

# Методика оцінювання технічної досконалості комплектів розвідки та розмінування місцевості

## Methodology for assessing the technical perfection of surveillance and mining sets

**Володимир Корольов<sup>A</sup>**

**Corresponding author:** д.т.н., професор, провідний науковий співробітник НДВ (систем управління військами), e-mail: kvn\_lviv@uk.net, ORCID: 0000-0001-8421-584X

**Володимир Кривцун<sup>A</sup>**

к.т.н., с.н.с., докторант штатний, e-mail: vik-08-74@i.ua, ORCID: 0000-0002-3907-5320

**Ольга Корольова<sup>A</sup>**

к.т.н., старший дослідник, старший науковий співробітник НДВ (застосування роботизованих комплексів), e-mail: ok\_im2@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9265-8445

**Олексій Агеєв<sup>A</sup>**

ад'юнкт штатний, e-mail: aheyev1979@ukr.net, ORCID: 0009-0007-9559-7936

**Volodymyr Korolov<sup>A</sup>**

**Corresponding author:** Dr of Technical Sciences, Professor, leading researcher of NDV (army control systems), e-mail: kvn\_lviv@uk.net, ORCID: 0000-0001-8421-584X

**Volodymyr Krivtsun<sup>A</sup>**

PhD of Technical Sciences, Senior Researcher, Full-Time Doctoral Student, e-mail: vik-08-74@i.ua, ORCID: 0000-0002-3907-5320

**Olha Korolova<sup>A</sup>**

PhD of Technical Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher Associate of the Scientific and Research Department of the Application of Robotic Complexes, e-mail: ok\_im2@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9265-8445

**Oleksey Aheyev<sup>A</sup>**

full-time adjunct, e-mail: aheyev1979@ukr.net, ORCID: 0009-0007-9559-7936

<sup>A</sup> Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

<sup>A</sup> Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy, Lviv, Ukraine

Received: April 7, 2024 | Revised: April 25, 2024 | Accepted: April 30, 2024

DOI: 10.33445/sds.2024.14.2.16

**Мета роботи:** формалізація критерію оцінювання рівня технічної досконалості КР, та розробка методики щодо визначення найбільш досконалого.

**Метод:** системний аналіз, порівняння формалізації та оцінювання експертних даних.

**Результати дослідження:** запропоновано спосіб оцінювання рівня технічної досконалості варіанту КР та розроблена методика, яка дозволяє забезпечити оцінку рівнів технічної досконалості декількох КР та їх ранжування. Запропоновано спосіб проведення експрес-аналізу поточного рівня технічної досконалості КР, при модифікації того чи іншого параметра при збереженні оцінок решти параметрів, що отримані в результаті роботи експертної групи.

**Теоретична цінність дослідження:** методика оцінки рівня технічної досконалості КР та визначення їх ранжування дозволить обрати необхідний варіант КР із альтернатив.

**Тип статті:** описова та дослідницька.

**Purpose:** formalization of criteria for assessing the level of technical perfection of the KR, and development of a methodology for determining the most perfect.

**Method:** system analysis, comparison of formalization and assessment of expert data.

**Research results:** a method of assessing the level of technical perfection of the KR variant is proposed and a methodology is developed that allows for the assessment of the levels of technical perfection of several KR and their ranking. A method of performing an express analysis of the current level of technical perfection of the KR is proposed, with the modification of one or another parameter while preserving the estimates of the remaining parameters obtained as a result of the work of the expert group.

**Theoretical implications:** the method of assessing the level of technical perfection of the KR and determining their ranking will allow choosing the necessary KR option from the alternatives.

**Papertype:** descriptive and research.

**Ключові слова:** комплекти розвідки та розмінування місцевості, розмінування, методика, критерії, технічна досконалість.

**Key words:** sets of reconnaissance and demining of the area, demining, method, criteria, technical excellence.

### Вступ

В результаті агресивного нападу РФ, в Україні заміновано величезні території. Сумлінна статистика констатує, що в Україні на сьогоднішній день встановлено сотні квадратних кілометрів мінних полів, тисячі груп та поодиноких мін, а також саморобних вибухових пристроїв, знаходяться на поверхні (в глибині) землі, сотні тисяч боєприпасів, які не розірвалися.

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 знадобиться 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 прийнятного КР, необхідно створити методiku оцінювання досконалості КР.

### **Теоретичні основи дослідження**

На основі аналізу існуючих підходів щодо моделювання процесів розмінування, використання КР, для визначення варіанту комплекту, необхідно не тільки порівняльне оцінювання їх параметрів, визначення відносних персональних показників характеристик цих комплектів, а і створити методiku оцінювання досконалості КР. 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. Вдосконалені або розроблені КР потребують всебічної оцінки їх досконалості, зокрема експертного оцінювання, оскільки не існує єдиних методик і методів наукових досліджень в цьому напрямку. Питанням досконалості КР присвячено багато літератури, яка в основному описує склад КР, а не їх технічну досконалість.

