

Результати оптимізації розподілу фінансових ресурсів для забезпечення потреб Збройних Сил України

Резюме. Наведено результати оптимізації розподілу коштів для забезпечення потреб Збройних Сил України за допомогою розробленого розрахункового пакету в середовищі Excel. Проведено відповідний аналіз та визначено економічний ефект від впровадження. Отримані результати дозволять підвищити ефективність управлінських рішень при оборонному плануванні.

Ключові слова: розрахунковий пакет; критерій оптимізації; обмеження; розподіл коштів; функція корисності.

Постановка проблеми. Сучасний стан України вимагає підвищення ефективності використання обмежених ресурсів, розподіл яких найчастіше здійснюється відповідно до короткострокових цілей та тимчасових пріоритетів окремих напрямів без урахування кінцевої довгострокової мети.

Оскільки обсяг оборонного бюджету, як правило, менше обсягу оборонного запиту, виникає необхідність щорічного перерозподілу ресурсів для забезпечення потреб Збройних Сил на поточний рік та його оптимізації на наступні роки в межах загального ресурсу, який заплановано на певний період.

При цьому існує проблема забезпечення необхідного рівня обороноздатності держави в умовах недостатнього фінансування. У світовій практиці достатній рівень досягається за допомогою застосування оптимізаційних процедур при плануванні розподілу оборонних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом оптимізаційне моделювання розвивається у відповідності до практичних потреб, які все частіше вимагають урахування можливої нечіткої і стохастичної природи предметної області, багатокритеріальності задач, які вирішуються.

Серед провідних фахівців у цій області можна відзначити таких як Кіні Р.Л. [1], Чуєв Ю.В. [2], Глушков В.М. [3], Міхалевич В.С. [4], Єрмольєв Ю.М. [5], Загорка О.М., Шевченко В.Л. [6], Пшеничний Б.М.[7] та ін. Не залишаються поза увагою і практичні аспекти оптимізаційного моделювання (наприклад [8, 9]).

На сьогодні у державі не застосовується єдиного механізму раціонального (оптимального) розподілу ресурсів. Крім того, постійна наявність фінансового дефіциту щодо

забезпечення оборонних потреб обумовлює необхідність розроблення єдиного механізму розподілу ресурсів на потреби Збройних Сил (ЗС) України з метою забезпечення максимальної ефективності їх використання. У зв'язку з цим підвищення ефективності розподілу оборонних ресурсів при обмеженому рівні фінансування є **актуальним**.

Метою статті є розроблення розрахункового пакету оптимізації розподілу фінансових ресурсів для забезпечення потреб Збройних Сил України, який завдяки наочності, зрозумілості та простоті використання дозволить підвищити ефективність управлінських рішень при оборонному та бюджетному плануванні.

Виклад основного матеріалу. Повноцінний розвиток ЗС можливий лише за умови забезпечення усіх напрямів, недостатня увага хоча б одному з напрямів, навіть при повноцінному фінансуванні інших, може призвести до критичних наслідків. Перелік напрямів розвитку ЗС України та орієнтовний необхідний обсяг ресурсів на їх забезпечення наведено в табл. 1 (у млрд грн).

Припущення та зауваження.

1. Вхідними даними для розрахунків є необхідні та наявні обсяги коштів для забезпечення напрямів розвитку. Результатом оптимізації є план (порядок) розподілу виділених коштів для забезпечення напрямів у залежності від різних обсягів цих коштів.

2. Під ефектами напрямів розвитку ЗС України розуміється ступінь виконання кількісних та якісних показників планів їх реалізації (наприклад, Державної комплексної програми реформування та розвитку Збройних Сил України). Ефект напряму розвитку E нормований та знаходиться в межах $0 \leq E \leq 1$.

