

**Розроблення методики обґрунтування вибору розвідувально-вогневих систем****О. В. Майстренко, О. А. Караванов, С. В. Стеців, А. А. Щерба, В. В. Хома**

*Визначено особливості проведення військових (бойових) операцій на сучасному етапі розвитку воєнного мистецтва. Це зроблено для того, щоб в подальшому визначити основні вимоги до розвідувально-вогневих систем. Такими особливостями є: швидка зміна обстановки, змагання із противником за виграш у часі, точності, маневреності, скритності. Також до особливостей відносяться: великий обсяг даних якими необхідно оперувати під час прийняття рішення на бойове застосування (бойові дії). Ще особливостями сучасних військових (бойових) операцій є: узгодженість дій та чітка структура підпорядкованості; автономність щодо забезпечення та місцеположення. Означенні данні є корисними і важливими тому, що вони дозволяють обґрунтовано визначити вимоги до розвідувально-вогневих систем.*

*Визначено вимоги до розвідувально-вогневих систем та критеріїв їх відбору обумовлені специфікою проведення військових (бойових) операцій. До найбільш важливих критеріїв вибору віднесено: оперативність, точність, скритність, стійкість.*

*Проаналізовано та вибрано для демонстрації застосування методики декілька існуючих розвідувально-вогневих систем. Зокрема, «Кропива» (Україна), «ArtOS» (Україна), «Оболонь-А»(Україна), «Сокіл» (Польща, Україна).*

*Розроблено методику обґрунтування вибору розвідувально-вогневих систем з урахуванням умов ведення військових (бойових) операцій, яка ґрунтується на методі аналізу ієрархій. До того ж, ця методика базується на критеріях відбору, які були визначенні виходячи із особливостей сучасних військових операцій.*

*З практичної точки зору запропонована методика дозволяє суттєво зменшити час на планування операції та суттєво підвищити обґрунтованість рішень командира (начальника) щодо вибору розвідувально-вогневої системи та її подальшого застосування в бойових діях.*

*Ключові слова: розвідувально-вогневі системи, військові (бойові) операції, метод аналізу ієрархій.*

**1. Вступ**

Результати аналізу воєнних конфліктів останніх десятиліть переконливо свідчать про зростаючу роль розвідувально-вогневих систем (РВС). Так, починаючи з операції «Буря в пустелі» 1991 року [1] до антитерористичної операції АТО (операції Об'єднаних сил (ООС)) на сході України [2, 3] частка виконання завдань щодо ураження цілей зросла із 10–30 % до 50–90 %.

Однак із зростанням залучення РВС до виконання завдань було виявлено низку проблем, які впливають на ефективність їх застосування.

Так, однією з проблем є комплектування РВС елементами з різними можливостями. Як то, включення до РВС засобів польової артилерії (ракетних військ і артилерії), які можуть виконувати завдання із інтенсивністю та імовірністю виконання значно більшою ніж можливості засобів розвідки [4]. Або залучення такої кількості засобів розвідки, які значно переважають по пропускній спроможності засоби управління та передачі даних [5].

Ще однією з проблем є відносно швидка зміна характеристик цілей щодо мобільності, скритності, здатності активно протидіяти. Означене виявляється в тому, що, за відносно короткий проміжок часу (навіть до декількох діб), ціль може бути модифікована, так, що існуючі способи її ураження стають недоцільними [1, 3–5].

Наступною суттєвою, на думку авторів, проблемою є неврахування (не достатнє врахування) стійкості функціонування РВС [5]. Так доволі часто при плануванні військових (бойових) операцій враховується лише статична протидія противника, тобто така, яка залежить лише від можливостей самого противника без врахування дій [1, 3–7].

Означені проблеми при виникненні одночасно можуть повністю нівелювати позитивний ефект від застосування РВС і, загалом, призведуть до організаційних проблем. Такими проблемами можуть бути: складність вибору найбільш важливих властивостей РВС, неможливість визначити обґрунтовану перевагу певної РВС перед іншою. Тому, розроблення методики такого обґрунтування, зважаючи на зростаючу роль РВС у проведенні військових (бойових) операцій, є актуальним.

## **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

В дослідженні [8] детально проаналізовано РВС Російської Федерації та їх елементи з визначенням можливостей та характеристик. Зокрема розглянуті такі елементи: система управління вогнем артилерії 1В12 «Харьков», переносна радіолокаційна станція 1Л120 «Кредо-М1», переносна контрбатарейна радіолокаційна станція 1Л271 «Аистенок», ПРП-4А Аргус, контрбатарейна радіолокаційна станція 1Л219М «Зоопарк-1М», радіолокаційна станція 1РЛ232-2М «СНАР-10М1», безпілотні літальні апарати: Орлан 10, Гранат-4, Елерон-3СВ. Розглянуті організаційно-штатні структури РВС, охарактеризовано основні функціональні зв'язки цих структур. Висвітлено методи цілевказання (Methods of Target Acquisition). Хоча в цій статті висвітлені основні вимоги до РВС, на підставі яких будуть створюватись (вибиратися) майбутні РВС, однак не висвітлено підходи до такого вибору.

У статті [9] йде мова про розвиток елементів РВС, таких як штучний інтелект та безпілотні літальні апарати. Наведений детальний аналіз існуючих програм розвитку означених напрямків Китаю в порівнянні з США. Цікавим в даній статті є прогнозування умов застосування РВС в майбутніх бойових (військових) операціях. Але в цій статті вказано лише загальні методичні підходи до створення (вибору) майбутніх РВС.

В статті [10] висвітлено підхід до підвищення ефективності підрозділів РВіА шляхом створення РВС. В статті визначено показники та загальний порядок їх розрахунку на основі моделі узагальненого споживача інформації. До то-

го ж запропонована модель встановлює залежність ефективності РВС від складу і характеристик її складових. У статті розглянуто лише одну складову РВС – розвідувальну і лише один її тип – безпілотний авіаційний комплекс, що суттєво звужує області застосування викладених методичних підходів. Хоча запропонована у статті математична модель узагальненого споживача РВС дозволяє оцінити ефективність РВС, але лише за продуктивністю, через відносну кількість уражених об'єктів:

$$W = \frac{M(n)}{N}, \quad (1)$$

де  $M(n)$  – математичне сподівання кількості уражених об'єктів;  $N$  – загальна кількість об'єктів, визначених для ураження.

Використання означеної залежності призведе до суттєвих неточностей без додаткового врахування стійкості функціонування РВС.

В статті [11] проведено класифікацію існуючих РВС, введено нове поняття «Ситуаційний розвідувально-ударний комплекс», визначено тенденції розвитку РВС та проблеми їх експлуатації. Зокрема в статті визначено шляхи подолання виявлених проблем. Однією з проблем є виключення інформаційної надлишковості і перенасичення даних в засобах управління РВС. Ще однією проблемою є виключення протиріч та невизначеності інформації для її однозначного розуміння. До того ж проблемами є організація внутрішнього, по відношенню до комплексу, інформаційного обміну; підвищення живучості РВС і стійкості його системи управління. Однак в цій статті не обґрунтовано вимоги до РВС, що призводить до неможливості визначення саме тих властивостей, які найбільш суттєво впливають на функціонування РВС і умовах бойових (військових) операцій. Хоча в статті і обґрунтовано необхідність створення (вибору) ситуативного РВС однак, відсутні методичні підходи до обґрунтування вибору РВС для певних умов.

В дослідженні [12] висвітлено питання удосконалення розвідки в інтересах ракетних військ і артилерії. Зокрема в статті запропоновано наступні шляхи: покращити тактико-технічні характеристики складових РВС і способи оброблення розвідувальної інформації. У статті не розглянуто, які саме тактико-технічні характеристики необхідно покращити, що саме в способах обробки інформації впливає на ефективність застосування РВС. Більш того в цій статті також відсутні методичні підходи до вибору РВС.

В статті [13] розглянуто роль РВС при реалізації нових мережецентричних концепцій ведення бойових (військових) операцій. Також тут викладений варіант використання РВС. Однак в цій статті не приведено механізм обґрунтування вибору РВС в залежності від умов.

