

УДК 519.863

Нікітін В.А., к.т.н.;

Кутовий О.П., к.т.н., с.н.с.

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України  
імені Івана Черняхівського

## Оптимізація розподілу обмежених ресурсів для забезпечення оперативних (бойових) спроможностей військових формувань

Оптимизация распределения  
ограниченных ресурсов для  
обеспечения оперативных  
(боевых) возможностей  
воинских формирований

Optimize the allocation of limited  
resources to ensure the operational  
(combat) capabilities of military  
units

**Резюме.** Розроблено розрахункову модель оптимізації розподілу обмежених ресурсів для забезпечення бойових спроможностей військових формувань з урахуванням визначених пріоритетів та захищеності бюджетних статей.

**Резюме.** Разработана оптимизационная модель распределения ограниченных ресурсов для обеспечения боевых возможностей воинских формирований с учетом приоритетов и защищенности бюджетных статей.

**Resume.** Developed an optimization model of the distribution of limited resources to ensure the combat capabilities of military units with the priorities and security budget lines.

**Ключові слова:** оборонне планування, оперативні (бойові) спроможності, оптимальний розподіл, цільова функція.

**Ключевые слова:** оборонное планирование, оперативные (боевые) возможности, оптимальное распределение, целевая функция.

**Keywords:** defense planning, operational (combat) capabilities, the optimal distribution, the objective function.

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах геополітичної обстановки провідні країни світу все більше віддають перевагу методології оборонного планування, орієнтованого на спроможності [1]. Можна вважати, що сталою і загально визнаною є лише центральна ідея методології, яка полягає у зміщенні головної уваги планувальників на визначення завдань, які повинні виконувати збройні сили у відповідь на широке коло можливих викликів.

При цьому постійно постає питання – як забезпечити необхідний рівень обороноздатності держави в умовах недостатнього фінансування оборонних потреб? У світовій практиці в умовах ресурсних обмежень цей рівень досягається шляхом підвищення ефективності планування розподілу оборонних ресурсів за допомогою застосування оптимізаційних процедур.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зазначений підхід має недовгу історію – перші приклади його застосування відносяться до 60-х років минулого століття, тому його складові, включаючи основні поняття, процедури та

практичні методики, ще не набули свого остаточного розвитку. Серед провідних наукових організацій, які досліджують ці проблеми, можна відзначити американську корпорацію REND та міжнародну організацію “Програма з технічного співробітництва”, таких фахівців, як Кіні Р.Л. [2], Чуєв Ю.В. [3], Солнишков Ю.С., Шевченко В.Л. [4], Тагарев Т. [5], Загорка О.М., Бочарніков В.П. та інші. Але, за певних причин, розвитку аналітичних інструментів для практиків оборонного планування в Україні приділяється недостатня увага.

Актуальність дослідження визначається, з одного боку, завданнями Воєнної доктрини України [6] та діючими нормативно-правовими актами щодо напрямів реалізації воєно-економічної політики, з іншого – практичними труднощами під час планування розподілу оборонних ресурсів для виконання завдань Збройних Сил України.

**Метою** статті є розробка розрахункової моделі оптимізації розподілу обмежених ресурсів для розвитку оперативних (бойових)

спроможностей Збройних Сил України.

**Виклад основного матеріалу.** Вихідними даними для розрахунків є необхідні та наявні обсяги ресурсів для забезпечення загального ефекту реалізації оперативних (бойових) спроможностей. Результатами оптимізації є плани розподілу виділених ресурсів для максимізації загального ефекту реалізації оперативних (бойових) спроможностей в залежності від різних обсягів цих ресурсів.

Під ефектом оперативних (бойових) спроможностей розуміється ступінь набуття властивостей, які визначають здатність органу військового управління, військової частини (підрозділу, корабля) виконати поставлені завдання відповідно до визначених стандартів. Значення ефектів  $E$  нормовані і знаходяться в межах від нуля до одиниці. За повної відсутності ресурсів ефект дорівнює нулю. Виділення нормативної кількості ресурсів забезпечує значення ефекту, який дорівнює одиниці. Оперативні (бойові) спроможності є похідною величиною багатьох чинників, їх співставлення можливе тільки у нормованому вигляді, тому у розрахунковій моделі застосовуються саме їх нормовані значення.

