

relevant. Therefore, it is urgent to find ways to develop the design features of broadband antennas to increase their efficiency (mobility) of deployment/collapse on the terrain. The purpose and main content of the article is to increase the efficiency (reduction of time) of deployment on the ground and folding into the transport position of the logoperiodic vibrating antenna for working with broadband signals in the frequency range of 40–500 MHz.

According to the results of a comparative analysis of the quantitative and qualitative indicators of the developed mobile logoperiodic antenna with its closest analogues, it was established that the developed design of the mobile logoperiodic antenna made it possible to increase the range of operating frequencies of the antenna for the lower part of the VHF range and increase the efficiency of deploying/collapsing the antenna (expanding/collapsing time is reduced 2 times) while the weight and dimensions of the antenna remained unchanged (dimensions of the antenna in the transport position – 2010x600 mm, antenna weight – 7 kg).

**Keywords:** radio monitoring, radio electronic means, logoperiodic antenna, standing wave ratio, coefficient of directional action

УДК 35/358

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.29.2023.33-37>

В.М. Корольов, О.В. Агеєв

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

Article history: Received 18 September 2023; Revised 20 September 2023; Accepted 30 September 2023

## ЧАСТКОВА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНИХ ПЕРСОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКТІВ РОЗМІНУВАННЯ

На основі аналізу існуючих підходів щодо моделювання процесів розмінування, використання комплектів розвідки та розмінування місцевості, для визначення варіанта комплекту, необхідно не тільки порівняльне оцінювання їх параметрів, а ще і визначення відносних персональних показників характеристик цих комплектів. Для їх визначення застосовано метод експертних оцінок, а саме ранжування. Визначення значущості відносних персональних показників характеристик комплектів розмінування може спричинити деякі проблеми, які великою мірою залежить від індивідуальних навичок та досвіду експерта. Відсутність стандартизованих метрик щодо загальноприйнятих стандартів до комплектів розвідки та розмінування місцевості може ускладнювати порівняння показників між різними експертами. Відсутність чіткої методології може призвести до неоднозначності та непередбачуваності в оцінці.

У статті подано часткову методику відносних значень персональних показників характеристик комплектів розмінування з використанням методу експертних оцінок. Запропонована часткова методика дозволяє визначити коефіцієнти відносних персональних показників характеристик комплектів розмінування. На основі наведених у дослідженні теоретичних положень запропоновано методику обробки результатів опитування експертів. Наприкінці отримані числові значення коефіцієнтів відносних персональних показників для типового комплекту розмінування та сформульований напрям подальших досліджень.

**Ключові слова:** вибухонебезпечний предмет; саморобний вибуховий пристрій; натяжний датчик цілі; тралення; комплекти розвідки та розмінування місцевості; коефіцієнти, персональні показники; експертне опитування.

### Постановка проблеми

В результаті агресивного нападу рф в Україні заміновано величезні території. Сумлінна статистика констатує, що в Україні на сьогодні встановлено сотні квадратних кілометрів мінних полів, тисячі груп і поодиноких мін, а також саморобних вибухових пристроїв, знаходяться на поверхні (в глибині) землі сотні тисяч боеприпасів, які не розірвалися. Процес подальшого мінування триває.

Війна призвела до того, що наша держава виявилася однією з найбільш забруднених країн світу вибухонебезпечними предметами. Після закінчення бойових дій для очищення територій від вибухонебезпечних

предметів потрібні колосальні витрати коштів та ресурсу для проведення гуманітарного розмінування. В цих умовах дуже гостро постало питання виконання як бойових завдань з розвідки місцевості та пророблення проходів в мінних полях, так і суцільного (гуманітарного) розмінування місцевості після звільнення від противника.

Враховуючи, що існуючі комплекти розвідки та розмінування місцевості (КР) є морально та фізично застарілими, на порядок денний постає завдання їх всебічного вдосконалення, створення нових. Беручи до уваги, що війна продовжується, площі, що заміновані, зростають, то цей процес стає все більш актуальним.

