

Нікітін В. А. к.т.н.

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

Методика оптимізації розподілу ресурсів при виконанні програм розвитку сектору безпеки держави

Резюме. У статті представлена методика оптимізації ресурсів при виконанні державних програм розвитку сектору безпеки, яка дозволить підвищити наочність і адекватність моделювання та раціоналізувати відповідні управлінські рішення.

Ключові слова: ваговий коефіцієнт, згортка показників, критерій, обмеження, цільова функція.

Постановка проблеми. Сучасний стан України вимагає від установ та закладів сектору безпеки держави ретельного відношення до проблеми підвищення ефективності використання обмежених фінансових ресурсів. Їх розподіл найчастіше здійснюється відповідно до короткострокових цілей та тимчасових пріоритетів окремих напрямів без врахування конкретної кінцевої довгострокової мети. Таке планування можна назвати як планування за потребами у короткостроковій перспективі.

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

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом оптимізаційне моделювання розвивається у напрямі дослідження спеціальних класів екстремальних задач (у відповідності до потреб різноманітних застосувань), розробленні чисельних методів, які долають негладкість, неопуклість, яристість, розривність цільових функцій, а також враховують багато-екстремальність, можливу нечітку і стохастичну природу оптимізаційних задач. Значний внесок у розвиток зазначених напрямів теорії оптимізації зробили також українські вчені: В.М. Глушков [1], В.С. Міхалевич [2], Ю.М. Єрмольєв [3], Б.М. Пшеничний [4], В.Л. Шевченко [5] та ін. Не залишаються поза увагою і практичні аспекти оптимізаційного моделювання (у сфері оборони, наприклад, [5, 6]).

Невирішені раніше частини загальної проблеми. В існуючих роботах остаточно не розв'язане протиріччя між вимогами до якості вхідної інформації для планування, з одного боку, та оперативності прийняття рішень, з іншого. Методи, що застосовуються для оцінки майбутніх результатів процесів розвитку сектору

безпеки вимагають громіздких розрахунків, недостатньо наочні, не завжди зрозумілі з точки зору внутрішніх процесів та потребують додаткової підготовки осіб, що приймають рішення. Вирішенню цієї проблеми приділена недостатня увага.

На сьогодні офіційно не визначено та не застосовано єдиного механізму щодо раціонального (оптимального) розподілу ресурсів. Крім того, постійна наявність значного фінансового дефіциту щодо фінансування розвитку сектору безпеки обумовлює **актуальність** розроблення єдиного механізму розподілу ресурсів на потреби сектору безпеки України з метою забезпечення найбільш ефективного їх використання та оптимізації задоволення фінансових потреб.

Тому **метою** статті є висвітлення методики оптимізації розподілу ресурсів для виконання державних програм розвитку сектору безпеки, яка завдяки наочності, зрозумілості та простоті використання дозволить підвищити ефективність управлінських рішень у відповідній сфері.

Виклад основного матеріалу. Вхідними даними для розрахунків є необхідні (бюджетний запит профільних міністерств та відомств) та наявні (виділені Мінфіном України) обсяги ресурсів на виконання програм розвитку сектору безпеки. Результатом оптимізації є план (порядок) розподілу виділених ресурсів на виконання програм розвитку сектору безпеки в залежності від різних обсягів цих ресурсів.

Припущення та зауваження. Ресурси у широкому сенсі – все те, що поступає на вхід системи для забезпечення її спроможності виконувати завдання за призначенням. Найчастіше ресурсами виступають персонал, засоби виробництва, інфраструктура, матеріально-технічні засоби, фінанси тощо. Ефект у широкому сенсі – це результат роботи системи, тобто все те корисне, що відтворює

система в процесі свого функціонування при споживанні ресурсів. Ефект програм розвитку сектору безпеки – ступінь виконання кількісних та якісних показників програм, їх результат.