У дослідженні [14] відображено питання класифікації РВС та позначені деякі проблеми пов'язані із їх застосуванням. Запропоновано підвищити можливості підсистеми розвідки, з викриття об'єктів противника як один з шляхів вирішення виявлених проблем. Також запропоновано підвищити рівень автоматизації управ-

ління бойової роботою вогневих засобів, процесів підготовки та ведення вогню й тактичної автономності. Також зазначено про необхідність створення автоматизованої системи управління, яка забезпечує управління вогневим ураженням противника в реальному масштабі часу. До того ж зазначено про необхідність забезпечення спільного стійкого функціонування всіх елементів системи в умовах інформаційної надлишковості і перенасичення даних в засобах управління. Однак не показано взаємозв'язок означених проблем і шляхів їх вирішення. Не визначено сукупність властивостей РВС, які є найбільш важливими в залежності від умов проведення військових (бойових) операцій.

Хоча в означених дослідженнях зроблено суттєвий внесок у розвиток теоретичних підходів до застосування РВС однак в них не розглянуто питання обґрунтування вибору РВС з урахуванням умов ведення військових (бойових) операцій.

Стосовно обрання методу, який може забезпечити одночасно обґрунтоване і просте вирішення багатокритеріальної задачі вибору, пропонується розглянути методи кластерного аналізу, аналізу ієрархій та експертної оцінки [15–18].

Результати аналізу попередніх досліджень [19] свідчить, що означені методи достатньо популярні серед дослідників та застосовуються в різних галузях науки.

Так, метод аналізу ієрархій та експертного оцінювання використаний в дослідженні [19]. Ґрунтуючись на означених методах у цьому дослідженні створено методіку підвищення ефективності розв'язання багатокритеріальної задачі оцінювання спроможностей в оборонному плануванні. В цьому дослідженні метод аналізу ієрархій використовується для проведення експертного оцінювання спроможностей шляхом їх парного порівняння за визначеними критеріями.

У статті [20] розроблено підходи до удосконалення методів випробування та оцінювання відповідності спеціального програмного забезпечення для засобів вимірювальної техніки. У цій статті застосовано метод аналізу ієрархій для трьох рівнів вимог до програмного засобу, що є цікавим, але, на думку авторів, ускладненим підходом до формування вимог безпосередньо в самому методі.

У дослідженні [21] розроблено методіку порівняльного оцінювання варіантів зразка озброєння за сукупністю характеристик, які визначають його військово-технічний рівень. Застосування кластерного аналізу, експертного оцінювання та методу аналізу ієрархій, у цьому дослідженні, обумовлено необхідністю роботи із відносно великою кількістю характеристик (вимог).

У праці [22] удосконалено методичний апарат оцінювання та управління екологічною безпекою процесів поводження з твердими побутовими відходами за рахунок застосування експертно-аналітичних процедур шляхом комплексного використання методу аналізу ієрархій. Цей методичний апарат комплексно враховує як формування екологічних небезпек, так і обґрунтовані та визначені пріоритети необхідних заходів управління та кількісну експертну оцінку.

Однак застосування цих методів мають також низку недоліків. Так, метод кластерного аналізу суттєво залежить від масштабу виміру ознак. Тобто подібні за більшістю ознак об'єкти, але, які мають суттєві розбіжності по одній, будуть відноситись до різних класів, що не завжди відповідає дійсності.

Стосовно, застосування методу аналізу ієрархій необхідно зазначити, що результат суттєво залежить від формалізації критеріїв. Тобто не вірно підібрана су-

купність критеріїв призведе до суттєвих помилок у результатах. Причому перевірити відповідність критеріїв меті дослідження неможливо. Тобто перевірити та скорегувати результати за допомогою самого методу здійснити неможливо.

Відносно методів експертної оцінки, необхідно зазначити, що ці методи мають високий рівень суб'єктивізму. Тобто судження одного експерта мають певні похибки, причому узгодження суджень декількох експертів без узгодження їх компетентності може призвести до ще більших похибок. Водночас визначення компетентності та узгодження суджень експертів суттєво ускладнює обчислення та підвищує імовірність допущення помилок.

Таким чином, результати аналізу літературних даних свідчать про низку проблем, пов'язаних із дослідженням питань застосування РВС. Так, однією із найбільш суттєвих проблем є відсутність методичних підходів до обґрунтування вибору РВС для певних умов. Ще однією проблемою є відсутність властивостей (критеріїв вибору) РВС, які є найбільш важливими в залежності від умов проведення військових (бойових) операцій.

До того ж, аналіз методів вирішення багатокритеріальних задач виявив низку проблем, пов'язаних з їх застосуванням. Так, розглянуті методи при використанні їх окремо обумовлюватимуть високу обчислювальну складність, невизначеність при формалізації вхідних даних, суб'єктивізм результатів.

Виходячи із означеного, можливо сформулювати наукову проблему. Сутність її полягає у відсутності науково-методичного апарату обґрунтування вибору РВС, який би враховував визначені умови та ґрунтувався на такому компоненті методів, яке забезпечувало б мінімізацію помилок (похибок).

### **3. Мета та задачі дослідження**

Метою дослідження є розроблення методики обґрунтування вибору РВС з урахуванням умов ведення військових (бойових) операцій. Це дасть можливість підвищити обґрунтованість рішень командира (начальника) щодо вибору розвідувально-вогневої системи та її подальшого застосування в бойових діях.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- формалізувати методику обґрунтування вибору РВС;
- сформулювати вхідні дані методики обґрунтування вибору РВС;
- проаналізувати результати розрахунків прикладу застосування методики обґрунтування вибору РВС.

### **4. Матеріали і методи дослідження процесу вибору розвідувально-вогневих систем**

Для проведення розрахунків використовувалась програма Microsoft Excel 2010.

Для обґрунтування властивостей (критеріїв вибору) РВС, які є найбільш важливими в залежності від умов проведення військових (бойових) операцій, застосовувався метод кластерного аналізу. Сутність методу кластерного аналізу полягає у розбитті заданої вибірки об'єктів на підмножини (кластери), так щоб кожен кластер складався із схожих об'єктів, а об'єкти різних класів істотно відрізнялись [15].

Для отримання обґрунтованих даних щодо пріоритетності критеріїв вибору та окремих РВС застосовувався метод експертної оцінки. Сутність методу експертної оцінки полягає у виявленні узагальненої оцінки експертної групи шляхом аналізу та обробки індивідуальних незалежних оцінок експертів, що входять до складу групи [18]. Оскільки експертне опитування є кількісним методом дослідження, то чисельність експертної групи, як правило, не суттєво впливає на результат. Тому група експертів не повинна бути занадто великою, щоб була можливість сформулювати консолідовану думку в результаті проведення опитування. Важливим чинником при виборі експертів є їх компетентність.

Надалі шляхом ранжування було визначено нормовані коефіцієнти важливості суджень експертів. Сутність такого ранжування полягає у оцінюванні експертом рівня своєї компетентності та решти експертів із списку. Надалі проведення узагальнення та нормування оцінок експертів. Такий підхід забезпечує неупереджене визначення компетентності експерта та суттєво знизить помилки суджень.

Загалом, підхід до визначення відносної компетентності експертів під час агрегації попарних порівнянь відповідає удосконаленому підходу, запропонованому у [34]. Так, основними компонентами коефіцієнта відносної компетентності  $\beta$ -того члена експертної групи  $C_\beta$  є самооцінка  $C_{\beta,c}$ , взаємна оцінка  $C_{\beta,v}$ , та об'єктивна складова  $C_{\beta,o}$ . Загальний вираз:  $C_\beta = C_{\beta,c}(X_1 C_{\beta,v} + X_2 C_{\beta,o})$ , де  $X_1$  та  $X_2$  відносні ваги об'єктивної та взаємної оцінки компетентності членів експертної групи [34]. Причому взаємна оцінка визначається як опосередковане значення суджень усіх експертів  $C_{\beta,v}$ . Параметр об'єктивної складової  $C_{\beta,o}$  визначається як нормоване значення таких показників як освіта, та досвід.

Також необхідно зазначити, що здійснюючи добір експертів був застосований підхід «снігової кулі». Сутність підходу полягає у включенні до списку експертів за рекомендацією уже включених експертів [34]. Означене дозволяє припустити, що вагові коефіцієнти  $X_1$  та  $X_2$  матимуть однакове значення – 0,5.

Анкети для опитування (рис. 1, 2) включають попарне порівняння критеріїв вибору РВС для визначення оцінок вектору пріоритетів. Попарне порівняння відібраних для прикладу РВС відносно кожного з критеріїв. Порівняння проводиться відповідно до значень варіанту шкали Т. Сааті [19] (табл. 1).