Для більш досконалого процесу визначення найбільш прийняттого КР необхідно створити методику визначення  $q_j$  відносних персональних показників характеристик КР.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Ефективність проведення наукових досліджень значною мірою залежить від вибору методології, методик і методів наукових досліджень [1]

Використання експертної інформації передбачається при застосуванні методів багатокритеріальної оптимізації [2,3], аналітичних ієрархічних процесів [4], аналітичних мережних процесів [5], цільового програмування [6], цільового оцінювання альтернатив [7,8], експертних систем різноманітного призначення (наприклад, експертних систем діагностики [9]). Методи одержання експертної інформації, її представлення та обробки є невід'ємною частиною відповідних інформаційних технологій. Методи експертного оцінювання, водночас, зокрема метод парних порівнянь, використовуються як самодостатні, наприклад, в економічних [10], медичних, спортивних дослідженнях [11,12], але не є самодостатні для військових досліджень, а особливо з врахуванням сучасного воєнного досвіду, де ще немає кращого аналогу.

Авторами вже була розроблена часткова методика порівняльного оцінювання параметрів КР [13], але для розробки загальної методики порівняльного оцінювання параметрів КР необхідно ще створити методику визначення  $q_j$  відносних персональних показників його характеристик і на їх основі визначити методику оцінювання досконалості виробу.

**Формулювання мети статті.** Створення часткової методики щодо визначення  $q_j$  нормованих значень персональних показників характеристик комплексів розмінування.

### Викладення основного матеріалу

Існують ситуації, коли із різних причин, значною мірою в зв'язку з відсутністю достовірної інформації, використання статистичних чи розрахунково-аналітичних методів неможливе. У таких випадках широко застосовуються методи, що використовують результати досвіду та інтуїцію, тобто евристичні чи методи експертних оцінок.

Особливістю цього методу є відсутність строгих математичних доказів оптимальності рішень. Загальною спрямованістю цього методу є використання людини як "вимірювального" приладу для одержання кількісних оцінок процесів і суджень, що через неповноту і невірогідність наявної інформації не піддаються безпосередньому виміру.

Загальна схема експертних опитувань включає наступні основні етапи: підбір експертів і формування експертних груп; формування питань і складання

анкет; робота з експертами; формування правил визначення сумарних оцінок на основі оцінок окремих експертів; аналіз і обробка експертних оцінок.

Для визначення відносних персональних показників характеристик КР проводять опитування групи із  $G$  експертів, які є фахівцями у питаннях розмінування та мають бойовий досвід. За тією самою схемою, що і в [13], формується набір чисел (матриця)  $S_{ig}$ , які є фактично думкою експертів.

$$S = (S_{ig})_{\substack{j=1, \dots, J \\ g=1, \dots, G}} \quad (1)$$

При цьому визначається за наявності зв'язаних рангів відповідне значення  $R$  та номери персональних показників. При визначенні матриці  $D_{jg}$  коефіцієнтів персональних показників передбачається, що між рангами та його значенням існує лінійна залежність, а саме

$$D_{jg} = 1 - \frac{S_{ig} - 1}{R}, \quad j=1, \dots, J, \quad g=1, \dots, G \quad (2)$$

Тут  $S_{ig}$  – значення  $j$ -го персонального показника на думку  $g$ -го експерта.

Далі отримуємо елементи матриці  $A_{jg}$  з матриці  $D$  шляхом нормування по стовпчиках наступним чином

$$A_{jg} = \frac{D_{jg}}{\max D_{jg}}, \quad j=1, \dots, J. \quad (3)$$

Для отримання остаточних значень  $\{A_j\}_{j=1, \dots, J}$  виконаємо осереднення значень  $A_{jg}$ , які сформовані експертами як середнє арифметичне за кількістю експертів. Тоді будемо мати

$$A_j = \frac{1}{G} \sum_{g=1}^G A_{jg} \quad (4)$$

Для оцінки вірогідності результатів експертного оцінювання визначаємо коефіцієнт конкордації за формулами, а саме:

$$W = \frac{12B}{G^2(R^3 - R) - G \sum_{g=1}^G T_g^2}, \quad (5)$$

де

$$B = \sum_{e=1}^R \left( \sum_{g=1}^G A_{eg} - \frac{1}{R} \sum_{e=1}^R \sum_{g=1}^G A_{eg} \right)^2.$$

