

# Портфельне управління розвитком спроможностей військ (сил) із використанням байєсівського підходу до прийняття рішень

## Portfolio Management of Military Capabilities Development Using Bayesian Decision-Making Approach

Павло Макошенець

Pavlo Makoshenets

ад'юнкнт, e-mail: [pavmamot@gmail.com](mailto:pavmamot@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0002-6780-9934>

ORCID ID: PhD student, e-mail: [pavmamot@gmail.com](mailto:pavmamot@gmail.com),  
<https://orcid.org/0000-0002-6780-9934>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: April 8, 2026 | Revised: April 28, 2026 | Accepted: April 30, 2026

УДК 355.02:519.226

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.2.34>

**Мета роботи.** Розробка та обґрунтування методичного підходу до підвищення ефективності портфельного управління розвитком спроможностей військ (сил) шляхом інтеграції байєсівської теорії прийняття рішень у процес оцінювання та вибору альтернатив.

**Метод дослідження.** Дослідження базується на інтеграції портфельного управління (PM<sup>2</sup>-PfM) із байєсівською теорією прийняття рішень з метою підвищення обґрунтованості вибору проектів розвитку спроможностей в умовах невизначеності.

**Результати дослідження.** Розроблено інтегрований підхід до портфельного управління розвитком спроможностей військ (сил), який поєднує методи багатокритеріального аналізу (MCDA) з байєсівською теорією прийняття рішень.

**Теоретична цінність.** Розвиток науково-методичних підходів до портфельного управління розвитком спроможностей військ (сил) шляхом інтеграції детерміністичних та ймовірнісних моделей прийняття рішень.

**Практична цінність дослідження.** Можливість застосування запропонованого підходу для підвищення ефективності прийняття управлінських рішень у сфері розвитку спроможностей військ (сил) в умовах невизначеності та обмежених ресурсів.

**Цінність дослідження.** Поєднання методології портфельного управління розвитком спроможностей (PM<sup>2</sup>-PfM) з байєсівською теорією прийняття рішень, що дозволяє перейти від традиційних детерміністичних підходів до ймовірнісної моделі оцінювання альтернатив.

**Майбутні дослідження.** Майбутні дослідження будуть спрямовані на вивчення підходів щодо впровадження портфельного управління в систему Міністерства оборони України.

**Тип статті:** Теоретичний.

**Purpose.** Development and substantiation of a methodological approach to enhancing the efficiency of troops (forces) capability development portfolio management by integrating bayesian decision theory into the evaluation and selection of alternatives.

**Method.** The research is based on the integration of portfolio management (PM<sup>2</sup>-PfM) with Bayesian decision theory to improve the validity of the selection of capacity development projects under uncertainty.

**Findings.** This study develops an integrated approach to portfolio management of military capability development, combining multi-criteria decision analysis (MCDA) with a Bayesian decision-making framework.

**Theoretical implications.** Development of a methodological framework for portfolio management of military capability development by integrating deterministic and probabilistic decision-making models.

**Practical implications.** The proposed approach enables more effective decision-making in military capability development under uncertainty and resource constraints.

**Value.** The integration of the capability development portfolio management methodology (PM<sup>2</sup>-PfM) with Bayesian decision theory enables a transition from traditional deterministic approaches to a probabilistic framework for evaluating decision alternatives.

**Future research.** Future research will focus on developing and evaluating approaches to implementing portfolio management within the Ministry of Defence of Ukraine.

**Paper type.** Theoretical.

**Ключові слова:** портфельне управління; розвиток спроможностей; спроможності; оборонне планування; PM<sup>2</sup>-PfM; байєсівський підхід; прийняття рішень.

**Key words:** Portfolio Management, Capabilities, Defense Planning, PM<sup>2</sup>-PfM, Bayesian Approach, Decision Making.

### Вступ

Сучасні умови функціонування сектору безпеки та оборони характеризуються високим рівнем невизначеності, динамічністю зовнішнього середовища та обмеженістю ресурсів. У таких умовах особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності прийняття управлінських рішень щодо розвитку спроможностей військ (сил), що безпосередньо впливає на здатність держави реагувати на сучасні виклики та загрози.

Традиційні підходи до планування розвитку спроможностей, зокрема в рамках

оборонного планування на основі спроможностей, передбачають використання експертних оцінок та детерміністичних моделей, які не завжди дозволяють адекватно враховувати невизначеність, ризики та багатоваріантність можливих рішень. Це призводить до підвищення ймовірності неефективного розподілу ресурсів та прийняття субоптимальних управлінських рішень.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності управління є впровадження портфельного підходу, який дозволяє розглядати розвиток спроможностей як систему взаємопов'язаних програм і проєктів, спрямованих на досягнення стратегічних цілей. Методологія PM<sup>2</sup>-PfM забезпечує структурований процес формування, пріоритизації та балансування портфеля, проте потребує вдосконалення інструментів оцінювання альтернатив в умовах невизначеності.