Так використання експертної інформації передбачається при застосуванні методів багатокритеріальної оптимізації [1, 2], аналітичних ієрархічних процесів [3], аналітичних мережних процесів [4], цільового програмування [5], цільового оцінювання альтернатив [6, 7], експертних систем різноманітного призначення (наприклад, експертних систем діагностики [8]). 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 [9], медичних, спортивних дослідженнях [10, 11], 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 [12] в якій висвітлено тільки відносний внесок кожного параметру в загальну досконалість КР, що не дозволяє судити про величину досконалості КР. Створена методика визначення відносних персональних показників характеристик для варіанта КР, але вона характеризує відносну величину конкретного показника і що також не дозволяє оцінити величину досконалості КР в цілому.

Для більш досконалого процесу визначення найбільш прийнятного виробу необхідно на їх основі визначити методiku оцінювання досконалості КР.

Таким чином, **метою статті** є формалізація критерію оцінювання рівня технічної досконалості КР, та розробка методики щодо визначення найбільш досконалого.

### **Постановка проблеми**

Виходячи з аналізу існуючих на теперішній час розробок, теоретичних досліджень, питанню визначення досконалості КР не приділяється достатньої уваги. Враховуючи актуальність питання створення нових (модернізації) існуючих КР є необхідність створення методики

визначення досконалості комплектів розвідки та розмінування місцевості. Для її створення необхідно дослідити питання на основі часткової методики визначення відносних значень персональних показників характеристик КР з використанням методу експертних оцінок, часткової методики порівняльного оцінювання параметрів КР та методики оцінки параметрів системи розмінування. Запропонована методика дозволить визначити оцінювання рівня технічної досконалості обраних варіантів КР та їх порівняння.

### Результати дослідження

Прийmemo величину  $Q_p$  в якості основного показника, що характеризує рівень успішності розмінування внаслідок застосування КР, так звану його бойову ефективність. Виконано умови:

$$Q_p \geq Q_n,$$

де  $Q_n$  – мінімально допустиме значення основного показника ефективності КР, яке за даними [13], дорівнює 0,8 є тим фактом, що даний КР перевищує порогове значення коефіцієнту бойової ефективності.

Частковими показниками КР оберемо типову сукупність організаційних та технічних показників, які наведені у табл. 1.

**Таблиця 1 – Сукупність часткових показників КР**

№ з/п	Найменування показника	Позначення $j$ -го	Одиниці вимірювання	Метод визначення	Критерій
1	Маса	$M$	кг	емпірично	$min$
2	Габарити	$G$	м <sup>3</sup>	емпірично	$min$
3	Надійність	$P_o$	-	емпірично	$max$ , при $P_{кр} \geq P_o > P_n$
4	Ергономічність	$Er$	-	евристично	$max$
5	Універсальність	$U$	-	евристично	$max$
6	Темп ведення суцільного розмінування	$V_b$	м <sup>2</sup> /год	емпірично	$max$
7	Темп пророблення проходу у МВЗ	$V_3$	пог. м	емпірично	$max$
8	Час згортання (розгортання)	$T_{з(р)}$	год.	статистично	$min$
9	Безпечність	$B_p$	-	евристично	$max$
10	Собівартість	$C$	грн.	калькулювання	$min$

Для врахування різної пріоритетності часткових показників КР прийmemo в якості  $\beta_j$  показника їх ваги, який визначається методом експертних оцінок [14].

Для врахування значення окремого  $j$ -го показника властивостями (характеристиками) КР введено величину  $q_j$  відносного персонального показника для кожної характеристики КР, які теж визначаються методами експертних оцінок.

Таким чином, цілком природно в якості узагальненого показника  $Q_p$  прийняти вираз 1 [15].

$$Q_p = \sum_{j=1}^J \beta_j q_j. \quad (1)$$

Оцінювання КР в цілому полягає у встановленні рейтингу за рівнем технічної досконалості КР відповідно класифікації [16]. Під час проведення аналізу, головним чином,

розглядають найважливіші варіанти, які визначають основний обрис КР і найбільшим чином впливають на їх технічні характеристики.

Методика порівняльного оцінювання однотипних варіантів альтернатив КР та визначення перспектив їх розвитку призначена для порівняння показників, які у найбільшій мірі характеризують тип засобів, що розглядається, та дає змогу визначити комплексні показники якості, які враховують усі існуючі властивості; оцінити відповідність існуючої системи вимогам технічних умов та державних стандартів, а також порівняти вітчизняні й зарубіжні варіанти альтернатив КР.