Величину  $T_g$  – показник зв'язаних рангів у  $g$ -му ранжируванні обчислимо наступним чином

$$T_g = \sum_{k=1}^{H_g} (h_{kg}^3 - h_{kg}), \quad (6)$$

де  $H_g$  – кількість груп різних рангів у  $g$ -му ранжируванні;  $h_{kg}$  – кількість рівних рангів у  $k$ -ої групи ранжирування під час ранжирування  $g$ -м експертом.

Зауважимо, що коли зв'язані ранги відсутні, то  $T_g = 0$ .

Довідково: значення коефіцієнта конкордації перебуває у межах  $0 \leq W \leq 1$ .

Ситуація, коли  $W = 0$  означає повну протилежність, а  $W = 1$  – повне збігання ранжирувань. Вірогідність вважається доброю, коли  $W \in (0,7 \div 0,2)$ .

Далі переходимо до формування масиву персональних відносних показників характеристик комплектів розмінування, згідно з процедурою

$$q_j = \frac{A_j}{A_j^k}, j = 1, \dots, J \quad (7)$$

де  $A_j^k$  – показник за керівними документами.

Для властивостей, які виражаються у вигляді «є» чи «немає»,

$$q_j = \begin{cases} 1, A_j - \epsilon \\ 0, A_j - \text{немає} \end{cases} \quad (8)$$

Для будь-яких властивостей  $q_{ij} = 1$ , якщо  $A_{1j} = A_{2j} = \dots A_{nj} = A_j^k \neq 0$ .

Таким чином, маємо можливість створити часткову методику щодо визначення  $q_j$  значень персональних показників характеристик комплектів розмінування.

Послідовність отримання даних і відповідних розрахунків викладено у вигляді крупної структурно-логічної схеми (рис. 1)