Орієнтовні обсяги ресурсів на забезпечення напрямів розвитку ЗС України

№	Напрями розвитку ЗС України	2013	2014	2015	2016	2017	Разом
1.	Оптимізація структури та чисельності	542,4	592,7	544,5	411,5	267,2	2358,3
2.	Комплектування персоналом підготовленим	9676,5	12109,1	12750,8	13128,2	13687,8	61352,4
3.	Морал.-психол., соц., інформ. забезпечення	109,0	102,5	95,5	100,0	107,4	514,4
4.	Підготовка військ (сил)	858,9	1231,2	1456,3	2083,6	2269,2	7899,2
5.	Матеріально-технічне забезпечення	3408,4	5787,8	6704,1	7565,0	8124,6	31589,9
6.	Медичне забезпечення	354,0	134,5	150,8	181,6	194,9	1015,8
7.	Квартирно-експлуатац. забезпечення	1540,5	3636,7	3798,4	4330,5	4889,9	18196,0
8.	Міжнар.співробіт., миротворча діяльність	650,0	668,8	696,6	753,7	816,1	3585,2
	Всього	17139,7	24263,3	26197,0	28554,1	30357,1	126511,2

3. Пріоритетність напрямів розвитку та мінімально припустимі межі їх фінансування визначаються експертами, керівними документами тощо. Урахування пріоритетів у розрахунковому пакеті забезпечується введенням вагових коефіцієнтів β . “Захищеність” фінансових статей визначається Бюджетним кодексом України і забезпечується введенням “жорстких” обмежень – мінімально припустимого рівня фінансування.

Алгоритм, який реалізує методуку оптимізації розподілу коштів між напрямками розвитку, наведений у [10, 11] і має такі кроки:

1. Визначення обсягів коштів, необхідних для забезпечення напрямів розвитку, порівняння з наявними.

2. Визначення виду залежності ефектів

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

де $E(x)$ – очікуваний ефект;

x_i – наявні ресурси;

$a_i, d_i, \Delta x_i, T_i$ – коефіцієнти.

Визначення коефіцієнтів функцій корисності проходить з урахуванням особливостей кожного з напрямів і описується у [6, 8, 9]. У представленому розрахунковому пакеті

$$E^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1, n} E_i^{\beta_i}(x_i), \quad \sum_{i=1, n} \beta_i = 1, \quad \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n. \quad (2)$$

Постановка задачі. У загальному виді оптимізаційна задача формулюється як необхідність визначити значення змінних, які задовольняють систему нерівностей (або рівнянь) і забезпечують максимум (або мінімум) критерію

напрямів розвитку від обсягів коштів, що надходять (функції корисності).

3. Вибір критерію оптимізації (цільової функції) розподілу коштів.

4. Постановка задачі оптимізації, вибір методу її розв’язання відповідно до визначеного критерію, проведення оптимізаційних процедур у випадках недостатнього фінансування.

5. Аналіз результатів, оцінка економічного ефекту від їх впровадження.

Вибір функцій корисності. На окремих етапах реалізації напрями розвитку здебільше мають лінійний або експоненціальний характер, але для підвищення адекватності доцільно поєднувати лінійні та нелінійні залежності у єдиній S-подібній моделі [6, 8], яка виражається функцією

коефіцієнти визначаються автоматично (рис. 1а).

Вибір критеріїв оптимізації (цільових функцій). У наведеному прикладі роботи розрахункового пакету критерієм обрано мультиплікативну згортку при рівних вагових коефіцієнтах β_i без урахування “жорстких” обмежень

