

## МЕТОД ОБРОБКИ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

### PROCESSING METHOD OF EXPERT ESTIMATIONS

**Анотація.** В статті наведено метод проведення експертного оцінювання проектів інформаційних та інфокомунікаційних систем. Порівняно з існуючими, цей метод дає надійні результати за умови залучення до експертизи 3 - 5 експертів. При чому проведення експертного оцінювання може бути здійснене за 1 – 2 тижні.

**Summary.** In the article a method of carrying out expert estimation of projects of information and infocommunication systems is resulted. In comparison with existing, this method gives reliable results under condition of participation in examination 3 - 5 experts. Thus carrying out expert estimation can be executed for 1 – 2 weeks.

Очікуваним результатом впровадження інфокомунікаційної системи є суттєве зростання ефективності та оперативності управління бізнесом та підвищення конкурентоздатності. Однак досить часто Замовник не тільки не отримує очікуваних результатів, а й навіть несе збитки після впровадження інфокомунікаційної системи. У цьому сенсі можна виділити, на наш погляд, наступну причину. На сьогодні існує така проблема: розробники інфокомунікаційних систем дотримуються політики „агресивного” маркетингу, нав’язуючи свої рішення Замовнику. Тому, досить часто впровадження інфокомунікаційної системи не приводить до підвищення ефективності бізнес-діяльності, здебільшого з тієї причини, що навіть проектні рішення не адекватно (на рівні функціональності інфокомунікаційної системи) відбивають логіку бізнес-процесів Замовника. Тому замовники змушені проводити незалежну експертизу проектних рішень інфокомунікаційних систем.

У Національній програмі інформатизації (НПІ) сформульовані головні задачі та визначені основні напрями інформатизації держави для забезпечення переходу до інформаційного суспільства та наголошується, що їх вирішення можливе тільки за умови ефективного управління виконанням НПІ. З метою створення ефективної системи управління НПІ та вирішення проблем впровадження інфокомунікаційних систем прийнята низка нормативно-правових актів [1-7]. Виходячи з цих документів, можна дійти висновку, що одним з важливих механізмів забезпечення керованості процесів інформатизації та підвищення ефективності впровадження сучасних інформаційних технологій у всі сфери державного управління є проведення експертизи завдань (проектів) НПІ.

Таким чином, розробка методів, технологій та засобів незалежного оцінювання якості інфокомунікаційних систем на усіх стадіях їх життєвого циклу є не тільки актуальною, а й принципово важливою задачею сьогодення.

Найбільш розповсюдженим підходом щодо оцінювання якості об’єктів є методи та принципи квалітології [8]. Що стосується інфокомунікаційних систем, то зважаючи на їх складність та розмаїття як за реалізацією, так і за призначенням, надійну оцінку їх якості можна отримати лише за умови залучення експертів. На сьогодні, розробка інфокомунікаційної системи та її впровадження повинні здійснюватись у стислі терміни, які у середньому складають півроку. Звісно, що при цьому експертне оцінювання повинно бути здійсненим у термін не більше одного місяця, а оптимально – протягом одного – двох тижнів.

Однак методи організації та проведення експертного оцінювання, які склалися на сьогодні, не дозволяють отримати надійні експертні оцінки в такі стислі терміни. Це зумовлено тим, що для забезпечення статистичної достовірності результатів необхідно залучати значну кількість експертів, а збільшення кількості експертів в свою чергу приводить до невиправданого збільшення термінів експертного оцінювання. Тому, враховуючи сучасні вимоги щодо термінів проведення експертизи, метою цієї статті є удосконалення існуючих методів організації та обробки експертних оцінок так, щоб вони дозволяли отримувати надійні результати за умови залучення незначної кількості експертів та у стислі терміни.

**1. Аналіз методів добору експертів та визначення їхньої компетентності.** Розглянемо етап формування експертної групи [9-11], тому що він є найбільш спільним для різних видів експертиз і, як правило, не залежить від методів збирання та оброблення експертної інформації. Він складається з:

- 1) визначення чисельного складу експертної групи;

- 2) визначення компетентності експертів;
- 3) добору експертів відповідно до їх компетентності.

Визначити необхідний кількісний склад експертної групи дуже важливо. При недостатній кількості експертів результати експертизи не можна вважати надійними. З іншого боку, чим більше необхідно кваліфікованих експертів, тим важче сформулювати експертну групу та організувати її роботу.

Згідно з [12], кількісний склад експертної групи обчислюється за формулою:

$$k = \left( \frac{\beta \cdot t_{p,k-1}}{\alpha} \right)^2, \quad (1)$$

де  $k$  – число експертів;  $\beta$  – варіація (ступінь надійності проведеної експертизи);  $t_{p,k-1}$  – коефіцієнт Ст'юдента;  $p$  – довірча ймовірність;  $\alpha$  – відносна ширина довірчого інтервалу.

Варіація визначається:

$$\beta = \frac{\sigma}{\langle x \rangle}, \quad (2)$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення експертних оцінок;  $\langle x \rangle$  – середнє значення експертної оцінки.

Відносна ширина довірчого інтервалу обчислюється зі співвідношення:

$$\alpha = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle}, \quad (3)$$

де  $\Delta x$  – довірчий інтервал оцінок.