$K_{ij}$  – значення експертної оцінки компоненти по  $i$ -тому стовпчику  $j$ -тому рядку. Причому експертами вносяться дані по  $K_{12}$ ,  $K_{13}$ ,  $K_{14}$ ,  $K_{23}$ ,  $K_{24}$ ,  $K_{34}$ , решта даних, відповідно до суті методу, розраховуються як обернене значення.

Таблиця 1  
Варіант шкали Т. Сааті

Варіанти найменування оцінки при парному порівнянні	Значення
Набагато кращий/набагато важливіший/має абсолютну перевагу	9
Значно кращий/значно важливіший/має значну перевагу	5
Кращий/важливіший/має перевагу	3
Трохи кращий/трохи важливіший/має незначну перевагу	2
Рівні	1

Критерій	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3	Критерій 4
Критерій 1	1,0	1/К <sub>12</sub>	1/К <sub>13</sub>	1/К <sub>14</sub>
Критерій 2	К <sub>12</sub>	1,0	1/К <sub>23</sub>	1/К <sub>24</sub>
Критерій 3	К <sub>13</sub>	К <sub>23</sub>	1,0	1/К <sub>34</sub>
Критерій 4	К <sub>14</sub>	К <sub>24</sub>	К <sub>34</sub>	1,0

Рис. 1. Анкета експерта для порівняння критеріїв вибору РВС для визначення оцінок вектору пріоритетів

Позначення РВС	РВС 1	РВС 2	РВС 3	РВС 4
РВС 1	1,0	1/К <sub>12</sub>	1/К <sub>13</sub>	1/К <sub>14</sub>
РВС 2	К <sub>12</sub>	1,0	1/К <sub>23</sub>	1/К <sub>24</sub>
РВС 3	К <sub>13</sub>	К <sub>23</sub>	1,0	1/К <sub>34</sub>
РВС 4	К <sub>14</sub>	К <sub>24</sub>	К <sub>34</sub>	1,0

Рис. 2. Анкета експерта для порівняння РВС відносно кожного з критеріїв

Узагальнення даних проводилось усередненням суджень з використанням коефіцієнта відносної компетентності експерта у якості вагового коефіцієнта.

Для узагальнення даних експертного оцінювання використовувався метод аналізу ієрархій. Сутність методу аналізу ієрархій полягає у декомпозиції проблеми на більш прості складові частини і подальшу обробку по парних порівняннях послідовностей суджень особи, що приймає рішення. У результаті може бути виражений відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії. Ці судження потім виражаються чисельно. Метод аналізу ієрархій включає процедури синтезу множинних суджень, одержання пріоритетності критеріїв і знаходження альтернативних рішень [16, 17].

Відповідно до суті методу кожен експерт попарно порівнював критерії (оперативність, точність, скритність, стійкість) між собою для визначення вектору пріоритету критерію.

Надалі проведено визначення оцінки компоненти власного вектору за відомою формулою знаходження середнього геометричного значення [16, 17, 19–22]:

$$\bar{K}_j = \sqrt[n]{\prod_i^n K_{ij}}, \quad (2)$$

де,  $\bar{K}_j$  – оцінка компоненти власного вектору по  $i$ -тому стовпчику  $j$ -тому рядку;  $n$  – кількість стовпчиків у матриці.

Далі проведено нормалізацію оцінки вектору пріоритету за розрахунковою залежністю [16, 17, 19–22]:

$$N_j = \frac{\overline{K_{ij}}}{\sum_j^m \overline{K_{ij}}}, \quad (3)$$

де  $N_j$  – значення нормалізованої оцінки вектору пріоритету;  $m$  – кількість рядків у матриці.

В подальшому, для перевірки узгодженості думки експертів, проводиться визначення параметрів індексу узгодженості та відношення узгодженості за розрахунковими залежностями (4), (5). Необхідно звернути увагу на узгодженість суджень експерта. Так при відношенні узгодженості більше 10 % необхідно переглянути судження, через суттєву розбіжність в оцінках [16, 17].

$$I = \frac{\sum_i^n \left( \sum_j^m K_{ij} \right) N_j - n}{n - 1}, \quad (4)$$

де  $I$  – індекс узгодженості.

Відповідно відношення узгодженості визначається [16, 17]:

$$W = \frac{I}{r}, \quad (5)$$

де,  $W$  – відношення узгодженості;  $r$  – індекс узгодженості для симетричної матриці, причому для матриці  $4 \times 4$  цей індекс становить – 0,9 [16, 17, 19–22].

Надалі проводиться визначення глобальних пріоритетів РВС відносно кожного з критеріїв відбору шляхом внесення в таблицю значень нормалізованих оцінок векторів пріоритетів по РВС відносно кожного з критеріїв та нормалізованих оцінок векторів пріоритетів критеріїв. Розрахунок глобальних пріоритетів проводиться за відомою розрахунковою залежністю [16, 17, 22]:

$$G_{\text{зас}} = \sum_l^L N_{\text{зас}} N_l, \quad (6)$$

де  $G_{\text{зас}}$  – показник глобального пріоритету певної РВС;  $l$  – номер критерію відбору;  $L$  – кількість критеріїв відбору;  $N_{\text{зас}}$  – значення нормалізованої оцінки вектору пріоритету певної РВС відносно критерію відбору;  $N_l$  – значення нормалізованої оцінки вектору пріоритету певного критерію відбору.

## 5. Результати дослідження процесу вибору розвідувально-вогневих систем

### 5.1. Формалізація методики обґрунтування вибору РВС

Вхідними даними для означеної методики є інформація про сучасні військові (бойові) операції, інформація про тактико-технічні характеристики РВС, кількість експертів та характеристика їх компетентності.



На першому кроці методики пропонується проводити визначення особливостей проведення військових (бойових) операцій на сучасному етапі розвитку воєнного мистецтва. Хоча цей крок може мати сталі результати тривалий час та може розглядатися як вхідні дані, однак пропонується розглядати його як крок методики, адже спрогнозувати зміну особливостей операцій досить складно.

Наступний крок – визначення вимог до РВС обумовлених особливостями сучасних військових (бойових) операцій. Означені вимоги дозволяють сформувати певні кластери вимог, що, на наступному кроці методики, дозволить визначити властивості (критерії вибору) РВС у залежності від особливостей операцій.

На наступному кроці проводиться експертне оцінювання критеріїв вибору РВС за анкетною (рис. 1) та узагальнення результатів відповідно до кількості та компетентності експертів.

В подальшому на 7 кроці проводиться визначення оцінки компоненти власного вектору кожного критерію та проводиться нормалізація оцінки вектору пріоритету кожного критерію на 8 кроці.

На наступних двох кроках перевіряється узгодженість отриманих результатів. Так відповідно розрахункової формули (4) визначається індекс узгодженості (крок 9) та відповідно до формули (5) визначається відношення узгодженості (крок 10).

На 11 кроці перевіряється виконання умови, що відношення узгодженості не повинно перевищувати 10 %. У разі коли дана умова не виконується, здійснюється перевірка значень та повертається на крок 7. У разі, коли дана умова виконується, здійснюється перехід на крок 12. На 12 кроці здійснюється попарне порівняння РВС відносно кожного з критеріїв. Причому розрахунки проводяться відповідно до розрахункових залежностей (2)–(5).

На 13 кроці проводиться визначення глобальних пріоритетів для визначення рейтингу РВС відповідно визначених умов. Визначення глобальних пріоритетів проводиться за розрахунковою залежністю (6).

На наступному кроці проводиться порівняння значень глобальних пріоритетів РВС та визначається перевага певної РВС відносно інших РВС. Можливе представлення результатів у вигляді діаграми, графіку, або таблиці.

Загальний вигляд блок-схеми методики обґрунтування вибору РВС з урахуванням умов ведення військових (бойових) операцій представлений на рис. 3.