Значення ефектів E нормовані і знаходяться в межах від нуля до одиниці ($0 \leq E \leq 1$). Виділення нормативної кількості ресурсів x забезпечує значення ефекту, який дорівнює одиниці. Урахування пріоритетів програм забезпечується введенням вагових

коефіцієнтів. “Захищеність” фінансових статей визначається Бюджетним кодексом України і забезпечується введенням “жорстких” обмежень – мінімально припустимого рівня фінансування. Чисельні значення вагових коефіцієнтів та мінімально припустимих меж фінансування програм визначаються з керівних документів та розпоряджень.

Структурна схема методики оптимізації наведена на рис. 1.

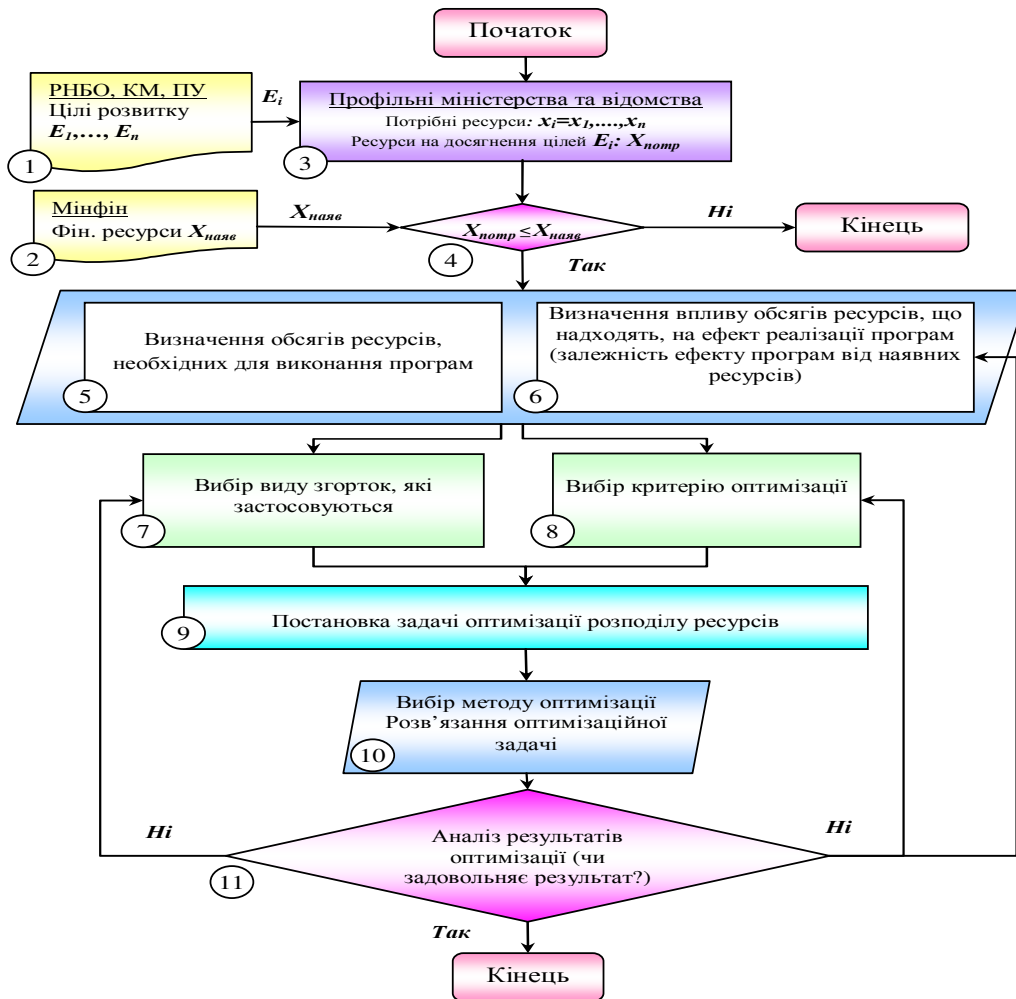


Рисунок 1. – Структурна схема методики оптимізації (E_1, \dots, E_n – цілі розвитку, $X_{наяв}, X_{потр}$ – відповідно наявні та потрібні ресурси)

Відповідно до цієї схеми основними кроками методики оптимізації є:

1. Визначення вищим керівництвом держави цілей розвитку E_1, \dots, E_n сектору безпеки на період, що планується і відображені у відповідних програмах (n – кількість цілей розвитку, які відображені у відповідних програмах).

