

О. В. Лагодний, І. П. Мордас, В. О. Павленко

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК ЕКСПЕРТНИХ ДАНИХ ПІД ЧАС ОЦІНЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Відповідно до ст. 8 Закону України “Про державну таємницю” до державної таємниці належить інформація у сфері оборони, економіки, науки й техніки, зовнішніх відносин, державної безпеки та охорони правопорядку. Належність інформації до перерахованих вище сфер реалізує лише необхідні умови її віднесення до секретної. Остаточне рішення в питанні обмеження доступу до інформації приймається з урахуванням оцінки рівня шкоди, що може бути завдана національній безпеці України в разі її розголошення, та доцільності такого рішення з боку державного експерта з питань таємниць. Згідно з вимогами нормативно-правових актів умови віднесення інформації до державної таємниці мають комплексний характер і визначаються за критеріями можливої шкоди національній безпеці України, внаслідок розголошення цієї інформації, та за критеріями доцільності її засекречування.

У ході використання методу експертних оцінок експерт визначає критерії, за якими проводиться оцінювання інформації для визначення рівня шкоди національній безпеці України. Дані критерії ґрунтуються на суб'єктивному судженні експерта, тобто визначенні якісних оцінок інформації. Виходячи із зазначеного вище, експертні методи базуються виключно на оцінках експертів, зроблених щодо об'єкта оцінювання, який вони всебічно вивчили. У такому разі механізм оцінювання інформації залишається чітко не невизначеним та недостатньо дослідженим щодо кількісного оцінювання.

Кількісні оцінки інформації дозволяють об'єктивно визначити рівень шкоди національній безпеці України та мінімізувати рівень суб'єктивізму в ході цього процесу. Результати даної роботи можуть бути реалізовані у вигляді модуля спеціалізованого програмного забезпечення для перевірки рівня компетентності особи, яка бере участь у процедурі оцінювання інформації.

Отже, ефективна та якісна обробка експертних даних значною мірою визначає коректність і правильність виконання експертизи інформації.

Ключові слова: інформація; критерії; експерт; метод; оцінювання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Відповідно до Закону України “Про державну таємницю” експертне оцінювання секретної інформації на даний час є одним із основних методів, який використовується на практиці державними експертами з питань таємниць [1]. Метод експертних оцінок знайшов своє відображення в працях багатьох науковців як найбільш універсальний та найефективніший для проведення аналізу інформації. Його також використовують для вирішення широкого спектра завдань управління, прогнозування, планування в соціології, науці та техніці. Сфера застосування експертного оцінювання постійно розширюється: визначення параметрів і структури складних систем, особливо тих, що не мають достатньої передісторії функціонування

і характеризуються високим рівнем структурно-параметричної невизначеності (складних соціально-економічних систем, систем проєктного менеджменту, систем захисту інформації тощо).

Відсутність загально визнаних формально-теоретичних і методичних положень, що пояснюють механізм формування експертних даних (зокрема і похибок у них) обумовлює той факт, що загальні рекомендації щодо їх обробки, а тим більше у формі програмного продукту, на сьогодні не реалізовані. Спеціаліст, який використовує експертні дані, як правило, сам приймає рішення щодо порядку їх обробки. Математичні методи обробки, що застосовуються, є прийнятними для розуміння даного процесу, а використання більш складних методик обробки потребує отримання додаткової інформації, зазвичай відсутньої. Постає актуальна проблема обробки експертних даних, яка зосереджена тільки на суб'єктивному твердженні особи (осіб) під час оцінювання інформації. Отже, розроблення методу визначення похибок експертних даних у ході оцінювання інформації є актуальним науковим завданням, вирішення якого дасть змогу підвищити точність результатів оцінювання за одночасної мінімізації ступеня суб'єктивізму в одержуваних оцінках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головним питанням практичного застосування поняття “цінність інформації” є знаходження (обчислення) кількісної оцінки її цінності. Дане питання, яке потребує практичного рішення, є актуальним і в наш час, а особливо в сфері оцінювання інформації. Проведенню досліджень у даній сфері присвячено значну кількість наукових публікацій, зокрема, роботи В. В. Єрмошина, О. Г. Пузиренка, О. Є. Архипова, О. Є. Муратова, В. В. Михайлова [2–6] тощо. Проведений аналіз відомих джерел дозволяє стверджувати, що підходи та методи для визначення цінності інформації носять переважно суб'єктивний характер, що обумовлено, зокрема, різноманіттям інформаційних систем, де обробляється або циркулює інформація, яка підлягає оцінюванню, та особливостями прикладних задач, для розв'язку яких вона застосовується. На даний час у працях вітчизняних та закордонних науковців досліджуються питання діяльності експертних груп та застосування експертного оцінювання для розв'язання широкого кола завдань, зокрема прогнозування загроз інформаційній безпеці держави. Аналіз наукових результатів дає можливість їх використання з метою удосконалення методичного забезпечення діяльності експертів (експертних комісій) під час проведення державних експертиз із питань таємниць.

