

УДК 001.89

М. О. Ніколаєв, С. В. Бєлай, С. А. Бабак

ПІДХОДИ ДО РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ ІНТЕРАКТИВНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Розглянуто варіанти побудови алгоритмів аналізу вихідних даних в інтерактивних системах оцінки науково-дослідної діяльності суб'єктів наукової роботи.

Постановка проблеми. Вирішення проблем стосовно оцінки науково-дослідної діяльності (НДД) суб'єктів наукової роботи (СНР) органічно пов'язане із заходами щодо впровадження новітніх інформаційних технологій у систему управління науковою діяльністю, передбаченими Програмою реформування в системі МВС України наукової та науково-технічної діяльності.

Дослідження методології застосування математичних підходів у процесі оцінювання НДД СНР – актуальна і важлива задача, вирішення якої спрямоване на підвищення ефективності наукової діяльності ВНЗ, а також необхідна умова порівняльної оцінки наукової роботи структурних підрозділів ВНЗ у визначені терміни. При цьому аналіз ефективності наукової діяльності потребує оброблення надзвичайно великого обсягу інформації, склад якої визначається багатьма факторами, а саме структурою організації НДД у ВНЗ, спрямованістю досліджень, складністю порівнювання вибраних показників по різних підрозділах (кафедрах), відсутністю єдиних показників оцінки НДД СНР, що знаходять відображення у відповідних планах і звітах. За таких доволі складних умов оцінювання наукової діяльності неможливо або надзвичайно важко забезпечити цілком автоматизовану оцінку результатів НДД СНР. Виходом із цього становища може бути використання інтерактивної системи, в якій передбачається участь кваліфікованих фахівців на окремих етапах оцінювання, після чого система може вирішувати поставлену задачу самостійно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам щодо оцінювання НДД присвячено значну кількість наукових праць [1–6 та ін.], в яких розглядаються вельми специфічні підходи до оцінок, які не відображають достатньою мірою основні види і форми НДД у ВНЗ.

Метою статті є визначення підходів до розробки алгоритмів оброблення вихідних даних в інтерактивних системах оцінювання наукової діяльності СНР ВНЗ. При цьому розглядаються можливості використання методів експертного оцінювання на основі інформаційних критеріїв, таксономії та аналізу ієрархій для розроблення відповідних алгоритмів оцінювання.

Виклад основного матеріалу. Експертне оцінювання використовується, як правило, для обґрунтованих оцінок в умовах недостатньої кількості вихідних даних. Основою методів експертного оцінювання наукової діяльності є одержання необхідної інформації від кваліфікованих спеціалістів та узагальнення індивідуальних оцінок експертів для об'єктивного оцінювання НДД СНР. При цьому узагальнені оцінки за результатами експертизи можуть бути більш достовірними.

Розробка методів експертного оцінювання НДД на основі інформаційних критеріїв становить певний науковий і особливо практичний інтерес при розробленні інтерактивних систем оцінювання НДД СНР у ВНЗ взагалі та в Академії внутрішніх військ МВС України зокрема [7–10].

Склад групи експертів, яка надає порівняльну оцінку НДД СНР, повинен бути достатньо компетентним у галузі оцінювання і мати значний досвід практичної роботи. Умови праці експертів повинні виключати можливість психологічного впливу на індивідуальну думку кожного з них та на їх взаємне переконання. Експертна група повинна мати раціональну кількість експертів N тому, що при малому N виявляється надмірний вплив оцінок кожного експерта, а при великому N важко виробити спільну думку [11].

Взагалі експертне оцінювання з огляду на різноманітні фактори має випадковий характер, а оброблення експертної інформації проводиться за допомогою методів математичної статистики. У зв'язку з цим для вирішення поставленого завдання можна скористатися підходом, який запропоновано у [12] для задач прогнозування.