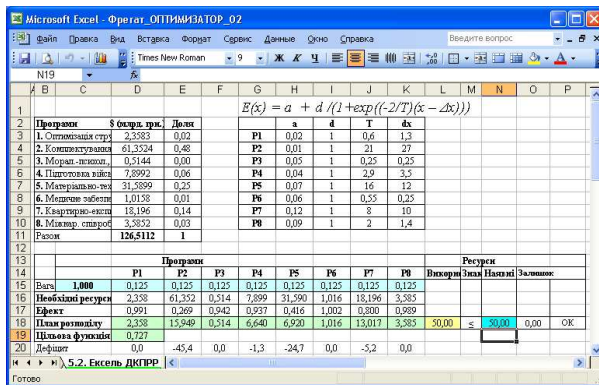
оптимізації. У нашому прикладі: необхідно сформулювати такий план розподілу ресурсів x_i , що забезпечував би максимальне значення цільової функції (2) при виділенні обсягів коштів, менших за необхідні:

$$E^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1, n} E_i^{\beta_i}(x_i) \rightarrow \max, \quad \sum_{i=1, n} x_{i, \text{ная}} < x_{i, \text{необ}}, \quad \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0,125. \quad (3)$$

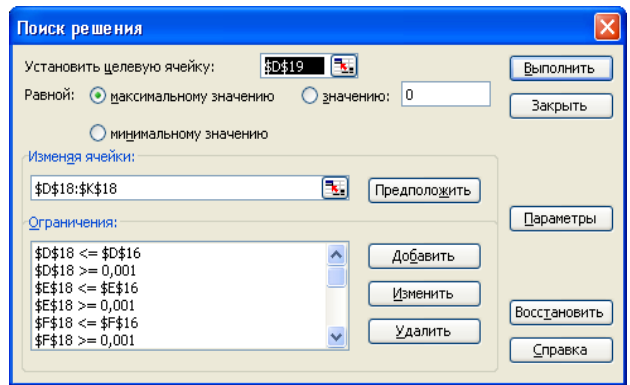
Вибір методів оптимізації. У нашому випадку задача оптимізації нелінійна, для її розв'язання розроблено багато методів, наприклад – Ньютона або спряжених градієнтів. Враховуючи вимоги щодо доступності, наочності та простоти застосування, робочою програмною оболонкою для розрахунків із застосуванням методів Ньютона та спряжених градієнтів [11] обрано MS Excel.

Введення початкових даних. Форми введення початкових даних наведено на рис. 1. Передбачено введення вагових коефіцієнтів окремих напрямів розвитку, які можливо змінювати вручну.

Розв'язування оптимізаційної задачі. У



а)



б)

Рис. 1. Введення початкових даних на робочому аркуші (а) та у надбудові “Пошук рішення” (б)

4. Вибір комірок, в яких буде знаходитися результат (оптимальний план) (D18:K18), а також комірку максимального значення цільової функції (D19).

5. Введення вхідних даних. У комірки D15:K15 “Вага” – вагові коефіцієнти напрямів розвитку; у комірки D16:K16 “Необхідні ресурси” – значення необхідних ресурсів для виконання кожного з напрямів; у комірки D17:K17 “Ефект” – математичний вираз функцій корисності кожного з напрямів (для D17: =H3+I3/(1+EXP((-2/J3)*(D18-K3))), для E17: =H4+I4/(1+EXP((-2/J4)*(E18-K4))) і т.д.).

6. Введення формули для критерію оптимізації. Для цього у полі для введення даних набираються необхідні вирази, які відповідають цільовій функції задачі “=(D17^D15)*(E17^E15)*(F17^F15)*(G17^G15)*(H17^H15)*(I17^I15)*(J17^J15)*(K17^K15)”.

7. Значення обсягу виділених ресурсів заносяться у комірку N18. Якщо після виконання оптимізаційних процедур результат розподілу відповідає заданим умовам та обмеженням, у комірці P18 з'являється повідомлення “ОК”, якщо ні – “УВАГА!”, що потребує уточнень або перевірки правильності вводу даних.

8. У вікні надбудови {Пошук рішення}

редакторі MS Excel виконання оптимізаційних процедур забезпечується пакетом розширення Solver (Пошук рішення), за допомогою якого можна розв'язувати задачі математичного програмування в автоматичному і покроковому режимах [11].

