

ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПРОТИДІЇ РАДІОКЕРОВАНИМ БОЄПРИПАСАМ НА АВТОБРОНЕТАНКОВІЙ ТЕХНІЦІ ПІДРОЗДІЛІВ СИЛ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ

У статті обґрунтовано актуальність підвищення ефективності систем протидії радіокерованим боєприпасам на автобронетанковій техніці підрозділів сил безпеки та оборони України в умовах сучасних бойових дій. Показано, що наявні підходи не враховують комплексного впливу режимів роботи радіотехнічних засобів і формування багатоспектральних демаскувальних ознак, що знижують протирозвідувальну захищеність техніки. Запропоновано інтегральний показник ефективності систем протидії радіокерованим боєприпасам на основі нормованих критеріїв та евклідової метрики, який дозволяє порівнювати альтернативи за ступенем наближення до ідеальної системи. Отримані результати формують наукове підґрунтя для підвищення бойової живучості автобронетанкової техніки та рівня державної безпеки України.

Ключові слова: державна безпека, механізм забезпечення, автобронетанкова техніка, розвідувальна захищеність, протидія радіокерованим боєприпасам, безпілотні летальні апарати, виявлення, коефіцієнт, моніторинг, радіотехнічна помітність, підвищення ефективності, інтегральний показник, нормований критерій та евклідова метрика.

Постановка проблеми. Досвід ведення бойових та спеціальних дій під час відсічі збройній агресії російської федерації показав, що радіокеровані боєприпаси (РКБП) є одним із найбільш поширених і небезпечних засобів ураження, які противник активно застосовує в сучасних умовах ведення бойових дій. Основними об'єктами їх застосування стає автобронетанкова техніка (АБТТ) підрозділів сил безпеки та оборони, що безпосередньо впливає на боєздатність частин, рівень захищеності особового складу та здатність виконувати покладені оперативно-бойові завдання, а це істотно позначається на ефективності механізмів забезпечення державної безпеки України.

Системи радіоелектронної боротьби, призначені для виявлення й блокування каналів управління РКБП, довели свою ефективність, однак оцінювання результативності їх застосування залишається складним завданням. Наявні методики переважно враховують лише окремі параметри – імовірність виявлення сигналу, імовірність знешкодження або час реакції системи, – що не забезпечує комплексної оцінки рівня захисту в різних тактичних умовах та за різних ресурсних обмежень. Водночас застосування РЕБ і засобів протидії РКБП формує додаткові багатоспектральні демаскувальні ознаки (радіотехнічні, теплові, акустичні, вібраційні), які безпосередньо впливають на протирозвідувальну (розвідувальну) захищеність АБТТ, підвищуючи ймовірність її виявлення засобами технічної розвідки противника.

Таким чином, виникає науково-практична проблема відсутності комплексної методики, що дозволяла б одночасно оцінювати ефективність систем протидії РКБП, вплив режимів роботи радіотехнічних засобів та рівень протирозвідувальної захищеності АБТТ як визначального фактора бойової живучості та елемента механізму забезпечення державної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання протидії РКБП і радіоелектронної боротьби стабільно перебувають у центрі уваги військових доктрин і стандартів НАТО/США; у них підкреслюється необхідність комплексної оцінки ефективності засобів впливу в електромагнітному спектрі (див. доктринальні матеріали FM 3-36 та оновлену FM 3-12). [6, 7, 8, 9] Оглядові матеріали НАТО також наголошують на ролі електромагнітних операцій у забезпеченні виконання завдань та стійкості сил у сучасних операціях. [13]

Практичні підходи до валідації засобів протидії РКБП (наприклад, CREW / vehicular jammers) у відкритій технічній літературі засновані на полігонних випробуваннях і емпіричних метриках ефективності, зокрема у роботах та звітах JHU/APL [11]. Аналітичні огляди ринку та технічних рішень підкреслюють типові архітектури автомобільних і бронетанкових систем придушення, проте не забезпечують узагальненої багатокритеріальної метрики результативності [12]. Водночас стандарти та настанови щодо випробувань впливу електромагнітного середовища (АЕСТР-500 /

STANAG 4370) формують нормативну основу для реплікабельних вимірювань і верифікації результатів на техніці [8, 9, 10].