2. Визначення Міністерством фінансів України наявних ресурсів та прогноз обсягів коштів $X_{наяв}$, які можуть бути виділені на оборонні потреби у період, що планується.

3. Обґрунтування профільними фахівцями

орієнтовного обсягу ресурсів $X_{потр}$, необхідного для досягнення цілей розвитку E_1, \dots, E_n , які визначені на кроці 1.

4. Порівняння результатів кроків 2 і 3. При $X_{наяв} \geq X_{потр}$ наявні ресурси повністю забезпечують потреби, тому оптимізація розподілу ресурсів не потрібна (чого зазвичай не спостерігається). При дефіциті наявних ресурсів проводиться або повторне обґрунтування потреб при бюджетному запиті, або постановка та розв'язання оптимізаційної задачі.

5. Повторне обґрунтування відповідними

фахівцями уточнених обсягів ресурсів, необхідних для виконання програм.

б. Визначення залежності ефекту програм від наявних ресурсів. Для вибору залежностей ефектів програм від обсягів ресурсів, які залучаються (функцій “росту”) розглянемо процес приросту ефектів програм при зміні наявних ресурсів. З незначним надходженням коштів приріст ефекту не здійснюється з причини недостатності вхідних ресурсів, для активізації необхідні додаткові вкладення. Після нарощування мінімально необхідної ресурсної бази додаткове виділення ресурсів веде до повільного зростання корисного ефекту. У певний момент відмічається його інтенсивне монотонне зростання при збільшенні задіяних ресурсів, яке приводить до граничного стану, вище якого починається зниження приросту ефекту на одиницю витрачених ресурсів. У зоні насичення подальше збільшення витрат не веде до приросту ефекту, необхідна зміна загальних організаційних підходів.

Такі процеси описуються кривими “росту”, тобто певними функціями, які плавно змінюються в часі та відображають зміну загальної тенденції процесу. Типовими функціями “росту” можуть виступати лінійна, зворотна, експоненційна, степенева, логарифмічна, тригонометричні, гіперболічні, S-подібна функції, поліноми n -го ступеня тощо.

Ричард Беллман стверджував, що “будь-якому процесу відповідає функція корисності. Ця функція виражає залежність прибутку при цьому процесі від кількості виділених для нього ресурсів...”

Форма цієї кривої у початку та наприкінці визначається двома важливими економічними умовами. По-перше, невеликі обсяги виділених ресурсів, по суті, не дають ніяких прибутків і,

по-друге, подальше збільшення цих обсягів призводить до ефекту насичення (закон зменшення прибутків).

На окремих етапах життєвих циклів зміни характеристик оборонних об’єктів здебільше мають лінійний або експоненціальний характер, але для підвищення адекватності доцільно поєднувати лінійні та нелінійні залежності у єдиній S-подібній моделі [7], яка виражається функцією

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

де $E(x)$ – очікуваний ефект; x_i – наявні ресурси; d_i – верхні асимптоти; a_i – нижні асимптоти; Δx_i – зсув точки точки перегину вздовж осі абсцис, T_i – нахил прямолінійної ділянки.