Для можливої експертної оцінки деякого показника НДД x_n , розподіленої за гаусевим законом із густиною ймовірності

© М. О. Ніколаєв, С. В. Бєлай, С. А. Бабак

$$W(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} \exp\left[-\frac{(x_n - m_n)^2}{2\sigma_n^2}\right], \quad (1)$$

де m_n, σ_n^2 – математичне сподівання і дисперсія розподілу оцінки показника, кількість розрізняювальної інформації (дивергенція Кульбака [13, 14]) щодо визначення оцінки наукової діяльності СНР і порівняно з визначенням оцінки СНР j буде виражатися залежністю

$$J_{ij}(x_n) = \int_{-\infty}^{\infty} W_i(x_n) \ln \frac{W_i(x_n)}{W_j(x_n)} dx_n + \int_{-\infty}^{\infty} W_j(x_n) \frac{W_j(x_n)}{W_i(x_n)} dx_n. \quad (2)$$

Дивергенція має такі досить корисні для визначення оцінок НДД властивості:

$$\left. \begin{aligned} J_{ij} &> 0 \text{ при } i \neq j; \\ J_{ij} &= 0 \text{ при } i = j; \\ J_{ij} &= J_{ji}; \\ J_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \sum_{k=1}^n J_{ij}(x_k); \\ J_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq J_{ij}(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Концепція дивергенції являє собою ефективний спосіб упорядкування і вибору показників НДД. Адитивність дивергенції [у виразі (3) четверта властивість] означає, що при незалежності вимірів дивергенція, визначена за результатами n вимірів, дорівнює сумі n дивергенцій, визначених за результатами кожного окремого виміру. Цю властивість можна використовувати для оцінювання відносної важливості кожного з показників НДД. Показники, яким відповідають великі значення дивергенції, є більш важливими для оцінки НДД СНР, тому що вони несуть більше розрізняювальної інформації. Таким чином, ранг важливості кожного показника можна встановити, виходячи зі значення відповідної йому дивергенції. Показником НДД, внесок якого в сумарну дивергенцію невеликий, можна знехтувати.

Після підстановки виразу (1) у (2) одержимо вираз для дивергенції, яка залежить від параметрів розподілу,

$$J_{ij} = \frac{\sigma_i^2}{2\sigma_j^2} + \frac{\sigma_j^2}{2\sigma_i^2} + \frac{(m_j - m_i)^2}{2\sigma_j^2} \left(1 + \frac{\sigma_i^2}{\sigma_j^2}\right) - 1, \quad (4)$$

$$m_{i,j} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_{i,j}, \quad \sigma_{i,j}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N \left(x_{i,j} - \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_{i,j}\right)^2,$$

де $x_{i,j}$ є оцінкою, яка визначається кількістю N експертів за бальною шкалою. При цьому “вага” експертам не надається.

На підставі наведених у виразі (3) властивостей дивергенції за даними індивідуальних експертних оцінок складається квадратична матриця розміром $i \times j = k \times k$

$$A \equiv |J_{ij}| \equiv \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & \dots & J_{1k} \\ J_{21} & J_{22} & \dots & J_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ J_{k1} & J_{k2} & \dots & J_{kk} \end{bmatrix}, \quad i, j \geq 3, \quad (5)$$

що має нульову головну діагональ. При цьому, як видно із властивостей дивергенції (3), розмір матриці повинен бути не менше ніж 3×3 .