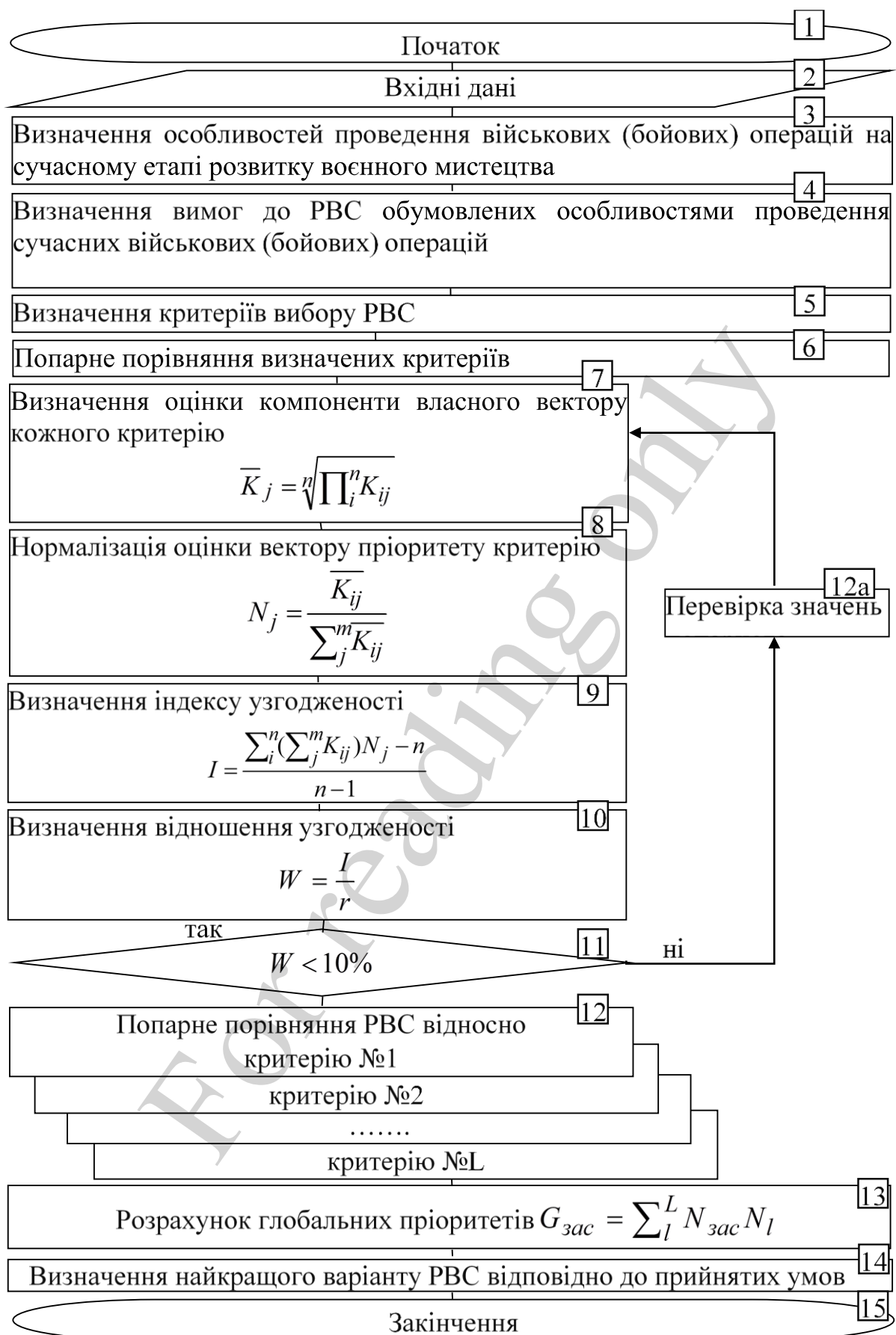


Рис. 3. Блок-схема методики обґрунтування вибору PVC з урахуванням умов ведення військових (бойових) операцій

## 5. 2. Формування вхідних даних методики обґрунтування вибору РВС

Результати аналізу воєнних конфліктів останніх десятиліть [1–7, 24] та можливого майбутнього характеру війни [23] дозволяють визначити ті особливості проведення військових (бойових) операцій, які суттєво впливають на застосування РВС.

Так, однією з особливостей, є швидка зміна обстановки. Для прикладу, у ході проведення операцій в Іраку, Афганістані, антитерористичної операції (АТО) (операції Об'єднаних сил (ООС)) на Сході України [1–7, 24, 27] зміна обстановки відбувалась у діапазонах від декількох хвилин до декількох годин. Означене призвело до того, що органи управління не встигали навіть відображати актуальну інформацію. Безпосередньо означене зумовлює підвищення ролі оперативності як у цілому за операцію, так і при виконанні завдань РВС.

Ще однією особливістю є комплексне змагання із противником за виграш у часі, точності, маневреності, скритності. Ця особливість продемонстрована у воєнних конфліктах на території Грузії та невизнаної республіки Ічкерії [6, 25, 26]. Ця особливість обумовлює комплексне врахування таких властивостей, як оперативність, точність, скритність.

Наступною особливістю є складна ієрархічна структура РВС, великий обсяг даних та їх формалізованість. Більш того, означена структура РВС може змінюватися в ході операції, що обумовлює підвищення уваги до стійкості функціонування таких систем. Зазначена особливість притаманна усім без винятку воєнним конфліктам сучасності. Найбільш яскраво це продемонстровано у бойових зіткненнях між федеральними військами Російської Федерації та збройними силами невизнаної республіки Ічкерія [6].

Також, до особливостей проведення військових (бойових) операцій необхідно віднести розосередженість підрозділів та збільшення обсягу завдань. Ця особливість була притаманна операціям в Іраку, Афганістані, АТО (ООС) на Сході України [1–7, 24]. Означена особливість обумовлює підвищення уваги до стійкості функціонування як окремо підрозділів, так і РВС у цілому.

Таким чином, особливості військових (бойових) операцій, які суттєво впливають на результати воєнного конфлікту, – це швидка зміна обстановки; змагання із противником за виграш у часі, точності, маневреності, скритності. Також особливостями є: формалізованість службової інформації; відносно великий обсяг даних якими необхідно оперувати під час прийняття рішення на бойове застосування (бойові дії). До того ж, до особливостей відносяться: узгодженість дій та чітка структура підпорядкованості; відносна автономність щодо забезпечення та місцеположення.

На підставі особливостей військових (бойових) операцій, можливо використовуючи кластерний аналіз виявити критерії, які найбільш суттєво впливають на функціонування РВС.

Структуризація означених вимог та подальший її аналіз з розбиттям на кластери дозволяє визначити критерії для відбору РВС з урахуванням особливостей проведення військових (бойових) операцій (рис. 4).