З погляду математичного апарату, найбільш релевантним класом методів для побудови інтегрального показника є багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM). Ідея «ідеальної точки» або «точки утопії», що лежить в основі TOPSIS, дозволяє вимірювати близькість альтернативи до ідеалу та віддаленість від антиідеалу у нормованому просторі показників [1, 2, 3]. Ключовим елементом коректної побудови таких оцінок є метод нормалізації різнорідних критеріїв (виграшних і витратних), що суттєво впливає на стійкість фінального ранжування – це питання докладно розглянуто в порівняльних дослідженнях методик нормування та MCDM [4, 5].

Таким чином, методологічні висновки з огляду літератури можна сформулювати так:

існує потреба в узгодженому інтегральному показнику для систем протидії РКБП на автомобілях і бронетехніці;

застосування логіки MCDM/TOPSIS із нормуванням різнорідних характеристик і вимірюванням евклідової відстані до *ідеальної точки* є методологічно обґрунтованим;

нормативні та випробувальні документи забезпечують базу для верифікації подібних інтегральних показників у полігонних умовах [1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13].

У відкритій публіцистиці та аналітичних матеріалах щодо протидії БпЛА/РКБП додатково підкреслюється необхідність швидкої адаптації режимів РЕБ та врахування тактико-технічної варіативності загроз – чинників, що роблять важливим застосування адаптивних вагових схем і чутливісних аналізів у побудові інтегральних індексів [14]. У соціально-безпековій літературі (огляди по IED/IED-threats) підкреслено, що питання захисту техніки й особового складу має пряме відношення до державної безпеки, що додатково обґрунтовує прикладне спрямування розроблених інтегральних показників [15].

Отже, на основі проаналізованих джерел обґрунтовується застосування запропонованого підходу (нормування – визначення ідеалу – вимірювання вагової евклідової відстані – перетворення у інтегральний індекс) для побудови інтегрального показника ефективності системи протидії РКБП як інструменту оцінки та прийняття рішень у контексті забезпечення державної безпеки.

Мета статті – теоретичне обґрунтування інтегрального показника ефективності системи протидії радіокерованим боєприпасам на автобронетанковій техніці підрозділів сил безпеки та оборони як ключового механізму підвищення рівня державної безпеки України, з урахуванням їхнього впливу на протирозвідувальну (розвідувальну) захищеність АБТТ та загальну бойову живучість.

Виклад основного матеріалу. Показники, за якими оцінюються системи протидії РКБП, можна поділити на кілька груп, які складаються стосовно потреб військ. Перелік цих показників може бути змінений і доповнений відповідно до специфіки систем протидії РКБП.

1. Показники виявлення загрози.

1.1. Імовірність виявлення сигналу управління РКБП. Що вища ймовірність первинного виявлення сигналу, то менший час реакції та нижчий ризик ураження техніки, тому ступінь впливу – критичний.

1.2. Селективність приймальних трактів. Здатність відокремлювати сигнал управління РКБП від завад та сторонніх каналів визначає точність класифікації загрози, тому ступінь впливу – високий.

1.3. Ширина діапазону сканування. Ширший спектр дозволяє виявляти різнорідні РКБП, включно з FPV-дронами та IED із нестандартними каналами керування, тому ступінь впливу – високий.

1.4. Стійкість до маскування сигналів противником. Якщо система здатна ідентифікувати сигнали, замасковані під радіошум або цивільні частоти, знижується ймовірність прориву загрози, тому ступінь впливу – критичний.

2. Показники нейтралізації (придушення) каналу управління.