Розв'язування оптимізаційної задачі за допомогою MS Excel складається з таких кроків.

1. Аналіз умов поставленої задачі.

2. Розроблення математичної моделі і визначення її належності до класу задач оптимізації.

3. Створення форми введення умови задачі (рис. 1).

(рис. 1б) у полі {Обрати цільову комірку} вказується адреса комірки, де знаходиться вираз для обчислення значень цільової функції (D19).

9. Встановлюється критерій оптимальності (максимальному значенню).

10. У поле {Змінюючи комірки} вводяться адреси комірок, де знаходяться змінні, що відповідають плану задачі (\$D\$18:\$K\$18).

11. У поле {Обмеження} вводяться функціональні обмеження за допомогою кнопки {Додати} (рис. 1б), а також інші умови (\$D\$18≤\$D\$16; \$E\$18≤\$E\$16; \$F\$18≤\$F\$16; \$G\$18≤\$G\$16; \$H\$18≤\$H\$16; \$I\$18≤\$I\$16; \$J\$18≤\$J\$16; \$K\$18≤\$K\$16; \$L\$18≤\$N\$18; \$D\$18≥0; \$E\$18≥0; \$F\$18≥0; \$G\$18≥0; \$H\$18≥0; \$I\$18≥0; \$J\$18≥0; \$K\$18≥0).

12. За допомогою кнопки {Параметри} у вікні надбудови {Пошук рішення} викликається відповідне вікно і вводяться параметри для розв'язання задачі.

13. Розв'язується задача за допомогою надбудови {Пошук рішення}. Для цього натискається кнопка {Виконати} (рис. 1б). Якщо розв'язок знайдено, то буде виведено вікно {Результати пошуку рішення} з відповідним повідомленням.

14. Аналіз отриманих результатів. Якщо

вони задовільні, переглядається звіт про результати роботи, для чого у вікні {Результати пошуку рішення} обирається режим {Результати} і натискається кнопка {ОК}. Звіт буде розміщено на новому листі під назвою {Звіт за результатами 1}. Якщо в процесі розв'язування задачі результат не буде отримано, то необхідно проаналізувати математичну модель, перевірити на коректність формули, адреси ключових комірок тощо. Після цього провести обчислення в режимі покрокового виконання, скориставшись параметром

{Показувати результати ітерацій}.

Аналіз результатів для прийняття рішення. Отримані оптимальні плани розподілу ресурсів представляються в табличному чи графічному вигляді. Графічний вигляд використовується для підвищення наочності та визначення моменту перерахування коштів з одного напрямку на інший для забезпечення максимального загального ефекту.

Результати оптимізації розподілу коштів для забезпечення напрямів розвитку за 2014 – 2017 роки згідно (3) наведено на рис. 2.