Формулювання завдання дослідження. Найбільш поширеними методами, які ґрунтуються на використанні експертних оцінок, є індивідуальні (персональні) та групові (колективні). Методи індивідуальних експертних оцінок, у свою чергу, діляться на аналітичні експертні оцінки, інтерв'ю, парні порівняння та інші. До методів колективної оцінки, відповідно, належить метод комісії, методи Дельфі та Паттерн тощо.

Вибір методу індивідуальних або колективних експертних оцінок проводиться залежно від типу (виду) оцінюваної інформації та необхідного результату експертизи. Висновки одного експерта складаються із суб'єктивної оцінки інформації, а результати роботи групи експертів визначаються шляхом інтеграції індивідуальних експертних оцінок.

Одним із завдань експертизи інформації є вибір критеріїв оцінювання для формування кінцевого результату. Наприклад, експертизи за методом Дельфі вимагають проведення значної організаційної роботи, що, у свою чергу, дозволяє отримати якісні й надійні результати. З метою підвищення оперативності оброблення експертних даних фахівці надають перевагу простим експертизам, при цьому необхідна якість їх результатів забезпечується проведенням апостеріорної математичної обробки вихідних оцінок. Разом з тим під час оцінювання інформації експерт з державних таємниць (ДТ) визначає рівень потенційної загрози та формує критерії, що може безпосередньо впливати на національну безпеку держави. У зв'язку з тим, що переважну більшість експертиз проводить експерт, а не група експертів, то в таких оцінках присутній високий рівень похибок.

Для усунення даної суперечності між теорією і практикою оцінювання експертних даних необхідно розробити математичний апарат визначення похибок експертних даних у ході оцінювання інформації.

Виклад основного матеріалу. Одним із ключових питань обробки експертних даних є визначення рівня показника компетентності експертів та його урахування для кінцевої обробки висновків експертизи. Для встановлення чисельності експертів у групі можна використати залежність граничної величини ступеня відмінності думок окремих експертів [7]. Є деяка емпірична залежність, яка визначає зв'язок між кількістю експертів у групі E_n та величиною групової середньої похибки G_r (рис. 1).

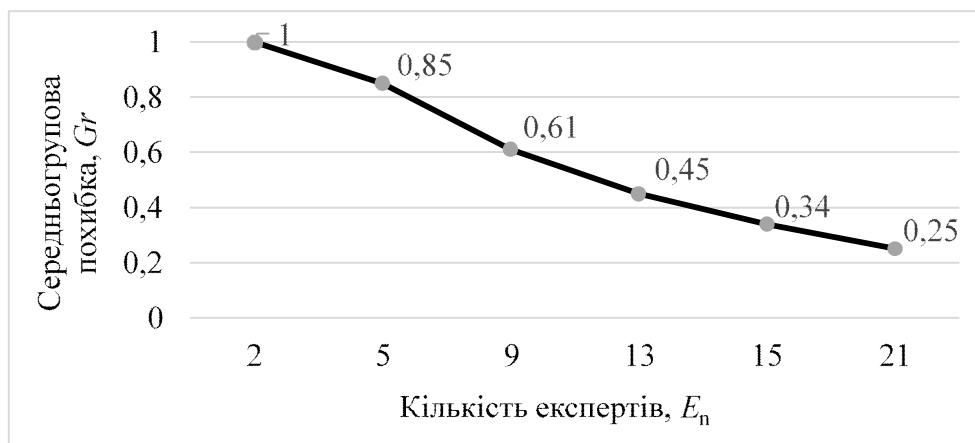


Рис. 1. Залежність величини похибки від кількості експертів

Використання такої залежності на практиці дозволяє обирати мінімально допустиму кількість експертів відповідно до рівня достовірності, який необхідний для прийняття рішень.

Припустимо, що мета експертизи – визначення рівня важливості інформації, яка міститься в досліджуваних об'єктах, наданих для експертизи, наприклад, трьох: $П_1, П_2, П_3$. Кожен із них експерти E_1, \dots, E_n оцінюють у кількісній шкалі $0, \dots, L$ балів. Найбільш критичному оцінюваному об'єкту присвоюється максимальна кількість балів. За результатами групової експертизи кожний з об'єктів отримує певну суму балів [8]

$$Q_i = \sum_{i=1}^n q_{ii} \quad (1)$$

або відповідний середній бал

$$q_{it} = \frac{1}{n} = \sum_{i=1}^n q_n = \frac{1}{n} Q, \quad (2)$$

де q_{it} – оцінка, яку дав експерт E_i , $i = \overline{1, n}$, досліджуваному об'єкту Π_t , $t = \overline{1, 3}$.