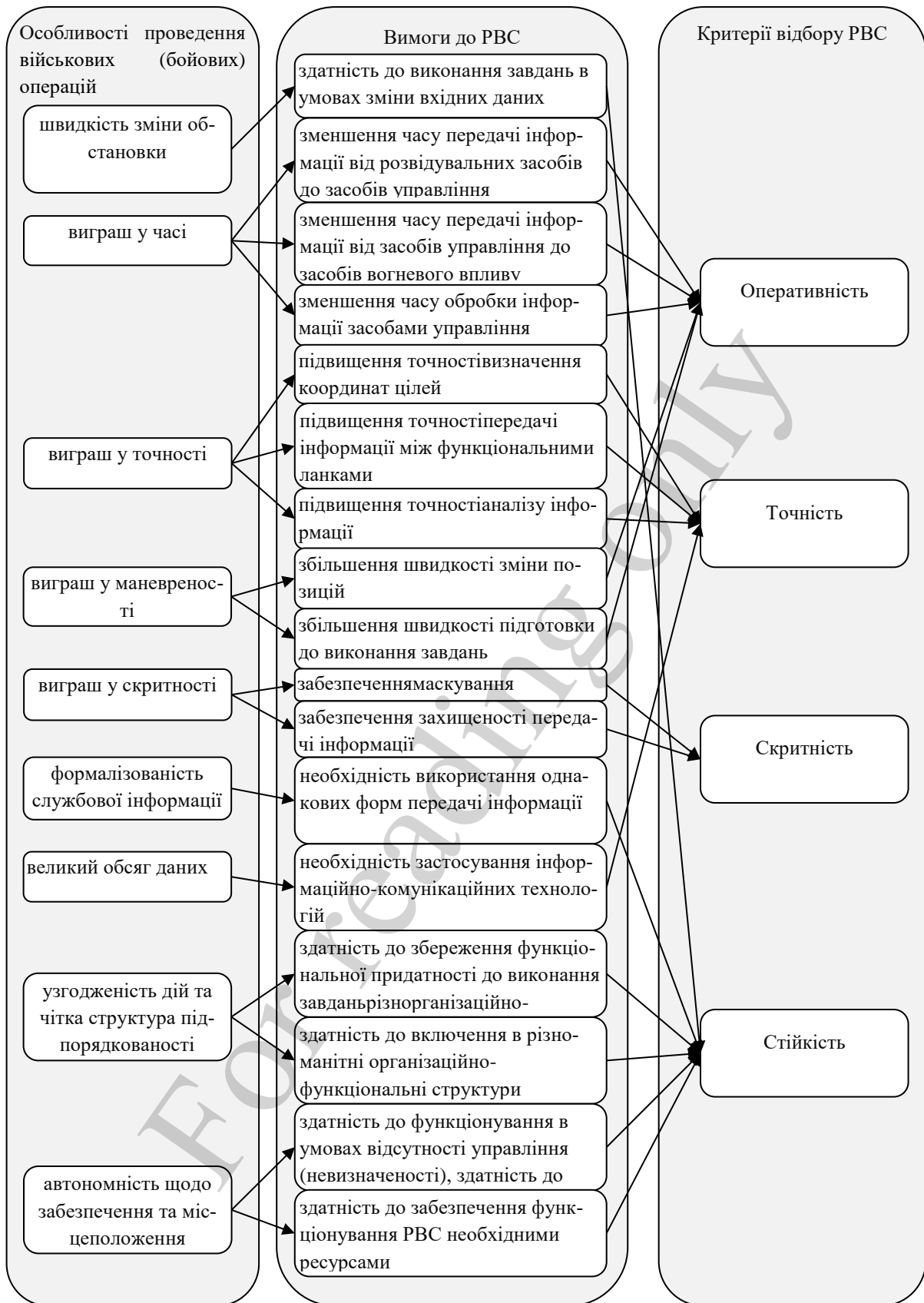


Рис. 4. Схема взаємозв'язку особливостей проведення військових (бойових) операцій з критеріями відбору РВС

Так, до найбільш важливих критеріїв вибору віднесено: оперативність, точність, скритність, стійкість.

Причому, під оперативністю в цьому дослідженні розуміється здатність реалізовувати функції з двома умовами, зокрема: здатність реалізовувати функції раніше противника та до втрати актуальності завдання.

Загалом «оперативність», як і інші критерії вибору, – це властивості РВС. Це дозволяє співставити критерії вибору із вимогами до РВС, заявленими у керівних та методичних документах.

В подальшому під «точністю» розуміється здатність реалізовувати свої функції у межах встановлених допусків.

Критерій «скритність» прийнято розуміти, як здатність виконувати свої функції без ознак, які можуть бути виявлені противником.

Під критерієм «стійкість», в цьому дослідженні, розуміється здатність виконувати свої функції під впливом негативних чинників.

Наступним елементом вхідних даних є тактико-технічні характеристики РВС. Для проведення розрахунків було підібрано декілька РВС, з урахуванням наявної інформації про них та подібних характеристик (підібрані РВС типу С2-С2SR). Так, для подальших розрахунків відібрані такі РВС: «Кропива», «ArtOS», «Оболонь-А», «Сокіл».

Основним призначенням бойової системи управління тактичної ланки «Кропива» автоматизації окремих задач управління на рівні батальйон (дивізіон), рота (батарея), взвод, окрема одиниця техніки (гармата) [28].

Призначення апаратно-програмного комплексу автоматизованого управління вогнем артилерійського підрозділу «ArtOS» полягає в управлінні підрозділами артилерії у ланці “командир батареї – старший офіцер батареї – командир гармати – навідник” в автоматичному режимі [29].

Автоматизована система управління «Оболонь-А» призначена для управління в автоматизованому режимі рухом підрозділу на марші, розгортання з маршруту батарей (вогневих засобів) на довільних вогневих позиціях. Комплекс управління вогнем дивізіону може одночасно обробляти інформацію відразу про десятки цілях, працюючи з власними і доданими наземними і повітряними засобами розвідки, а також з інформацією від вищого начальника [30, 31].

Ударно-розвідувальний комплекс «Сокіл» призначений для знаходження та ураження цілі, використовуючи, залежно від завдань, боєприпаси фугасної, осколково-фугасної та термобаричної дії [32, 33].

Аналіз означених у табл. 2 даних дозволяє у загальному оцінити переваги та недоліки кожної із РВС відповідно до критеріїв вибору (оперативність, точність, скритність, стійкість). Однак однозначно виявити найкращий або найгірший варіант неможливо. Означені дані є вхідними для експертів окрім їх досвіду та знань для проведення оцінювання.

Наступний блок вхідних даних стосується експертів та їх компетентності. Так, під час проведення дослідження було складено список з 30 експертів, що забезпечує мінімально можливий рівень статистичної помилки (кількість досліджень (суджень) більше 20).

Узагальнена характеристика компетентності експертів наведена у табл. 3.

Таблиця 2

## Тактико-технічні характеристики розвідувально-вогневих систем

Характеристики	Розвідувально-вогневі системи			
	Сокіл	Кропива	Оболонь-А	ArtOS
Глибина розвідки, км	до 50	до 100	до 150	до 100
Дальність ураження, км	до 30	до 60	до 120	до 60
Час циклу виявлення-ураження, хв	до 10	до 10	до 15	до 5
Імовірність виявлення (ураження) елементів системи у період 10 хв після початку активного функціонування	0,5	0,5	0,7	0,3
Середньоквадратичне відхилення координат виявлення (ураження) цілі, м	25	10	50	10

Таблиця 3

## Узагальнена характеристика компетентності експертів

№ експерта	Самооцінка $C_{\beta,c}$	Опосередкована взаємна оцінка $C_{\beta,v}$	Об'єктивна складова $C_{\beta,o}$	Коефіцієнт відносної компетентності $\beta$ -того члена експертної групи $C_{\beta}$
1	0.7	0.9	0.8	0.595
2	0.8	0.6	0.7	0.52
3	1	0.9	1	0.95
4	0.5	0.7	0.5	0.3
5	0.6	0.8	0.9	0.51
6	0.8	0.9	1	0.76
7	0.9	0.8	0.9	0.765
8	0.6	0.5	0.8	0.39
9	1	1	1	1
10	0.9	0.9	1	0.855
11	0.7	0.8	0.8	0.56
12	0.9	0.6	0.5	0.495
13	0.6	0.7	0.9	0.48
14	0.6	0.8	0.7	0.45
15	1	0.9	0.8	0.85
16	0.5	0.5	0.5	0.25
17	0.8	0.6	0.9	0.6
18	0.6	0.6	0.7	0.39
19	0.9	0.8	0.7	0.675
20	1	0.7	0.8	0.75
21	1	0.8	1	0.9
22	0.6	0.6	0.5	0.33
23	0.7	0.8	0.9	0.595
24	0.9	0.8	0.9	0.765
25	0.6	0.7	0.6	0.39
26	0.5	0.4	0.7	0.275
27	0.7	0.7	0.8	0.525
28	1	1	1	1
29	0.8	0.9	0.8	0.68
30	1	1	0.7	0.85

### 5.3. Аналіз результатів розрахунків прикладу застосування методики обґрунтування вибору РВС

Відповідно до запропонованої методики (рис. 3) було узагальнено судження експертів з урахування їх компетентності стосовно критеріїв вибору РВС та результати такого узагальнено в табл. 4.

Таблиця 4

Таблиця попарного порівняння критеріїв вибору РВС

Критерій	Оперативність	Точність	Скритність	Стійкість	Оцінка компоненти власного вектора	Нормалізована оцінка вектору пріоритету
Оперативність	1,0	0,5	0,3	0,3	0,561	0,130
Точність	2,0	1,0	0,5	0,5	0,871	0,202
Скритність	3,0	2,0	1,0	0,5	1,246	0,288
Стійкість	3,0	2,0	2,0	1,0	1,644	0,380
Сума					4,3	1

*Примітка: Індекс узгодженості – 0,09. Відношення узгодженості – 10 %*

Результати аналізу табл. 4 свідчать про пріоритет такого критерію, як стійкість, причому оперативність має найменший пріоритет. Означений факт можна пояснити тим, що оперативність загалом впливає на ефективність виконання окремого завдання, а стійкість на ефективність протягом операції. Відношення узгодженості не перевищує 10 % тому здійснено перехід до попарного порівняння РВС відносно кожного з критеріїв аналогічно формулам (2)–(5) та заповнення табл. 5–8.