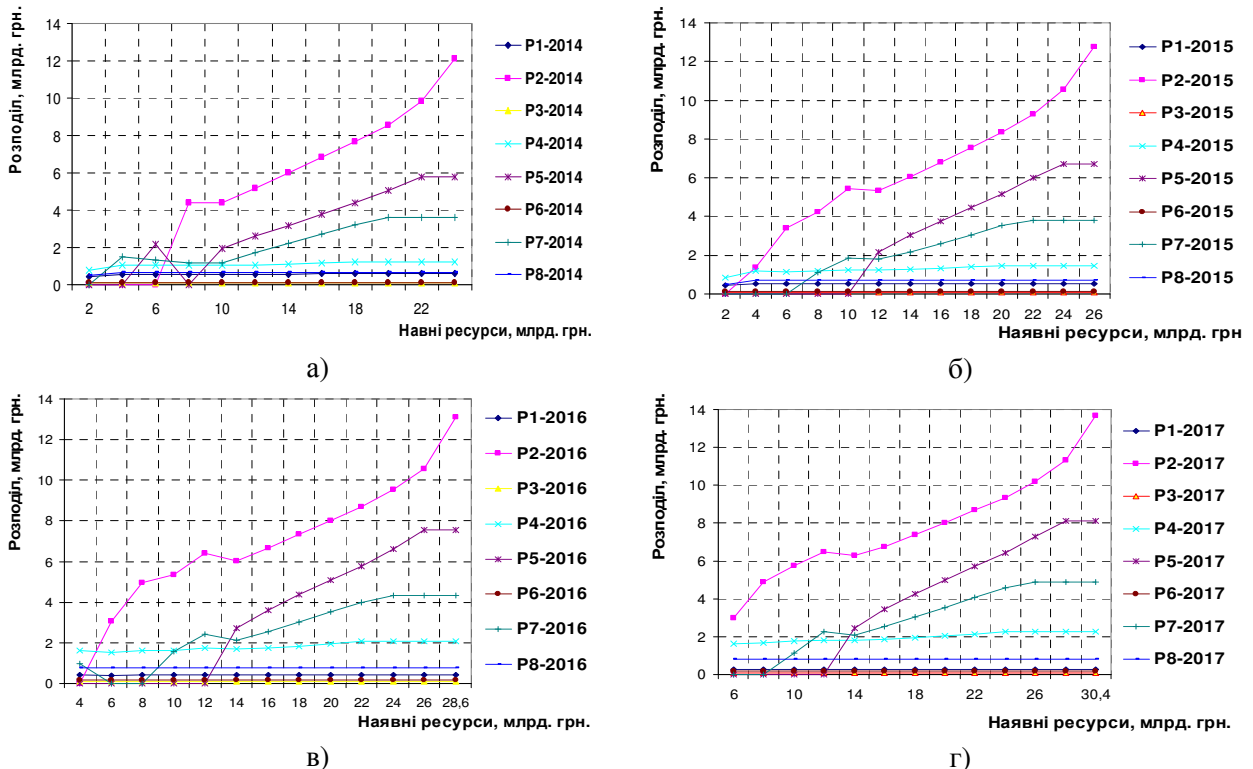


Рис. 2. Результати оптимізації розподілу фінансових ресурсів для забезпечення напрямів розвитку ЗС України за 2014 – 2017 роками

Для визначення обсягів ресурсів на забезпечення напрямів розвитку необхідно умовно провести вертикальну лінію з точки наявних ресурсів на вісі абсцис до перетинання з лінією напрямку, який розглядається, а з неї – горизонтальну лінію до перетинання з віссю ординат. Отримане числове значення і буде шуканим обсягом ресурсів, який забезпечує максимальний ефект.

Подальше чисельне моделювання показало, що при урахуванні пріоритетів розвитку (моделюються введенням вагових коефіцієнтів) спостерігається більша монотонність планів розподілу коштів, що обумовлюється забезпеченням фінансування пріоритетних напрямів за рахунок непріоритетних та зменшенням “діапазону маневру” при накладенні обмежень.

Для перевірки адекватності отриманих

результатів додатково оптимізаційні процедури були проведені в 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.

Оцінювання економічного ефекту від впровадження запропонованого розрахункового пакету проведемо за допомогою аналізу різниці ефектів, які досягаються при оптимальному та пропорційному розподілі коштів. Під *оптимальним* розуміється розподіл з використанням розробленого апарату, під *пропорційним* – розподіл, при якому кошти між напрямками розподіляються прямопропорційно до потреб незалежно від обсягів виділених ресурсів.

Для прикладу при оптимальному розподілі

ресурсів розглядався випадок, рівнозначності усіх напрямів розвитку без урахування захищеності бюджетних статей, тобто використовувалась мультиплікативна згортка з рівними ваговими коефіцієнтами без урахування

“жорстких” обмежень.

Графічний вид ефектів при оптимальному та пропорційному розподілі коштів наведено на рис. 3а, забезпечення напрямів за роками – на рис. 3б.