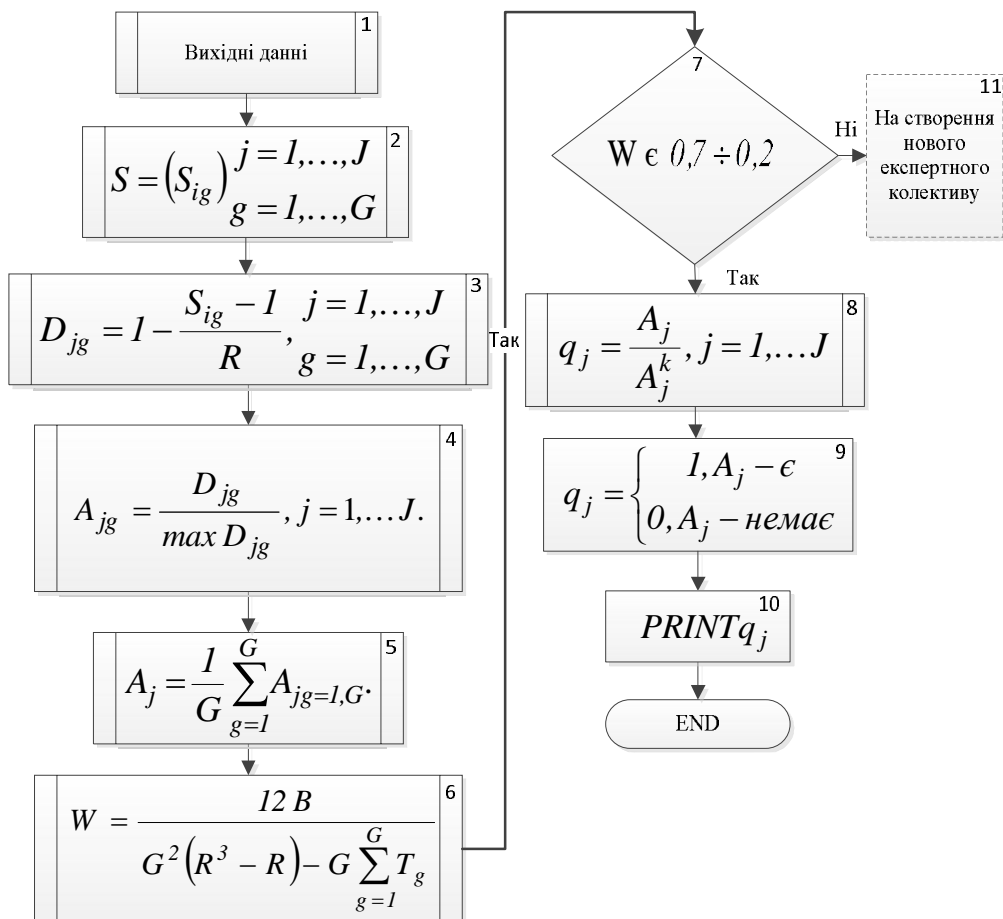


Рис. 1. Структурно-логічна схема методики порівняльного оцінювання параметрів комплектів розмінування

Методика працює наступним чином:

у блоці 1 формується банк вихідних даних, а саме  $G, g, J, A_j^k$ ;

у блоці 2 формується матриця  $S$  персональних показників щодо кожного параметра КР (на базі протоколів опитування експертів);

у блоці 3 формується матриця  $D$ , елементи якої є елементи матриці  $S$ , що модифіковані з врахуванням рангу;

у блоці 4 формується матриця  $A$  шляхом проведення нормування елементів матриці  $D$  по стовпчиках;

у блоці 5 проводиться осереднення значень  $A_{js}$ , по рядках з врахуванням числа  $G$  експертів;

у блоці 6 проводиться оцінка вірогідності результатів експертного оцінювання, визначається коефіцієнт конкордації;

у блоці 7 перевіряється відповідність результатів вимогам керівних документів щодо досконалості КР;

у блоках 8-9 відбувається процедура формування вектора  $\{q_j\}$  персональних відносних показників характеристик КР;

у блоці 10 формується та роздруковується результат;

передача управління з блока 7 на блок 11 означає, що результат роботи комісії експертів не задовольняє виконанню вимог, що висувуються для її роботи в опитуванні і рекомендовано створення нової експертної комісії.

Запропоновано методику визначення  $\{q_j\}$  часткових показників для варіанта КР.

Методику, що запропонована можна застосувати для визначення  $\{q_j\}$  для оцінки технічної досконалості КР, що розробляється.

### Висновок

Запропоновано Методику отримання  $\{q_j\}$  відносних персональних показників характеристик для варіанта КР.

В подальшому автори планують розробити загальну методику оцінювання досконалості комплексів розвідки та розмінування місцевості.

### Література

1. Гришук Ю.С. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. Харків НТУ «ХПІ». 2008. С-10.
2. Gulyniysky L.F., Sergienko I.V. Refinement of the rules of choice in multiobjective decision-making problems using expert judgment. *Systems Analysis, Modeling Simulation*. 1994. № 15. pp. 39–46.
3. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982. 286 с.
4. Saaty T.L. *Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill, 1990. 502 p.
5. Saaty T.L. *The Analytic Network Process*. RWS Publications. Pittsburgh, 1996. 370 p.
6. Charnes A., Cooper W.W. Goal Programming and multiple Objective Optimization: Part 1. *European Journal of Operational Research*. 1977. Volume 1, Issue 1. pp. 39–54.
7. Тоценко В.Г. Оценка сравнительной эффективности альтернатив комплексных целевых программ методом

моделирования иерархий целей. *Электронное моделирование*. 1998. 20. № 3. С. 76–90.