Таблиця 5

Таблиця попарного порівняння РВС відносно критерію «оперативність»

Позначення РВС	Сокіл	Кропива	Оболонь-А	ArtOS	Оцінка компоненти власного вектора	Нормалізована оцінка вектору пріоритету
Сокіл	1,0	0,5	0,5	0,3	0,537	0,123
Кропива	2,0	1,0	0,7	0,5	0,904	0,207
Оболонь-А	2,0	1,5	1,0	0,7	1,189	0,273
ArtOS	3,0	2,0	1,5	1,0	1,732	0,397
Сума					4,4	1

*Примітка: Індекс узгодженості – 0,003. Відношення узгодженості – 0 %*

Аналіз результатів в попарного порівняння РВС відносно критерію «оперативність» (табл. 5) свідчить, що найкращим варіантом є РВС ArtOS. Означений результат можна пояснити тим, що означена РВС працює з мережею Internet, відповідно швидкість реакції вона має найвищу.

Таблиця 6

Таблиця попарного порівняння РВС відносно критерію «точність»

Позначення РВС	Сокіл	Кропива	Оболонь-А	ArtOS	Оцінка компоненти власного вектора	Нормалізована оцінка вектору пріоритету
Сокіл	1,0	2,0	1,4	0,7	1,175	0,269
Кропива	0,5	1,0	0,5	0,5	0,595	0,136
Оболонь-А	0,7	2,0	1,0	0,3	0,827	0,189
ArtOS	1,5	2,0	3,0	1,0	1,732	0,396
Сума					4,3	1

Примітка: Індекс узгодженості – 0,02. Відношення узгодженості – 2 %

Результати аналізу попарного порівняння РВС відносно критерію «точність» (табл. 6) свідчать, що найгіршим варіантом є РВС Кропива. Це пояснюється тим, що означена РВС використовує інтерпольовані таблиці стрільби, що суттєво знижує точність.

Таблиця 7

Таблиця попарного порівняння РВС відносно критерію «скритність»

Позначення РВС	Сокіл	Кропива	Оболонь-А	ArtOS	Оцінка компоненти власного вектора	Нормалізована оцінка вектору пріоритету
Сокіл	1,0	1,4	2,0	0,3	0,988	0,228
Кропива	0,7	1,0	1,4	0,5	0,841	0,195
Оболонь-А	0,5	0,7	1,0	0,5	0,647	0,149
ArtOS	3,0	2,0	2,0	1,0	1,861	0,428
Сума					4,3	1

Примітка: Індекс узгодженості – 0,03. Відношення узгодженості – 3 %

Аналіз попарного порівняння РВС відносно критерію «скритність», показує, що найкращим варіантом є ArtOS, а найгіршим Оболонь-А. Такий результат пояснюється тим, що ArtOS базується на портативних мобільних пристроях та може використовувати супутню інформацію. В той же час, Оболонь-А базується на автомобільній техніці, що суттєво впливає на скритність.

Результати аналізу попарного порівняння РВС відносно критерію «стійкість» (табл. 8) свідчать, що найкращим варіантом є РВС ArtOS, а найгіршим Сокіл. Означене можна пояснити, тим, що в ArtOS застосовуються шифрування даних високого порядку, можливість працювати як в локальній мережі, так і глобальний (типу Internet). Водночас стійкість РВС Сокіл залежить від стійкості функціонування БПЛА, який до того ж виконує функції як засобу розвідки, так і засобу ураження.



Таблиця 8

Таблиця попарного порівняння РВС відносно критерію «стійкість»

Позначення РВС	Сокіл	Кропива	Оболонь-А	ArtOS	Оцінка компоненти власного вектора	Нормалізована оцінка вектору пріоритету
Сокіл	1,0	0,3	0,7	0,3	0,522	0,120
Кропива	3,0	1,0	1,4	0,7	1,300	0,298
Оболонь-А	1,5	0,7	1,0	0,5	0,851	0,195
ArtOS	3,0	1,5	2,0	1,0	1,732	0,397
Сума					4,4	1

Примітка: Індекс узгодженості – 0,01. Відношення узгодженості – 2 %

Надалі дані з табл. 4–8 були внесені до табл. 9 та за допомогою розрахункової формули (6) було визначено глобальні пріоритети стосовно РВС відносно кожного з критеріїв.

Таблиця 9

Таблиця визначення показника глобального пріоритету відносно кожного з критеріїв вибору

Альтернативи	Критерії				Глобальні пріоритети
	оперативність	точність	скритність	стійкість	
	числові значення вектору пріоритетів				
	0,130	0,201	0,288	0,380	
Сокіл	0,123	0,269	0,226	0,120	0,181
Кропива	0,207	0,136	0,193	0,298	0,223
Оболонь-А	0,273	0,189	0,148	0,195	0,191
ArtOS	0,397	0,397	0,427	0,397	0,406

Результати аналізу отриманих даних свідчать, що апаратно-програмний комплекс автоматизованого управління вогнем артилерійського підрозділу ArtOS має суттєву перевагу порівняно з іншими аналогічними засобами від 17 до 22 % (рис. 5). Відповідно, найгірший варіант РВС – це Сокіл і майже однаковий результат (краще на 1 %) має РВС Оболонь-А.

Такі результати пояснюються комплексним підходом до врахування вимог щодо розробки ArtOS. Стосовно інших РВС необхідно зазначити, що незважаючи на схожі тактико-технічні характеристики, кожен із цих РВС має певні недоліки хоча б по одному з критеріїв.

Загалом же розрахунок прикладу показує, що означена методика може забезпечити обґрунтований вибір РВС для певних умов відповідно до обґрунтованих критеріїв вибору.

До того ж, означена методика ґрунтується на такому компонуванні методів кластерного аналізу, експертного оцінювання та аналізу ієрархій, яке обумовлює зниження помилок (похибок) у результатах.

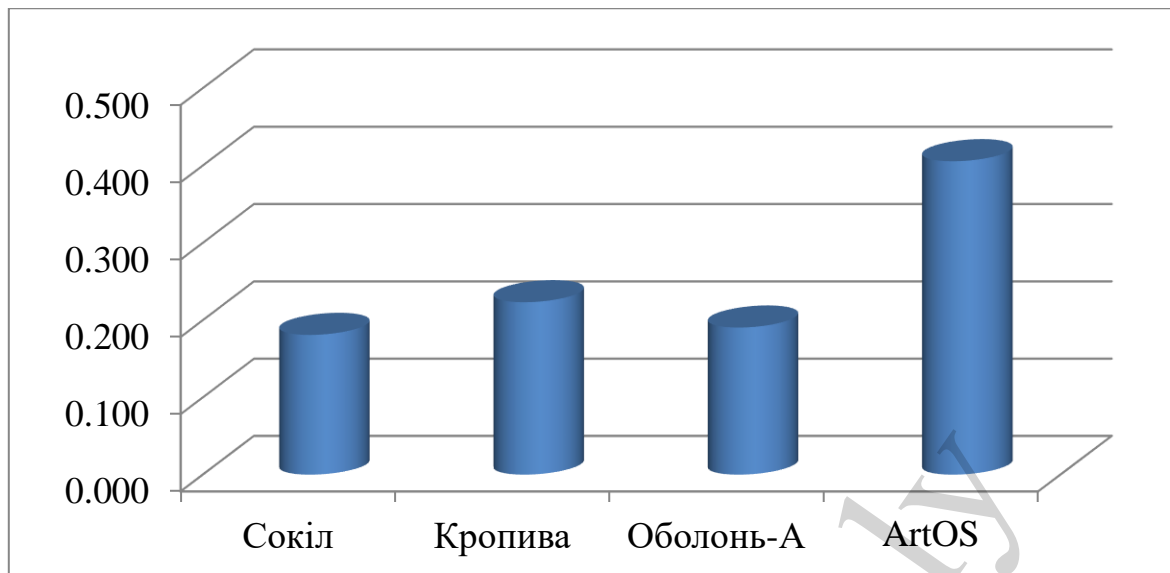


Рис. 5. Результати вибору РВС за допомогою запропонованої методики

## 6. Обговорення результатів розроблення методики обґрунтування вибору розвідувально-вогневих систем

Запропоновано алгоритм обґрунтування вибору РВС з урахуванням певних умов (рис. 3). Означений алгоритм базується на компонуванні методів кластерного аналізу, експертного оцінювання та аналізу ієрархій. Таке компонування проведено для усунення недоліків цих методів, зокрема таких, як висока обчислювальна складність, невизначеність при формалізації вхідних даних, суб'єктивізм результатів.

Безпосередньо високу обчислювальну складність, яка притаманна методу аналізу ієрархій, вдалось подолати використовуючи лише один рівень ієрархій, що стало можливо використовуючи кластерний аналіз для формування вхідних даних. Невизначеність при формалізації вхідних даних вдалось подолати шляхом використання експертного оцінювання та узгодження суджень експертів. Суб'єктивізм результатів подолано використанням методу аналізу ієрархій та узгодженню суджень експертів відповідно до їх компетентності (табл. 3).