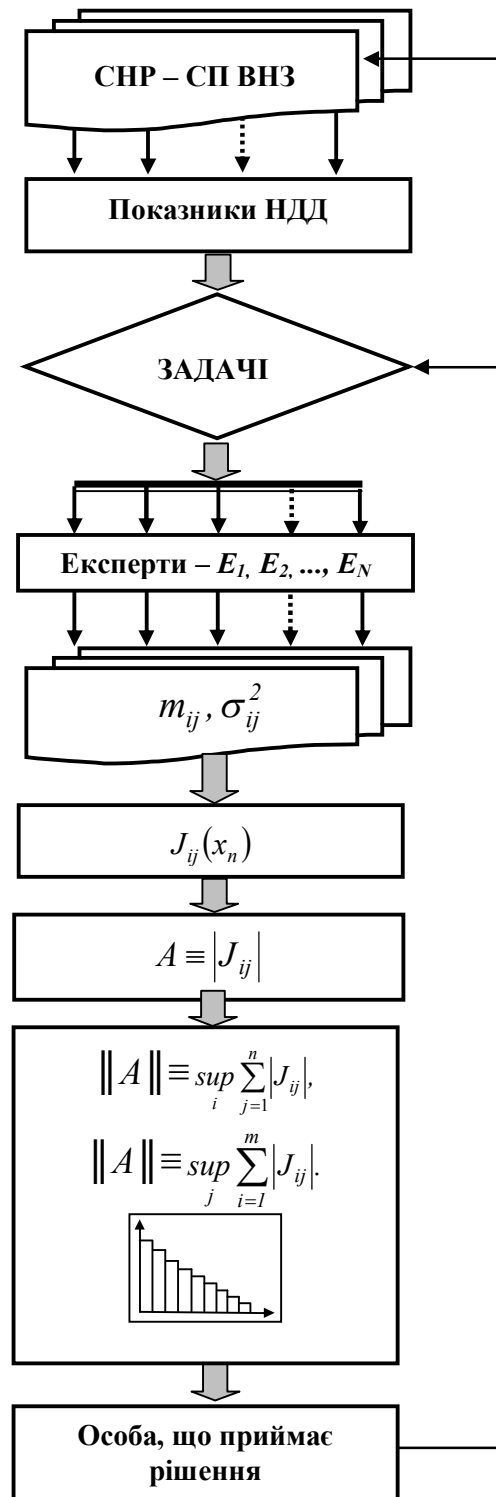
Для ранжирування оцінок СНР може використовуватися норма симетричної матриці по рядках або стовпцях відповідно:

$$\|A\| \equiv \sup_i \sum_{j=1}^n |J_{ij}|, \quad \|A\| \equiv \sup_j \sum_{i=1}^m |J_{ij}|. \quad (6)$$

Підхід, заснований на визначенні норми квадратичної матриці, дозволяє одержати пріоритети (ранжирування) СНР на основі розрізняювальної інформації, не здійснюючи подальших математичних

перетворень і обчислень.

На рис. 1 наведено структурну схему запропонованого алгоритму експертної оцінки НДД СНР.



Вихідними даними роботи алгоритму є: постановка задачі керівникам структурних підрозділів (СП) ВНЗ та експертам, часткові показники, які надаються СП ВНЗ для визначення виду показників НДД. За результатами роботи експерти (E_1, E_2, \dots, E_N) дають індивідуальну оцінку x_{ij} за бальною шкалою. Далі проводиться поділ оцінок для кожної пари оцінок, після чого обчислюються математичні сподівання і дисперсії парних оцінок, які використовуються для обчислення дивергенції J_{ij} (4). Після одержання

значень дивергенції формується матриця $A \equiv |J_{ij}|$ (5). Наступним кроком є обчислення норми матриці по рядках або стовпцях (6) з подальшим ранжируванням думок експертів щодо вибраних оцінок. Результати ранжирування надаються у графічному чи табличному вигляді особі, яка приймає рішення.

Варто зазначити, що результати ранжирування думок іноді можуть бути неоднозначними. При цьому для поліпшення результатів вибору можна рекомендувати пошук додаткової інформації і перегляд вихідних даних.

У разі досить великої кількості експертів N параметри $m_{i,j}, \sigma_{i,j}^2$ близькі до дійсних значень. Однак на практиці найчастіше виникає ситуація, коли кількість експертів недостатня, але й у такому випадку для визначення J_{ij} використовуються ті ж самі формули (5), що й у разі великої їх кількості N . У першому наближенні число експертів можна обґрунтувати відомим [15] емпіричним правилом: для того щоб вибіркочна щільність ймовірності можна було вважати гаусевою, обсяг вибірки має бути $N \geq 30$.

