складатися із одиниць.

Таким чином, матриця парних суджень має вигляд:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Коли задача представлена у вигляді ієрархічної структури, матриця формується для попарного порівняння критеріїв на другому рівні по відношенню до загальної цілі, розташованої на першому рівні. Такі ж матриці будуються для парних порівнянь кожного варіанту на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня.

Матриця формується наступним чином:

Ціль	К1	К2	К3
К1			
К2			
К3			

При проведенні попарних порівнянь ставляться такі питання:

– Який з елементів важливіший або має більшу дію на ціль?

– Який з елементів більш вірогідний?

– Який з елементів переважає?

Клітинки матриці заповнюються згідно із суб’єктивними судженнями групи експертів.

Коли в розв’язанні задачі прийняття рішень приймають участь декілька чоловік, по багатьох судженнях можуть виникати суперечки. В таких випадках обговорення базується на припущеннях, із яких слідують судження, а не на кількісних величинах самих суджень. Іноді група приймає геометричне середнє різних оцінок в якості загальної оцінки суджень.

$$\tilde{x}_{геом} = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}. \tag{2.2}$$

Геометрична середня величина дає найбільш правильний за змістом результат, якщо задача полягає у знаходженні ознаки, яка якісно була б рівно віддалена як від максимального, так і від мінімального значення ознаки.

Із груп парних порівнянь формується набір критеріїв, які виражають відносний вплив елементів на елемент, розташований на рівні вище.

Для визначення відносної цінності кожного елемента необхідно знайти геометричне середнє і для цього перемножити n елементів кожного рядка і із отриманого результату знайти корінь *n*-го степеня.

$$\omega_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}} \, , \qquad (2.3)$$

де ωi – геометрична середня величина; ain – елемент відповідного рядка.

Отримані числа необхідно нормалізувати.

Проводимо нормалізацію отриманих чисел. Визначаємо нормуючий множник за формулою

$$r = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots\dots\dots + \omega_n, \qquad (2.4)$$

де r – нормуючий множник; ω_n – геометрична середня величина n-го рядка.

Кожне із чисел ω_i ділимо на r

$$q_{2i} = \omega_i / r, \qquad (2.5)$$

де i=1,2,3, …. , n - номер рядка матриці суджень; q_{2i} – вектор пріоритетів критеріїв другого рівня.

В результаті отримуємо вектор пріоритетів

$$q_2 = (q_{21}, q_{22}, q_{23}, \dots . q_{2n}), \qquad (2.6)$$

де індекс 2 означає, що вектор відноситься до другого рівня ієрархії.

Подібну процедуру застосовують для всіх матриць парних суджень.

Визначення узгодженості локальних пріоритетів застосовують для матриці суджень, бо вона, не узгоджена, так як судження відображають суб’єктивні думки експертів, а порівняння елементів, які мають кількісні еквіваленти, може бути неузгодженим із-за похибки проведення вимірювань. За допомогою матричного методу можливо провести таку оцінку степеня узгодженості при вирішенні конкретної задачі. Разом з матрицею парних суджень маємо міру оцінки степеня відхилення від узгодженості. Коли такі відхилення перевищують встановлені норми – необхідно їх переглянути.

Для цього необхідно визначити індекс узгодженості і відношення узгодженості (*ІУ*, *ВУ*). Індекс узгодженості в кожній матриці може бути виражений наступним способом:

1) визначається сума кожного j-го стовпчика матриці суджень

$$s_j = a_{1j} + a_{2j} + a_{3j} + \ldots\ldots\ldots + a_{n\,j}, \quad (2.7)$$

де s_j – сума кожного j-го стовпчика матриці суджень; $a_{n\,j}$ – елементи j-го стовпчика матриці суджень; $j=1,2,3,\ \ldots.\ ,n$ - номер стовпчика матриці суджень.

2) потім отриманий результат множиться на j-ту компоненту нормалізованого вектора пріоритетів q_2, тобто суму суджень першого стовпчика на першу компоненту, суму суджень другого стовпчика – на другу і т.д. $p_j = s_j \cdot q_{2j}$, (2.8)

де j=1,2,3, …. , n - номер стовпчика матриці суджень;

s_j – сума кожного j-го стовпчика матриці суджень;

q_{2i} – вектор пріоритетів критеріїв другого рівня.

3) сума чисел p_j відображає пропорційність переваг, чим ближча ця величина до n, тим більш узгоджені судження

$$\lambda_{max} = p_1+p_2+p_3+ \ldots\ldots+p_n, \quad (2.9)$$

де λ_{max} – пропорційність переваг.

Відхилення від узгодженості виражається індексом узгодженості за формулою $ІУ = \dfrac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$, (2.10)

де n – розмір матриці суджень; λ_{max} – пропорційність переваг.