У цьому контексті особливого значення набуває використання байєсівської теорії прийняття рішень, яка дозволяє формалізувати невизначеність та оцінювати ймовірність правильності вибору управлінського рішення. Інтеграція цього підходу з методами багатокритеріального аналізу відкриває можливість переходу від детерміністичних моделей до ймовірнісних, що є більш адекватними сучасним умовам функціонування складних систем.

### **Огляд літератури**

Міжнародний досвід свідчить, що портфельний підхід у рамках оборони означає розгляд інвестицій і програм як елементів єдиного набору рішень, спрямованих на заповнення вимог по спроможностях та управління ризиком і вартістю на рівні підприємства, а не лише по окремих програмах [1]. Дослідники визначають портфельне управління в обороні як здатність узгодити вимоги, ризики й ресурси на рівні спроможностей, використовуючи аналітичні інструменти та сценарії для пріоритизації.

Теоретичні та практичні аспекти портфельного управління в оборонній сфері досліджуються в контексті міжнародних стандартів та методологій. Зокрема, методологія PM<sup>2</sup>-PfM (Portfolio Management) [2] Європейської Комісії пропонує легку рамку державного застосування з чотирма процесами: визначення рамок; композиція; реалізація; талучення зацікавлених сторін. Ця методологія забезпечує прозору простежуваність компромісів, підтримує прийняття рішень на основі даних та дозволяє швидко адаптуватися до змін пріоритетів.

Важливий внесок у розвиток методології планування на основі спроможностей (CBP) зробили дослідження [3], які визначають портфельне управління в обороні як здатність узгодити вимоги, ризики й ресурси на рівні спроможностей. Використовуючи аналітичні інструменти та сценарії для пріоритизації, які продемонстрували, що CBP служить методологічною основою для формування портфелів, поєднуючи вимоги, сценарії та аналітику для визначення пріоритетів і опцій розвитку спроможностей. В [4] розширили цей підхід, запропонувавши багатоперіодну оптимізацію для мінімізації стратегічного ризику при збереженні економічності, використовуючи евристики, багатоцільову еволюційну оптимізацію та підхід Q-learning.

В роботі [5] досліджували австралійський досвід впровадження портфельного управління, демонструючи практичну реалізацію багатоперіодної оптимізації для Збройних сил Австралії (ADF). Їхні роботи показують важливість інтеграції портфельних методів з існуючими процесами оборонного планування.

Дослідники [6] представили болгарську методику, яка застосовує дворівневі сценарії в стилі НАТО та розширене визначення спроможностей для розподілу ресурсів у Міністерстві оборони. Їхній підхід включає класифікацію спроможностей на операційні, партнерські та адаптивні (R&D, експерименти, мобілізація), щоб забезпечити конкуренцію за ресурси між різними типами інвестицій.

Науковці [7] розробили концепцію “зв'язаних портфелів”, яка охоплює портфельні правила

членства та зв'язки між концептом, розробкою, експлуатацією й утилізацією систем протягом життєвого циклу. Цей підхід дозволяє розглядати портфельне планування як задачу хеджування проти невизначеності на рівні підприємства, поєднуючи баланс вартості, вигоди й ризику.

В дослідженні [8] підкреслюють різницю між управлінням портфелем і програмним управлінням. Портфельне управління діє на рівні стратегії і спроможностей, координуючи множини програм і проєктів для досягнення загальних цілей, тоді як програмне управління фокусується на виконанні конкретних проєктів і доставці окремих рішень. Портфель включає дорожні карти, архітектури та політики розподілу ресурсів, що дозволяють динамічно перенаправляти бюджети між програмами відповідно до пріоритетів і ризиків.

Важливим напрямком досліджень є розробка аналітичних інструментів для пріоритизації портфелів. В роботі [9] систематизували методи багатокритеріального аналізу рішень (MCDA), включаючи методи PROMETHEE та ELECTRE, для капітального бюджетування і ранжування в Міністерстві оборони США. Ці методи дозволяють враховувати ризики, пріоритети та нечіткі переваги при виборі оптимального портфеля проєктів.

Аналіз наукових досліджень свідчить, що питання портфельного управління широко розглядаються у працях зарубіжних і вітчизняних учених, зокрема у контексті оборонного планування та управління ресурсами. Водночас використання байєсівських методів у поєднанні з портфельним підходом залишається недостатньо дослідженим, особливо в сфері розвитку спроможностей військ (сил).