У процесі експертизи при визначенні індивідуальних оцінок x_{ij} завжди існує ймовірність виникнення великої помилки (збою). При цьому деякі великі помилки призводять до того, що вибіркоче середнє (4) як оцінка математичного сподівання стає непридатним.

Відомо, що для оцінювання ймовірних характеристик генеральної сукупності можуть бути використані різні порядкові статистики [16]. Так, при непарному $N = 2m + 1$ середній член варіаційного ряду $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(k)} \leq \dots \leq x_{(N)}$, де $x_{(k)}$ – k -та порядкова статистика у вибірці обсягу N , медіану $x_{(m+1)} = \text{med}_{1 \leq k \leq N} \{x_{(k)}\}$ може бути прийнято як оцінку математичного сподівання $m_{i,j} = \text{med}_{1 \leq (i,j) \leq N} \{x_{(i,j)}\}$.

Медіана менш чутлива до великих помилок, ніж звичайне вибіркоче середнє, тому що у разі збою відповідна випадкова величина виявляється на лівому або правому краю варіаційного ряду й у цілому не впливає на медіану. Отже, вибір медіани як оцінки математичного сподівання за умови симетрії щільності ймовірності випадкової величини щодо математичного сподівання є більш прийнятним, і виграш від застосування медіани може бути достатньо великим [16].

Таким чином, запропонований алгоритм вирізняється достатньою строгістю рішень і визначає передумови створення автоматизованої системи оцінювання НДД СНР. Крім того, розглянутий метод оцінювання дозволяє знизити рівень невизначеності вихідних даних, які використовуються для оцінювання НДД.

Інший підхід до оцінювання НДД СНР – метод таксономії, який є одним із методів аналізу багатокритеріальних процесів і орієнтований на дослідження об'єктів з великою кількістю різнорідних ознак. Алгоритм оцінювання НДД СНР з використанням зазначеного методу наведено на рис. 2.

Згідно з проведеним аналізом у працях [4 – 10] основним проблемним питанням під час розроблення методики оцінювання є вибір критеріїв та відповідна розробка показників. Кожний напрямок НДД має низку показників. У процесі анкетування СНР [8] було визначено такі напрямки НДД, за якими розробляються відповідні показники: науковий потенціал підрозділу; науково-дослідна (дослідно-конструкторська) робота; підготовка науково-педагогічних кадрів; редакційна та видавнича діяльність; наукові конференції, семінари; винахідницька та раціоналізаторська робота; робота військово-наукового товариства слухачів, курсантів та студентів; організація планування наукової діяльності підрозділу. За кожним напрямком оцінювання НДД підрозділу в [10] розроблено показники, які дозволяють провести оцінку підрозділу за кожним розділом НДД.

Для оцінювання НДД СНР формуються матриці показників $X_{m,n}$ за кожним із восьми напрямків НДД. У кожному рядку матриці в єдиній послідовності записуються значення n показників оцінки НДД СНР конкретного i -го підрозділу (кафедри), де m – кількість СНР (число точок n -вимірного простору), дорівнює кількості рядків матриці; n – кількість показників, що дорівнює кількості стовпців матриці (один стовпець містить значення одного показника оцінки НДД СНР по всіх підрозділах); x_{ij} – значення показника номер j для підрозділу номер i .

Далі проводиться стандартизація ознак шляхом переходу до нормованих значень, що мають нульове значення математичного сподівання й одиничне значення дисперсії і середнього квадратичного відхилення [17, 18]. У результаті отримуємо еквівалентну матрицю Z з безрозмірними величинами, де всі елементи z_{ij} матриці вже мають нульове значення математичного сподівання, одиничне значення – дисперсії і середнього квадратичного відхилення.