Урахування пріоритетів розвитку окремих спроможностей забезпечується введенням вагових коефіцієнтів, “захищеність” фінансових статей визначається Бюджетним кодексом України і забезпечується введенням “жорстких” обмежень – мінімально припустимого рівня фінансування.

$$E_3^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1, n} E_i^{\beta_i}(x_i) = E_1^{\beta_1}(x_1) \cdot E_2^{\beta_2}(x_2) \cdot \dots \cdot E_n^{\beta_n}(x_n), \quad (1)$$

$$E_4^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1, n} E_i(x_i) = E_1(x_1) \cdot \beta_1 + E_2(x_2) \cdot \beta_2 + \dots + E_n(x_n) \cdot \beta_n, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1, n} \beta_i = 1, \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n.$$

2. Із застосуванням мультиплікативної згортки при різних вагових коефіцієнтах з урахуванням “жорстких” обмежень:

$$E_5^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1, n} E_i^{\beta_i}(x_i) = E_1^{\beta_1}(x_1) \cdot E_2^{\beta_2}(x_2) \cdot \dots \cdot E_n^{\beta_n}(x_n), \quad (3)$$

$$\sum_{i=1, n} \beta_i = 1, \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_n, x_i \geq a.$$

*Математична постановка задач оптимізації* розподілу фінансових ресурсів для максимізації загального ефекту реалізації оперативних (бойових) спроможностей виглядає так:

1. Формування планів розподілу ресурсів  $x_i$ , що забезпечували б максимальне значення цільових функцій (1, 2) при виділенні обсягів ресурсів, менших за необхідні: (1, 2)  $\rightarrow \max$ , при обмеженнях  $\sum x_{\text{наяв } i} < X_{\text{необ}}$  та вагових

Ураховуючи вимоги щодо доступності, наочності та простоти застосування, робочою програмною оболонкою для розрахунків із застосуванням методу Ньютонна [7] обрано MS Excel. Для перевірки адекватності отриманих результатів додатково оптимізаційні процедури були проведені у програмному середовищі Mathcad із застосуванням методу спряжених градієнтів для тих самих початкових даних, які використовувались у MS Excel. Порівняння результатів для обраних критеріїв оптимізації розбіжностей не виявило.

Для опису цільових функцій (залежностей ефектів спроможностей від обсягів ресурсів, що залучаються), використовується S-подібна функція [8]

$$E_i(x_i) = a_i + d_i / (1 + \exp((-2/T)(x_i - \Delta x_i))),$$

де  $E_i(x_i)$  – очікуваний ефект;  
 $x_i$  – наявні ресурси;  
 $a_i, d_i$  – нижні та верхні асимптоти;  
 $\Delta x_i, T_i$  – параметри.

Розглядаються варіанти оптимізації розподілу обмежених фінансових ресурсів за такими критеріями.

1. Із застосуванням мультиплікативної та адитивної згорток при рівних вагових коефіцієнтах  $\beta_i$  без урахування “жорстких” обмежень:

коефіцієнтах  $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_7 = 0,143$ .

2. Формування плану розподілу ресурсів  $x_i$ , що забезпечував би максимальне значення цільової функції (3) при виділенні обсягів ресурсів, менших за необхідні: (3)  $\rightarrow \max$ , при обмеженнях  $\sum x_{\text{наяв } i} < X_{\text{необ}}$  та вагових коефіцієнтах  $\beta_1 = 0,3$ ;  $\beta_{2...7} = 0,117$  (надання пріоритету спроможності “1. Застосування”) з урахуванням “жорстких”

обмежень на нижню межу фінансування спроможності “3. Управління” ( $x_3 \geq 30$  млн. грн.).

Згідно з Концепцією оперативних (бойових) спроможностей переліки оперативних (бойових) спроможностей формуються за складовими, що визначають спроможності

типової військової частини (підрозділу) щодо застосування, розвідки, управління, мобільності, живучості та захисту, терміну готовності, ресурсів (логістика). Перелік спроможностей та орієнтовний необхідний обсяг ресурсів для їх забезпечення наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Необхідні орієнтовні обсяги ресурсів на забезпечення кожної із спроможностей

№	Ресурси	Позначення	Орієнтовні необхідні обсяги
			млн. грн
1.	Застосування	Сп 1	600,1233
2.	Розвідка	Сп 2	42,86595
3.	Управління	Сп 3	60,01233
4.	Мобільність	Сп 4	42,86595
5.	Живучість та захист	Сп 5	42,86595
6.	Терміни готовності	Сп 6	42,86595
7.	Ресурси (логістика)	Сп 7	25,71957
Всього:			857,32

Графічний вигляд нормованих цільових функцій кожної із спроможностей наведено на рис. 1, коефіцієнти цільових функцій кожної із спроможностей надано у табл. 2.