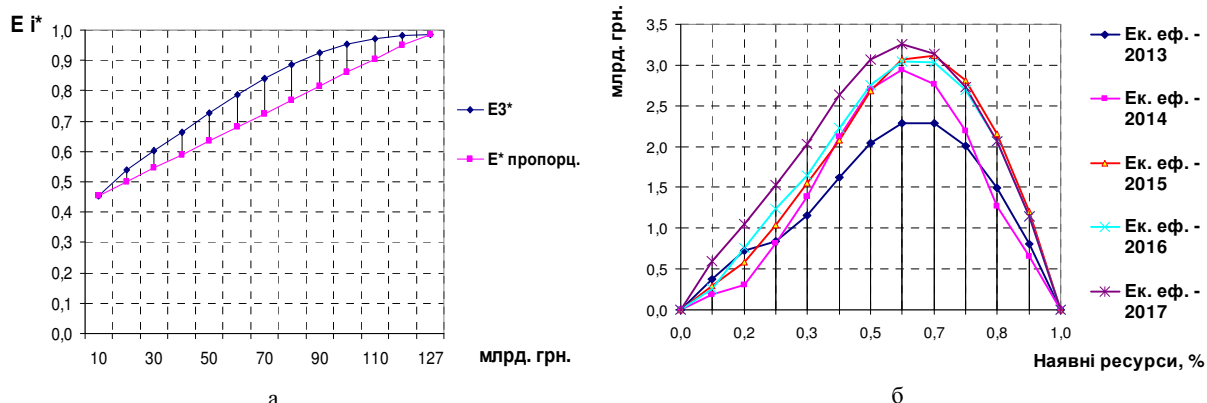


Рис. 3. Графічний вид ефектів при оптимальному та пропорційному розподілі коштів

Результати порівняльного аналізу ефектів напрямів розвитку при оптимальному та пропорційному розподілі коштів наведено у табл. 2.

від 20 до 30 млрд грн різниця ефектів при застосуванні оптимального та пропорційного розподілу складає 12-14 % на користь оптимального розподілу, що у грошовому еквіваленті становить 14-17 млрд грн;

Аналіз таблиці 2 показує, що при виділенні

Таблиця 2

Результати порівняльного аналізу загального ефекту напрямів розвитку при оптимальному та пропорційному розподілі коштів (у.о. – умовні одиниці)

Наявні ресурси (млрд грн)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	127
Загальний ефект при пропорційному розподілі коштів (у.о.)	0,41	0,46	0,51	0,57	0,61	0,67	0,72	0,77	0,83	0,88	0,99
Загальний ефект при оптимальному розподілі коштів (у.о.)	0,54	0,61	0,67	0,73	0,78	0,83	0,87	0,90	0,91	0,92	0,99
Різниця ефектів між оптимальним та пропорційним розподілом (%)	13,5	14,6	15,7	16,6	16,8	16,2	14,7	12,3	8,8	4,7	0
Грошовий еквівалент (млрд грн)	17,1	18,5	19,9	21,1	21,3	20,5	18,6	15,6	11,1	5,9	0

при виділенні від 40 до 90 млрд грн різниця ефектів при застосуванні оптимального та пропорційного розподілу складає 15-17 % на користь оптимального розподілу, що у грошовому еквіваленті становить 17-21 млрд грн;

загального ефекту.

при виділенні від 100 до 127 млрд грн різниця ефектів при застосуванні оптимального та пропорційного розподілу складає до 12 % на користь оптимального розподілу, що у грошовому еквіваленті становить до 15 млрд грн.

Проведена апробація підтвердила можливість проведення системного процесу оптимізації розподілу оборонних ресурсів в автоматичному режимі, що виключає суб'єктивні фактори.

Чисельні розрахунки показали, що при застосуванні розробленого розрахункового пакету загальний ефект напрямів розвитку ЗС України можливо підвищити до 17 %, що відповідає економії 20 млрд грн за 5 років.