Вибір показників та критерію є вирішальним і важливим компонентом вдосконалення методики оцінювання ефективності функціонування комплектів розмінування [17].

Вони залежать, перш за все, від параметрів КР, наявності та складу сил та засобів, що застосовують КР, а також фізико-географічних, кліматичних умов та техногенного навантаження операційного району.

У випадку, коли необхідно порівнювати декілька КР для виявлення найбільш вдалого, створюємо матрицю  $R$ , яка складається із елементів  $r_{ij}$ ; відносних значень персональних показників для усіх  $I$  комплектів розмінування, що порівнюються. Для цього процедуру визначення  $\{r_{ij}\}$  проводять  $I$  разів (по числу КР). Таким чином формується матриця значень цих властивостей

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1I} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{J1} & r_{J2} & \dots & r_{JI} \end{pmatrix}, \begin{matrix} i = 1, \dots, I \\ j = 1, \dots, J \end{matrix} \quad (2)$$

де  $I$  – кількість КР, що порівнюється;  
 $J$  – кількість параметрів КР.

Для обчислення  $Q_{p_i}$  коефіцієнта досконалості щодо кожного КР що порівнюється, застосуємо наступне співвідношення

$$Q_{p_i}(i) = \sum_{j=1}^J \beta_j r_{ij}, \quad (3)$$

де  $J$  – індекс сумування по частковим показникам  $KP_i, \dots, J$ ;  
 $i$  – індекс номера  $KP_i$ , що порівнюється,  $i = 1, \dots, I$ .

Пронормуємо значення показників  $Q_{p_i}$ , а саме

$$K_i = \frac{Q_{p_i}(i)}{\max Q_p(i)}. \quad (4)$$

Обираємо  $KP_r$  оптимальним варіантом зразка КР згідно критерію

$$KP_r = \max K_i. \quad (5)$$

де  $i = 1, \dots, I$ .

На рис.1 наведена блок-схема методики оцінювання рівня технічної досконалості КР, порівняння їх з граничним значенням  $Q_n$  та ранжування.



**Висновки**

В статті запропоновано спосіб оцінювання рівня технічної досконалості варіанту КР та розроблена методика, яка дозволяє забезпечити оцінку рівнів технічної досконалості декількох КР та їх ранжування.

Запропоновано спосіб проведення експрес-аналізу поточного рівня технічної досконалості КР, при модифікації того чи іншого параметра при збереженні оцінок решти параметрів, що отримані в результаті роботи експертної групи.

В подальшому автори передбачають розглянути варіанти порівняння різнотипних КР.

**Фінансування**

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

**Конкуруючі інтереси**

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

**Список використаних джерел**

- 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*. no. 15. pp. 39–46.
- Михалевич В. С., Волкович В. Л. (1982). Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 286 с.
- Saaty T.L. (1990). *Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process*. — New York: McGraw Hill, 502 p.
- Saaty T.L. (1996). *The Analytic Network Process*. RWS Publications. — Pittsburgh, 370 p.
- Charnes A., Cooper W.W. (2001). Goal Programming and multiple Objective Optimization — Part 1. *European Journal of Operational Research*. no 1. pp. 39–54.
- Тоценко В.Г. (1998). Оценка сравнительной эффективности альтернатив комплексных целевых программ методом моделирования иерархий целей. *Электронное моделирование*. Вип. 20. № 3. С. 76–90.
- Тоценко В.Г. (2001). Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Ч. 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив // *Проблемы управления и информатики*. № 2. С. 127–139.
- Тоценко В.Г. (1995). Обобщенная концепция экспертных систем диагностирования. *Электронное моделирование*. № 4. С. 761–772.
- Rosenberger R. S, Peterson G. L. (2002). Applying a Method of Paired Comparisons to Measure Economic Values for Multiple Goods Sets. *J. of Agricultural & Applied Economics*. no. 34 (1). pp. 215–229.
- Litvin I.N. (1999). Paired Comparisons in Science, Social Science, Economics and Health. *Inaugural and Emeritus Addresses*. University of Port Elizabeth. pp. 1–36.
- Тоценко В.Г., Циганок В.В., (та інші). (2002). Підтримка прийняття рішення щодо вибору методу одержання кардинальних експертних оцінок. Системні дослідження та інформаційні технології. Київ, №4. С. 52-53.
- Корольов. В.М., Агеев О.В. (та інші). (2023). Часткова методика порівняльного оцінювання параметрів комплектів розмінування. *Збірник наукових праць військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ, Вип. №79. С. 26-34.
- Корольов. В.М., Агеев О.В. (та інші). (2021). Балістична модель тралення вибухових пристроїв з натяжним датчиком цілі. *Військово-технічний збірник*. Львів, Вип. №25.