Якщо до уваги не приймати рівні компетенції експертів, важливим буде об'єкт експертизи з найбільшою сумою балів Q або з найвищим середнім балом \bar{q} .

Врахування компетентності експертів у подібній ситуації найчастіше реалізується шляхом введення спеціальних вагових коефіцієнтів ω_i , значення яких залежать від рівня компетенції C_i відповідного експерта. Звичайно, на сукупність вагових коефіцієнтів накладається так звана "вимога незміщеності"

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1, \quad (3)$$

зміст якої полягає в тому, що в разі, коли всі експерти дали об'єкту оцінювання однакову оцінку q , зважений середній бал збігається із цією ж оцінкою:

$$\bar{q}_t = \sum_{i=1}^n \omega_i q_{it} = q \sum_{i=1}^n \omega_i = q. \quad (4)$$

Щоб вага ω_i залежала від C_i й одночасно виконувалася вимога незміщеності (3), значення ω_i розраховуємо за формулою

$$\omega_i = \frac{C_i}{\sum_{j=1}^n C_j}. \quad (5)$$

Зазначимо, що середньозважений бал \bar{q}_t можна знайти за такою формулою:

$$e_{ij} = (z_{ij} - med_i) / l_{max}, \quad (6)$$

де $Q_t^{(k)}$ – сумарний бал, отриманий t -м об'єктом із врахуванням рівня компетентності C_i , $i = \overline{1, n}$.

Рішення у визначенні рівнів компетентності експертів полягає в суміщенні обох наведених вище методів шляхом побудови моделі компетентності експертів, яка пов'язує оцінки усередненої компетентності Z_i з об'єктивними документованими даними про експертів. При цьому вважаємо, що

$$\bar{Z} = C + \xi, \quad (7)$$

де ξ – суб'єктивна похибка в оцінці рівня компетентності експерта. Визначаємо рівень компетенції відповідного експерта за формулою

$$C = \bar{Z} - \xi, \quad (8)$$

де C – значення рівня компетенції відповідного експерта.

Після підстановки у вираз (7) $\bar{Z} = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k + \xi$ останній набуває форми лінійної регресії, єдиною відмінністю якої від раніше розглянутих є гетероскедастичність залежної змінної \bar{Z} , тобто несталість її дисперсії оцінок $D\{\bar{Z}\}$. Після розрахунків дисперсії оцінок $Z_i, i = 1, n$, отриманих кожним з експертів за виразом

$$D\{\bar{Z}\} = \sigma_z^2 \approx \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [Z(E_j) - Z_i]^2, \quad (9)$$

можна переконатися, що вони мають розбіжності. Відповідні дисперсії усереднених значень у n разів менші, однак відносний рівень розбіжності даних значень залишиться без змін. Вектор регресійних коефіцієнтів у цьому разі оцінюється за формулою

$$\tilde{A} = (X^T W X)^{-1} X^T W Z, \quad (10)$$

де W – вагова матриця, $W = D^1$,

$$D = \begin{pmatrix} D\{\bar{Z}_1\} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & D\{\bar{Z}_2\} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & D\{\bar{Z}_n\} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Інший спосіб розрахунку вектора \tilde{A} є переходом до зваженої регресії [9]:

$$V = a_1u_1 + a_2u_2 + \dots + a_ku_k + v, \quad (12)$$

коефіцієнти якої обчислюються звичайним методом найменших квадратів із перевизначеної системи зважених рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\bar{Z}_1}{\sqrt{D\{\bar{Z}_1\}}} = a_1 \frac{x_{11}}{\sqrt{D\{\bar{Z}_1\}}} + \dots + a_k \frac{x_{1k}}{\sqrt{D\{\bar{Z}_1\}}} + \frac{\xi_1}{\sqrt{D\{\bar{Z}_1\}}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\bar{Z}_n}{\sqrt{D\{\bar{Z}_n\}}} = a_1 \frac{x_{n1}}{\sqrt{D\{\bar{Z}_n\}}} + \dots + a_k \frac{x_{nk}}{\sqrt{D\{\bar{Z}_n\}}} + \frac{\xi_n}{\sqrt{D\{\bar{Z}_n\}}} \end{cases}. \quad (13)$$

