

УДК 62.50.23:517.8

ФОРМУЛЮВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ ТОЧНОСТІ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ БАГАТОВЕКТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Ю.Є. Овчаренко, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Сформульовано математичну модель багатокритеріального вибору військової техніки.

Ключові слова: озброєння та військова техніка, цільове призначення, система «військова техніка – середовище застосування», вектор умов застосування.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВИБОРА ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МНОГОВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Ю.Е. Овчаренко, доцент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Сформулирована математическую модель многокритериального выбора военной техники.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, целевое использование, система «военная техника – среда применения», вектор условий использования.

FORMATION OF MATHEMATICAL MODEL FOR MULTICRITERION CHOICE OF MILITARY EQUIPMENT AND ESTIMATION RESULTS OF MULTIVECTOR OPTIMIZATION PROBLEM SOLVING PRECISION

Yu. Ovcharenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

Abstract. The mathematical model of multicriterion choice of military equipment is expounded.

Key words: armament and military equipment, goal assignment, theme «military equipment – area of application», vector of application conditions.

Вступ

Вирішення завдання порівняльної оцінки озброєння військової техніки є в основі прийняття рішення щодо їх заміни, прийняття на озброєння та пов'язане з об'єктивно існуючими факторами апріорної невизначеності бойового застосування в ланці випадкових збурень.

За цих умов слід говорити не тільки про завдання оптимального, в плані множини показників вибору озброєння та військової техніки, а й оптимального, знову ж таки в

плані вектора умов застосування, об'єкта в рамках стохастичної системи «військова техніка – середовище застосування».

Аналіз публікацій

З часом автомобіль стає все більш універсальним засобом і грізною зброєю. Сьогодні не можна вести розмову про продовження строку його перебування на озброєнні якомога довше, а йдеться про необхідність переходу від поступового «еволюційного» шляху рішення проблем виробництва об'єктів військової автомобільної техніки до «революцій-

них» рішень, проривних технологічних шляхів виходу на новий рівень і нову якість сукупних характеристик військової автомобільної техніки. Ясно, що завдання це – не вузькоспеціалізоване, не суто військове. Воно – загальне, таке, що вимагає консолідованої, спільної роботи законодавчої і виконавчої влади, силових відомств, науково-дослідних організацій, усіх без виключення підприємств автомобільної промисловості і суміжних галузей [1–3].

Мета та постановка задачі

В умовах розвитку Збройних Сил України різко зросла необхідність в прийнятті обґрунтованих рішень з вибору об'єктів військової автомобільної техніки та військових гусеничних машин, що породжує потребу в методиках та керівництвах щодо прийняття рішень, які б спрощували цей процес та надавали рішенням більшої надійності.

Проведений аналіз методів багатокритеріальної оцінки дозволяє зробити висновки, що лише деякі з них доведені до рівня методичних рекомендацій. Алгоритмізація рішень здійснюється за рахунок знань спеціалістів, експертних методів та накопиченої параметричної статистики про транспортні засоби, що досліджуються.

Тому необхідно:

– розробити науково-методичний апарат у середовищі об'єктно-орієнтованого програмування для реалізації математичних моделей і методик оцінки реальних показників технічного рівня військової автомобільної техніки та військових гусеничних машин і провести їх моніторинг;

– у рамках досліджуваної системи «військова техніка – зовнішнє середовище» ідентифікувати та дослідити математичні моделі локальних критеріїв-репрезентантів оцінки повного спектру якостей зразків армійських автомобілів і військових гусеничних машин для подальшої їх модернізації;

– обґрунтувати та синтезувати модельно-компонентний склад векторних критеріїв оцінки технічних та ергономічних якостей типового ряду військової автомобільної техніки та військових гусеничних машин, оптимального, з погляду заданих класів надійності прийняття рішень, нормованих

практикою розробки зразків військової техніки;

– оцінити результати виконання програм модернізації військових гусеничних машин і відпрацювати рекомендації щодо: їх впровадження в роботу конструкторських бюро, що займаються питаннями розробки озброєння та військової техніки; реалізації результатів дослідження для подвійного використання.

Розглянемо обмежену обчислювальну кількість об'єктів військової техніки [4–7]

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

де $\forall x_i \in X, i = \overline{1, n}$ має однакове цільове призначення, а всебічну оцінку об'єкта схарактеризуємо одним набором локальних критеріїв

$$I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}. \quad (2)$$

Критерії $I_i, i = \overline{1, m}$ можуть приймати значення із множини $I_i \subset R$, де R – множина дійсних чисел. Тоді перший добуток $I^n = I_1 \times I_2 \times \dots \times I_m - m$ – мірний евклідовий простір, що являє собою простір критеріїв оцінки якості зразка техніки, де $\forall x_i \in X, i = \overline{1, n}$, який визначає об'єкт, однозначно співставлений вектор I_i . У такому випадку передбачаємо, що відображення

$$f: X \rightarrow I^n \quad (3)$$

є ізоморфізмом відношень переваги серед порівнюваних об'єктів озброєння та військової техніки, що дає підставу не робити розрізненості між реальними зразками об'єктів та їх абстрактним векторним уявленням у вигляді $I_i \in I^n, i = \overline{1, n}$.