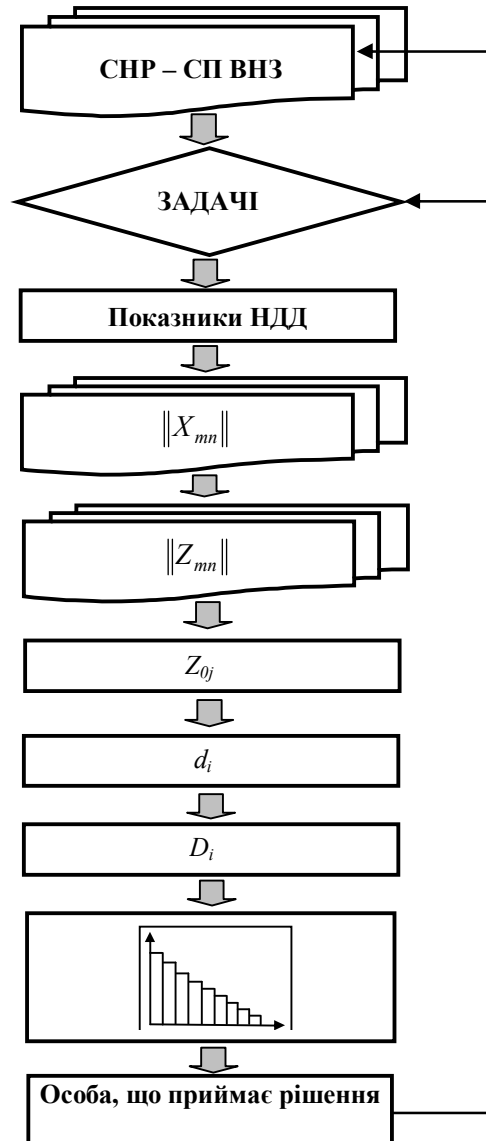


Рис. 2. Алгоритм оцінювання НДД СНР з використанням методу таксономії

Для визначення ідеальної точки всі показники оцінки НДД СНР поділяються на стимулятори (показники, що є позитивним результатом НДД СНР) та дестимулятори (показники, які є негативним результатом НДД СНР). Для кожного j -го показника НДД у стовпці матриці Z знаходиться “краще” значення z_{0j} серед усіх m показників [18]:

$$z_{0j} = \begin{cases} \max_i z_{ij}, & \text{якщо } j \in I_c \text{ (стимулятор)}; \\ \min_i z_{ij}, & \text{якщо } j \in I_d \text{ (дестимулятор)}. \end{cases}$$

Далі знаходять узагальнені показники оцінки НДД за кожним з восьми критеріїв, для визначення яких використовується вираз [17, 18]

$$d = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0},$$

де c_{i0} – відстань від кожної i -ї одиниці досліджуваної сукупності до ідеальної точки – еталона розвитку [17, 18]:

$$c_{i0} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_{0j})^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

c_0 – величина, що використовується для нормування відстані кожної одиниці сукупності факторів від еталонної точки.

Величину c_0 можна знайти за виразом [17, 18]

$$c_0 = \bar{c}_0 + 3\sigma_0,$$

де \bar{c}_0 – середнє значення відстані до точки – еталона:

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_{i0};$$

σ_0 – оцінка середнього квадратичного відхилення цієї відстані:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (c_{i0} - \bar{c}_0)^2}.$$