Враховуючи, що $\sqrt{D\{\bar{Z}_i\}} = \sqrt{\frac{1}{n} D\{Z_i\}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma_{z_i}$, де множник $\frac{1}{\sqrt{n}}$ можна винести з-під радикала, у знаменниках системи (13) отримуємо зважування вихідних даних у векторно-матричній формі:

$$V = T^{-1} \bar{Z} = \begin{vmatrix} \bar{Z}_1 / \sigma_{Z1} \\ \dots \\ \bar{Z}_n / \sigma_{Zn} \end{vmatrix}; \quad (14)$$

$$U = T^{-1} X = \begin{vmatrix} x_{11} / \sigma_{Z1} & \dots & x_{1k} / \sigma_{Z1} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} / \sigma_{Zn} & \dots & x_{nk} / \sigma_{Zn} \end{vmatrix}; \quad (15)$$

$$T = T^T = \begin{vmatrix} \sigma_{Z1} & 0 \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{Z2} \dots & 0 \\ 0 & 0 \dots & \sigma_{Zn} \end{vmatrix}; \quad (16)$$

$$T^{-1} = \begin{vmatrix} 1 / \sigma_{Z1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 / \sigma_{Z2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 / \sigma_{Zn} \end{vmatrix}. \quad (17)$$

Після зважування елементи вектора $V^T = [v_1, v_2, \dots, v_n]$ мають однакову дисперсію, тобто це гомоскедастична змінна, а коефіцієнти регресії (12) визначають як традиційні оцінки методу найменших квадратів [10, 11]:

$$\tilde{A} = (U^T U)^{-1} U^T V. \quad (18)$$

Після побудови моделі залежності рівня компетентності експертів від їх особових документованих даних можна визначити відповідні набори значень регресорів $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}]$ та знайти оцінки компетентності $\tilde{C}_i = X_i \tilde{A}$ експертів E_i , $i = \overline{1, n}$. Наступним кроком проводимо розрахунки результатів експертизи, тобто знаходимо q_t або $Q_i^{(k)}$, $t = \overline{1, 3}$, зважаючи на важливість кожного з об'єктів експертизи.

Проаналізувавши результати експертних технологій, які використовують для оцінювання рівня шкоди, заподіяної внаслідок розголошення інформації, доцільно зосередитися на методі колективної експертизи – багатооб'єктній експертизі (БОЕ). У ній бере участь група з N експертів, кожен з яких здійснює індивідуальну експертизу M об'єктів, що складають відповідну сукупність. Отримані в ході індивідуальних експертиз підмножини з M експертних оцінок зводяться в загальну матрицю даних, які підлягають подальшій спільній обробці [12]:

$$Z = [Z_{ij}] = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1N} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{M1} & Z_{M2} & \dots & Z_{MN} \end{bmatrix} = [Z_1, Z_2, \dots, Z_N]. \quad (19)$$

Особливістю БОЕ є достатньо великі обсяги M об'єктів, що підлягають експертизі, з урахуванням критеріїв, які визначаються для оцінювання інформації. Прикладом БОЕ є робота постійно діючих груп експертів (комісій), що є фахівцями у визначеній сфері, вони проводять експертизу конкретного класу інформації.

Застосовуючи принцип кластерного аналізу [13], введемо поняття образу експерта як деякої точки $Z_j = [z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{Mj}]^T$, $j = \overline{1, N}$, у M -вимірному просторі результатів БОЕ. У разі повного збігу оцінок експертів їхні образи однакові, тобто всі результати експертизи будуть описані єдиною точкою в просторі результатів БОЕ. Наявні помилки експертів призводять до розсіювання точки в хмару (кластер), щільність якої неоднорідна і зазвичай максимальна в області, що прилягає до центра кластера з координатами $Z_0 = [z_{10}, z_{20}, \dots, z_{M0}]^T$, визначеними співвідношенням [14]:

$$Z_0 = \operatorname{argmin}_{Z_j, Z_0 \in R^M} \sum_{j=1}^N r_j(Z_j, Z_0), \quad (20)$$

де $r_j(Z_j, Z_0)$ – відстань між образом j -го експерта і центром Z_0 кластера в M -вимірному просторі R^M результатів БОЕ. У разі використання для знаходження $r_j(Z_j, Z_0)$ евклідової метрики

$$r_j = r_j(Z_j, Z_0) = \left[\sum_{i=1}^M (z_{ij} - z_{i0})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (21)$$

мінімізація співвідношення (20) досягається за

$$z_{i0} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N z_{ij}. \quad (22)$$

Наявність аномальних даних у рядках матриці Z спричиняє зміщення оцінок (22), у зв'язку з чим більш надійний результат (за ймовірної наявності так званих “аномальних” експертів (АЕ) дає застосування медіанних такого вигляду:

$$z_{i0} = \operatorname{med}(Z_1) = \operatorname{med}(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{iN}). \quad (23)$$

У разі відсутності АЕ справедливе припущення про рівність нулю математичних сподівань помилок експертизи $\mu\{E_j\} = 0$, $j = \overline{1, N}$, що підтверджує виконання рівності $\mu\{Z_0\} = X_0 = [x_{10}, x_{20}, \dots, x_{M0}]^T$ і дозволяє обґрунтувати гіпотезу незміщеності середньогрупових експертних оцінок:

$$\mu\{\bar{Z}_i\} = \mu\left\{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Z_{ij}\right\} = \frac{1}{N} \mu\left\{\sum_{j=1}^N (x_{i0} + e_{ij})\right\} = \frac{1}{N} (Nx_{i0}) = x_{i0}. \quad (24)$$

Метризація віддаленості образів експертів від центра Z_0 дозволяє подати в інтегрованій формі інформацію про помилки кожного з експертів і допускає можливість існування шкального перетворення $c_j = f(r_j)$, що забезпечує взаємооднозначне відображення елементів множини R ($r_j \in R, j = \overline{1, N}$) у відповідні оцінки компетентності експертів $f: R \rightarrow C; c_j \in C$.