Межі системи «військова техніка – середовище застосування» задано вектором

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}, \quad (4)$$

компоненти якого параметрично виділяють умови, в яких передбачається функціонування об'єкта військової техніки, і які факторизують сегменти такого, що синтезується,

типажного ряду об'єктів озброєння та військової техніки. Суть та поведінка об'єкта озброєння та військової техніки інтегрально оцінюється вектором (2).

Тоді в рамках системного підходу завдання вибору сформуємо на критеріальній мові, як бівекторно-оптимізаційне: із деякої обмеженої множини об'єктів озброєння та військової техніки

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} = \emptyset$$

необхідно обрати систему об'єктів $\hat{x} \in X$, які оптимальні в плані вектора (2) та заданих умов функціонування (4).

Такому формулюванню відповідає модель бівекторної оптимізації

$$\hat{x} = f^{-1}[\text{opt}I(x)], \quad (5)$$

де $I \in R^m \times R^p$; opt – оператор оптимізації, який визначає принципи оптимальності; f^{-1} – зворотне відображення $I \rightarrow x = f^{-1}(I)$.

Бівекторність рішення завдання вибору об'єкта озброєння та військової техніки визначає необхідність двічі обирати принцип оптимальності, один раз на просторі критеріїв, а інший – на просторі умов. Ефективність рішення залежить від того, наскільки обчислювальна процедура багатовекторної оптимізації є точним продовженням сформульованої проблеми оптимізації законів функціонування об'єктів озброєння та військової техніки, як складної стохастичної системи. З цієї причини на цей час не вдається знайти універсальних рішень, придатних для багатопланових завдань векторної оптимізації. У цих умовах основні перешкоди пов'язані з адекватним уявленням такої, що аналізується, системи «військова техніка – середовище застосування» вихідною моделлю та перетворенням її до вигляду, що зручний, як у плані вибору принципу оптимізації, так і у плані подолання обчислювальних перешкод в процесі прийняття раціонального рішення [8].

Незалежно від властивостей та завдань, вирішуваних об'єктом озброєння та військової техніки, можна виділити такі концептуальні проблеми, від яких занадто залежить якість

раціонального рішення. Це вибір принципу оптимізації за введеними векторними критеріями, куди віднесемо й обґрунтування послідовності процедур оптимізації за векторними критеріями (2) < (4) або (4) < (2). Це вибір принципу ст'юдентизації локальних критеріїв, що дозволяє привести останні до єдиного масштабу вимірювання і проводити порівняльну оцінку якостей об'єктів озброєння та військової техніки. А також – це вибір принципу оцінки пріоритету, що дозволяє оцінити перевагу локальних критеріїв та сформулювати схему компромісу.

Для рішення поставленого бівекторного завдання вибору на першому етапі сформулюємо стохастичну матрицю $(I_{ij}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, рядками якої виступають альтернативні об'єкти озброєння та військової техніки, а стовпцями – значення компонент векторного критерію (1.2) оцінки технічних якостей останніх. При цьому передбачаємо, що елементами матриці (I_{ij}) є випадкові величини, розподіл яких залежить від часу t і перші два моменти випадкового вектора (2) існують. З урахуванням того, що вибіркова функція розподілу із зростанням кількості таких, що аналізуються, об'єктів озброєння та військової техніки має скільки завгодно малу різницю з істинною функцією розподілу та ймовірністю, що близька до одиниці, оберемо n , при якому вибірккові та істинні моменти близькі.

Рішення проблеми ст'юдентизації компонент вектора (2) здійснимо за залежностями

$$Z_{ij} = \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\delta_j}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}; \quad (6)$$

$$\bar{I}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{ij}; \quad (7)$$

$$\delta_j = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (I_{ij} - \bar{I}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

де \bar{I}_j, δ_j – оцінка математичного очікування та стандарт j -го локального критерію якості вектора (2).

Далі поставимо у відповідність матриці (I_{ij}) нормовану кореляційну матрицю

$$(r_{kl}) = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ik}, & k \neq l \\ 1, & k = l \end{cases}, \quad (9)$$

де r_{kl} – коефіцієнт лінійної кореляції між локальними критеріями I_k та I_l , що обчислені на момент часу t .

У силу нормування для матриці (9) маємо $\bar{Z}_k = \bar{Z}_l = 0, \delta_k = \delta_l = 1$.