2.1. Імовірність успішного придушення. Це визначальний фактор, що прямо впливає на фактичне знешкодження загрози, тому ступінь впливу – критичний.

2.2. Стійкість перешкод у динамічних умовах. Здатність утримувати перешкоду при маневруванні дрона або зміні частоти визначає ефективність РЕБ, тому ступінь впливу – високий.

2.3. Протидія багатомішеневим атакам. Одночасне реагування на кілька дронів чи каналів керування забезпечує живучість підрозділу, тому ступінь впливу – критичний.

2.4. Універсальність щодо типів РКБП. Уміння працювати з різними моделями FPV, імпровізованими пристроями та штатними боєприпасами противника забезпечує оперативну перевагу, тому ступінь впливу – високий.

3. Часові параметри.

3.1. Час реакції системи. Що швидше система переходить від виявлення до придушення, то менша ймовірність попадання дрона, тому ступінь впливу – критичний.

3.2. Тривалість безперервної роботи. Здатність працювати без перегріву визначає можливість вести тривалі операції, тому ступінь впливу – середній.

3.3. Швидкість перемикавання режимів. Оперативна адаптація між режимами виявлення і придушення підвищує ефективність в умовах зміни тактичної обстановки, тому ступінь впливу – високий.

3.4. Затримка команд управління. Будь-які затримки можуть зменшувати точність роботи комплексу, тому ступінь впливу – середній.

4. Просторові параметри.

4.1. Максимальна дальність придушення. Що більша дальність, то раніше ворог втрачає контроль над боєприпасом, тому ступінь впливу – критичний.

4.2. Кутовий сектор дії. Повне (360°) покриття мінімізує *сліпі зони*, тому ступінь впливу – високий.

4.3. Висотний діапазон. Важливо для боротьби з FPV-дронами, що атакують з різних ешелонів, тому ступінь впливу – високий.

4.4. Стійкість у складних умовах місцевості. Рельєфні перешкоди знижують якість придушення, тому система повинна їх компенсувати, ступінь впливу – середній.

5. Спектральні можливості.

5.1. Діапазон робочих частот. Більший спектр підвищує ймовірність виявлення нестандартних систем управління, тому ступінь впливу – високий.

5.2. Здатність супроводжувати frequency hopping. Противник активно використовує перестрибування частот, тому здатність стежити за ним – критична.

5.3. Адаптивні алгоритми перебору спектра. Автоматична адаптація під загрозу підвищує швидкість реакції, тому ступінь впливу – високий.

5.4. Сумісність із власними засобами зв'язку. Важливо уникнути ситуації, коли система приглушує власні канали, тому ступінь впливу – критичний.

6. Демаскувальні ознаки (вплив на розвідувальну захищеність).

6.1. Електромагнітне випромінювання. Активна робота РЕБ збільшує радіотехнічну помітність АБТТ, тому ступінь впливу – критичний.

6.2. Теплова сигнатура. Нагрів блоків впливає на тепловізійну розвідку, тому ступінь впливу – високий.

6.3. Акустичні та вібраційні шуми. Шум генераторів та вібрації фіксуються сейсморозвідкою, тому ступінь впливу – високий.

6.4. Оптичні прояви. Близьк елементів та індикаторів може бути помітним на дронах-розвідниках, тому ступінь впливу – середній.

7. Показники впливу систем на КРЗ (коефіцієнт розвідувальної захищеності).

7.1. Підвищення радіотехнічної помітності. Передавачі, які працюють, істотно знижують КРЗ, тому ступінь впливу – критичний.

7.2. Підвищення теплової помітності. Особливо у нічний час або взимку, ступінь впливу – високий.

7.3. Підсилення акустичного та вібраційного фону. Це робить АБТТ вразливою для Penicillin (counter-artillery system), тому ступінь впливу – високий.

7.4. Зниження інтегрального КРЗ. Системи РКБП можуть одночасно захищати та демаскувати техніку, тому ступінь впливу – критичний.