Розглянемо досить розповсюджену на практиці процедуру БОЕ, у якій використовується бальне оцінювання.

Якщо процедура БОЕ полягає в оцінюванні кожного з об'єктів експертизи в бальній шкалі $0, 1, 2, \dots, l_{\max}$, тобто $z_{ij} \in \{0, 1, \dots, l_{\max}\} = L$, то теоретично можливими мінімальними й максимальними значеннями $r \in r_{\min} = 0$ і $r_{\max} = l_{\max} \sqrt{M}$. Підставивши у вираз (21) нормуючі множники $1/l_{\max}$ та $1/\sqrt{M}$, отримуємо формулу для обчислення нормованої відстані образу j -го експерта від центра кластера Z_0 :

$$r_{mj} = r_j (l_{\max} \sqrt{M}). \quad (25)$$

Нормована відстань не залежить від кількості M об'єктів, що підлягають експертизі, і кількості визначень бальної шкали, тобто від $\max l$, будучи індивідуалізованою оцінкою експерта, що враховує тільки величину і характеристики розподілу помилок експерта. Досвід практичної роботи з даними БОЕ свідчить, що значення $r_H \leq 0,2$ характерні для експертів досить високої кваліфікації, значення $r_H \geq 0,3 \dots 0,35$ вказують на присутність аномальних даних в оцінках експерта, область значень $0,2 \leq r_H \leq 0,3 \dots 0,35$ відповідає образам експертів, що мають відносно невисокий рівень професійної підготовки, нерівномірно проводять експертизу і допускають у своїх оцінках суттєві помилки. Типовий розподіл сукупності значень r_H для групи експертів наведено на (рис. 2).

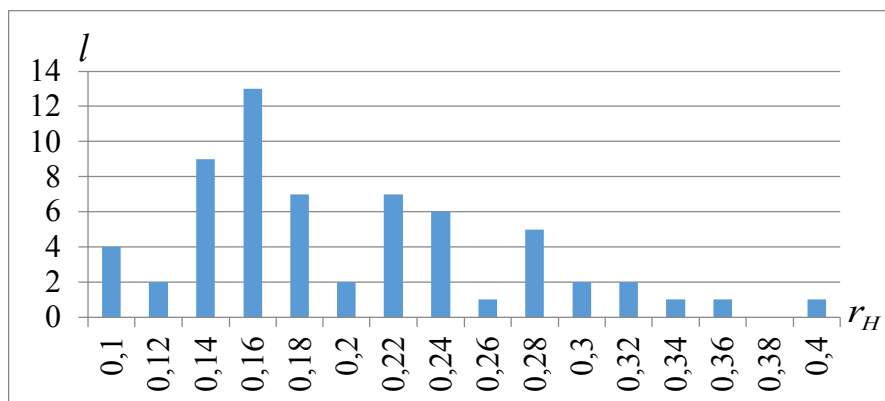


Рис. 2. Типовий розподіл сукупності

Наприклад, форма залежності $c = f(r_H)$ може бути близька до східчастої (релейної),

що дозволяє розв'язати задачу визначення неналежної кваліфікації фахівців і аномальних експертів. Альтернатива – залежність $c = f(r_H)$, яка задає досить гладке й плавне (майже лінійне) перетворення у відносно широкому діапазоні значень r_H . Зокрема, подібну характеристику шкальному перетворенню забезпечують такі значення параметрів: $b_0 = 15$, $B = 0,967$. У цьому разі безпосереднє виявлення й виключення з обробки даних АЕ відсутнє, однак у ході обробки із введенням вагових коефіцієнтів, пропорційних компетентності експертів, ефективність оцінки, наданої експертом, наближається до нуля, за умови $r_H > 0,4$.

Завдання параметрів шкального перетворення містить істотний суб'єктивний момент та визначається: цілями перетворення, особливостями прийнятої моделі розподілу похибок оцінок експертизи, застосуванням способом кількісного оцінювання рівня компетентності (бальна шкала, шкала з однобічним обмеженням, шкала із двобічним обмеженням).