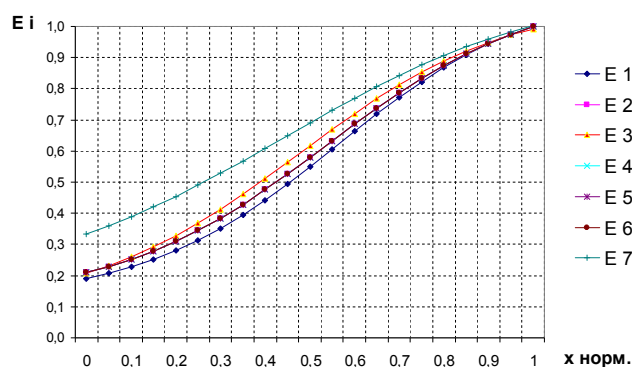


Рис. 1 Графічний вигляд нормованих цільових функцій для кожної із спроможностей

#### Результати оптимізації

1. Оптимальний план розподілу фінансових ресурсів без урахування “жорстких” обмежень при рівних вагових коефіцієнтах ( $\beta_i = 0,143$ ) із застосуванням мультиплікативної згортки наведено на рис. 2 а, із застосуванням адитивної згортки – на рис. 2 б. Результати оптимізації ресурсів для спроможності “1. Застосування” не представлені на графіках у зв’язку з передбачуваним значенням її ефекту при фінансуванні менше 400 млн. грн.

2. Оптимальний план розподілу фінансових ресурсів з урахуванням “жорстких” обмежень (обмеження на нижню межу фінансування спроможності “3. Управління”:  $x_3 \geq 30$  млн. грн.) із застосуванням

мультиплікативної згортки при різних вагових коефіцієнтах (надання пріоритету спроможності “1. Застосування”:  $\beta_1 = 0,3$ ;  $\beta_{2...7} = 0,117$ ) наведено на рис. 2 в.

3. Графічний вигляд ефектів спроможностей в залежності від обсягів виділених ресурсів наведено на рис. 2 г.

Таблиця 2

Коефіцієнти цільових функцій для кожної із спроможностей

	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$	$E_7$
$a$	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12	0,12	0,14
$d$	1	1	1	1	1	1	1
$T$	250	19	27	19	19	19	15
$dx$	350	24	30	24	24	24	12