8. Totsenko V.G. One approach to the Decision Making Support while Planning Research and Development. Part II. The Method of Goal Dynamic Evaluation of Alternatives. *J. of Automation and Information Sciences*. 2001. N 33(4) :10. DOI:10.1615/JAutomatInfScien.v33.i4.100

9. Totsenko V.G. A Generalized Concept of Diagnosis Expert Systems. *Engineering Simulation*. 1996. 13. pp. 761–772.

10. Rosenberger R. S, Peterson G. L., Loomis J. B. Applying a Method of Paired Comparisons to Measure Economic Values for Multiple Goods Sets. *J. of Agricultural & Applied Economics*, 2002. № 34 (1). pp. 215–229.

11. Litvin I.N. Paired Comparisons in Science, Social Science, Economics and Health. *Inaugural and Emeritus Addresses*. University of Port Elizabeth. 1999. pp. 1–36.

12. Тоценко В.Г., Циганок В.В., Качанов П.Т. Підтримка прийняття рішення щодо вибору методу одержання кардинальних експертних оцінок. *Системні дослідження та інформаційні технології*. Київ. 2002., № 4. С. 52-53.

13. Корольов В.М., Кривцун В.І., Агєєв О.В. Часткова методика порівняльного оцінювання параметрів комплексів розмінування. *Збірник наукових праць військового інституту київського національного університету імені Тараса Шевченка*, Київ. 2023. № 79. С. 26-34.

### Reference

1. Hryshchuk Yu.S. (2008), "Osnovy naukovykh doslidzhen. Navchalnyi posibnyk" [Basics of the scientific research]: Tutorial. Kharkiv NTU «KhPI». 10 p. [in Ukrainian]
2. Gulyniysky L.F., Sergienko I.V. (1994), Refinement of the rules of choice in multiobjective decision-making problems using expert judgment. *Systems Analysis, Modeling Simulation*. № 15. pp. 39–46.
3. Mykhalevych V.S., Volkovych V.L. (1982), "Vychyslytelnye metody yssledovaniya i proektirovaniya slozhnykh system" [Computational methods for research and design of complex systems]: Tutorial. M.: Science, 286 c. [in Russian]
4. Saaty T.L. (1990), *Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill, 502 p.
5. Saaty T.L. (1996), *The Analytic Network Process*. RWS Publications. Pittsburgh, 370 p.
6. Charnes A., Cooper W.W. (1977), *Goal Programming and multiple Objective Optimization: Part 1*. *European Journal of Operational Research*. Volume 1, Issue 1. pp. 39–54.
7. Totsenko V.G. (1999), "Otsenka sravnytelnoi efektyvnosti alternatyv kompleksnykh tselevykh prohramm metodom modelyrovaniya yerarkhyi tselei" [Assessing the comparative effectiveness of alternatives to complex target programs using the method of modeling goal hierarchies], *Electronic Modeling*. Is 20. № 3. pp. 76–90. [in Ukrainian]
8. Totsenko V.G. (2001), One approach to the Decision Making Support while Planning Research and Development. Part II. The Method of Goal Dynamic Evaluation of Alternatives. *J. Problems of Automation and Information Sciences*. N 33(4) :10. DOI:10.1615/JAutomatInfScien.v33.i4.100
9. Totsenko V.G. (1996), A Generalized Concept of Diagnosis Expert Systems. *Engineering Simulation*. 13. pp. 761–772).
10. Rosenberger R. S, Peterson G. L. and Loomis J. B. (2002), Applying a Method of Paired Comparisons to Measure Economic Values for Multiple Goods Sets. *J. of Agricultural & Applied Economics*. № 34 (1). pp. 215–229.

11. Litvin I.N. (1999), Paired Comparisons in Science, Social Science, Economics and Health. *Inaugural and Emeritus Addresses*. University of Port Elizabeth. pp. 1–36.