С. 34–37.

14. Корольов. В.М., Агеев О.В. (та інші). (2023). Часткова методика порівняльного оцінювання параметрів комплектів розмінування. *Збірник наукових праць Військового інституту КНУ імені Тараса Шевченка*. Київ, Вип. №79. С. 26–34.
15. Ляшенко В. А., Кривцун В. І., (та інші). (2023). Часткова методика порівняльного оцінювання рівня технічної досконалості зразків засобів (комплексів) розмінування. *Збірник наукових праць ДНДІ ВС ОВТ*. Черкаси, Вип. №1(15). С. 92–98.
16. Агеев О. В. (2023) Аналіз стану та напрямків розвитку комплектів розмінування для потреб Збройних Сил України. *Військово-технічний збірник*. Львів, Вип. №28/2023. С. 3–14.
17. Русіло П.О., Костюк В.В., (та інші). (2017). Вибір рівня технічної досконалості і технічних характеристик перспективного зразка озброєння та військової техніки (на прикладі зразків броньованих ремонтно-евакуаційних машин). *Військово-технічний збірник*. НАСВ. Львів, 2017. Вип. 16. С. 48 – 53.

## References

1. 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*. no. 15. pp. 39–46.
2. Mikhalevich V.S., Volkovich V.L. (1982). Computational methods of research and design of complex systems. — Moscow: Nauka, 286 p.
3. Saaty T.L. (1990). Multicriteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process. — NewYork: McGraw Hill, 502 p.
4. Saaty T.L. (1996). The Analytic Network Process. RWS Publications. — Pittsburgh, 370 p.
5. Charnes A., Cooper W.W. (2001). Goal Programming and multiple Objective Optimization — Part 1 // *European Journal of Operational Research*. no 1. pp. 39–54.
6. Totsenko V.H. (1998). Evaluation of the comparative efficiency of alternatives of complex target programs by the method of hierarchical target modelin. *Electronic modeling*. Vol. 20. No. 3. pp. 76–90.
7. Totsenko V.H. (2001). About one approach to supporting decision-making in planning research and development. Part 2. Method of targeted dynamic evaluation of alternatives. *Problems of management and informatics*. No. 2. pp. 127–139.
8. Totsenko V.H. (1995). Generalized concept of expert diagnostic systems. *Electronic modeling*. No. 4. pp. 761–772.
9. Rosenberger R. S, Peterson G. L. (2002). Applying a Method of Paired Comparisons to Measure Economic Values for Multiple Goods Sets. *J. of Agricultural & Applied Economics*. no 34 (1). pp. 215–229.
10. Litvin I.N. (1999). Paired Comparisons in Science, Social Science, Economics and Health. Inaugural and Emeritus Addresses. — University of Port Elizabeth. pp. 1–36.
11. Totsenko V.G., Tsyganok V.V., (and others). (2002). Support for decision-making regarding the choice of the method of obtaining cardinal expert evaluations. *Systemic research and information technologies*. Kyiv, No. 4. pp. 52-53.
12. Korolev. V.M., Ageev O.V. (and other). (2023). Partial method of comparative evaluation of demining kit parameters. *Collection of scientific works of the military institute of Taras Shevchenko Kyiv National University*. Kyiv, Vol. 79. pp. 26-34.
13. Korolev. V.M., Ageev O.V. (and other). (2021). A ballistic model of trawling explosive devices with a tension sensor of the target. *Military and technical collection*. Lviv, Vol. 25. pp. 34–37.
14. Korolev. V.M., Ageev O.V. (and other). (2023). Partial method of comparative evaluation of demining kit parameters. *Collection of scientific works of Taras Shevchenko Military Institute*

- of *KNU*. Kyiv, Vol. 79. pp. 26–34.
15. Lyashenko V. A., Kryvtsun V. I., (and others). (2023). A partial method of comparative evaluation of the level of technical perfection of samples of demining means (complexes). *A collection of scientific works of the DNDI of the Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences*. Cherkasy, Vol. 1(15). pp. 92–98.
  16. Ageev O. V. (2023) Analysis of the status and directions of development of demining kits for the needs of the Armed Forces of Ukraine. *Military and technical collection*. Lviv, Vol. 28/2023. pp. 3–14.
  17. Rusilo P.O., Kostyuk V.V., (and others). (2017). Selection of the level of technical excellence and technical characteristics of a prospective sample of weapons and military equipment (using the example of samples of armored repair and evacuation vehicles). *Military and technical collection*. HISTORY Lviv, 2017. Vol. 16. pp. 48-53.