Як видно з (2), величина варіації визначається за результатами експертизи, але для цього у свою чергу необхідно знати кількісний склад експертної групи. Тому для визначення кількісного складу експертної групи використовують наступний підхід.

Будемо вважати, що для статистичної обробки приймаються лише такі експертні оцінки, відносне відхилення яких від середнього значення за абсолютною величиною не перевищує  $\alpha$ . Слід зауважити, що за умови залучення до експертизи тільки кваліфікованих фахівців, зі збільшенням  $k$ , по-перше, величина  $\beta$  змінюється не дуже істотно; по-друге, що особливо важливо, вона монотонно зменшується зі зростанням  $k$ . Тому, якщо на підставі попередніх експертиз обрати деяке значення  $\beta$ , що відповідає невеликому  $k$ , а потім за допомогою (1) обчислити  $k$ , то можна бути упевненим, що при знайденому значенні  $k$  довірчий інтервал не перевищить обраної величини  $\beta$  [12].

На підставі досвіду застосування методу експертних оцінок встановлено, що результати експертизи можна вважати задовільними при  $\beta \leq 0,3$  і надійними, якщо  $\beta \leq 0,2$  [13]. Виходячи з цього, при визначенні кількісного складу експертної групи апріорне значення варіації варто вибирати в межах  $0,2 \dots 0,3$ .

Визначивши довірчу ймовірність  $p$ , для різних значень  $k$  знаходять відповідні значення  $t_{p,k-1}$ . Потім для кожної пари  $k$  та  $t_{p,k-1}$  з рівняння (1) знаходять  $\beta/\alpha$ . Таким чином, для обраного значення  $p$  отримують залежність

$$\frac{\beta}{\alpha} = f(k), \quad (4)$$

яку можна розглядати як функцію виду

$$k = F\left(\frac{\beta}{\alpha}\right). \quad (5)$$

Якщо побудувати графік цієї функції у відповідності до співвідношення (4), то після визначення відношення  $\beta/\alpha$  та довірчої ймовірності  $p$  із графіка можна знайти кількісний склад експертної групи  $k$ .

Наступним важливим моментом проведення експертизи є визначення компетентності експертів. Ступінь компетентності експерта – це число, що показує, з якою вагою враховуються його оцінки при обробці результатів експертизи. Правильне визначення цієї величини має важливе значення, оскільки вона безпосередньо впливає на результати експертизи.

Існує ряд методів визначення відносної компетентності експертів як на підґрунті статистики вже проведених ним експертиз [12], так і безпосередньо за результатами експертизи, для якої саме і використовуються значення ступеня їх компетентності [14]. Згідно з цими методами ступінь компетентності визначається як деяке число з проміжку  $[0,1]$ , тому доцільніше використовувати методи, за якими визначається порівняльна оцінка двох експертів [9].

Одним з розповсюджених методів визначення ступеня компетентності експертів є його обчислення за допомогою парного порівняння їх компетентності [15]. При цьому спираються на припущення, що таке взаємне порівняння компетентності експертів дає об'єктивні результати.

Нехай дана група експертів  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ . Згідно з [16] суб'єктивні оцінки компетентності експертів у виді відносин переваги відбиваються у виді обернено симетричної матриці домінування

$$M = [m_{ij}], \quad (6)$$

де  $m_{ii} = 1$ ; значення  $m_{ij}$  показує у скільки разів компетентність експерта  $e_i$  перевершує компетентність експерта  $e_j$ , при цьому  $m_{ji} = 1/m_{ij}$ .

Як ступінь узгодженості суб'єктивних оцінок використовується так зване відношення узгодженості – ВУ.

$$ВУ = \frac{IY}{CY}, \quad (7)$$

де  $IY$  – індекс узгодженості;  $CY$  – стохастична узгодженість матриці  $M$ .

Слід зазначити, що повинна виконуватись нерівність  $ВУ \ll 1$ , тобто, чим менша ця величина, тим більше відповідають дійсності взаємооцінки експертів.

Значення стохастичної узгодженості матриці  $M$  змінюється в залежності від її порядку. Його отримують у результаті стохастичного вибору значень зі шкали  $1/9, 1/8, 1/7, \dots, 1, 2, \dots, 9$ , за умови, що матриця є обернено симетричною. Значення  $CY$  наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Середні значення  $CY$  стохастично сформованих матриць

Розмірність матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$CY$	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Індекс узгодженості матриці обчислюється за формулою:

$$IY = \frac{\alpha_{\max} - n}{n - 1}, \quad (8)$$

де  $n$  – розмірність матриці, а  $\alpha_{\max}$  – найбільше власне значення матриці  $M$ .

Виходячи з досвіду проведення експертиз величина відносної узгодженості повинна бути не більша за 10–15% [12], в інших випадках експертам пропонується переглянути свої судження. При цьому процес "згладжування" неузгодженості даних, як правило, носить циклічний характер. Його можна істотно спростити, якщо надати можливість експертам уточнювати свої оцінки на етапі формування матриці  $M$ .