Результати чисельного моделювання свідчать, що при використанні пакету ступінь виконання кількісних та якісних показників забезпечення напрямів розвитку Збройних Сил України можливо підвищити до 17 % загального обсягу фінансування. Цей розрахунковий пакет рекомендується застосовувати при плануванні оборонних витрат.

Висновки. Таким чином, у статті представлено розроблений розрахунковий пакет оптимізації розподілу коштів для забезпечення напрямів розвитку Збройних Сил України (який реалізує відповідну методику), результати його застосування та визначені обсяги коштів для кожного напрямку, що забезпечать максимізацію

У подальшому доцільно удосконалити оптимізаційну модель (розрахунковий пакет) для використання при розподілі неоднорідних ресурсів (озброєння та військова техніка, особовий склад, матеріально-технічні засоби, інфраструктура тощо) та з урахуванням темпів їх надходжень. Застосування результатів на довгострокову перспективу потребує розробки

механізму урахування результатів коригування коротко- та середньострокових планів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле / Ю.В. Чуев. – М.: Воениздат, 1970. – 256 с.
3. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков – М.: Наука, 1982. – 280 с.
4. Михалевич В.С. Методы невыпуклой оптимизации / В.С. Михалевич, А.М. Гупал, В.И. Норкин – М.: Наука, 1987. – 352 с.
5. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования / Ю.М. Ермольев – М.: Наука, 1976. – 325 с.
6. Шевченко В.Л. Оптимізаційне моделювання в стратегічному плануванні / В.Л. Шевченко – К.: ЦВСД НУОУ, 2011. – 283 с.
7. Пшеничный Б.Н. Необходимые условия экстремума / Б.Н. Пшеничный – М.: Наука, 1982. – 412 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.
9. Нікітін В.А. Методика врахування особливостей приросту ефектів цільових програм при оптимізації розподілу оборонних ресурсів / В.А. Нікітін, А.М. Козуб // Зб. наук. пр. – Вип. 1 (38) – К.: ННДЦ ОТ і ВБУ, 2008. – С. 119-127.
10. Нікітін В.А. Методика оптимізації розподілу ресурсів при виконання Державних програм розвитку сектору безпеки держави / В.А. Нікітін // Зб. наук. пр. ЦВСД – Вип. 1 (53) – К.: НУОУ, 2015. – С. 101-106.
11. Звіт про НДР “Розробка методики розподілу оборонних ресурсів для виконання державних програм реформування та розвитку Збройних Сил України при оборонному плануванні, орієнтованому на спроможності (можливості)”. – Шифр “Фрегат”. (Заключний). – № ДР 0101U001511. – К.: ЦВСД НУОУ, 2013. – 194 с. – Інв. 7556.

Стаття надійшла до редакції 29.09.2015

Никитин В. А., к.т.н.

Центр военно-стратегических исследований Национального университета обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев

Результаты оптимизации распределения финансовых ресурсов для обеспечения потребностей Вооруженных Сил Украины

Резюме. Приведены результаты оптимизации распределения средств для обеспечения потребностей Вооруженных Сил Украины с помощью разработанного расчетного пакета в среде Excel. Проведен соответствующий анализ и определен экономический эффект от внедрения. Полученные результаты позволят повысить эффективность управленческих решений при оборонном планировании.

Ключевые слова: расчетный пакет; критерий оптимизации; ограничения; распределение средств; функция полезности.

V. Nikitin

Center for Military and Strategic Studies National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernykhovskij, Kyiv

Performance optimization distribution of financial resources for The Armed Forces of Ukraine

Resume. The results of the optimization of the allocation of funds to meet the needs of the Armed Forces of Ukraine through the settlement package developed among Excel. An appropriate analysis and determined the economic effect of implementation. The results will improve management decisions in defense planning.

Keywords: estimated package; optimization criterion; limitation; allocation of funds; the utility function.