Величина і характер помилок, які допускаються експертом у ході експертизи, визначаються винятково рівнем його компетентності, що робить правомірним припущення, відповідно до якого оцінка компетентності j -го експерта може бути знайдена безпосередньо з відомостей про характеристики його помилок, зокрема, з вибірових моментних характеристик послідовності $E_j = \{e_{1j}, e_{2j}, \dots, e_{Mj}\}$. Розрахунки, виконані для реальних даних, показали обґрунтованість даного припущення. Оцінки компетентності, знайдені для сукупності експертів, визначено шляхом перерахування оцінок $r_{H,j}$ за формулою

$$c = f(r_H) = (0,033e^{15r} + 0,967)^{-1}, \quad (26)$$

одержаною із загального співвідношення (20) після підстановки в нього параметрів $b_0 = 15$, $B = 0,967$. Результати практично збігаються з оцінками компетентності для цих же експертів, обчисленими за апроксимуючою моделлю:

$$c(x_1, x_2, x_3) = 1 - 11,6x_3 = 50x_1x_3 + 40x_2^2, \quad (27)$$

де x_1, x_2, x_3 – відповідно вибірові оцінки моментних характеристик послідовності E_j : середнього \bar{e} , дисперсії σ^2 і другого початкового моменту v_2 , – розраховані за даними експертизи, виконаної кожним експертом.

Вираз (27) дає можливість кількісно оцінити рівні компетентності кожного з експертів, що брали участь у БОЕ, не вдаючись до попереднього обчислення нормованої відстані r_H . Для відповідного j -го експерта вектора оцінок погрешностей експертизи E_j , $j = \overline{1, N}$, на першому етапі обчислюють вибірові значення моментних характеристик \bar{e}, σ^2, v_2 (змінних x_1, x_2, x_3), на другому за формулою (27) розраховують відповідні рівні компетентності.

Розрахунок елементів вектора E_j проводять за формулою

$$e_{ij} = (z_{ij} - med_i) / l_{max}, \quad (28)$$

де med_i – медіана i -го рядка матриці Z (19).

Модель (27) – звичайна лінійна (за параметрами) регресія, побудована за даними, отриманими в ході обробки результатів експертизи (19).

Розглянемо нижче приклад побудови апроксимуючої моделі за такою методикою.

Характеристики похибок певного моменту часу в оцінках експертів утворюють матрицю $X = [X_1, X_2, X_3]$ незалежних змінних, $X_t = [x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tN}]^T$, $t=1,2,3$, де $[\dots]^T$ – символ транспонування. Зокрема, характеристики певного моменту часу $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{3j}$ j -го експерта утворюють j -й рядок матриці X . Розраховані за тими ж вихідними даними (матриця Z) за допомогою формул (21), (26) значення компетентностей c_j , $j = \overline{1, N}$, утворюють вектор C значень залежної змінної. На базі сформованої у такий спосіб розширеної матриці даних $[C, X_1, X_2, X_3]$ із застосуванням методів та прийомів регресійного аналізу (зокрема, крокової регресії для підбору структури регресії та методу найменших квадратів для обчислення регресійних коефіцієнтів) будується модель (27).

Висновки. Імовірність виникнення суб'єктивних помилок, що впливають на кінцевий результат в індивідуальних (персональних) експертних оцінках, вимагає застосування методу групових (колективних) експертиз, що, у свою чергу, обумовлює необхідність розроблення спеціальних методик обробки даних групових експертиз. Запропонована методика передбачає визначення індивідуальних рівнів компетентності задіяних експертів, у зв'язку з чим виникає потреба в проведенні додаткового визначення критеріїв оцінки інформації.

Набув подальшого розвитку метод комплексного визначення похибки оцінювання рівня небезпеки загрози за даними експертної оцінки, що дозволяє підвищити точність результатів оцінювання за одночасної мінімізації ступеня суб'єктивізму в одержаних результатах. Запропонований метод визначення похибок експертних даних у ході оцінювання інформації на практиці дозволяє підвищувати точність отримуваних результатів. При цьому мінімізація ступеня суб'єктивізму в одержуваних оцінках досягається за рахунок визначення компетентності рівня експертів під час проведення процедури оцінювання інформації.

Запропонований метод визначає рівень компетентності експертів, який ґрунтується на оцінці суб'єктивних похибок, що дозволяє підвищити ефективність проведення БОЕ інформації.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Про державну таємницю: Закон України станом на 24 листопада 2021 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-12> (дата звернення: 01.09.2021).
2. Єрмошин В. В., Невоїт Я. В. Аналіз і оцінка ризиків інформаційної безпеки для банківських та комерційних систем // Сучасний захист інформації. 2014. № 4. С. 12–22.
3. Методика кількісно-якісного аналізу та визначення рівня інформаційної безпеки / О. Г. Пузиренко, О. Ю. Іохов, О. М. Горбов, І. В. Кузьминич // Системи озброєння і військова техніка. 2013. № 1. С. 123–128.
4. Архипов О. Є., Касперський І. П. Застосування методології передбачення для оцінювання шкоди, заподіяної витоком секретної інформації // Правове, нормативне та

метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Київ. 2007. Вип. 2 (15). С. 13–19.