Таким чином, існує наукова проблема, що полягає у необхідності розробки інтегрованого підходу до портфельного управління, який би поєднував переваги багатокритеріального аналізу та ймовірнісних методів прийняття рішень.

### ***Постановка проблеми***

Під час планування та реалізації заходів із розвитку спроможностей виникає необхідність одночасного врахування ефективності, швидкості впровадження, вартості, рівня ризику та зрілості рішень. Дана ситуація формує задачу багатокритеріального вибору, яка традиційно вирішується із застосуванням детерміністичних методів (MCDA, АНР, МАUT). Однак такі підходи не дозволяють у повній мірі враховувати невизначеність та ймовірнісний характер впливу зовнішніх факторів.

Крім того, на рівні портфельного управління виникає додаткова складність, пов'язана з необхідністю формування оптимальної сукупності проєктів, яка забезпечує максимальний ефект за обмеженого бюджету та враховує взаємозв'язки між альтернативами. При цьому традиційні підходи до ранжування проєктів не забезпечують достатнього рівня обґрунтованості, оскільки не враховують імовірність досягнення очікуваних результатів.

Таким чином, наявна наукова проблематика полягає у відсутності інтегрованого підходу до портфельного управління розвитком спроможностей, який би поєднував багатокритеріальне оцінювання альтернатив із ймовірнісним аналізом та дозволяв враховувати стохастичну природу загроз і невизначеність середовища.

**Мета дослідження** — розробка та обґрунтування методичного підходу до підвищення ефективності портфельного управління розвитком спроможностей військ (сил) шляхом інтеграції байєсівської теорії прийняття рішень у процес оцінювання та вибору альтернатив.

### ***Методологія дослідження***

Методологічною основою дослідження є інтеграція системного, багатокритеріального та ймовірнісного підходів [10-16] до прийняття управлінських рішень у сфері портфельного управління розвитком спроможностей військ (сил).

Дослідження побудовано на поєднанні методології портфельного управління PM<sup>2</sup>-PfM із байєсівською теорією прийняття рішень. Загальна логіка включає такі етапи:

формування множини альтернативних проєктів розвитку спроможностей;  
 визначення системи критеріїв оцінювання (ефективність, швидкість, вартість, ризик, зрілість);  
 нормування критеріїв та формування векторів параметрів проєктів;  
 побудова ймовірнісної моделі класифікації альтернатив;  
 обчислення апостеріорних ймовірностей ефективності проєктів;  
 розрахунок очікуваної цінності альтернатив;  
 вибір оптимального портфеля за умов ресурсних обмежень.  
 Такий підхід дозволяє перейти від детерміністичного ранжування до ймовірнісної моделі прийняття рішень.

## Результати

### 1. Формалізація задачі

Цей етап є ключовим етапом дослідження, оскільки саме він забезпечує перехід від загального управлінського опису проблеми до математичної моделі, придатної для кількісного оцінювання, порівняння альтернатив і підтримки прийняття рішень. У межах цього дослідження задача розглядається як задача вибору найдоцільнішого проєкту або сукупності проєктів розвитку спроможностей військ (сил) в умовах невизначеності, ресурсних обмежень і наявності декількох конкуруючих критеріїв.

Нехай задано множину альтернативних проєктів розвитку спроможностей:

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$$

де  $P_j$  –  $j$ -й проєкт або варіант управлінського рішення;  
 $m$  – загальна кількість альтернатив, що розглядаються особою, яка приймає рішення.

Кожен проєкт  $P_j$  описується вектором параметрів:

$$x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})^T$$

де  $x_{ij}$  – значення  $i$ -го критерію для  $j$ -го проєкту;  
 $n$  – кількість критеріїв оцінювання.

У контексті розвитку спроможностей такими критеріями можуть бути: очікуваний внесок у спроможність, швидкість реалізації, ресурсна доступність, рівень ризику, технологічна або організаційна зрілість, масштабованість, стійкість до зовнішніх впливів, сумісність із наявними системами управління.

Для прикладної частини дослідження доцільно використати такий базовий вектор параметрів:

$$x_j = (E_j, S_j, C_j, R_j, M_j)^T$$

де  $E_j$  – ефективність проєкту, тобто очікуваний внесок альтернативи  $P_j$  у досягнення цільової спроможності;  
 $S_j$  – швидкість реалізації або часова придатність рішення;  
 $C_j$  – ресурсна доступність, що відображає співвідношення очікуваного ефекту та витрат;  
 $R_j$  – ризикова стійкість, тобто здатність рішення зберігати результативність в умовах підвищеної невизначеності;  
 $M_j$  – зрілість рішення, яка характеризує рівень готовності технології, організації, процедур або інфраструктури до практичного впровадження.