Перевагами такого підходу є те, що поєднуючи методи експертного оцінювання та аналізу ієрархій узгодження результатів відбувається двічі. Так, при заповненні анкет (рис. 1, 2) перевіряється узгодженість суджень одного експерта відповідно визначаються параметри індексу узгодженості та відношення узгодженості за розрахунковими залежностями (4), (5). Надалі проводиться узгодження суджень усіх експертів, шляхом врахування вагового коефіцієнту кожного експерта. Означений факт суттєво зменшує суб'єктивізм результатів.

Відносно обмежень застосування алгоритму обґрунтування вибору РВС з урахуванням певних умов (рис. 3) слід зазначити необхідність застосовувати його до РВС одного класу.

Недоліком цього алгоритму є недосконалість процедури уточнення даних (рис. 3, крок 12а). Водночас це може бути подальшим напрямком досліджень та удосконалення запропонованого алгоритму (методики).

Сформовано сукупність критеріїв вибору РВС (рис. 4), яка ґрунтується на кластерному аналізові вимог до РВС обумовлених особливостями сучасних військових (бойових) операцій. Означена сукупність дозволяє обґрунтовано підійти до аналізу тактико-технічних характеристик РВС (табл. 2) та застосування оцінювання експертами відповідно до їх компетентності (табл. 3). Також це вирішує проблему щодо відсутності критеріїв вибору РВС, які є найбільш важливими в залежності від умов проведення військових (бойових) операцій.

До переваг отриманої сукупності критеріїв вибору РВС можна віднести їх пов'язаність із вимогами обумовленими особливостями сучасних військових (бойових) операцій (рис. 4). Також необхідно відмітити, що означена сукупність включає лише чотири елементи (табл. 4), що значно спрощує проведення розрахунків при збереженні повноти охоплення властивостей функціонування РВС.

Обмеженнями застосування цієї сукупності є особливості військових (бойових) операцій. Тобто при зміні особливостей або появи нових необхідно переглядати означені сукупність. Також необхідно відмітити, що означена сукупність адекватно може бути застосована лише до РВС одного класу. Також необхідно врахувати, що у разі, коли кількість експертів буде менше 20, може суттєво зрости статистична помилка роботи з означеною сукупністю критеріїв.

Недоліком цієї сукупності є певна залежність критеріїв між собою, що дещо впливає на результати. В подальшому пропонується дослідити кореляційні функції означених критеріїв та застосовувати в методиці.

Також недоліком можна вважати суттєвий обсяг роботи по формуванню кола експертів та визначенню їх компетентності.

Наступним завданням дослідження було проаналізувати результати розрахунків прикладу застосування методики обґрунтування вибору РВС. Отриманим результатом є визначений кількісний параметр переваги певного РВС, зокрема РВС ArtOS порівняно з іншими РВС (рис. 5, табл. 9). Означений результат базується на поєднанні алгоритму обґрунтування вибору РВС (рис. 3), сукупності критеріїв вибору РВС (рис. 4) та компонуванні методів кластерного аналізу, експертного оцінювання та аналізу ієрархій.

Загалом означений результат дозволяє подолати проблему, пов'язану з неможливістю визначити обґрунтовану перевагу певної РВС перед іншою.

Перевагами цього результату є можливість кількісно оцінити перевагу однієї РВС відносно іншої.

Обмеженням є те, що означений результат можна застосовувати лише для умов сучасних військових (бойових) операцій із їх особливостями.

Недоліком, можна вважати, що означений результат не враховує інші РВС з інших класів. Однак означене може стати напрямком подальших досліджень.

Важливо усвідомлювати, що це дослідження зосереджене на розробленні методики обґрунтування вибору РВС, а самі розрахунки проводяться для підтвердження її працездатності. Хоча результати практичних розрахунків дають цікавий результат, однак основним завданням є, все ж таки, розробка науково-методичного апарату.

Загалом же сукупність зазначених результатів свідчить про розроблення методики обґрунтування вибору РВС з урахуванням умов ведення військових

(бойових) операцій. Означена методика включає алгоритм (рис. 3), вхідні дані: критеріїв вибору (рис. 4), тактико-технічних характеристик РВС (табл. 2) та компетентність експертів (табл. 3). Ця методика перевірена на працездатність шляхом розгляду прикладу вибору РВС (табл. 4–9) та отримання адекватного результату (рис. 5), підтвердженого судженнями експертів.

У цілому отримання цього наукового результату дозволяє подолати недоліки, які виявлені як у практичній площині, так і в теоретичній.

Щодо переваг цієї методики, необхідно зазначити відносну його простоту. Адже його можна використовувати без додаткової формалізації для споживача. До того ж, ця методика не передбачає спеціальних навичок дослідника для його використання. Також перевагою цієї методики є її модульність, тобто здатність замінювати певні блоки іншими більш доцільними для умов певної операції.

Ще однією перевагою є здатність до обробки даних, які не мають чітко окреслених кількісних оцінок. До таких даних відносяться: швидкість зміни обстановки; виграш у часі, маневреності, скритності; формалізованість службової інформації. Також до даних, які складно описати кількісно, можна віднести: узгодженість дій та чіткість структури підпорядкованості; відносна автономність щодо забезпечення та місцеположення. Тобто означені дані носять ознаки нечіткості або різномірності показників, але з допомогою означеної методики їх можна врахувати і отримати обґрунтований результат.

До переваг також можна віднести безпосередню прив'язку критеріїв вибору РВС до особливостей проведення військових (бойових) операцій.

Обмеження щодо застосування цієї методики полягають у тому, що на цьому етапі досліджень оцінювати можна лише РВС одного класу. Однак, зважаючи на модульність цієї методики, це можна легко поправити розробивши відповідний науково-методичний апарат. Ще одним обмеженням є обов'язкове врахування особливостей саме тієї операції де планується до застосування РВС.

У цілому щодо недоліків цього дослідження, необхідно відмітити, що воно спрямоване на розробку методики вибору РВС, що певним чином перегукується із оцінюванням ефективності застосування РВС, але таким не є. Зрозуміло, що перевірка ефективності застосування РВС зокрема через математичне сподівання кількості уражених цілей була б доцільна. Однак відсутність такої методики оцінювання ефективності саме РВС і саме за обраними у цьому дослідженні критеріями унеможлиблює це. Більш того, врахування кількості цілей їх типів, кількості та типів засобів ураження додає суттєву невизначеність і потребує окремого дослідження саме ефективності застосування РВС.

## **7. Висновки**

1 Запропоновано алгоритм обґрунтування вибору РВС з урахуванням певних умов. Сутність його полягає у структуризації кроків щодо кластеризації вхідних даних, обробки суджень експертів із урахуванням їх компетентності та аналізу цих суджень за допомогою методу аналізу ієрархій. Особливостями цього алгоритму є використання певної кількості вхідних даних, які мають якісне значення та носять ознаки нечіткості. Відмінними рисами цього алгоритму є таке комбонування методів кластерного аналізу, експертного

оцінювання та аналізу ієрархій, яке дозволить усунути існуючі недоліки цих методів. Зокрема таких, як висока обчислювальна складність, невизначеність при формалізації вхідних даних, суб'єктивізм результатів. Область застосування цього алгоритму окреслюється методикою обґрунтування вибору РВС з урахуванням умов ведення військових (бойових) операцій.

2. Сформовано сукупність критеріїв вибору РВС. Сутність цього результату полягає у визначенні таких критеріїв вибору (властивостей функціонування) РВС, які відображають здатність до виконання завдань за призначенням. Особливістю та відмінною рисою цієї сукупності є те, що вона ґрунтується на кластерному аналізові вимог до РВС обумовлених особливостями сучасних військових (бойових) операцій. Означена особливість дозволяє подолати проблему щодо відсутності таких критеріїв вибору РВС, які є найбільш важливими в залежності від умов проведення військових (бойових) операцій. Область практичного застосування включає дослідження питань пов'язаних із вибором, оцінюванням ефективності, проектуванням РВС.

3. Визначено кількісний параметр переваги певного РВС, зокрема РВС ArtOS порівняно з іншими РВС. Така перевага становить для умов сучасних операцій від 17 до 22 %. Особливістю та відмінною рисою цього результату є його кількісне значення. Завдяки такій особливості вдалось подолати проблему, сутність якої полягає у неможливості визначити обґрунтовану перевагу певної РВС перед іншою. Область застосування цього результату – практичні дії командирів (начальників) при плануванні військових (бойових) операцій.