5. Муратов О. Є. Важливість інформації та шкода від втрати інформації у питаннях забезпечення інформаційної безпеки організації // Зб. матеріалів наук.-практ. конф. "Актуальні проблеми управління інформаційною безпекою держави". (17 березня 2010 р., м. Київ). Київ : НВВ НА СБ України, 2010. С. 66–69.

6. Михайлов В. В., Муратов О. Є. Запобігання шкоди національній безпеці України – передбачений законодавством привід до засекречування інформації // Зб. тез доповідей ІV наук.-практ. конф. "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні". (1–3 березня 2006 р.). Київ : ЕКМО, 2006. С. 31.

7. Афоничкин А. И., Михаленко Д. Г. Управленческие решения в экономических системах : учебн. для вузов. Санкт-Петербург : Питер, 2009. 480 с.

8. Петренко С. А., Симонов С. В. Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность. Москва : ДМК Пресс, 2004. 308 с.

9. Литвак Б. Г. Разработка управленческого решения. Москва : Дело, 2000. 392 с.

10. Багатокритерійні математичні моделі ситуаційного управління та самоорганізація у складних інформаційних системах : монографія / О. В. Лагодний та ін. Житомир : ПП "Рута", 2016. 232 с.

11. Лагодний О. В., Писарчук О. О., Міхеев Ю. І. Статистичний аналіз активності тематичного контенту в мережі Інтернет для прогнозування розвитку інформаційних загроз // *Trajectoria Nauki = Path of Science*. 2017. Vol. 3, No. 8. P. 3011–3019. URL: <http://pathofscience.org/index.php/ps/article/view/376>. ISSN 2413-9009. DOI: 10.22178/pos.25-2

12. Архипов О. Є., Архипова А. С. Оцінювання якості роботи експертів за даними багатооб'єктної експертизи // *Захист інформації*. 2011. № 4 (53). С. 45–54.

13. Архипов А. Е., Архипова С. А., Носок С. А. Технологии экспертного оценивания в задачах защиты информации // *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2005. № 2. С. 89–94.

14. Архипов А. Е., Архипова С. А., Носок С. А. Применение кластерного анализа для структурирования данных экспертного опроса // *Адаптивные системы автоматического управления*. 2003. № 6 (26). С. 55–61.

Стаття надійшла до редакції 24.11.2021.

REFERENCES

1. Pro derzhavnu taiemnytsiu : Zakon Ukrainy stanom na 24 lystopada 2021 roku [On State Secrets: Law of Ukraine as of November 24, 2021]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3855-12> [in Ukrainian].

2. Yermoshyn, V. V., & Nevoit, Ya. V. (2014). Analiz i otsinka ryzykiv informatsiinoi bezpeky dlia bankivskykh ta komertsiinykh system [Analysis and assessment of information security risks for banking and commercial systems]. *Suchasnyi zakhyst informatsii [Modern information protection]*, 4, 12–22 [in Ukrainian].

3. Puzyrenko, O. H., Iokhov, O. Yu., Horbov, O. M., & Kuzmynych, I. V. (2013). Metodyka kilkisno-iakisnoho analizu ta vyznachennia rivnia informatsiinoi bezpeky [Methods of

quantitative-qualitative analysis and determination of the level of information security]. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika [Weapons systems and military equipment]*, 1, 123–128 [in Ukrainian].

4. Arkhypov, O. Ye., & Kasperskyi, I. P. (2007). Zastosuvannia metodolohii peredbachennia dlia otsiniuvannia shkody, zapodiianoii vytkom sekretnoi informatsii [Application of prediction methodology for assessing the damage caused by leakage of classified information]. *Pravove, normatyvne ta metrolohichne zabezpechennia systemy zakhystu informatsii v Ukraini [Legal, regulatory and metrological support of the information protection system in Ukraine]*, 2 (15), 13–19 [in Ukrainian].

5. Muratov, O. Ye. (2010). Vazhlyvist informatsii ta shkada vid vtraty informatsii u pytanniakh zabezpechennia informatsiinoi bezpeky orhanizatsii [Importance of information and harm from loss of information in matters of information security of the organization]. In *Zb. materialiv nauk.-prakt. konf. "Aktualni problemy upravlinnia informatsiinoiu bezpekoiu derzhavy" [Coll. materials of scientific practice conf. "Current issues of information security management of the state"]*. Kyiv, March 17, 2010. (pp. 66–69). Kyiv: NASSU [in Ukrainian].