Оскільки критерії можуть мати різну природу, одиниці виміру та напрям впливу, перед застосуванням моделі їх необхідно привести до єдиної безрозмірної шкали. Для критеріїв-стимуляторів, де більше значення є кращим, нормування здійснюється за формулою:

$$x_{ij}^{norm} = \frac{x_{ij} + x_i^{min}}{x_i^{max} - x_i^{min}}$$

Для критеріїв-дестимуляторів, де більше значення є гіршим, наприклад вартість, тривалість або рівень ризику, використовується обернене нормування:

$$x_{ij}^{norm} = \frac{x_i^{max} - x_{ij}}{x_i^{max} - x_i^{min}}$$

Після нормування всі показники набувають значень у межах:

$$0 \leq x_{ij}^{norm} \leq 1,$$

де значення, близьке до 1, означає більш бажаний стан критерію, а значення, близьке до 0, — менш бажаний.

Подальша логіка моделі полягає в тому, що кожен проєкт оцінюється не лише за інтегральним балом, а як об'єкт, що може належати до одного з декількох класів управлінської доцільності. Для цього вводиться множина гіпотез:

$$H = \{H1, H2, H3\}$$

- де
- H1 – гіпотеза про те, що проєкт є високоефективним і доцільним для включення до портфеля;
  - H2 – гіпотеза про те, що проєкт є збалансованим, але потребує додаткового аналізу або умовного включення;
  - H3 – гіпотеза про те, що проєкт є ризиковим або низькоефективним і не є пріоритетним для реалізації.

Управлінський зміст такого поділу полягає в тому, що особа, яка приймає рішення, отримує не просто ранжування альтернатив, а й імовірнісну оцінку того, до якого класу належить кожне рішення. Це особливо важливо для оборонного планування, де помилка вибору може мати значні ресурсні, часові та операційні наслідки.

Для кожної гіпотези  $\mu_r$  задається еталонний профіль:

$$\mu_r = (\mu_{r1}, \mu_{r2}, \dots, \mu_{nr})^T$$

який відображає типовий набір параметрів для відповідного класу проєктів. Наприклад, клас H1 може характеризуватися високими значеннями ефективності, прийнятним рівнем ризику, достатньою зрілістю та доброю ресурсною доступністю. Клас H3, навпаки, може мати ознаки високої невизначеності, низької зрілості або неприйнятного співвідношення витрат і результату.

Для врахування розкиду параметрів використовується матриця коваріації, яка описує варіативність критеріїв у межах кожного класу та взаємозв'язки між ними:

$$\Sigma_r$$

Якщо відсутні достатні статистичні дані, на першому етапі може бути використана спрощена форма:

$$\Sigma_r = \sigma^2 I$$

- де
- $\sigma^2$  – узагальнений рівень невизначеності;
  - $I$  – одинична матриця.

Функція правдоподібності для проекту  $P_j$  за умови гіпотези  $\mu_r$  задається у вигляді багатовимірного нормального розподілу:

$$p(x_j|H_r) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_r|^{1/2}} \exp \left[ -\frac{1}{2} (x_j - \mu_r)^T \Sigma_r^{-1} (x_j - \mu_r) \right]$$

Ця функція показує, наскільки вектор параметрів конкретного проекту  $x_j$  подібний до еталонного профілю класу  $H_r$ . Чим меншою є відстань між  $x_j$  та  $\mu_r$ , тим більшою є правдоподібність належності проекту до відповідного класу.

Квадратична форма має зміст узагальненої відстані між проектом та еталонним класом. На відміну від звичайної евклідової відстані, вона враховує різну варіативність критеріїв і можливі кореляції між ним:

$$d_{jr}^2 = (x_j - \mu_r)^T \Sigma_r^{-1} (x_j - \mu_r)$$

Такий підхід є важливим для управлінських задач, оскільки окремі критерії можуть бути взаємопов'язаними, наприклад, підвищення швидкості реалізації може супроводжуватися зростанням ризику або вартості.

Далі застосовується формула Байєса:

$$P(H_r|x_j) = \frac{p(x_j|H_r)P(H_r)}{\sum_{k=1}^k p(x_j|H_k)P(H_k)}$$

де	$P(\mu_r   x_j)$	–	апостеріорна ймовірність належності проекту $P_j$ до класу $\mu_r$ ;
	$p(x_j   \mu_r)$	–	правдоподібність;
	$P(\mu_r)$	–	апріорна ймовірність гіпотези;
	$k$	–	кількість класів.