Графічний вигляд S-подібної функції наведено на рис. 2, де виділяються такі ділянки:

OD – етап, при якому приріст ефекту не спостерігається, для активізації необхідні додаткові вхідні ресурси;

OA – етап нарощування мінімально необхідної ресурсної бази;

D – стан, в якому є мінімально необхідна кількість коштів, додаткове виділення ресурсів веде до збільшення цільового ефекту;

DA – етап, при якому ресурси, що залучаються, ведуть до повільного зростання бажаного цільового ефекту;

AC – етап інтенсивного монотонного зростання цільового ефекту при збільшенні ресурсів, що витрачаються;

C – граничний стан, вище якого починається зниження приросту ефекту на одиницю витрачених ресурсів;

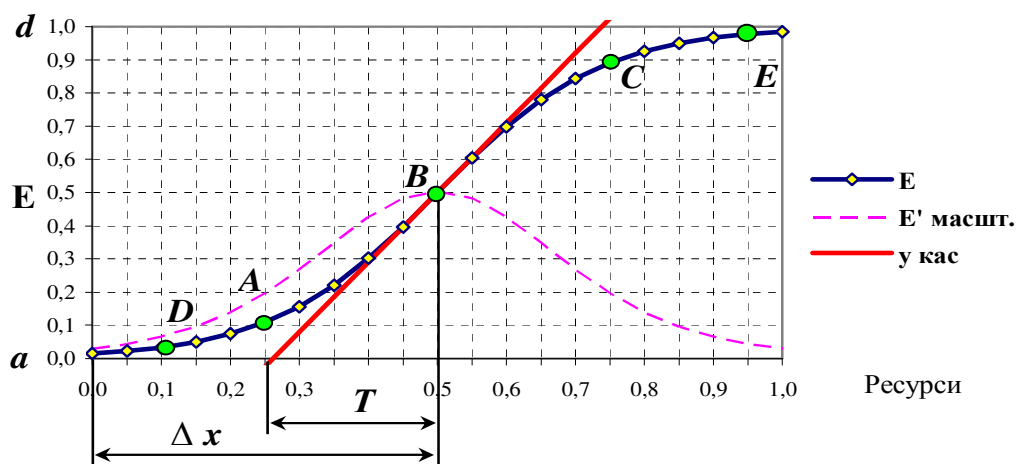


Рисунок 2. – Графічний вигляд S-подібної функції

E – межа початку зони насичення, за якою подальше збільшення витрат не дає чутливого приросту цільового ефекту.

Таким чином, застосування S -подібних кривих дозволяє враховувати особливості зростання ефектів у залежності від обсягів задіяних ресурсів без залучення складного математичного апарату, надає моделі більшої наочності та підвищує її достовірність. Тому у

подальшому в якості функцій “росту” будемо застосовувати S -подібну криву (1).

7. Поєднання різних показників програм за допомогою певного виду згорток. Згортками забезпечується поєднання різних показників за допомогою математичної залежності певного виду. Найбільш поширені види згорток наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Найбільш поширені види згорток

Вид згортки	Ненормована		Нормована з ваговими коефіцієнтами $\beta_i \geq 0, \sum_{i=1,n} \beta_i = 1$
	без вагових коефіцієнтів	з ваговими коефіцієнтами $\beta_i \geq 0$	
Адитивна	$\sum_{i=1,n} x_i$	$\sum_{i=1,n} \beta_i \cdot x_i$	$\sum_{i=1,n} \beta_i \cdot x_i$
Мультиплікативна	$\prod_{i=1,n} x_i$	$\prod_{i=1,n} x_i^{\beta_i}$	$\prod_{i=1,n} x_i^{\beta_i}$
Мінімізуюча	$\min_{i=1,n} x_i$	$\min_{i=1,n} (x_i / \beta_i)$	$\min_{i=1,n} (x_i / \beta_i)$
Максимізуюча	$\max_{i=1,n} x_i$	$\max_{i=1,n} \beta_i \cdot x_i$	$\max_{i=1,n} \beta_i \cdot x_i$

Адитивна згортка ефектів використовується при дослідженні ефектів ієрархічних структур, в яких елементи, з точки зору кінцевої мети, взаємозамінні, тобто при слабкій кореляції елементів системи між собою, або коли задачі окремих елементів структури між собою не пов’язані, хоча виконуються в інтересах єдиної мети [8].