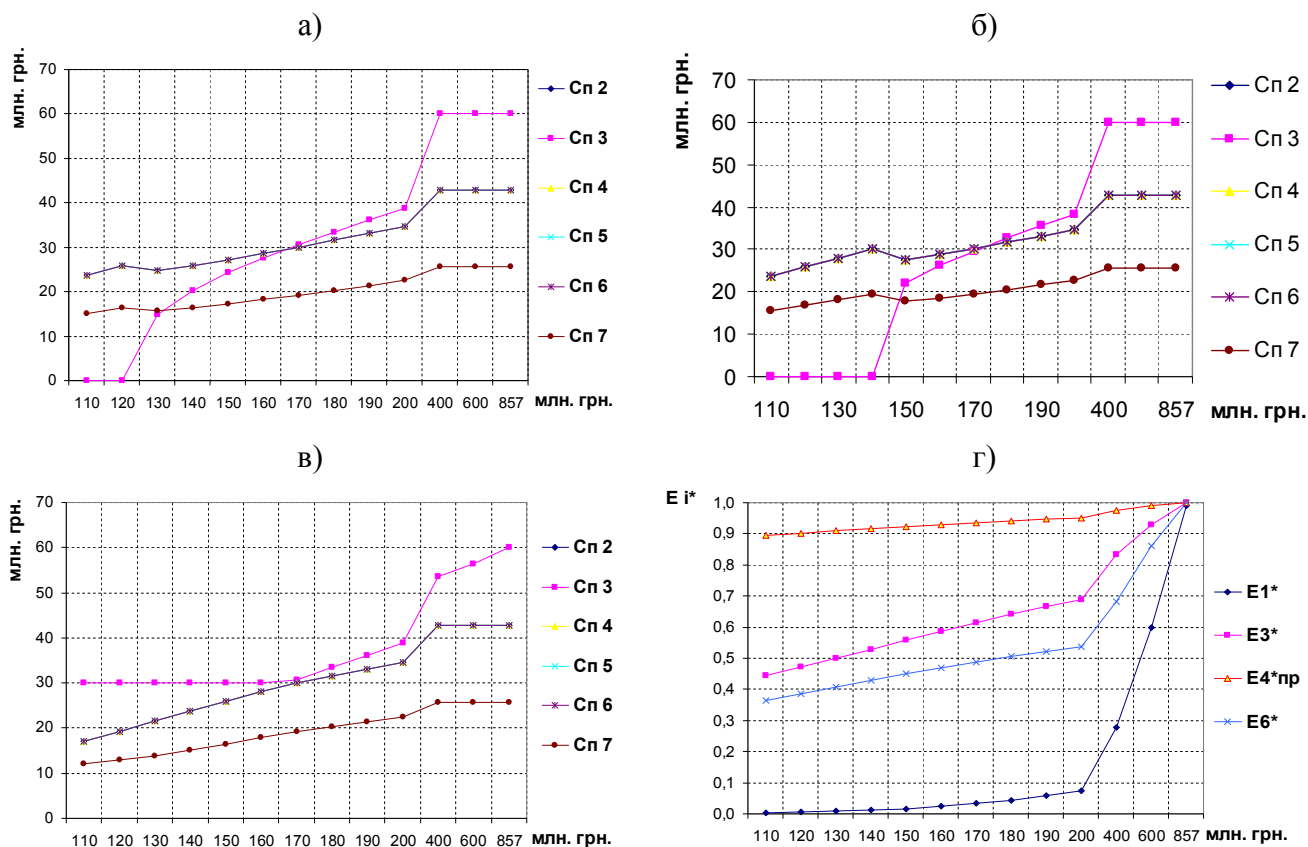


Рис. 2. Оптимальні плани розподілу фінансових ресурсів та ефекти спроможностей в залежності від обсягів виділених ресурсів

На рис 2 г позначено:

$E_1^*$  – без урахування “жорстких” обмежень із застосуванням мультиплікативної згортки без вагових коефіцієнтів;

$E_3^*$  – без урахування “жорстких” обмежень із застосуванням мультиплікативної згортки при рівних вагових коефіцієнтах ( $\beta_i = 0,143$ );

$E_4^*$  – без урахування “жорстких” обмежень із застосуванням адитивної згортки при рівних вагових коефіцієнтах ( $\beta_i = 0,143$ );

$E_6^*$  – з урахуванням “жорстких” обмежень (обмеження на нижню межу фінансування спроможності “3. Управління”:  $x_3 \geq 30$  млн. грн.) із застосуванням мультиплікативної згортки при різних вагових коефіцієнтах (надання пріоритету спроможності “1. Застосування”:  $\beta_1 = 0,3$ ;  $\beta_{2...7} = 0,117$ ).

Для визначення обсягів ресурсів на забезпечення спроможностей необхідно умовно провести вертикальну лінію з точки наявних ресурсів на осі абсцис до перетинання з лінією спроможності, яка розглядається, а з неї – горизонтальну лінію до перетинання з віссю

ординат. Отримане числове значення  $i$  буде шуканим обсягом ресурсів, який забезпечує максимальний загальний ефект.

**Висновки.** Таким чином, при оптимізації розподілу фінансових ресурсів для забезпечення досягнення спроможностей враховувались вагові коефіцієнти спроможностей (при різних сценаріях спроможності будуть мати різні вагові коефіцієнти) та захищеність статей бюджету. Проведена апробація підтвердила можливість проведення системного процесу оптимізації розподілу оборонних ресурсів. Процес оптимізації відбувається в автоматичному режимі, що виключає суб’єктивні фактори. Отримана можливість подальшого розвитку інформаційно-аналітичної системи підтримки оборонного планування “Ресурс”, як важливого інструменту підтримки прийняття рішення керівництвом Збройними Силами України щодо оптимізації розподілу оборонних ресурсів в умовах існуючих обмежень.

У подальшому доцільно виконати розрахунки щодо оптимального розподілу оборонних ресурсів для виконання державних

програм реформування та розвитку Збройних Сил України при оборонному плануванні, орієнтованому на спроможності (можливості).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція оперативних (бойових) спроможностей військ (сил) Збройних Сил України. Затверджена наказом Міністра оборони України від 30.10.2012 № 714.
2. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Кини Р.Л., Райфа Х; [пер. с англ. под ред. И.Ф. Шахнова]. – М: Радио и связь, 1981. – 560 с.
3. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле / Ю.В. Чуев. – М.: Воениздат, 1970. – 256 с.
4. Шевченко В.Л. Оптимізаційне моделювання в стратегічному плануванні / В.Л. Шевченко – К.: ЦВСД НУОУ, 2011. – 283 с.
5. Тагарев. Т. Оборонне планування – ключові процеси оборонного менеджменту // Т. Тагарев, Г. Букур-Марку, Ф. Флурі. Оборонний менеджмент: ознайомлення / Женевський центр демократичного контролю над збройними силами (ДКЗС), Женева-Київ. – 2010. – 214 с.
6. Военна доктрина України. Прийнята Указом Президента України № 390/2012 “Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 8 червня 2012 року “Про нову редакцію Военної доктрини України”.
7. Жалдак М.І. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник / М.І.Жалдак, Ю.В.Триус – Черкаси: Брама, 2005. – 608 с.
8. Шевченко В.Л. Застосування залежностей з обмеженням зросту для спрощення побудови прогнозуючих моделей військово-економічних процесів / В.Л. Шевченко // Зб. наук. пр. ННДЦ ОТ і ВБ України. – 2004. – № 4 (24). – С. 102-110.