8. Експлуатаційні показники.

8.1. Середній час безвідмовної роботи (MTBF). Менша кількість відмов забезпечує стабільність роботи, тому ступінь впливу – високий.

8.2. Стійкість до кліматичних умов. Дощ, пил і мороз можуть знизити ефективність системи, тому ступінь впливу – середній.

8.3. Стійкість до вібрацій і ударів. АБТТ працює у жорстких умовах, тому ступінь впливу – високий.

8.4. Робота при частковому пошкодженні. Здатність зберігати функціональність після уражень важлива в бою, ступінь впливу – критичний.

9. Енергетичні та логістичні показники.

9.1. Споживання електроенергії. Високе навантаження збільшує ризик відмов АБТТ, ступінь впливу – середній.

9.2. Маса та габарити. Значні габарити можуть обмежувати маневреність, ступінь впливу – високий.

9.3. Потреба в додатковому живленні. Підвищує логістичну складність, тому ступінь впливу – середній.

9.4. Ремонтопридатність. Швидкість заміни модулів визначає готовність системи у бою, тому ступінь впливу – високий.

10. Тактико-операційні показники.

10.1. Сумісність зі штатними системами зв'язку. Застосування не повинно блокувати власні радіоканали, ступінь впливу – критичний.

10.2. Ефективність у русі та при стрільбі. Система має працювати стабільно навіть у динаміці бою, вплив – високий.

10.3. Робота в різних сценаріях бою. Універсальність підвищує ефективність підрозділу, ступінь впливу – високий.

10.4. Безпечність для власних сил. Перешкоди не мають ставати на заваді, власним БПЛА, ступінь впливу – критичний.

Визначення переліку показників ефективності систем протидії РКБП та оцінювання ступеня їхнього впливу здійснювалося експертним методом, що передбачав залучення фахівців у сфері радіоелектронної боротьби, бойового застосування АБТТ, протидії РКБП та технічної розвідки. Експертиза проводилася у кілька етапів: попередня ідентифікація чинників, що впливають на результативність систем; оцінювання їхньої відносної вагомості у різних бойових сценаріях; ранжування показників за силою впливу на загальний рівень захищеності. Кожен показник оцінювався за такими критеріями, як частота прояву в реальних умовах, величина впливу на ймовірність ураження АБТТ, взаємозв'язок з іншими параметрами, а також потенціал для оптимізації. Отримані експертні оцінки були агреговані методом середніх вагових значень, що дозволило сформувати узгоджений комплекс показників та кількісно визначити ступінь їхнього впливу у межах розробленої методики.

Наведені показники характеризують різномірні аспекти функціонування системи протидії радіокерованим боєприпасам та протирозвідувальної (розвідувальної) захищеності АБТТ, при цьому частина з них має різну фізичну природу й різні розмірності, що унеможливорює їх безпосереднє порівняння. У зв'язку з цим для коректного застосування процедури вибору, ранжування та подальшої інтеграції показників у єдиний узагальнений критерій необхідно виконати їх адекватне нормування, яке забезпечує приведення всієї множини величин до єдиної безрозмірної шкали та усуває вплив різномірності параметрів [16; 17].

Задача нормування може бути формалізована в такий спосіб:

$$F' : \{M_j\}_j J \rightarrow \{M'_j\}_j J[0,1] \rightarrow \mathfrak{R}, \quad (1)$$

де F' – відображення M_j у M'_j , яке потрібно знайти;

M_j – характеристика j -го системи протидії РКБП;

M'_j – нормована характеристика j -го системи протидії РКБП;

J – множина індексів порівнюваних систем;

$\mathfrak{R}$ – множина дійсних чисел (числова вісь).

Відображення F' є першим етапом відображення F , що реалізує пропорційний метод вибору оцінюваних систем протидії РКБП.