Таблиця 2.1 – Середні значення індексу випадкової узгодженості (*ВІ*) для випадкових матриць суджень різного порядку

Розмір матриці	(ВІ)	Розмір матриці	(ВІ)
1	0.00	9	1.45
2	0.00	10	1.49
3	0.58	11	1.51
4	0.90	12	1.48
5	1.12	13	1.56
6	1.24	14	1.57
7	1.32	15	1.59
8	1.41		

Відношення узгодженості. Для визначення того, на скільки точно *ІУ* відображає узгодженість суджень його необхідно порівняти із випадковим індексом (*ВІ*) узгодженості, який відповідає матриці із випадковими судженнями.

В таблиці 2.1 наведені середні значення індексу *ВІ* для випадкових матриць суджень різного порядку.

Відношення *ІУ* до середнього значення випадкового індексу узгодженості *ВІ* називається відношенням узгодженості (*ВУ)* і визначається за формулою

$$ВУ = \frac{ІУ}{ВІ}, \tag{2.11}$$

де, *ВУ* –відношення узгодженості; *ІУ* – індекс узгодженості; *ВІ* - випадковий індекс узгодженості.

Для визначення пріоритетів оцінок необхідно локальні пріоритети помножити на пріоритет відповідного показника першого рівня і знайти суму по кожному елементу у відповідності з критерієм, на який впливає цей елемент. Тоді пріоритет оцінок визначається за формулою

$$q_n = q_{31n} \cdot q_{21} + q_{32n} \cdot q_{22} + q_{33n} \cdot q_{23} + \ldots + q_{3nn} \cdot q_{2n}, \tag{2.12}$$

де, q_n – пріоритет оцінки; q_{2n} – вектори пріоритетів критеріїв другого рівня.

Оцінка РОЗ методом експертних оцінок. Обробкою результатів експертного оцінювання можна визначати залежності між ранжуванням різних експертів і тим самим встановлювати єдність і відмінність у думках експертів. Важливу роль грає також встановлення залежності між ранжуваннями, які побудовані за різними критеріями порівняння показників. Виявлення таких залежностей дозволяє розкрити зв'язані показники порівняння і здійснити їх угрупування за ступенем зв'язку.

Вибираємо алгоритм обробки результатів експертного оцінювання множини показників. Хай m експертів провели оцінку n показників за h ознаками. Результати оцінки представлені у вигляді величин, де j – номер експерта, i - номер показника, h – номер ознаки порівняння.

Величини $x_{ij}^h (i = 1,...,\ n;\ j = 1,2,...,m;\ h = 1,2,...,\ l)$ отримані методами безпосередньої оцінки або послідовного порівняння, тобто x_{ij}^h є числами, або балами. Для отримання групової оцінки показників скористаємося середнім значенням оцінки для кожного показника:

$$x_i = n \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_n x_{ij}^h k_j \, (i = 1,2,...,n), \tag{2.13}$$

де q_n - коефіцієнти вагомості показників, k_j - коефіцієнти компетентності експертів. Коефіцієнти вагомості показників і компетентності експертів є нормованими величинами:

$$\sum_{i=1}^{n} q_n = 1; \sum_{j=1}^{m} k_j = 1. \qquad (2.14)$$

Коефіцієнти вагомості показників можуть бути визначені експертним шляхом. Якщо q_{nj} - коефіцієнт ваги *n*-го показника, який присвоюється *j*-м експертом, то коефіцієнт ваги *n*-го показника за всіма експертами рівний:

$$q_n = \sum_{j=1}^{m} q_{nj} k_j \, (n = 1, 2, ...,). \qquad (2.15)$$

Отримання групової експертної оцінки шляхом підсумовування індивідуальних оцінок з вагами компетентності і важливості показників при вимірюванні властивостей показників в кардинальних шкалах ґрунтується на припущенні про виконання аксіом теорії корисності фон Неймана-Моргенштерна як для індивідуальних, так і для групової оцінки і умов невиразності показників у груповому відношенні, якщо вони невиразні у всіх індивідуальних оцінках (частковий принцип Парето).

Алгоритм обчислення коефіцієнтів компетентності експертів має вид рекурентної процедури:

$$x_i^t = \sum_{j=1}^{m} x_{ij} k_j^{t-1} (i = 1, 2, ..., n); \qquad (2.16)$$

$$k_j^t = \frac{1}{\lambda^t} \sum_{i=1}^{n} x_{ij} x_i^t ; \sum_{j=1}^{m} k_j^t = 1 (j = 1, 2, ..., m); \qquad (2.17)$$

$$\lambda^t = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} x_{ij} x_i^t (t = 1, 2, ...). \qquad (2.18)$$

Обчислення починаються з $t=1$. Початкові значення коефіцієнтів компетентності приймаються однаковими і рівними $k_j^{O} = 1/m$. Тоді групові оцінки показників першого наближення дорівнюють середнім арифметичним значенням оцінок експертів:

$$x_i^1 = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \, (i = 1, 2, ..., n). \tag{2.19}$$

Далі обчислюється величина λ^1:

$$\lambda^1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij} x_i^1 \tag{2.20}$$

і значення коефіцієнтів компетентності першого наближення за формулою:

$$k_j^1 = \frac{1}{\lambda^1}\sum_{i=1}^{n} x_{ij} x_i^1. \tag{2.21}$$

Використовуючи коефіцієнти компетентності першого наближення, можна повторити весь процес обчислення за формулами (2.16), (2.17), (2.18) і отримати другі наближення величин x_i^2, λ^2, k_j^2.