Апріорні ймовірності  $P(\mu_r)$  можуть бути задані на основі експертного досвіду, історичних даних реалізації проектів, стратегічних пріоритетів або поточного стану портфеля. Якщо немає підстав надавати перевагу певному класу, можна прийняти рівноймовірні апріорні значення:

$$P(H_1) = P(H_2) = P(H_3) = \frac{1}{3}$$

Якщо ж організація перебуває в умовах високого дефіциту ресурсів і має пріоритет на швидке досягнення ефекту, апріорні ймовірності можуть бути зміщені на користь класу високоефективних або низькоризикових проектів.

Оптимальне рішення щодо класифікації окремого проекту приймається за правилом максимуму апостеріорної ймовірності:

$$H^*(P_j) = \underset{\mu_r \in \mathbb{H}}{\operatorname{argmax}} P(\mu_r|x_j)$$

Що означає, що проект відноситься до того класу, ймовірність якого після врахування фактичних параметрів є найбільшою.

Однак для портфельного управління самої класифікації недостатньо. Необхідно перейти від визначення класу до оцінювання управлінської цінності альтернативи. Для цього кожному класу  $\mu_r$  ставиться у відповідність корисність:

$u_r$ ,

де, наприклад:  $u_1 > u_2 > u_3$

Тоді очікувана цінність проекту визначається як:

$$V_j = \sum_{r=1}^k u_r P(H_r | x_j)$$

Показник  $V_j$  є інтегральною ймовірнісною оцінкою доцільності реалізації проекту. Він враховує не лише те, до якого класу найімовірніше належить проект, а й розподіл імовірностей між усіма можливими класами. Це дає змогу уникнути надмірно жорстких рішень у випадках, коли альтернативи мають близькі характеристики або високу невизначеність.

У межах портфельного управління необхідно обрати не один проект, а таку їх сукупність, яка забезпечує максимальну очікувану цінність за наявних ресурсних обмежень. Для цього вводиться бінарна змінна:

$$z_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо проект } P_j \text{ включається до портфеля} \\ 0, & \text{якщо проект } P_j \text{ не включається до портфеля} \end{cases}$$

Тоді задача формування портфеля має вигляд:

$$\max_{z_j} \sum_{j=1}^m z_j V_j$$

за умов:

$$\sum_{j=1}^m c_j z_j \leq B$$

де  $c_j$  – вартість реалізації проекту  $P_j$ ;

$B$  – загальний доступний бюджет.

За необхідності модель може бути доповнена часовими, ресурсними та логічними обмеженнями. Наприклад:

$$\sum_{j=1}^m t_j z_j \leq T$$

де  $t_j$  – час реалізації проекту;

$T$  – допустимий часовий горизонт.

Для врахування залежностей між проектами можуть застосовуватися логічні обмеження:

$$z_a \leq z_b$$

що означає: проект  $P_a$  може бути включений до портфеля лише за умови включення проекту  $P_b$ .

Таким чином, формалізована задача поєднує три рівні:

критеріальний рівень – опис проектів через систему показників;

ймовірнісний рівень – оцінювання належності до класів ефективності за байєсівським правилом;

портфельний рівень – вибір оптимальної сукупності проектів за умов обмежених ресурсів.

Перевага запропонованої формалізації полягає в тому, що вона дозволяє враховувати не лише значення показників, а й невизначеність, ризик помилки та стратегічну корисність альтернатив. Це робить її придатною для застосування у сфері розвитку спроможностей військ (сил), де рішення приймаються в умовах неповної інформації, високої динамічності та критичної важливості наслідків.

## 2. Апробація запропонованої методики

Апробація методики відбувається на практичному прикладі оптимізації логістичних

маршрутів у зоні впливу РЕБ, РЕР та інших несприятливих факторів.

Досліджується задача вибору стратегії доставки вантажів в умовах активної радіоелектронної протидії та загрози вогневого ураження. Розглядаються чотири альтернативи ( $P_1 - P_4$ ):

$P_1$  – автомобільна доставка;

$P_2$  – залізнична доставка;

$P_3$  – безпілотні платформи;

$P_4$  – комбінована схема.

Використовуємо вектор  $x_j = (E, S, C, R, M)$

де  $E$  – ефективність доставки;

$S$  – швидкість;

$C$  – ресурсна доступність;

$R$  – стійкість до РЕБ та інших загроз;

$M$  – реалізованість.

Всі показники нормовані  $[0;1]$ .

Вхідні дані параметрів альтернатив для проведення розрахунку наведені в (табл. 1).