З метою спрощення алгоритму реалізації принципу оцінки пріоритету вирішуємо завдання редукції інформації як відображення множини точок, що задані матрицею (1.9), в простір меншої розмірності. Це завдання розглядаємо як оптимізаційне за критерієм мінімізації втрат інформації в ході її редукції. При такому підході завдання може бути інтерпретоване як перехід від більшого числа m -корельованих компонент вектора (2) до їх нових лінійних комбінацій, число яких s значно менше m .

Вибір s здійснимо за критерієм повноти вичерпання варіабельності компонент вихідного вектора (2). Цей вибір проведений в межах обчислювальної процедури методу головних компонент [4], що дозволило оцінити чутливість елементів об'єктів військової техніки, таких, що синтезуються, сегментів типажного ряду військової техніки до швидкості втрати інформації про якість останніх, в ході динаміки розвитку озброєнь та військової техніки на етапі дослідження та прийняття рішення щодо їх заміни або модернізації.

Оцінку суттєвості головних компонент здійснюємо за F – критерієм Фішера, що дозволяє застосувати одержані однозначні та кількісно визначені результати для роботи осіб, що приймають рішення, на площині або в просторі, в умовах контрольованої втрати інформації в процесі її редукції.

Для всіх оцінюваних сегментів типажного ряду об'єктів озброєння та військової техніки незалежно від повноти квазіоптимальної редукції інформації, виділяємо область альтернатив, оптимальних за Парето $\hat{x} = \{\hat{X}\}$, для яких середовище всіх можливих $x \in X$ не існує таким, що $I_i(\hat{x}) \leq I_i(x)$ для всіх $i = \overline{1, m}$ та $I_i(\hat{x}) \neq I_i(x)$ хоча б для жодного i . Виді-

ленням підмножини \hat{x} сегменту типажного ряду військової техніки закінчується перший етап рішення бівекторного завдання вибору.

Цей результат являється вихідним для здійснення другого етапу – оптимізації по вектору умов (4). Алгоритмічно його проведення залишається аналогічним тому, що надано вище, але проблематика етапу має різницю. Ця різниця визначається сутністю локальних компонент вектора (4) та його розмірністю, потужністю вихідної множини $|\hat{X}|$, тобто,

дискримінуючими факторами виступають межі підсистеми «середовище застосування» та її формалізації в системі «військова техніка-середовище застосування». У випадку застосування критеріальної мови маємо труднощі, адекватні тим, що розглянуті на першому етапі. Їх подолання дозволяє знайти нову множину \hat{X} об'єктів військової техніки.

Таким чином, прийняття оптимального, в плані векторів (2) та (4), рішення про об'єкт озброєння та військової техніки знаходимо на основі вибору однієї або декількох альтернатив

$$\dot{x} = \hat{x} \cap \hat{\hat{x}}, \quad (10)$$

які можуть не бути оптимальними ані для жодного з локальних критеріїв, але бути найбільш переважними для їх сукупності, що задано в завданні бівекторної оптимізації.

Висновки

Зміни, що відбуваються в економіці країни, скорочення військових витрат викликають необхідність пошуку шляхів економії матеріальних, фінансових і людських ресурсів. В умовах реалізації положень Стратегічного оборонного бюлетеню України, переходу до принципів розумної достатності особливої уваги необхідно надавати обґрунтованості схвалюваних рішень, а пріоритетним завданням військово-технічної політики в частині розвитку військової автомобільної техніки в осяжній перспективі є всебічне задоволення потреб видів збройних сил, родів військ і служб мінімальною кількістю типів і марок автомобільних базових шасі під монтаж існуючих і перспективних озброєнь і військової техніки, істотне скорочення витрат на

використовування військової автомобільної техніки у військах.

Література

1. Демидов Б.А. Программно-целевое планирование развития и научно-техническое сопровождение вооружения и военной техники: учебное пособие. – Кн. 1 / Б.А. Демидов. – Харьков: ХВУ, 1997. – 544 с.
2. Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 17 червня 2004 року «Про Стратегічний оборонний бюлетень України на період до 2015 року».
3. Державна програма розвитку озброєння та військової техніки до 2015 року.
4. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеед / П.В. Терентьев // Вестник ЛГУ. – 1959. – № 9. – С. 14–19.
5. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 206 с.
6. Моисеев Н.Н. Методы оптимизации / Н.Н. Моисеев, Ю.П. Иванюков, Е.М. Столяров. – М. : Наука, 1978. – 358 с.
7. Руа Б. Проблемы и методы принятия решений в задачах с многими целевыми функциями / Б. Руа // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М. : Мир, 1976. – С. 5–20.
8. Лоули Д.Н. Факторный анализ как статистический метод / Д.Н. Лоули, А.Э. Максвелл. – М. : Мир, 1967. – 144 с.

Рецензент: В.П. Волков, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 1 вересня 2011 р.