Для заданої довірчої ймовірності  $p$  знаходять кількість можливих кандидатів експертної групи  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ , проводять процедуру визначення їх ступеня компетентності та обчислюють вагові коефіцієнти  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$ . Далі, нехай  $h_i$  – вартість проведення експертизи  $i$ -м експертом, а  $h_0$  – обсяг фінансування.

Уведемо змінні:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й експерт бере участь у проведенні експертизи;} \\ 0, & \text{у протилежному випадку.} \end{cases}$$

Тоді задачу формування експертної групи з максимальною компетентністю можна розглядати як задачу лінійного програмування:

$$\max \left( \sum_{i=1}^k \lambda_i x_i \right) \quad (9)$$

при обмеженнях

$$\sum_{i=1}^k h_i x_i \leq h_0, \quad x_i = 0,1 \quad \forall i \in [1, k]. \quad (10)$$

Слід підкреслити, що, виходячи з особливостей проведення експертизи проектів інформаційних систем, не завжди можна організувати обґрунтоване проведення взаємооцінювання експертів, оскільки вони є фахівцями в різних предметних областях. Тому як принцип добору експертів за рівнем їх компетентності необхідно користуватись якісним аналізом експертних висновків.

**2. Огляд типів організації проведення експертизи.** Виходячи з особливостей проведення експертизи, які визначаються чинним законодавством [3, 6], доцільно зупинитись на наступних методах організації проведення експертизи:

1. Колегіальний: у вигляді відкритої дискусії експертів за сформульованою проблемою, за участю експерта-аналітика, який входить до складу робочої групи (оцінювання об'єкта за сукупністю певних ознак, обговорення результатів оцінювання та формулювання експертного висновку).

2. Частково колегіальний: сценарний метод отримання експертних оцінок, який, в загальному випадку, включає:

- визначення, за участю експертів, суттєвих критеріїв оцінювання, з урахуванням специфіки об'єкта експертизи;
- відкрите або анонімне заповнення розроблених анкет;
- аналіз результатів оцінювання аналітиками робочої групи;
- формування або уточнення експертного висновку.

На практиці до експертизи залучається не менше 10 експертів, а терміни її проведення можуть складати від одного до декількох місяців. За існуючими стандартами на розробку і впровадження інфокомунікаційної системи виділяється близьку півроку. Виходячи з цього можна сказати, що існуючі підходи до проведення експертизи займають значний проміжок часу і є не прийнятними. Тому необхідно розробити такий метод експертного оцінювання, яка дозволяла б при обмеженій кількості експертів та у стислі терміни дати надійну якісну оцінку інфокомунікаційної системи, а також у разі необхідності, за умов значної складності об'єкта експертизи, без суттєвих змін процедур експертного оцінювання збільшити кількість експертів можна так, щоб забезпечити всебічний та об'єктивний експертний аналіз складного об'єкта.

Крім цього необхідно також установити загальні підходи щодо вибору адекватної сукупності критеріїв експертного оцінювання, адекватної у тому сенсі, що вона охоплює всі найважливіші якісні показники інфокомунікаційних систем.

**3. Метод обробки результатів експертного оцінювання.** Наведений нижче метод обробки результатів експертного оцінювання використовується у випадку частково-колегіального опитування експертів.

Організатор експертизи для кожного об'єкта експертизи окремо обирає сукупність суттєвих критеріїв експертного оцінювання та експертів, оголошує їм мету проведення експертизи та пропонує на розгляд експертів попередньо відібрану сукупність критеріїв оцінювання об'єкта експертизи.

Визначення важливості (значимості) окремих критеріїв (властивостей) об'єкта експертизи за сукупністю всіх критеріїв його оцінювання є складним завданням для експертів з огляду на значну кількість критеріїв, яка зумовлена комплексністю та складністю об'єкта експертизи. Відомо, що задача спрощується при визначенні порівняльної важливості двох критеріїв (попарно для всієї сукупності властивостей), тобто при проведенні попарних порівнянь [16].

Попарне порівняння полягає у визначенні порівняльної важливості одного з двох критеріїв за деякою заздалегідь визначеною шкалою. У результаті виконання цієї процедури отримують матрицю попарних порівнянь  $A$ , елементи якої  $a_{ij}$ , можуть набувати значення, що відбивають суб'єктивний висновок експерта стосовно важливості  $i$ -го критерію порівняно з важливістю  $j$ -го критерію в конкретних умовах проведення експертизи.

У процедурі попарного порівняння можуть використовуватись два альтернативних підходи, а саме, метод Уея та метод аналізу ієрархій (МАІ), запропонований Т. Сааті [16].

Метод Уея [17] полягає у заповненні експертами матриці попарних порівнянь

$$A = \|a_{ij}\|, \quad a_{ij} \in \{-1, 0, 1\}, \quad (11)$$

де  $a_{ij} = -1$  віддає перевагу критерію  $x_j$  над  $x_i$ ;  $a_{ij} = 0$  означатиме рівноцінність  $x_j$  та  $x_i$ ;  $a_{ij} = 1$  визначає перевагу критерію  $x_i$  над  $x_j$ .

За такого визначення елементів матриці дещо “маскується” вплив рівнозначності критеріїв на результати експертного оцінювання. За певних умов елементи матриці попарних порівнянь можуть набувати і таких значень:  $a_{ij}'' \in \{0,1,2\}$ . При цьому ці значення елементів мають такий самий сенс, як і визначений вище, але в цьому випадку “маскується” вплив на результати експертного оцінювання критеріїв, які не отримали переваги.