**Таблиця 1:** Вхідні параметри альтернатив

Проект	Ефективність (E)	Швидкість (S)	Ресурси (C)	Стійкість (R)	Зрілість (M)
$P_1$ (Авто)	0,70	0,80	0,60	0,40	0,90
$P_2$ (Залізниця)	0,85	0,60	0,70	0,55	0,80
$P_3$ (БПЛА)	0,60	0,90	0,30	0,80	0,50
$P_4$ (Комбінована)	0,90	0,75	0,65	0,70	0,85

Для класифікації використано еталонні профілі класів рішень ( $\mu_r$ ), де  $H_1$  відповідає ідеалізованому успішному проекту, а  $H_3$  – проекту з критично низькими показниками стійкості та ефективності:

$H_1$  – високоефективні, прийнятний ризик;

$H_2$  – збалансовані;

$H_3$  – слабкі параметри, ризикові.

Групою експертів формуємо еталонні профілі (це можна робити також на основі історичних даних, нормативним способом та кластеризацією). Еталонні профілі класів ефективності формуються як вектори параметрів, що характеризують типовий стан альтернатив, які належать до відповідного класу. Експертний підхід до їх визначення базується на узагальненні практичного досвіду оцінювання проектів розвитку спроможностей.

Зокрема, для класу високоефективних рішень ( $H_1$ ) задаються високі значення показників ефективності, зрілості та стійкості до ризиків, тоді як для класу ризикових альтернатив ( $H_3$ ) характерні нижчі значення цих параметрів.

Формально еталонний профіль визначається як:

$$\mu_r = (\mu_{1r}, \mu_{2r}, \dots, \mu_{nr}),$$

де  $\mu_{ir}$  – типове значення  $i$ -го критерію для класу  $\mu_r$ .

Значення еталонного профілю визначаються як середнє значення експертних оцінок (табл. 2).

**Таблиця 2:** Еталонні профілі класів ефективності

Проект	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>
E	0,9	0,7	0,5
S	0,7	0,8	0,6
C	0,6	0,7	0,5
R	0,7	0,6	0,4
M	0,8	0,7	0,5

Оцінювання альтернатив здійснюється шляхом визначення ступеня їх близькості до еталонних профілів класів ефективності. Кожен проект розглядається як точка в багатовимірному просторі критеріїв, а кожен клас — як центр такого простору.

Мірою близькості виступає узагальнена відстань між вектором параметрів проекту та еталонним профілем класу. Отримана відстань використовується для побудови функції правдоподібності у вигляді експоненційної залежності.

Такий підхід дозволяє інтерпретувати відстань як міру відповідності проекту до типового представника класу. Чим меншою є відстань, тим більшою є ймовірність належності альтернативи до відповідного класу.

Подальше застосування формули Байєса забезпечує отримання апостеріорних ймовірностей, що дозволяє врахувати як фактичні характеристики проекту, так і апіорну важливість класів (табл. 3).

**Таблиця 3:** Імовірнісна оцінка та очікувана цінність ( $u_1 = 100$ ,  $u_2 = 75$ ,  $u_3 = 20$ ).

Проект	P(H <sub>1</sub> ) (Висока)	P(H <sub>2</sub> ) (Середня)	P(H <sub>3</sub> ) (Низька)	Цінність V <sub>j</sub>
P <sub>1</sub>	0,32	0,58	0,1	68
P <sub>2</sub>	0,55	0,4	0,05	82
P <sub>3</sub>	0,28	0,2	0,52	48
P <sub>4</sub>	0,78	0,2	0,02	96

Отримані результати апробації дозволяють здійснити обґрунтовану інтерпретацію ефективності альтернативних рішень з урахуванням ймовірнісної природи їх реалізації.

Встановлено, що варіант P<sub>4</sub> (комбінована схема доставки) є найбільш доцільним серед розглянутих альтернатив, що підтверджується найвищим значенням очікуваної цінності V<sub>4</sub>=96 (рис. 1).

**Рисунок 1:** Порівняння альтернатив логістичних рішень за показником очікуваної цінності

Це зумовлено високою апостеріорною ймовірністю належності даного проєкту до класу вискоєфективних рішень  $H_1$  ( $P(H_1|x_{P4}) = 0,78$ ).

Таким чином, проєкт  $P_4$  характеризується найбільшою відповідністю еталонному профілю ефективного рішення та демонструє оптимальне поєднання ефективності, стійкості до загроз та реалізованості.

Аналіз ризиків показав, що проєкт  $P_3$  (використання безпілотних платформ), незважаючи на високі показники швидкості реалізації, характеризується значною ймовірністю належності до класу низькоєфективних або ризикових рішень ( $P(H_3|x_{P3})=0,52$ ).