6. Mykhailov, V. V., & Muratov, O. Ye. (2006). Zapobihannia shkody natsionalnii bezpetsi Ukrainy – peredbachenyi zakonodavstvom pryvid do zasekrechuvannia informatsii [Prevention of damage to the national security of Ukraine - a reason provided by law for the secrecy of information]. In *Zb. tez dopovidei IV nauk.-prakt. konf. "Pravove, normatyvne ta metrolohichne zabezpechennia systemy zakhystu informatsii v Ukraini" [Coll. abstracts of reports IV scientific-practical conf. "Legal, regulatory and metrological support of the information protection system in Ukraine"]*. Kyiv, March 1–3, 2006. (P. 31). Kyiv: EKMO [in Ukrainian].

7. Afonichkin, A. I., & Mikhalenko, D. G. (2009). *Upravlencheskie resheniia v ekonomicheskikh sistemakh [Management decisions in economic systems]*. Saint Petersburg [in Russian].

8. Petrenko, S. A., & Simonov, S. V. (2004). *Upravlenie informatsionnymi riskami. Ekonomicheski opravdannaia bezopasnost' [Information risk management. Economically justified security]*. Moscow [in Russian].

9. Litvak, B. G. (2000). *Razrabotka upravlencheskogo resheniia [Development of a management solution]*. Moscow [in Russian].

10. Lahodnyi, O. V. et al. (2016). *Bahatokryteriini matematychni modeli sytuatsiinoho upravlinnia ta samoorhanizatsiia u skladnykh informatsiinykh systemakh [Multicriteria mathematical models of situational management and self-organization in complex information systems]*. Zhytomyr [in Ukrainian].

11. Lahodnyi, O. V., Pysarchuk, O. O., & Mikhieiev, Yu. I. (2017). Statystychnyi analiz aktyvnosti tematychnoho kontentu v merezhi Internet dlia prohnozuvannia rozvytku informatsiinykh zahroz [Statistical analysis of the activity of thematic content on the Internet to predict the development of information threats]. *Traektoriâ Nauki = Path of Science [Trajectory of Science = Path of Science]*, Vol. 3, № 8, 3011–3019. <https://doi.org/10.22178/pos.25-2> [in Ukrainian].

12. Arkhypov, O. Ye., & Arkhypova, A. C. (2011). Otsiniuvannia yakosti roboty ekspertiv za danymy bahatoob'iektnoi ekspertyzy [Evaluation of the quality of work of experts according to the data of multi-object examination]. *Zakhyst informatsii [Information protection]*, 4 (53), 45–54 [in Ukrainian].

13. Arkhipov, A. E., Arkhipova, S. A., & Nosok, S. A. (2005). Tekhnologii ekspertnogo otsenivaniia v zadachakh zashchity informatsii [Expert evaluation technologies in information security problems]. *Informatsiini tekhnologii ta komp'iuterna inzheneriia [Information technologies and computer engineering]*, 2, 89–94 [in Russian].
14. Arkhipov, A. E., Arkhipova, S. A., & Nosok, S. A. (2003). Primenenie klasternogo analiza dlia strukturovaniia dannykh ekspertnogo oprosa [Application of cluster analysis for structuring expert survey data]. *Adaptivnye sistemy avtomaticheskogo upravleniia [Adaptive systems of automatic control]*, 6 (26), 55–61 [in Russian].

O. V. Lahodnyi, I. P. Mordas, V. O. Pavlenko

METHOD FOR DETERMINING ERRORS IN EXPERT DATA DURING EVALUATION OF INFORMATION

According to art. 8 the Act of Ukraine “On State secrets” includes information on defence, the economy, science and technology, foreign relations, state security and law enforcement. The inclusion of information in the above-mentioned are as realizes only the necessary conditions for classifying such information as secret. The final decision on restricting access to information shall be taken on the basis of an assessment of the level of damage that may be caused to the national security of Ukraine in the event of the disclosure of information, and the appropriateness of such a decision on the part of the State expert on secrecy. In accordance with the requirements of the laws and regulations, the conditions for classifying information as a State secret are complex and are determined on the basis of the criteria for possible damage to the national security of Ukraine as a result of the disclosure of such information, and the criteria for secrecy.

When using the expert assessment method, the expert determines the criteria by which the information is evaluated to determine the level of damage to Ukraine’s national security. These criteria are based on the expert’s subjective judgement, that is, the determination of qualitative estimates of information. On the basis of the above, expert methods are based solely on the assessments made by experts on the object of assessment, which they have thoroughly examined. In such a case, the way information is evaluated remains clearly uncertain and not sufficiently quantified.

Quantitative assessments of the information make it possible to objectively assess the level of harm to Ukraine’s national security and to minimize the level of subjectivity during this process. The results of this work can be implemented in the form of a specialized software module to determine the level of competence of the person participating in the information assessment procedure.

So, efficient and high-quality processing of expert data to a large extent determines the correctness and correctness of the information analysis.

Keywords: *information; criteria; expert; method; evaluation.*