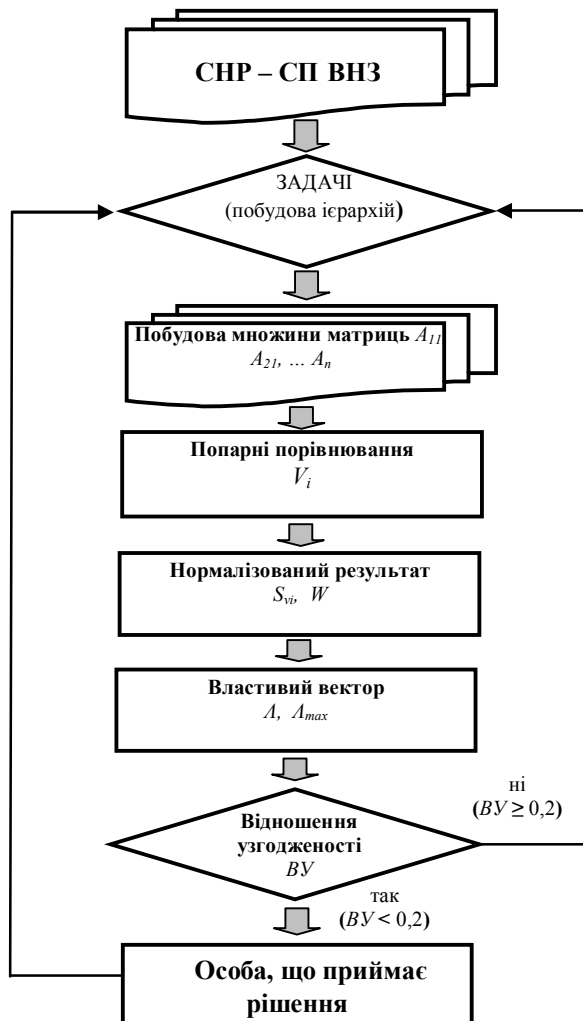


Рис. 3. Алгоритм оцінювання НДД СНР з використанням методу аналізу ієрархій

можливо при застосуванні методів декомпозиції деталізувати і з використанням МАІ проаналізувати за елементами, у цілому і після отримання кількісних оціночних показників вибрати варіант визначення рівня стану наукової роботи.

На рис. 3 наведено алгоритм оцінювання НДД СНР з використанням методу аналізу ієрархій.

Першим кроком алгоритму є побудова ієрархій (мета; критерії, від яких залежать наступні рівні; множина альтернатив).

Після цього будується множина матриць попарних порівнювань для кожного з нижніх рівнів та по одній матриці для кожного елемента, що примикає з верхнього рівня.

Наступним кроком алгоритму є проведення попарних порівнювань з використанням шкали відносної важливості (табл. 1).

Після розрахунку показників за кожним напрямком оцінювання НДД СНР обчислюється загальний показник оцінки НДД СНР D_i за восьми критеріями (D_i розраховується аналогічно до d_i). Таким чином, можливо проводити оцінювання НДД СНР з одночасним використанням будь-якої кількості n показників. Розраховані загальні показники оцінки НДД СНР є підґрунтям для складання рейтингу СНР (кафедр) з оцінювання НДД.

Наступним підходом до розроблення алгоритму оцінювання НДД СНР є використання методу аналізу ієрархій (МАІ) [19], який:

- являє собою систематичну процедуру для ієрархічного подання елементів, що визначають сутність проблеми, складники рішення або критерії, за якими остаточно приймається рішення;

- полягає у декомпозиції проблеми на дедалі більш прості складники та у подальшому обробленні суджень особи що приймає рішення за попарними порівнюваннями;

- включає процедури синтезу множини суджень, отримання пріоритетності критеріїв і знаходження альтернативних рішень.

Одержані таким чином значення є оцінками у шкалі відношень і відповідають так званим жорстким оцінкам.

Визначення змісту НДД структурних підрозділів вищого навчального закладу можна розглядати у вигляді складної системи, яку

Перелік відносної важливості факторів при їх попарному порівнюванні

Інтенсивність відносної важливості	Визначення	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний внесок двох видів діяльності у досягнення мети
3	Помірна зверхність одного над іншим	Досвід і судження дають легку зверхність одного виду діяльності над іншим
5	Суттєва або сильна зверхність	Досвід і судження дають сильну зверхність одного виду діяльності над іншим
7	Значна зверхність	Одному виду діяльності дається настільки сильна зверхність, що він стає практично значним
9	Дуже значна зверхність	Очевидність зверхності одного виду діяльності над іншим підтверджується найбільш сильно
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома суміжними судженнями	Застосовуються у компромісних випадках
Обернені величини наведених вище чисел	Якщо при порівнюванні одного виду діяльності з другим отримуємо одне із зазначених чисел (3), то при порівнюванні другого з першим одержимо обернену величину (1/3)	