### Література

1. Lingamfelter, L. (2020). *Desert Redleg: Artillery Warfare in the First Gulf War*. Lexington: University Press of Kentucky. doi: <http://doi.org/10.2307/j.ctvx0786x>
2. Harris, C., Kagan, F. (2018). Russia's military posture: ground forces order of battle. *Institute for the Study of War*, 9–11. Available at: <https://www.jstor.org/stable/resrep17469>
3. Czuperski, M., Herbst, J., Higgins, E., Polyakova, A., Wilson, D. (2015). Hiding in plain sight: Putin's War in Ukraine. *Atlantic Council*, 40. Available at: <https://www.jstor.org/stable/resrep03631> Last accessed: 29.10.2020
4. Maistrenko, O., Bubenshchikov, R., Bondar, R., Poplinskyi, O. (2018). Декомпозиція процесу вогневого ураження противника за допомогою методу побудови «дерева цілей». *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 32 (2), 45–50. doi: <http://doi.org/10.33099/2311-7249/2018-32-2-45-50>
5. Майстренко, О. В. (2017). Подальший розвиток принципу масування ракетних військ і артилерії, їх ударів і вогню на найважливіших напрямках. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ імені Івана Черняхівського*, 1 (59), 111–115. doi: <http://doi.org/10.33099/2304-2745/2017-1-59/111-115>
6. Lyall, J. (2009). Does Indiscriminate Violence Incite Insurgent Attacks?: Evidence from Chechnya. *Journal of Conflict Resolution*, 53 (3), 331–362. doi: <http://doi.org/10.1177/0022002708330881>

7. Zimmerman, E., Postrybailo, V., Mastriano, D. (2017). PROJECT 1721: A U.S. Army War College Assessment on Russian Strategy in Eastern Europe and Recommendations on how to Leverage Landpower to Maintain the Peace. Strategic Studies Institute, US Army War College, 17–28. Available at: <http://www.jstor.org/stable/resrep11947.11> Last accessed: 29.10.2020
8. Grau, L. W., Bartles, C. K. (2018). The Russian Reconnaissance Fire Complex Comes of Age. Oxford: Changing Character of War Centre, Pembroke College. Available at: <http://www.ccw.ox.ac.uk/blog/2018/5/30/the-russian-reconnaissance-fire-complex-comes-of-age>
9. MacDonald, N., Howell, G. (2019). Killing Me Softly: Competition in Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles. PRISM, 8 (3), 102–127. Available at: <http://www.jstor.org/stable/26864279>
10. Іщенко, Д. А., Федорчук, Д. Л. (2016). Модель узагальненого споживача інформації безпілотних авіаційних комплексів. Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем, 13, 136–146. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Psvz\\_2016\\_13\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Psvz_2016_13_16)
11. Даник, Ю., Шестаков, В. (2017). Особливості розвитку та удосконалена класифікація розвідувально-ударних комплексів. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 3 (30), 126–136.
12. Шуляков, С., Дорофеев, М. (2019). Шляхи удосконалення розвідки в інтересах ракетних військ і артилерії. Social Development and Security, 9 (5), 15–27. doi: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.5.2>
13. Загорка, О. М., Колесников, В. О., Коваль, В. В., Загорка, І. О. (2012). До питання застосування розвідувально-ударних і розвідувально-вогневих комплексів у мережецентричній війні. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 3 (9), 8–13. Available at: <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/333>
14. Караванов, О. (2019). Аналіз підходів щодо дослідження розвідувально-вогневих систем. InterConf, 3. Available at: <http://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/1078>
15. Jain, A. K., Murty, M. N., Flynn, P. J. (1999). Data clustering: a review. ACM Computing Surveys, 31 (3), 264–323. doi: <http://doi.org/10.1145/331499.331504>
16. Saaty, T. L. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. RACSAM – Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas, 102, 251–318. doi: <http://doi.org/10.1007/BF03191825>
17. Saaty, T. L. (2013). On the Measurement of Intangibles. A Principal Eigenvector Approach to Relative Measurement Derived from Paired Comparisons. Notices of the American Mathematical Society, 60 (2), 192–208. doi: <http://doi.org/10.1090/noti944>
18. Литвак, Б. Г. (2004). Экспертные технологии в управлении. Москва: Издательство Дело, 400. Available at: <https://altairbook.com/books/1658080-ekspertnye-tehnologii-v-upravlenii.html>

19. Nesterenko, O., Netesin, I., Polischuk, V., Trofymchuk, O. (2020). Development of a procedure for expert estimation of capabilities in defense planning under multicriterial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (106)), 33–43. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208603>
20. Velychko, O., Hrabovskyi, O., Gordiyenko, T. (2019). Quality assessment of measurement instrument software with analytic hierarchy process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (100)), 35–42. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175811>
21. Zahorka, A., Shchypanskyi, P., Pavlikovskyi, A., Koretskyi, A., Bychenkov, V. (2019). Devising methodological provisions for the comparative evaluation of variants for an armament sample in terms of military-technical level. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (100)), 63–72. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176411>
22. Honcharenko, I., Anishchenko, L., Pisia, L. (2020). Expert-analytical estimation of environmental safety of solid household waste handling processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (103)), 63–76. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.197007>
23. Kadenko, S. V., Tsyganok, V. V. (2017). Визначення відносної компетентності експертів під час агрегації парних порівнянь. Реєстрація, зберігання і обробка даних, 19 (2), 69–83. doi: <http://doi.org/10.35681/1560-9189.2017.19.2.126533>
24. Feickert, A. (2005). U.S. military operations in the global war on terrorism: Afghanistan, Africa, the Philippines, and Colombia. Dspace. Available at: <http://afghandata.org:8080/xmlui/handle/azu/4110>
25. Macedonia, M. (2018) The Future Character of Warfare and Required Capabilities. Army Science Board Final Report, Army Science Board Arlington United States. Available at: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1063617.pdf>
26. Прозапас, І. (2018) Система управління вогнем ISTAR: досвід війни начальника артилерії полку Азов. Available at: [https://censor.net/ru/resonance/3046748/sistema\\_upravlnnya\\_vognem\\_istar\\_dosvd\\_vyini\\_nachalnika\\_artiler\\_polku\\_azov](https://censor.net/ru/resonance/3046748/sistema_upravlnnya_vognem_istar_dosvd_vyini_nachalnika_artiler_polku_azov)
27. Nichol, J. (2008). Russia-Georgia Conflict in South Ossetia: Context and Implications for U. S. Interests. No. ADA490073. Defense technical information center. Virgini: Fort Belvoir. Available at: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a490073.pdf>
28. Nichol, J. (2009) Russia-Georgia Conflict in August 2008: Context and Implications for U.S. Interests. No. ADA496306. Defense technical information center, Virgini: Fort Belvoir. Available at: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a496306.pdf>
29. Сирський, О. (2020) Про плани застосування автоматизованих систем управління військами. Available at: <https://old.defence-ua.com/index.php/statti/publikatsiji-partneriv/9604-oleksandr-syrskyy-pro-plany-zastosuvannya-avtomatyzovanykh-system-upravlinnya-viyskamy>
30. Шерстюк, Я. (2020). ArtOS призначення, функції. Available at: <https://artos.tech/uk/>

31. Розпочато держвипробування автоматизованої системи управління артилерією «Оболонь-А» (2019). Available at: <https://www.ukrmilitary.com/2019/05/obolon-a.html>

32. Majstrenko, O. V., Prokopenko, V. V., Makeev, V. I., Ivanyk, E. G. (2020). Analytical methods of calculation of powered and passive trajectory of reactive and rocket-assisted projectiles. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2, 173–182. doi: <http://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-18>

33. Українсько-польський Сокіл виходить на полювання (2017). Сайт Defence express. Available at: <https://old.defence-ua.com/index.php/statti/3411-ukrayinsko-polskyu-sokil-vykhodyt-na-polyuvannya>

34. Khudov, H., Glukhov, S., Maistrenko, O., Fedorov, A., Andriienko, A., Koplik, O. (2020). The Method of ADS-B Receiver Systems Synchronization using MLAT Technologies in the Course of Radar Control of Air Environment. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8 (5), 2002–2008. doi: <http://doi.org/10.30534/ijeter/2020/87852020>

For reading ONLY