Більш коректні результати при попарному визначенні ступеня важливості критеріїв дає МАІ [16]. Визначення елементів матриці попарних порівнянь у межах МАІ наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Шкала важливості критеріїв при їх попарному порівнянні за методом аналізу ієрархій

Ступінь відносної важливості	Визначення
$a_{ij} = 1$	Обидва критерії однаково важливі
$a_{ij} = 3$	У експерта є деякі підстави надати перевагу $i$ -му критерію порівняно з $j$ -м, однак його висновок не є неспростовними
$a_{ij} = 1/3$	У експерта є деякі підстави надати перевагу $j$ -му критерію порівняно з $i$ -м, однак його висновок не є неспростовним
$a_{ij} = 5$	$i$ -й критерій важливіший ніж $j$ -й, тобто у експерта є певні підстави надати перевагу $i$ -му критерію порівняно з $j$ -м.
$a_{ij} = 1/5$	$j$ -й критерій важливіший ніж $i$ -й, тобто у експерта є певні підстави надати перевагу $j$ -му критерію порівняно з $i$ -м
$a_{ij} = 7$	$i$ -й критерій очевидно важливіше $j$ -го, тобто є неспростовні підстави для визначення переваги $i$ -го критерію над $j$ -м
$a_{ij} = 1/7$	$j$ -й критерій очевидно важливіше $i$ -го, тобто є неспростовні підстави для визначення переваги $j$ -го критерію над $i$ -м
$a_{ij} = 9$	$i$ -й критерій важливіший $j$ -го і надана перевага не викликає ніяких сумнівів
$a_{ij} = 1/9$	$j$ -й критерій важливіший $i$ -го і надана перевага не викликає ніяких сумнівів

Кожен експерт, аналізуючи критерії, здійснює їх попарне порівняння та заповнює матрицю попарних порівнянь  $A$ .

Матриця попарних порівнянь  $A'$  для  $m$  критеріїв, у відповідності до табл. 2 заповнюється експертами під час розгляду об'єкта експертизи.

Організатор експертизи обробляє матриці попарних порівнянь, заповнені експертами, з метою визначення вагових коефіцієнтів критеріїв.

Якщо для попарних порівнянь використовувався метод Уея, то вагові коефіцієнти  $\lambda_{ik}$   $i$ -го критерію за оцінками  $k$ -го експерта обчислюються наступним чином. Знаходять величини

$$s_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ij}^{(k)}, \quad i = 1 \dots m \quad (12)$$

та

$$S = \sum_{i=1}^m s_{ik} \quad (13)$$

Тоді нормоване значення вагового коефіцієнта  $\lambda_{ik}$  обчислюється за формулою

$$\lambda_{ik} = \frac{s_{ik}}{S}, \quad i = 1 \dots m \quad (14)$$

В результаті обробки матриці попарних порівнянь отримують нормовані вагові коефіцієнти кожного критерію.

У відповідності до МАІ вагові коефіцієнти, або власний вектор матриці попарних порівнянь, обчислюються за наближеною формулою [18]

$$\lambda'_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}} . \quad (15)$$

Для того, щоб визначитись стосовно узгодженості висновків експертів щодо порівняльної важливості критеріїв застосовується наступний підхід. Обчислюються власні значення матриці попарних порівнянь з розв'язку рівняння

$$\det(A - \alpha E) = 0, \quad (16)$$

де  $\alpha$  – вектор власних значень, а  $E$  – одинична матриця.

Відомо, що матриці, які мають однакові власні значення, є подібними. Тобто, якщо власні значення матриць попарних порівнянь різних експертів збігаються, то їх висновок щодо ступенів переваг критеріїв є узгодженим. На практиці узгодженість визначають за допомогою максимального власного значення матриці  $A$ , яке обчислюється за наближеною формулою

$$\alpha_{\max} = eA\lambda, \quad (17)$$

де  $e$  – одинична матриця-рядок ( $e_i = 1, \forall i \in [1, m]$ ),  $\lambda$  – матриця-стовпчик вагових коефіцієнтів.

Слід зазначити, що у цьому випадку має місце нерівність

$$\alpha_{\max} \geq m, \quad (18)$$

де  $m$  – розмірність матриці попарних порівнянь.

При цьому  $\alpha_{\max}$  розглядають як критерій, який відбиває узгодженість висновків експертів у межах обраної групи. У загальному випадку, узгодженість висновків експертів стосовно відносної важливості критеріїв устанавлюється наступним чином. Якщо для матриці кожного експерта  $\alpha_{\max}^{(i)}, i \in [1, n]$  не сильно відрізняється від розмірності матриці попарних порівнянь, а також максимальні власні значення не сильно відрізняються одне від одного, то висновок експертів є узгодженим. Такий підхід щодо визначення узгодженості є не зовсім коректним, тому що не враховуються всі власні значення, а відносна помилка у визначенні узгодженості складає по порядку величини

$$\varepsilon = \frac{\lambda_{\max 1}}{\lambda_{\max}}, \quad (19)$$

де  $\lambda_{\max 1} = \max(\{\lambda_i\} \setminus \lambda_{\max})$ ,  $\{\lambda_i\}$  – множина власних значень.