Далі проводяться розрахунки для кожної з матриць у такому порядку (на прикладі матриці 3x3, $n = 3$):

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}.$$

Обчислюється компонента властивого вектора кожного рядка:

$$V = \begin{pmatrix} (a_{11} \cdot a_{12} \cdot a_{13})^{1/3} \\ (a_{21} \cdot a_{22} \cdot a_{23})^{1/3} \\ (a_{31} \cdot a_{32} \cdot a_{33})^{1/3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix};$$

$$V_i = \prod_{j=1}^3 (a_{ij})^{1/3}.$$

Потім знаходиться нормалізований результат для отримання оцінки вектора пріоритетів:

$$S_v = \sum_{j=1}^3 V_j;$$

$$W = \begin{pmatrix} V_1 / S_v \\ V_2 / S_v \\ V_3 / S_v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{pmatrix}.$$

Відшуковуються властивий вектор Λ та його максимальне значення:

$$\Lambda = A \cdot W_i;$$

$$\Lambda = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix};$$

$$\Lambda_{max} = \sum_{i=1}^3 \lambda_i .$$

Наступний крок – знаходження індексу узгодженості:

$$IU = \frac{\Lambda_{max} - 3}{3 - 1} .$$

Далі знаходиться відношення узгодженості:

$$BV = \frac{IU}{CBV} ,$$

де *CBV* – середня випадкова узгодженість, отримана в Oak Ridge National Laboratory (США) для випадкових матриць різного порядку [20], значення якої наведено у табл. 2.

Т а б л и ц я 2

Середня випадкова узгодженість матриць рангу n

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>CBV</i>	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Стосовно узгодженості (при $BV < 0,2$) робиться висновок про узгодженість рішень.

Потім проводиться ієрархічний синтез для зважування властивих векторів важелями критеріїв і розраховується сума по всіх відповідних зважених компонентах властивий векторів рівня ієрархії, який знаходиться нижче.

Наступний крок – розрахунок узгодженості всієї ієрархії перемножуванням індексу узгодженості на пріоритет відповідного критерію і додаванням отриманих чисел.

За досвідом роботи у процесі порівнювання елементів матриці пропонується ставити такі запитання: який з елементів важливіший або має більший вплив; який із них більш імовірний; який із них переважніший?

Висновки

У результаті моделювання із запропонованих варіантів доцільно прийняти такий варіант оцінювання стану наукової роботи з відповідними показниками складників НДД, як ВНЗ у цілому та конкретно кожного структурного підрозділу зокрема.

При цьому варіант визначення стану наукової роботи у структурних підрозділах, що визнано раціональним за допомогою розрахунків, повинен задовольняти вимоги основних або директивно встановлених критеріїв.

Запропоновані математичні підходи для можливих варіантів побудови алгоритмів аналізу вихідних даних в інтерактивних системах оцінювання НДД СНР можна достатньо широко використовувати для оцінювання фахівців інших видів діяльності.

Подальшу розробку в цьому напрямку можна провести з використанням інших математичних підходів з конкретизацією видів діяльності фахівців.