Мультиплікативна згортка застосовується при моделюванні ефектів ієрархічних структур, в яких ефект суттєво залежить від ефекту кожного складового елементу, тобто, коли елементи структури в згортці не взаємозамінні. Мультиплікативну згортку використовують, наприклад, в “конверсійній” ситуації, коли рівність нулю хоча б одного з елементів викликає рівність нулю загального ефекту системи.

Якщо вхідні ресурси мають використовуватись у складі комплектів, то необхідно застосовувати мінімізуючу згортку, в якій вагові коефіцієнти визначають, скільки

одиниць певного ресурсу x_i має входити в один комплект.

8. Вибір критерію оптимізації. Критерій – це ознака, необхідна і достатня для того, щоб на її основі проводити оцінку, визначення чи класифікацію будь-чого. У випадку, коли наявні ресурси не забезпечують потреби, постає питання їх розподілу таким чином, щоб забезпечити максимальний рівень ефекту при даних обмеженнях (пряма задача). Іншою задачею може виступати забезпечення визначеного рівня ефекту при мінімальному у даних умовах обсязі ресурсів, які залучаються (зворотня задача). При цьому критерієм оптимізації є рівень ефекту.

У методиці розглядаються варіанти оптимізації розподілу обмежених фінансових ресурсів із застосуванням таких критеріїв. Наприклад, критерій оптимізації із застосуванням мультиплікативної згортки при різних вагових коефіцієнтах з урахуванням “жорстких” обмежень має вигляд:

$$E_5^*(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1,n} E_i^{\beta_i}(x_i) = E_1^{\beta_1}(x_1) \cdot E_2^{\beta_2}(x_2) \cdot \dots \cdot E_n^{\beta_n}(x_n), \quad (2)$$

$$\sum_{i=1,n} \beta_i = 1, \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_n, x_2 \geq a, x_5 \geq b,$$

де E_i^* – загальний ефект i -их програм після проведення оптимізаційних процедур; E_i – ефект i -ої програми; x_i – ресурси на забезпечення ефекту i -ої програми, a, b – чисельні значення нижньої границі припустимої межі фінансування програм – “жорсткі” обмеження.

9. Постановка задачі оптимізації розподілу ресурсів. Постановка передбачає визначення значень, яких повинен досягати критерій оптимізації (цільова функція) – мінімальних чи максимальних з урахуванням усіх обмежень та додаткових умов задачі. У загальному вигляді

оптимізаційна задача формулюється так: необхідно знайти значення змінних x_1, x_2, \dots, x_n , які задовольняють систему нерівностей (або рівнянь)

$$\varphi_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m,$$

і забезпечують максимум (або мінімум) критерію оптимізації (цільової функції)

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max(\min).$$

У методиці постановка задачі така. Сформувані такий план розподілу ресурсів x_i , який би забезпечував максимальне значення критерію (2) при виділенні обсягів ресурсів, менших за необхідні: (2) $\rightarrow \max$, при обмеженнях $\sum_{i=1, n} x_{назв i} < X_{необ}$ та вагових коефіцієнтах

$$\sum_{i=1, n} \beta_i = 1, \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_n, x_2 \geq a, x_5 \geq b.$$

10. Вибір методу розв'язання оптимізаційної задачі. При виборі методу оптимізації перш за все слід враховувати фізичну природу самого явища та тип математичної моделі, яка його описує (статична, динамічна, лінійна, нелінійна, стохастична, детермінована, дискретна тощо). Також метод не повинен бути занадто складним, забезпечувати можливість отримання необхідних відомостей у прийнятному часі і з прийнятними витратами.

У зв'язку з тим, що цільова функція нелінійна, задача оптимізації розподілу ресурсів теж нелінійна. Для її розв'язання розроблено багато методів, наприклад – Ньютона або спряжених градієнтів. Метод Ньютона є найбільш поширеним з ітераційних методів (послідовних наближень). Він забезпечує збіжний процес наближень лише при безперервності та постійності значення першої і другої похідної функції в околиці кореня. При їх недотриманні або дає розбіжний процес, або приводить до іншого кореня.