Тому ми пропонуємо для визначення узгодженості висновків експертів використовувати метрику Кендала, яка більш надійно відбиває ступінь розбіжності (узгодженості) висновків експертів.

$$d(i, j) = 1 - \frac{2}{n(n-1)} \sum_{k < l} \Delta_{kl}^i \Delta_{kl}^j, \quad (20)$$

$$\text{де } \Delta_{kl}^i = \begin{cases} 1, & \lambda_{ik} > \lambda_{il} \\ -1, & \lambda_{ik} < \lambda_{il}, \text{ при } k < l. \\ 0, & \lambda_{ik} = \lambda_{il} \end{cases}$$

Визначення інтегральної характеристики об'єкта експертизи здійснюється наступним чином. Робочою групою устанавлюється сукупність критеріїв суттєвих для оцінки конкретного об'єкта. Експерти аналізують об'єкт експертизи за сукупністю суттєвих критеріїв та устанавлюють відповідність між об'єктом експертизи та критерієм в обраній бальній шкалі. Ці дані заносяться у відповідну таблицю. Бальну оцінку  $j$ -го критерію визначають з діапазону  $b_j \in [b_{\min}, b_{\max}]$ , де  $b_{\min}$  – мінімально можливий бал, а  $b_{\max}$  – максимально можливий бал.

Для визначення інтегрального показника якості або рейтингу об'єкта експертизи скористаємося ідеєю методу Чарнса-Купера, який ще називають методом “ухилення” від ідеальної точки [19].

Визначимо два еталонних об'єкти:

– об'єкт, який отримав максимальну бальну оцінку за всіма критеріями (тобто значення всіх критеріїв дорівнюють  $b_{\max}$ ) та позначимо його  $p^+$ ;

– об’єкт, який отримав мінімальну бальну оцінку за всіма критеріями (тобто значення всіх критеріїв дорівнюють  $b_{\min}$ ) та позначимо його  $p^-$ .

При цьому бальні оцінки критеріїв утворюють сукупність векторів:

$$\vec{b}_i = (b_{ij}), \quad i = 1..n, \quad j = 1..m, \quad (21)$$

де  $n$  – це кількість експертів,  $m$  – кількість критеріїв.

Кожному такому вектору відповідає точка у  $m$ -вимірному просторі значень суттєвих критеріїв. При цьому результат експертизи буде полягати у визначенні, до якого з двох еталонних об’єктів ця точка ближче або, іншими словами, установлюється, до якого з двох класів слід віднести об’єкт експертизи: до класу об’єктів, які мають позитивну експертну оцінку (клас  $p^+$ ), чи негативну (клас  $p^-$ ). Як інтегральна характеристика об’єкта експертизи використовується величина, яка за сенсом має значення відстані. Найбільш часто як відстань використовується величина виду

$$\rho = \sum_{j=1}^m \lambda_j (b_{\max} - b_j). \quad (22)$$

Для вибору метрики була розроблена імітаційна модель на підґрунті методу Монте-Карло. В межах цієї моделі бальні оцінки обраної сукупності параметрів визначались за допомогою генератора випадкових чисел. За загальною кількістю оцінювань 10000 вірогідність  $p$  віднесення об’єкта експертизи за формулою (22) до класу  $p^-$  складала  $p^- \approx 0,37$ , а до класу  $p^+$  відповідно  $p^+ \approx 0,64$ . Найбільш прийнятні результати були отримані у випадку, коли відстань обчислювалась у метриці Евкліда. При цьому  $p^+ \approx p^- \approx 0,5$ .

У межах імітаційної моделі було проведено порівняльний аналіз стосовно використання двох підходів (метод Уея та МАІ) щодо визначення порівняльної важливості критеріїв. На підґрунті цього аналізу рекомендується попарне порівняння здійснювати з використанням матриці

$$A_s = \|a_{ij}\|, \quad a_{ij} \in \{0,5; 1; 2\}, \quad (23)$$

де  $a_{ij} = 0,5$  віддає перевагу параметру  $x_j$  над параметром  $x_i$ ;  $a_{ij} = 1$  означатиме рівноцінність  $x_j$  та  $x_i$ ;  $a_{ij} = 2$  визначає перевагу параметра  $x_i$  над  $x_j$ .

Використання цієї матриці спрощує процедуру попарних порівнянь у випадку, коли кількість критеріїв більше 10, та дозволяє за необхідності перевіряти узгодженість думок експертів. Крім того, результати експертного оцінювання з використанням спрощеної матриці практично не відрізняються від результатів, отриманих у випадку використання матриці  $A'$  (див. табл. 2), яку бажано використовувати в тих випадках, коли у експертів виникають сумніви щодо порівняльної важливості критеріїв.

Вагові коефіцієнти обчислюються за формулою (15) та відповідним чином установлюється узгодженість висновків експертів щодо відносної важливості критеріїв.