Список використаних джерел

1. Бруслиловский Б. Я. Математические модели в прогнозировании и организации науки / Б. Я. Бруслиловский. – К. : Наукова Думка, 1975 – 232 с.
2. Яблонский А. И. Математические модели в исследовании науки / А. И. Яблонский. – М. : Наука, 1986. – 352 с.
3. Хайтун С. Д. Проблемы количественного анализа науки / С. Д. Хайтун. – М. : Наука, 1989. – 280 с.
4. Мазурова И. К. Анализ эффективности научно-исследовательской деятельности ВУЗов / И. К. Мазурова, Ю. Л. Скляр // Направление совершенствования системы управления научно-исследовательской деятельности ВУЗов : сб. науч. тр. – М. : НИИВШ, 1989. – 173 с.
5. Зиновьев Л. Е. Основные направления работ по совершенствованию организации научных

исследований в ВУЗах / Л. Е. Зиновьев, Н. С. Вашлаева // Направление совершенствования системы управления научно-исследовательской деятельности ВУЗов : сб. научн. тр. – М. : НИИВШ, 1989. – 173 с.

6. Таранинов Ю. Б. Проблемы оценки результатов научной деятельности / Ю.Б. Таранинов // Социальная динамика современной науки. – М. : Наука, 1995. – С. 71–105.

7. Белай С. В. Проблеми оцінки науково-дослідної діяльності суб'єктів наукової роботи у вищих навчальних закладах / С. В. Белай // Гуманізація навчально-виховного процесу : зб. наук. пр. – Вип. ХХІХ. – Слов'янськ : Вид. центр СДПУ, 2006. – С. 3–9.

8. Розробка методики оцінки науково-дослідної діяльності суб'єктів наукової роботи у вищому навчальному закладі: звіт про НДР (шифр – “Оцінка”) 25.10.05 / Військовий інститут внутрішніх військ МВС України ; кер. М.О. Ніколаєв; викон. : С. В. Белай, С. А. Бабак, В. М. Захаров. – Х., 2005. – 72 с. – Інв. № 5.

9. Ніколаєв М. О. Основні результати розробки пропозицій по оцінці результатів науково-дослідної діяльності суб'єктів наукової роботи / М. О. Ніколаєв, С. В. Белай // Внутрішні війська МВС України на етапі реформування та розбудови : зб. тез доп. наук.-практ. конф., 27 – 28 лютого 2007 р. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2007. – С. 153.

10. Оцінка науково-дослідної діяльності суб'єктів наукової роботи у вищому навчальному закладі : звіт про НДР шифр – “Оцінка-2”) 24.05.07 / Академія внутрішніх військ МВС України; кер. М. О. Ніколаєв ; викон. : С. В. Белай, С. А. Бабак, В. М. Захаров, О. Д. Черкашин, М. М. Медвідь. – Х., 2007. – 58 с. – Інв. № 21.

11. Бешелев С. Д. Экспертные оценки / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Наука, 1973. – 157 с.

12. Ніколаєв М. О. Особливості прогнозування науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт у внутрішніх військах / М. О. Ніколаєв // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2004. – № 1. – С. 49–52.

13. Кульбак С. Теория информации и статистика : пер. с англ. / С. Кульбак. – М. : Наука, 1967. – 408 с.

14. Ту Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М. : Мир, 1978. – 412 с.

15. Купер Дж. Вероятностные методы анализа сигналов и систем: пер. с англ. / Дж. Купер, К. Макгиллем. – М. : Мир, 1989. – 376 с.

16. Катковник В. Я. Линейные оценки и стохастические задачи оптимизации (метод параметрических операторов усреднения) / В. Я. Катковник. – М. : Наука, 1976. – 488 с.

17. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях. Методы таксономии и факторного анализа / В. Плюта ; пер. с польск. В. В. Иванова; науч. ред. В. М. Жуковской. – М. : Статистика, 1980. – 151 с.

18. Городнов В. П. Проблеми оцінювання ефективності службово-бойової діяльності частин і підрозділів внутрішніх військ та принципи їх вирішення / В. П. Городнов, В.І. Воробйов, О. І. Цис // Честь і закон. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2007. – Вип 1. – С. 10–16.

19. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем : пер. с англ. / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.

20. Таха Х. Введение в исследование операций : в 2 кн. / Х. Таха. – М. : Мир, 1985. – 164 с.

Стаття надійшла до редакції 29.09.2009 р.