Повторення рекурентної процедури обчислень оцінок показників і коефіцієнтів компетентності природно ставить питання про її збіжність. Для розгляду цього питання виключимо з рівнянь (2.16), (2.17) змінні k_j^{t-1} x_i^t k_j^{t-1} і x_i^t і представимо ці рівняння у матричній формі:

$$x^t = \frac{1}{\lambda^{t-1}} B x^{t-1}; k^t = \frac{1}{\lambda^t} C k^{t-1} (t = 1, 2, ...), \tag{2.22}$$

де матриці *B* розмірності $n \times n$ і *C* розмірності $m \times m$ рівні:

$$B = XX', C = X'X, X = \left\| x_{ij} \right\|. \tag{2.23}$$

Якщо матриці *B* і *C* позитивні і нерозкладні, то, як це витікає з теореми Перона – Фробеніуса, при $t \to \infty$ вектори x^t і k^t - сходяться до власних векторів матриць *B* і *C*, відповідним максимальним власним числам цих матриць:

$$x = \lim_{t \to \infty} x^t, k = \lim_{t \to \infty} k^t. \tag{2.24}$$

Граничні значення векторів *x* і *k* можна обчислити з рівнянь:

$$\begin{gathered} Bx = \lambda_B x, \sum_{i=1}^{n} x_i = 1, \left| B - \lambda_B E \right| = 0, \\ Ck = \lambda_C k, \sum_{j=1}^{m} k_j = 1, \left| C - \lambda_C E \right| = 0, \end{gathered} \tag{2.25}$$

де λ_B, λ_C максимальні власні числа матриць B і C.

Умова позитивності матриць B і C легко виконується вибором ненегативних елементів x_{ij} матриці X оцінок показників експертами.

Умова нерозкладності матриць B і C практично виконується, оскільки, якщо ці матриці розкладні, то це означає, що експерти і показники розпадаються на незалежні групи. При цьому кожна група експертів оцінює тільки показники своєї групи.

Практичне обчислення векторів групової оцінки показників і коефіцієнтів компетентності простіше виконувати за рекурентними формулами (2.16), (2.17), (2.18). Визначення граничних значень цих векторів по рівнянню (2.25) вимагає застосування комп'ютерної техніки.

Перелік використаних джерел: **1.** *Демиденко А.А.* Оценка качества функционирования системы управления качеством продукции [Текст] / *А.А.Демиденко, И.А. Демиденко, А.И. Демиденко* // Сб. тр. III МНТК «Проблемы повышения качества промышленной продукции», г. Брянск. –2003. – 186 с. **2.** *Дмитренко, Г.А.* Стратегічний менеджмент: цільове управління освітою на основі кваліметричного підходу [Текст] / *Г.А. Дмитренко, В.В. Олійник* // – К.: ІЗМН, 1996.– 140 с. **3.** *Циба, В.Т.*Основи теорії кваліметрії: Навч. пос. [Текст] / *В.Т. Циба* // – К.: ІЗМН, 1997. – 160 с. **4.** *Штефан, И.А.* Математические методы обработки экспериментальных данных: Учебное пособие [Текст] / *И.А. Штефан, В.В. Штефан* // ГУ Кузбасский государственный технический университет. – Кемерово, 2003. – 123 с.

Bibliography (transliterated): 1. Demidenko A.A. Ocenka kachestva funkcionirovanija sistemy upravlenija kachestvom produkcii [Tekst] / A.A.Demidenko, I.A. Demidenko, A.I. Demidenko // Sb. tr. III MNTK «Problemy povyshenija kachestva promyshlennoj produkcii», g. Brjansk. –2003. – 186 s. 2. Dmitrenko, G.A. Strategichnij menedzhment: cil'ove upravlinnja osvitoju na osnovi kvalimetrichnogo pidhodu [Tekst] / G.A. Dmitrenko, V.V. Olijnik // – K.: IZMN, 1996.– 140 s. 3. Ciba, V.T.Osnovi teorії kvalimetrії: Navch. pos. [Tekst] / V.T. Ciba // – K.: IZMN, 1997. – 160 s. 4. Shtefan, I.A. Matematicheskie metody obrabotki jeksperimental'nyh dannyh: Uchebnoe posobie [Tekst] / I.A. Shtefan, V.V. Shtefan // GU Kuzbasskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet. – Kemerovo, 2003. – 123 s.