Це свідчить про високий рівень невизначеності та вразливості даного варіанту до впливу факторів зовнішнього середовища, зокрема засобів радіоелектронної боротьби та розвідки. У зв'язку з цим проєкт  $P_3$  не може розглядатися як основне рішення в умовах поточного рівня загроз, проте може бути використаний як допоміжний або перспективний напрям розвитку за умови зниження відповідних ризиків.

У випадку необхідності підвищення стійкості системи логістичного забезпечення за рахунок резервування та диверсифікації спроможностей, оптимальним є формування портфеля, що включає комбінацію альтернатив  $\{P_4, P_2\}$ .

Такий підхід дозволяє досягти максимальної сумарної очікуваної цінності при одночасному зниженні ризиків, пов'язаних із реалізацією окремих рішень. Варіант  $P_2$  (залізнична доставка) виступає як стабільна та менш ризикована альтернатива, що підсилює загальну надійність портфеля.

## **Висновки**

Результати апробації підтверджують, що застосування байєсівського підходу, зокрема правила максимуму апостеріорної ймовірності, дозволяє особі, яка приймає рішення, враховувати стохастичну природу зовнішніх загроз та невизначеність середовища функціонування.

Запропонована методика забезпечує:

перехід від детерміністичного до ймовірнісного оцінювання альтернатив;

можливість кількісного врахування ризику помилки;

підвищення обґрунтованості управлінських рішень;

формування адаптивних портфельних рішень в умовах невизначеності.

Таким чином, використання байєсівської моделі в поєднанні з портфельним підходом створює ефективний інструмент підтримки прийняття рішень щодо розвитку спроможностей, що є особливо актуальним для систем управління у сфері безпеки та оборони.

## **Фінансування**

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

## **Конкуруючі інтереси**

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

## **Список використаних джерел**

1. Davis P. K., Shaver R. D., Beck J. L. Portfolio Analysis Methods for Assessing Capability Options. Santa Monica : RAND Corporation, 2008. 98 p. URL: <https://www.rand.org/pubs/monographs/MG662.html> (дата звернення: 12.02.2026).
2. European Commission. PM<sup>2</sup> Portfolio Management Guide (PM<sup>2</sup>-PfM). Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. URL: [https://commission.europa.eu/system/files/2021-10/pm2-portfolio-management-guide\\_en.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2021-10/pm2-portfolio-management-guide_en.pdf) (дата звернення: 03.03.2026).

3. Strube M. J., Loren M. Capability-Based Planning: The Link between Strategy and Force Structure. Santa Monica : RAND Corporation, 2011. URL: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR113.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR113.html) (дата звернення: 18.02.2026).
4. Shafi K., Abbass H. A., Deb K. Multi-objective optimization for capability planning under uncertainty. *Expert Systems with Applications*. 2017. Vol. 80. P. 38–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.042> (дата звернення: 27.02.2026).
5. Filinkov A., Dortmans P. J. Capability Portfolio Planning: The Australian Experience. Defence Science and Technology Organisation, 2014. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA602609.pdf> (дата звернення: 09.03.2026).
6. Tagarev T., Ivanova P. Analytical Support to Defence Transformation. *Information & Security*. 2008. Vol. 23. P. 31–45. URL: <https://procon.bg/article/analytical-support-defence-transformation> (дата звернення: 21.02.2026).
7. Davendralingam N., DeLaurentis D. A. Systems-of-Systems Portfolio Management: A Value-Based Approach. *Procedia Computer Science*. 2014. Vol. 28. P. 491–500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.03.059> (дата звернення: 05.03.2026).
8. Henshaw M. та ін. Portfolio, Programme and Project Management in Defence. Defence Academy of the United Kingdom, 2012. URL: <https://www.da.mod.uk/research> (дата звернення: 14.02.2026).
9. Parnell G. S., Driscoll P. J., Henderson D. L. Decision Making in Systems Engineering and Management. 2nd ed. Hoboken : Wiley, 2013. 544 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Decision+Making+in+Systems+Engineering+and+Management-p-9781118505366> (дата звернення: 02.03.2026).
10. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 2008. Vol. 1(1). P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590> (дата звернення: 25.02.2026).
11. Berger J. O. Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. 2nd ed. New York : Springer, 1985. 618 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4286-2> (дата звернення: 07.03.2026).
12. Bernardo J. M., Smith A. F. M. Bayesian Theory. Chichester : Wiley, 1994. 586 p. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470317105> (дата звернення: 16.02.2026).
13. Gelman A., Carlin J. B., Stern H. S., Dunson D. B., Vehtari A., Rubin D. B. Bayesian Data Analysis. 3rd ed. Boca Raton : CRC Press, 2013. URL: <https://sites.stat.columbia.edu/gelman/book/BDA3.pdf> (дата звернення: 11.03.2026).
14. Robert C. P. The Bayesian Choice: From Decision-Theoretic Foundations to Computational Implementation. New York : Springer, 2007. URL: <https://www.amazon.com/Bayesian-Choice-Decision-Theoretic-Computational-Implementation/dp/0387715983> (дата звернення: 19.02.2026).
15. French S., Insua D. R., Ruggeri F. Bayesian Decision Analysis. Cambridge : Cambridge University Press, 2012. URL: <https://www.cambridge.org/core/books/bayesian-decision-analysis> (дата звернення: 06.03.2026).
16. DeGroot M. H. Optimal Statistical Decisions. New York : McGraw-Hill, 1970. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Morris\\_H.\\_DeGroot](https://en.wikipedia.org/wiki/Morris_H._DeGroot) (дата звернення: 28.02.2026).