Метод спряжених градієнтів слід використовувати, якщо задача великої розмірності та ітерації дають занадто малу відмінність у послідовних наближеннях. У квадратичному випадку цей метод завершує роботу за n ітерацій (або швидше). І хоча тут виконується більше ітерацій, чим у методі Ньютона, метод має досить високу швидкість збіжності і, як свідчать чисельні експерименти, не потребує великих ресурсів оперативної пам'яті ЕОМ.

11. Аналіз результатів для прийняття рішення. Якщо отримані результати є задовільними – процедура оптимізації завершена,

якщо ні – проводиться додаткова адаптація моделі до умов задачі. Отримані плани розподілу ресурсів представляються в табличному чи графічному вигляді. Графічний вигляд плану оптимального розподілу використовується для підвищення наочності та визначення моменту перерахування коштів з однієї категорії (програми чи спроможності) на іншу з метою забезпечення максимального загального ефекту.

Висновки. Таким чином, методика забезпечує оптимізацію розподілу фінансових ресурсів для виконання програм розвитку сектору безпеки. У методиці передбачено урахування пріоритетів шляхом введення вагових коефіцієнтів та урахування захищених статей бюджету за допомогою введення відповідних обмежень. Результати чисельного моделювання свідчать, що при використанні методики ефект реалізації програм розвитку сектору безпеки (ступінь виконання кількісних та якісних показників програм) можливо підвищити до 16 % загального обсягу фінансування програми.

У подальшому для апробації розробленої методики доцільно розробити розрахунковий пакет, який завдяки доступності, наочності та простоті застосування забезпечував би можливість інтерпретації, перевірки та адаптації отриманих результатів оптимізації під нагальні нужди особами, які приймають рішення та дозволив би розширити типи вирішуваних задач управлінського характеру в секторі безпеки держави.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков – М.: Наука, 1982. – 280 с.
2. Михалевич В.С. Методы невыпуклой оптимизации / В.С. Михалевич, А.М. Гупал, В.И. Норкин – М.: Наука, 1987. – 352 с.
3. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования / Ю.М. Ермольев – М.: Наука, 1976. – 325 с.
4. Пшеничный Б.Н. Необходимые условия экстремума / Б.Н. Пшеничный – М.: Наука, 1982. – 412 с.
5. Шевченко В.Л. Оптимізаційне моделювання в стратегічному плануванні / В.Л. Шевченко – К.: ЦВСД НУОУ, 2011. – 283 с.
6. Нікітін В.А. Методика врахування особливостей приросту ефектів цільових програм при оптимізації розподілу оборонних ресурсів / В.А. Нікітін, А.М. Козуб // 36. наук. пр. – Вип. 1 (38) – К.: ННДЦ ОТ і ВБУ, 2008. – С. 119-127.
7. 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.

8. 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.

Стаття надійшла до редакції 27.02.2015

Никитин В. А.

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

Методика оптимизации распределения ресурсов при выполнении программ развития сектора безопасности государства

Резюме. В статье представлена методика оптимизации распределения ресурсов при выполнении
государственных программ развития сектора безопасности, позволяющая повысить наглядность и адекватность
моделирования и рационализировать соответствующие управленческие решения.

Ключевые слова: весовой коэффициент, свертка показателей, критерий, ограничения, целевая функция.

V. Nikitin

Center for Military and Strategic Studies National Defence University of Ukraine named Ivan Chernyhovskij

Optimization methodology of resources allocation for implementation the development programs of the state safety sector

Resume. In the article presented optimization methodology of resources allocation for implementation the
development programs of the state safety sector, allowing to promote evidentness and design adequacy and rationalize
corresponding administrative decisions.

Keywords: weigher coefficient, indexes displacer, criterion, limitation, objective function