Задачу оцінювання та вибору альтернатив систем протидії РКБП за певною сукупністю нормованих метричних характеристик можна інтерпретувати так. У просторі R^n цих показників, який вважається ідеальним, визначають систему протидії РКБП. Він відображається ідеальною точкою або точкою утопії. З урахуванням прийнятого стандартного виду нормованих показників координатами такої точки буде набір одиниць $(1, 1, \dots, 1)$; усього – n одиниць. Ідеальна система протидії РКБП відображатиметься однією з вершин n -вимірною гіперкуба G_1^n з одиничними координатами. Очевидно,

що будь-яку систему протидії РКБП також можна відобразити n -вимірною точкою в тому самому просторі. Проте ймовірність того, що точка, яка відображає реальну систему протидії РКБП, досить мала, тобто ця точка завжди розміщуватиметься всередині гіперкуба G_1^n .

Отже, будь-яку із систем протидії РКБП можна порівнювати між собою за ступенем їх наближення до ідеалу. Інакше кажучи, за введеною відстанню (метрикою) між ідеальною і реальною системами протидії РКБП, які розглядаються, можна скласти думку про їхню якість. Тобто що ближчий той чи інший варіант системи протидії РКБП до ідеального, то вища його якість, оцінена за всією сукупністю характеристик [18].

У цьому випадку під відстанню (метрикою) слід розуміти невід'ємну дійсну функцію $d(M_i, M_j)$, яка задовольняє стандартні аксіоми метрики:

$$d(M_i, M_j) \geq 0 \quad \forall M_i, M_j \in G_1; \quad (2)$$

$$d(M_i, M_j) = 0 \Leftrightarrow M_i = M_j; \quad (3)$$

$$d(M_i, M_j) = d(M_j, M_i); \quad (4)$$

$$d(M_i, M_j) \leq d(M_i, M_k) + d(M_k, M_j), \quad (5)$$

де M_i, M_j, M_k – вектори з одиничного n -вимірного гіперкуба G_1^n , координатами яких є нормовані метричні характеристики i -го, j -го та k -го систем протидії РКБП відповідно.

Для комплексного оцінювання засобів протидії РКБП використовують евклідову відстань як формулу задання метрики, що зумовлює форму комплексного показника,

$$d(M_j, M_0) = \left[\sum_{i=1}^n (M_{ij} - M_{0i})^2 \right]^{1/2}. \quad (6)$$

Критерієм вибору кращого зразка буде правило: менше чисельне значення відстані (метрики) від точки відображення зразка до ідеалу відповідає кращому зразку засобу протидії РКБП.

Експертні оцінки та сучасні дослідження з багатоспектрального спостереження та маскування [17, 18] показали, що найбільший негативний вплив на розвідувальну захищеність мають саме радіотехнічні прояви, пов'язані з роботою засобів РЕБ, РКБП та засобів зв'язку. Отже, комплексне поєднання експертного методу, математичних залежностей (1), (2) та узагальнення бойового досвіду Сил оборони України дало змогу створити науково обґрунтований механізм, придатний для практичного застосування, – від оптимізації режимів роботи РЕБ/РКБП до прогнозування вразливості АБТТ у різних сценаріях та формування управлінських рішень, що дозволяє ефективно впливати на процеси забезпечення та підвищення рівня державної безпеки.

Висновки

Актуальність дослідження зумовлена тим, що ефективність систем протидії радіокерованим боєприпасам безпосередньо впливає на рівень бойової стійкості та збереження автобронетанкової техніки підрозділів сил безпеки та оборони України, а відтак – на їхню здатність успішно виконувати покладені завдання із забезпечення національної та державної безпеки. Умови сучасного високотехнологічного бою, що характеризуються широким застосуванням дистанційно керованих засобів ураження, потребують науково обґрунтованого інтегрального підходу до оцінювання ефективності таких систем, оскільки саме рівень їх роботи визначає ступінь зниження загроз для особового складу, техніки та критичної інфраструктури сил безпеки й оборони, формуючи важливий компонент комплексної системи забезпечення державної безпеки України.