12. Totsenko V.H., Tsyhanok V.V. and Kachanov P.T. (2002), "Pidtrymka pryiniattia rishennia shchodo vyboru metodu oderzhannia kardynalnykh ekspertnykh otsinok" [Decision-making support regarding the choice of the method of obtaining

cardinal expert assessments], *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnologii*, Kyiv. № 4. С. 52-53. [in Ukrainian]

13. Korolov V.M., Kryvtsun V.I. and Aheiev O.V. (2023), "Chastkova metodyka porivniialnoho otsiniuvannia parametriv komplektiv rozminuvannia" [Partial method of comparative evaluation of demining kit parameters]. *Collection of Scientific Works of the Military Institute of Taras Shevchenko Kyiv National University*, Kyiv, № 79. pp. 26-34. [in Ukrainian]

#### PARTIAL METHODOLOGY FOR DETERMINING RELATIVE PERSONAL INDICATORS CHARACTERISTICS OF DEMINE SETS

V. Korolov, O. Ageev

*Based on the analysis of existing approaches to the modeling of demining processes, the use of reconnaissance kits and demining of the area, in order to determine the variant of the kit, it is necessary not only to compare their parameters, but also to determine the relative personal indicators of the characteristics of these kits. To determine them, the method of expert evaluations, namely ranking, was used. Determining the significance of relative personal indicators of the characteristics of mine clearance kits can cause some problems, which largely depends on the individual skills and experience of the expert. The lack of standardized metrics, in relation to generally accepted standards for reconnaissance and demining kits, can make it difficult to compare indicators between different experts. The lack of a clear methodology can lead to ambiguity and unpredictability in the assessment.*

*The article presents a partial method of relative values of personal indicators of the characteristics of demining kits using the method of expert evaluations. The proposed partial method allows you to determine the coefficients of relative personal indicators of the characteristics of demining kits. Based on the theoretical provisions presented in the study, a methodology for processing the results of the expert survey is proposed. At the end, the numerical values of the coefficients of relative personal indicators for a typical demining kit were obtained and the direction of further research was formulated.*

**Keywords:** explosive object; improvised explosive device; target tension sensor; sweeping; sets of reconnaissance and demining of the area; coefficients, personal indicators; expert survey.

УДК: 623.4

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.29.2023.37-43>

А.Г. Шандрівський, В.Д. Смичок, С.В. Королько

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

*Article history:* Received 24 September 2023; Revised 27 September 2023; Accepted 30 September 2023

#### ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*Матеріали з ефектом пам'яті форми використовуються в різних областях, включаючи військову техніку, для створення засобів з автономними або вдосконаленими властивостями. Особливо він може бути корисним у елементах конструкцій, які здатні до самовідновлення після деформацій або пошкоджень в результаті вибуху, ударів чи інших навантажень, що виникають при проведенні військових операцій. Сплави з пам'яттю форми (СПФ) – це матеріали, які мають здатність запам'ятовувати та відновлювати накопичену деформацію за певних умов. Це робить їх особливо корисними при проєктуванні та створенні частин різноманітних пристроїв.*

*В статті розглянуто питання врахування зміщення характеристичних температур під впливом зовнішнього навантаження сплавів з пам'яттю форми (СПФ) в термінах синтезної теорії незворотної деформації та запропоновано нелінійну формулу для знаходження характеристичних температур металів з пам'яттю під час навантаження. Отримане співвідношення використане для знаходження частки нової фази і для швидкості утворення нової фази як функції від величини зовнішнього навантаження, швидкості навантаження, абсолютної температури, швидкості зміни температури і характеристичних температур в термінах ефективної температури. Отримані співвідношення плануються застосувати до розрахунку складного температурно-силового впливу на рухомі елементи маніпуляторів, актуаторів і сенсорів, які виготовлені із СПФ і мають застосування в озброєнні військової техніки.*

**Ключові слова:** характеристичні температури фазового переходу, сплави з пам'яттю форми, синтезна теорія незворотної деформації, фазова деформація, ефективна температура.