Після визначення вагових коефіцієнтів та бального оцінювання об’єкта експертизи кожним експертом спочатку, за умови узгодженості думок експертів щодо визначення порівняльної важливості критеріїв, обчислимо середні значення вагових коефіцієнтів

$$\langle \lambda_j \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_{ij}. \quad (24)$$

Потім в метриці Евкліда обчислюються дві відстані

$$d_i^+ = d(\vec{\omega}_i, \vec{p}^+) = \sqrt{\sum_{j=1}^m [\langle \lambda_j \rangle (b_{\max} - b_{ij})]^2} \quad (25)$$

та

$$d_i^- = d(\vec{\omega}_i, \vec{p}^-) = \sqrt{\sum_{j=1}^m [\langle \lambda_j \rangle (b_{\min} - b_{ij})]^2}, \quad (26)$$

де  $\vec{\omega}_i = (\langle \lambda_1 \rangle \cdot b_{i1}, \langle \lambda_2 \rangle \cdot b_{i2}, \dots, \langle \lambda_m \rangle \cdot b_{im})$  – зважена оцінка  $i$ -го експерта.

Якщо при цьому

$$d_i^+ = \min(d_i^+, d_i^-), \quad (27)$$

то за оцінкою  $i$ -го експерта об'єкт експертизи характеризується позитивно, в іншому випадку, коли

$$d_i^- = \min(d_i^+, d_i^-) \quad (28)$$

об'єкт експертизи отримує негативну експертну оцінку.

При цьому вважається, що висновки експертів узгоджені, якщо розбіжність їх бальних оцінок у метриці Кендала не перевищує 0,4.

У випадку неузгодженості оцінок експертів Організатор експертизи призначає обговорення результатів експертизи, яке проводиться з експертами за участю його представника. У випадку, коли один з експертів, висновок якого відрізняється від більшості, може аргументувати свої думки, то Організатор експертизи може прийняти одне з двох рішень: провести повторне експертне оцінювання або врахувати критичні зауваження експерта при складанні експертного висновку для Замовника експертизи. У випадку, якщо цей експерт неспроможний достатньою мірою аргументувати свої думки, то Організатор приймає рішення про його некомпетентність.

У будь-якому випадку узагальнена експертна оцінка, або рейтинг об'єкта експертизи, визначається наступним чином. Спочатку встановлюється узагальнена експертна оцінка об'єкта експертизи з умови забезпечення мінімуму середньоквадратичного відхилення оцінок експертів

$$\sum_{i=1}^n (\bar{b}_i - \langle \bar{b} \rangle)^2 = 0. \quad (29)$$

Звідси узагальнена оцінка є середньоарифметичне значення оцінок експертів

$$\langle \bar{b} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{b}_i, \quad (30)$$

або у координатній формі

$$\langle b_j \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_{ij}; \quad \forall j \in [1, m]. \quad (31)$$

Тоді узагальнена характеристика об'єкта експертизи знову ж таки визначається як найменша відстань від вектора  $\langle \bar{\omega} \rangle = (\langle \lambda_1 \rangle \cdot \langle b_1 \rangle, \langle \lambda_2 \rangle \cdot \langle b_2 \rangle, \dots, \langle \lambda_m \rangle \cdot \langle b_m \rangle)$  до  $d_i^+$  або  $d_i^-$ . При цьому об'єкт експертизи отримує відносну інтегральну оцінку, або рейтинг, що визначається зі співвідношення

$$R = \frac{d(\langle \bar{\omega} \rangle, \bar{p}^-)}{d(\bar{p}^+, \bar{p}^-)} \cdot 100 = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m [\langle \lambda_j \rangle (b_{\min} - \langle b_j \rangle)]^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m [\langle \lambda_j \rangle (b_{\min} - b_{\max})]^2}} \cdot 100. \quad (32)$$

Експертний висновок, оформлений за формою відповідно до чинного законодавства, та рейтинг об'єкта експертизи надаються Замовникові експертизи.

**4. Визначення критеріїв експертного оцінювання.** Однією з важливих складових системи експертного оцінювання інфокомунікаційних систем є сукупність критеріїв, які дозволяють адекватно оцінити її якість. На сьогодні практично відсутні усталені, або загально-прийнятні методи та підходи щодо добору критеріїв, тому нами були розроблені основні вимоги, яким повинні задовольняти критерії та принципи їх групування в залежності від функціональності інфокомунікаційної системи.

**4.1. Методи та принципи вибору критеріїв.** Головними цілями експертизи проектів інформаційних систем є:

- виключення з множини поданих на експертизу об'єктів тих, які не відповідають основним напрямкам та завданням Національної програми інформатизації (цей пункт є актуальним для завдань НПП оскільки вони проходять попередню експертизу);
- оцінка ефективності впровадження проектів інформаційних та інфокомунікаційних систем в якісних (відносних) показниках;
- встановлення можливості використання типових рішень при реалізації проектів.

Оскільки критерії визначають відповідність характеристик об'єкта експертизи заданим умовам, а також слугують досягненню цілей експертизи, то необхідно, щоб критерії та їх оцінки були чітко визначені і сформульовані для забезпечення прийняття об'єктивних остаточних рішень.



Виходячи з цього, необхідно сформулювати загальні вимоги до критеріїв, у вигляді сукупності правил, які мають деяку надлишковість та дозволяють різнобічно висвітлити багатоаспектність підходу системних аналітиків до оцінки придатності критеріїв.