Отримав подальший розвиток інтегральний вираз оцінювання ефективності системи протидії РКБП на автобронетанковій техніці підрозділів сил безпеки та оборони, який, на відміну від відомих підходів, що враховують переважно окремі параметри (ймовірність виявлення, ймовірність придушення або часову затримку реагування), базується на багатофакторній метриці, що поєднує спектральні, тактико-технічні, радіотехнічні та протирозвідувальні параметри в єдиному

інтегральному показнику. Це дозволяє кількісно визначати рівень загального захисту техніки в різних умовах бойового застосування та забезпечувати інформаційно обґрунтоване прийняття рішень щодо оптимізації систем протидії РКБП, формуючи важливий компонент комплексної системи забезпечення державної безпеки України.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення математичної моделі раціонального розподілу фінансових ресурсів у системі протидії радіокерованим боєприпасам, що забезпечить формування окремих аспектів комплексної системи забезпечення державної безпеки України, зокрема у частині підвищення стійкості сил безпеки та оборони до високотехнологічних загроз, удосконалення планування оборонних ресурсів та розвитку інтегрованих систем протидії РКБП.

Перелік джерел посилання

1. Roszkowska E. Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method. *Multiple Criteria Decision Making*. Katowice : University of Economics in Katowice. URL: <http://www.mcdm.ue.katowice.pl> (дата звернення: 19.09.2025).
2. Lai Y.J., Liu T.Y., Hwang C.L. Topsis for MODM. *European Journal of Operational Research*. Amsterdam : Elsevier Science, 1994. Vol. 76, iss. 3, pp. 486–500. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)90282-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)90282-8).
3. Madanchian M. A comprehensive guide to the TOPSIS method. *Semantic Scholar*. 2020. URL: <https://www.semanticscholar.org> (дата звернення: 19.09.2025).
4. Malefaki S. Comparative Analysis of MCDM Methods and Normalization Techniques. *Mathematics*. Basel : MDPI, 2020. Vol. 8, no. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/math8111863>.
5. Normalization Techniques for MCDM: A comparative study. *ResearchGate*. 2019. URL: <https://www.researchgate.net/publication/334267234> (дата звернення: 15.09.2025).
6. FM 3-36. Electronic Warfare in Operations. *Headquarters Department of the Army*. Washington, DC, 2009. 180 p.
7. FM 3-12. Cyberspace and Electronic Warfare Operations. *Headquarters Department of the Army*. Washington, DC, 2017. 210 p.
8. ATP 3-36 (FM 3-36). Electronic Warfare. *NATO Allied Tactical Publication*. Bonn : BITS, 2010. URL: <https://www.bits.de> (дата звернення: 15.09.2025).
9. FM 3-36. Electronic Warfare in Operations. Early edition. *Headquarters Department of the Army*. Washington, DC, 2009. 170 p. URL: <https://www.bits.de> (дата звернення: 19.09.2025).
10. AECTP-500 / STANAG 4370. Electromagnetic Environmental Effects Tests and Verification. NATO Standardization Agreement. Bonn : IB-Lenhardt AG, 2014. URL: <https://www.ib-lenhardt.com> (дата звернення: 03.09.2025).
11. Pesci M.E. Controlled IED Electronic Warfare (CREW) testing methodology. Johns Hopkins Applied Physics Laboratory. Laurel, MD, 2018. URL: <https://www.jhuapl.edu> (дата звернення: 10.09.2025).
12. IntelMarketResearch. Vehicle bomb jamming systems overview. *IntelMarketResearch Blog*. 2022. URL: <https://www.intelmarketresearch.com> (дата звернення: 28.09.2025).
13. NATO. Electromagnetic warfare. NATO Official Topic Page. Brussels : NATO, 2023. URL: <https://www.nato.int> (дата звернення: 19.09.2025).
14. Counteroffensive Pro. Ukraine countermeasures vs Shahed threats. *Counteroffensive News Analysis*. 2025. URL: <https://www.counteroffensive.pro> (дата звернення: 12.09.2025).
15. Security Aspects of IEDs. *Social Science Research Network*. 2021. URL: <https://www.socialscienceresearch.org> (дата звернення: 23.09.2025).
16. Сакович В. І., Лопатін О. В. Методи експертного оцінювання у військових дослідженнях: теорія, практика, моделі. Київ: НУОУ ім. І. Черняхівського, 2021. 184 с.
17. Кравчук С. В., Бондаренко П. П. Методи оцінювання ефективності радіоелектронних засобів та систем РЕБ у багатоспектральному середовищі. Харків: ХНУПІС, 2020. 212 с.
18. Milanovic J., Petrović D., Kovač M. Multispectral Detection of Armored Vehicles under Battlefield Conditions: Models, Metrics and Counter-Measures. *Defense Technology*. 2023. Vol. 19, no. 4, pp. 1121–1137. DOI: 10.1016/j.dt.2023.02.014.