## References

1. Davis P. K., Shaver R. D., Beck J. L. Portfolio Analysis Methods for Assessing Capability Options. Santa Monica : RAND Corporation, 2008. 98 p. URL: <https://www.rand.org/pubs/monographs/MG662.html> (Retrieved: 12.02.2026).

2. European Commission. PM<sup>2</sup> Portfolio Management Guide (PM<sup>2</sup>-PfM). Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. URL: [https://commission.europa.eu/system/files/2021-10/pm2-portfolio-management-guide\\_en.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2021-10/pm2-portfolio-management-guide_en.pdf) (Retrieved: 03.03.2026).
3. Strube M. J., Loren M. Capability-Based Planning: The Link between Strategy and Force Structure. Santa Monica : RAND Corporation, 2011. URL: [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR113.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR113.html) (Retrieved: 18.02.2026).
4. Shafi K., Abbass H. A., Deb K. Multi-objective optimization for capability planning under uncertainty. *Expert Systems with Applications*. 2017. Vol. 80. P. 38–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.042> (Retrieved: 27.02.2026).
5. Filinkov A., Dortmans P. J. Capability Portfolio Planning: The Australian Experience. Defence Science and Technology Organisation, 2014. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA602609.pdf> (Retrieved: 09.03.2026).
6. Tagarev T., Ivanova P. Analytical Support to Defence Transformation. *Information & Security*. 2008. Vol. 23. P. 31–45. URL: <https://procon.bg/article/analytical-support-defence-transformation> (Retrieved: 21.02.2026).
7. Davendralingam N., DeLaurentis D. A. Systems-of-Systems Portfolio Management: A Value-Based Approach. *Procedia Computer Science*. 2014. Vol. 28. P. 491–500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.03.059> (Retrieved: 05.03.2026).
8. Henshaw M. Portfolio, Programme and Project Management in Defence. Defence Academy of the United Kingdom, 2012. URL: <https://www.da.mod.uk/research> (Retrieved: 14.02.2026).
9. Parnell G. S., Driscoll P. J., Henderson D. L. Decision Making in Systems Engineering and Management. 2nd ed. Hoboken : Wiley, 2013. 544 p. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Decision+Making+in+Systems+Engineering+and+Management-p-9781118505366> (Retrieved: 02.03.2026).
10. Saaty T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. 2008. Vol. 1(1). P. 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590> (Retrieved: 25.02.2026).
11. Berger J. O. Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. 2nd ed. New York : Springer, 1985. 618 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4286-2> (Retrieved: 07.03.2026).
12. Bernardo J. M., Smith A. F. M. Bayesian Theory. Chichester : Wiley, 1994. 586 p. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470317105> (Retrieved: 16.02.2026).
13. Gelman A., Carlin J. B., Stern H. S., Dunson D. B., Vehtari A., Rubin D. B. Bayesian Data Analysis. 3rd ed. Boca Raton : CRC Press, 2013. URL: <https://sites.stat.columbia.edu/gelman/book/BDA3.pdf> (Retrieved: 11.03.2026).
14. Robert C. P. The Bayesian Choice: From Decision-Theoretic Foundations to Computational Implementation. New York : Springer, 2007. URL: <https://www.amazon.com/Bayesian-Choice-Decision-Theoretic-Computational-Implementation/dp/0387715983> (Retrieved: 19.02.2026).
15. French S., Insua D. R., Ruggeri F. Bayesian Decision Analysis. Cambridge : Cambridge University Press, 2012. URL: <https://www.cambridge.org/core/books/bayesian-decision-analysis> (Retrieved: 06.03.2026).
16. DeGroot M. H. Optimal Statistical Decisions. New York : McGraw-Hill, 1970. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Morris\\_H.\\_DeGroot](https://en.wikipedia.org/wiki/Morris_H._DeGroot) (Retrieved: 28.02.2026).