**Правило 1.** Критерій повинен дійсно характеризувати ефективність та якість об'єкта експертизи по можливості прямим, а в разі неможливості – непрямим чином.

**Правило 2.** Критерій має бути легко визначуваним: у кращому випадку у виді деякого математичного виразу чи числового еквівалента, мовних рівнів абстракції, графічних та евристичних інтерпретацій і навіть парадигм.

**Правило 3.** Критерії повинні бути фізично очевидними та мати межі змін, що відповідають фізичному стану характеристик об'єкта експертизи.

**Правило 4.** Критерії повинні дозволяти здійснювати оцінку як окремих частин об'єктів експертизи, так і самих об'єктів у цілому.

**Правило 5.** Критерій має дозволяти здійснювати оцінку ефективності впроваджуваної системи на різних етапах життєвого циклу – від досліджень та розробки до впровадження, подальшої експлуатації та оновлення.

Не всі наведені у правилах вимоги до конструювання та вибору критеріїв вдасться повною мірою задовольнити. Також слід зауважити, що критерій оптимальності функціонування та розвитку об'єкта експертизи повинен забезпечити вибір шляху побудови системи, який дозволив би задовольнити вимоги до неї, не перевищуючи установлений рівень витрат (тобто ресурсних настанов).

**4.2. Вибір та групування критеріїв експертного оцінювання.** Створення, супровід і розвиток сучасних складних інформаційних та інфокомунікаційних систем базується на методології побудови таких систем, як відкритих. Відкриті інформаційні системи створюються в процесі інформатизації всіх основних сфер сучасного суспільства: органів державного управління, фінансово-кредитної сфери, інформаційного обслуговування підприємницької діяльності, виробничої сфери, науки. При створенні і розвитку складних, розподілених інформаційних систем потрібне гнучке формування і застосування гармонізованих сукупностей базових стандартів і нормативних документів різного рівня, виділення в них вимог і рекомендацій, необхідних для реалізації заданих функцій системи. Для уніфікації і регламентування такі сукупності базових стандартів повинні адаптуватися і конкретизуватися стосовно до певних класів проектів, функцій, процесів і компонентів системи. У зв'язку з цим виділилося і сформулювалося поняття профілю інформаційної системи як основного інструмента функціональної стандартизації.

**Профіль** – це сукупність декількох (чи підмножина одного) базових стандартів з чітко визначеними і гармонізованими підмножинами обов'язкових і факультативних можливостей, призначена для реалізації заданої функції або групи функцій.

Профіль формується, виходячи з функціональних характеристик об'єкта стандартизації. Він не повинен суперечити використаним у ньому базовим стандартам і нормативним документам та повинен застосовувати обрані з альтернативних варіантів необов'язкові можливості і значення параметрів у межах припустимих.

Базові стандарти і профілі в залежності від проблемно-орієнтованої області застосування інформаційних систем можуть використовуватися як безпосередньо директивні, керівні чи рекомендаційні документи, а також як нормативна база, необхідна при виборі або розробці засобів автоматизації технологічних етапів процесів створення, супроводження і розвитку інформаційних систем.

Як правило, розглядають дві групи профілів:

1. Регламентуючі архітектуру і структуру інформаційної системи.

2. Регламентуючі процеси проектування, розробки, застосування, супроводження і розвитку системи.

У залежності від області застосування профілі можуть мати різні категорії і відповідно різні статуси затвердження:

– профілі конкретної інформаційної системи, що визначають стандартизовані проектні рішення в межах даного проекту;

– профілі інформаційної системи, призначені для рішення деякого класу прикладних задач.

Слід зауважити, що профілі інформаційних систем уніфікують і регламентують тільки частину вимог, характеристик, показників якості об'єктів і процесів, виділених і формалізованих на

базі стандартів і нормативних документів. Інша частина функціональних і технічних характеристик системи визначається замовниками і розроблювачами творчо.

Використання профілів інформаційних систем дозволяє вирішити наступні задачі:

- підвищення якості компонентів інформаційної системи;
- зниження трудомісткості проектів;
- забезпечення розширюваності і масштабованості розроблюваних систем;
- забезпечення можливості функціональної інтеграції в інформаційну систему задач, що раніш розв'язувались відокремлено;
- забезпечення інтероперабельності, тобто можливості роботи прикладного програмного забезпечення та застосувань на різних програмно-апаратних платформах.

У залежності від того, які з зазначених задач є найбільш пріоритетними, розробляється сукупність стандартів і документів для формування профілю. Актуальність використання профілів інформаційних систем обумовлена сучасним станом стандартизації інформаційних технологій.

Еталонна модель середовища відкритих систем (OSE/RM) визначає поділ будь-якої інформаційної системи на дві складові: застосування (прикладні програми і програмні комплекси) і середовище, в якому ці застосування функціонують. Між застосуваннями і середовищем визначаються стандартизовані інтерфейси – Application Program Interface (API), що є необхідною частиною профілів будь-якої відкритої системи. Крім того, у профілях можуть бути визначені уніфіковані інтерфейси взаємодії функціональних частин одна з одною та інтерфейси взаємодії між компонентами середовища системи. Специфікації виконуваних функцій та інтерфейсів взаємодії можуть бути оформлені у виді профілів компонентів системи. Таким чином, профілі інформаційної системи з ієрархічною структурою можуть містити в собі:

- стандартизовані описи функцій, виконуваних даною системою;
- функції взаємодії системи з зовнішнім для неї середовищем;
- стандартизовані інтерфейси між додатками і середовищем інформаційної системи;
- профілі окремих функціональних компонентів, що входять у систему.