Стаття надійшла до редакції 29.11.2025 р.

O. Iokhov, I. Stratiichuk

**INTEGRAL INDICATOR OF THE EFFECTIVENESS OF RADIO-CONTROLLED MUNITION
COUNTERMEASURE SYSTEMS ON ARMoured AND AUTOMOTIVE VEHICLES OF
SECURITY AND DEFENCE FORCES**

The article proposes a methodological framework for evaluating the effectiveness of radio-controlled explosive device (RCED) neutralization systems — a critical component of the security apparatus of the National Guard of Ukraine (NGU) units. The purpose of the research is to develop a formal mathematical model which enables a comparative assessment of various technical and organizational-technical protection solutions using a comprehensive set of criteria that includes both combat performance and cost-effectiveness. The tasks addressed include: (1) identifying key technical, tactical-operational, informational-analytical, command, personnel training, economic, standardization, and reliability indicators as constituents of the integral effectiveness index; (2) formalizing normalization, weighting, and aggregation procedures of the indicators; (3) proposing a formula for the cost-efficiency ratio “effectiveness/costs”; (4) defining a procedure to filter out ineffective solutions; (5) constructing a resource-allocation model across different equipment variants and life-cycle stages under budget constraints; (6) demonstrating the calculation of integral and specific effectiveness indices on exemplary alternatives; (7) justifying decision-making logic for financing prioritization; (8) showing the model’s flexibility for adaptation to changing threat and resource conditions; (9) evaluating the practical feasibility of the model for military implementation.

As research methods, the study applies multicriteria decision-making (MCDM) techniques, normalization and weighting procedures, construction of integral and cost-efficiency indices, and illustrative simulation calculations. The results demonstrate that the proposed model enables quantitative comparison of different protection systems and supports informed decision-making about modernization, procurement, or decommissioning. A concrete numerical example shows that a system with the highest absolute effectiveness may have a lower cost-effectiveness ratio than a cheaper alternative – pability.

The proposed methodology is suitable for strategic planning within the security and defense sector, budget allocation for armament and special equipment, risk assessment, and adaptive resource management for NGU units.

Keywords: state security, security mechanism, armoured and automotive vehicles, counter-reconnaissance protection, radio-controlled munitions countermeasures, unmanned aerial vehicles, detection, coefficient, monitoring, radio-technical visibility, effectiveness enhancement, integral indicator, normalised criterion, Euclidean metric.

Іохов Олександр Юрійович – доктор технічних наук, професор, начальник центру імітаційного моделювання, Національна академія Національної гвардії України
<https://orcid.org/0000-0002-1718-0138>

Стратійчук Ігор Олегович – ад’юнкт, Національна академія Національної гвардії України
<https://orcid.org/0009-0006-3513-4502>