На стадіях життєвого циклу інформаційної системи вибираються і потім застосовуються основні функціональні профілі:

1. Профіль прикладного програмного забезпечення.
2. Профіль середовища інформаційної системи.
3. Профіль захисту інформації в інформаційній системі.
4. Профіль інструментальних засобів, убудованих в інформаційну систему.

Таким чином, профілі інформаційних систем установлюють уніфіковані характеристики та показники якості складових компонентів інформаційних систем та процесів їх проектування, розробки, впровадження та супроводження. Це дозволяє здійснювати єдиний підхід як до впровадження сучасних засобів інформатизації, так і до визначення сукупності критеріїв, за якими слід оцінювати відповідні проекти. Техніко-економічне обґрунтування проекту вміщує детальний зміст проекту, в якому повинні бути відображені основні параметри профілю інформаційної системи, яка проектується. Користуючись вищевикладеним, можна визначити основну групу загальних критеріїв, які повинні використовуватись при експертному оцінюванні більшості проектів інформаційних та інфокомунікаційних систем, а також допоміжні критерії.

Виходячи з огляду традиційних підходів до організації та проведення експертизи можна дійти висновку, що надійність експертного оцінювання залежить від кількості експертів. При чому оптимальним є участь в експертизі декількох десятків експертів, що має наслідком збільшення терміну проведення експертизи до декількох місяців. Такий термін проведення експертизи на сьогодні не є прийнятним. Оптимальний термін (який влаштовує Замовника) проведення експертизи складає 1 – 2 тижні. Виходячи з цього, в статті запропоновано метод проведення експертного оцінювання, який дає прийнятні результати при залученні до участі в експертизі незначної кількості експертів. При цьому для трьох експертів  $\beta \approx 0,3$ , тобто результати експертизи є задовільними, а для п'ятих експертів  $\beta \approx 0,2$ . Крім того запропонований метод експертного оцінювання може визначити найкращий проект інформаційної системи за умови, що Замовнику запропоновано декілька проектів.

Метод проведення експертних оцінок розроблявся на замовлення Держкомзв'язку України та пройшов апробацію при проведенні експертизи завдань проектів Національної програми інформатизації.

На підґрунті цього методу розробляється програмне забезпечення, яке дозволить скоротити терміни проведення експертизи до 1 тижня, тому що метод забезпечує можливість частково-

колегіального опитування експертів. Крім того, в межах такого програмного забезпечення можна здійснювати добір експертів за їх компетентністю, визначатись з важливістю критеріїв та обробляти бальні оцінки експертів.

### **Література**

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 31 серпня 1998 р. № 1352 „Про затвердження Положення про формування та виконання Національної програми інформатизації”.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 лютого 1998 р. № 121 „Про затвердження переліку обов'язкових етапів робіт під час проектування, впровадження та експлуатації систем і засобів автоматизованої обробки та передачі даних”.
3. Закон України „Про наукову і науково–технічну експертизу” від 10 лютого 1995 р., № 51/95-ВР.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 16 лютого 1998 р. № 160 “Про заходи щодо посилення контролю за обґрунтованістю проектів інформатизації діяльності центральних органів виконавчої влади”.
5. Наказ Державного комітету зв'язку та інформатизації України № 97 від 06.06.2003 „Методика визначення належності бюджетних програм до сфери інформатизації”.
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.07.2002 № 1048 “Про затвердження Порядку проведення експертизи Національної програми інформатизації та окремих її завдань (проектів)”.
7. Постанова Кабміну від 18 грудня 2001 р. № 1702 “Про затвердження Порядку формування та виконання галузевої програми і проекту інформатизації”.
8. *Фомин В.Н.* Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. – М.: Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ», изд-во «ЭКМОС», 2002. – 212 с.
9. *Панкова Л.А., Петровский А.М., Шнейдерман М.В.* Организация экспертиз и анализ экспертной информации. – М.: Наука, 1984. – 237 с.
10. *Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.* Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973. – 291 с.
11. *Китаев Н.Н.* Групповые экспертные оценки. – М.: Знание, 1975. – 223 с.
12. *Брахман Т.Р.* Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 264 с.
13. *Мулен Э.* Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели. – М: Мир, 1991. – 253 с.
14. *Литвак Б.Г.* Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 273 с.
15. *Подиновский В.В., Ногин В.Д.* Паретно-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 265 с.
16. *Саати Т., Кернс К.* Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 294 с.
17. *Wei T.H.* The algebraic foundations of ranking theory. – Theses, Cambridge, 1952. – 247 p.
18. *Ротштейн А.П.* Интеллектуальные технологии идентификации. – Винница: Универсум–Винница, 1999. – 262 с.
19. *Charnes A., Cooper W.W.* Management models and industrial applications of line programming, N.Y.: Wiley, 1961. – 315 p.