

УДК 623.4.01

Микола Петрович ГАЩУК,
*старший викладач кафедри транспортних засобів та спеціальної
техніки Національної академії Державної прикордонної служби
України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

Олександр Васильович ГЕРАСИМЮК,
*кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
транспортних засобів та спеціальної техніки
Національної академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

Олег Вікторович ГОНЧАР,
*слухач факультету підготовки керівних кадрів Національної
академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

НАПРЯМ СИСТЕМНОГО ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ПАРКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПІДРОЗДІЛІВ ОХОРОНИ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ

Метою даної статті є представлення результатів особистих досліджень авторів щодо обґрунтованого вибору методу багатокритеріальної оптимізації складу парку транспортних засобів відділів прикордонної служби на основі використання специфічної додатко-

© Гащук М. П., Герасимюк О. В., Гончар О. В.

вої інформації про наслідки прийняття попередніх рішень стосовно складу парку та експертні оцінки цих наслідків.

Ключові слова: *транспортні засоби, формування складу парку автомобільної техніки, прикордонна служба, додаткова інформація, прийняття рішення.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Охорона державного кордону – невід’ємна функція кожної суверенної держави, основною складністю якої є прагнення одночасного дотримання двох різних вимог: з одного боку, використання державного кордону як засобу забезпечення конституційних прав і свобод, дієвого інструменту міжнародної співпраці, економічного, культурного та соціального розвитку власної країни; з іншого боку – державний кордон повинен бути нездоланим бар’єром для терористичних угруповань, злочинців, екстремістів, ксенофобів, контрабандистів та нелегальних мігрантів, надійним засобом протидії загрозам національній безпеці і посягань на державний суверенітет.

Саме на виконання цих вимог спрямовані чинні нормативно-правові акти України: Закон України “Про Державну прикордонну службу України”, Указ Президента України “Про Концепцію розвитку Державної прикордонної служби України на період до 2015 року”, Державна цільова правоохоронна програма “Облаштування та реконструкція державного кордону на період до 2015 року” тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори. Існуючий методичний апарат прийняття рішень щодо конкретних аспектів функціонування прикордонного відомства України не дозволяє у повному обсязі виконати поставлені завдання. Недосконалість методичного апарату прийняття управлінських рішень щодо формування складу автотransпортних парків підрозділів охорони кордону є однією з причин того, що транспортний потенціал парків реалізується менш ніж на 30 % з причин вимушеного простою справних машин; що за достатнього фінансування програми онов-

лення деякі підрозділи охорони кордону не повністю укомплектовані окремими типами транспортних засобів.

Методичною причиною цих негативних фактів є недосконалий рівень системності формування управлінських рішень.

Характерною спільною рисою існуючих методик підтримки формування управлінських рішень щодо складу парків автомобільної техніки підрозділів охорони кордону є формування (у явному або прихованому вигляді) критеріальної згортки виду $Q(x) = k_i q_i(x) + k_j q_j(x)$, де $Q(\dots)$ - узагальнений критерій обрання варіантів рішень (критеріальна згортка); $q_i(\dots)$ - критерії, які відображають вимоги до функціональності парку, $i \in [1, \dots, n]$; $q_j(\dots)$ - критерії, які відображають необхідні втрати ресурсів, $j \in [1, \dots, m]$; x - r -мірний вектор кількості транспортних засобів кожного типу в парку; k_i, k_j - відповідні вагові коефіцієнти, які узгоджують розмірності, нормують значення та кількісно визначають важливість того чи іншого критерію у згортці.

Для цих умов формальне рішення оптимізаційної задачі $x^* = \min_{x \in \Omega_x} Q(x)$ не є коректним - необхідно обов'язкове обґрунтування значень вагових коефіцієнтів k_i, k_j (Ω_x - це множина припустимих значень x).

В існуючих рішеннях це здійснюється шляхом уведення обмежень, припущень, які дозволяють обґрунтовано ввести додаткові функціональні відношення виду $k_i = f(k_j)$ або $k_i, k_j \in \Omega_k$, де $f(\dots)$ - деяка функція, Ω_k - деяка множина значень k_i, k_j . Уведення цих додаткових умов дозволяє формально знайти x^* - оптимальне значення вектора x . Але розгляд додаткових обмежень і припущень є суттєвим змінням першорядного завдання, тому рішення x^* , отримані за результатами оптимізації критеріальних згорток виду $k_i q_i(x) + k_j q_j(x)$, є за сутністю раціональними (припустимими), а не

оптимальними (найкращими за критеріями, що розглядаються) рішеннями. Це є методичною причиною обрання не найкращих варіантів складу парку автотехніки і, як наслідок, негативних результатів його експлуатації.

Мета статті. Для отримання дійсно оптимальних рішень пропонується розглянути задачу формування складу парку автомобільної техніки підрозділів охорони кордону як багатокритеріальну задачу оптимізації загалом, тобто шукати рішення з умови $x^* = \min_{x \in \Omega_x} [q_i(x), \dots, q_j(x)]^T$, де $[q_i(x), \dots, q_j(x)]^T$ - векторний оптимізаційний критерій, а пошук значень x^* проводити визначенням перфекційних варіантів рішень Ω_x^r з множини оптимальних за Парето варіантів рішень Ω_x^p ($x^* \in \Omega_x^r \in \Omega_x^p \in \Omega_x$). Запропонований підхід до постановки та розв'язання задачі визначення складу парку автотранспортної техніки підрозділів охорони кордону дозволить подолати вказані недоліки та підвищити рівень загальної ефективності охорони кордону. Розв'язання багатокритеріальних задач оптимізації полягає у поступовому зменшенні кількості варіантів можливого рішення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Одночасна мінімізація усіх m критеріїв, які складають вектор $\bar{Q}(x) = [q_1(x), \dots, q_m(x)]^T$, $i = 1, \dots, m$ передбачає два етапи.

Перший – це виділення з множини припустимих рішень $x \in \Omega_x$ такої підмножини Ω_s ($\Omega_s \subset \Omega_x$) (підмножини референтних варіантів рішення, підмножини Парето), для якої обов'язково знайдеться не менш однієї нерівності виду $q_i(x_1 \in \Omega_s) < q_i(x_2 \notin \Omega_s)$, $i = 1, \dots, m$.

Другий етап передбачає розгляд додаткової інформації I , яка необхідна для отримання серед множини Парето Ω_s варіантів рішень, які є "найкращими". Без розгляду додаткової інформації не можна здійснити послідовне зменшення кількості компромісних варіантів. Тому подальший процес розв'язання полягає у застосуванні додаткової ін-

формації I для зведення багатокритеріальної задачі оптимізації до однокритеріальної: $w(x) \rightarrow \min_{x \in \Omega_x}$, де $w(x) = W(q_1(x), \dots, q_m(x), I)$ – скалярна функція, мінімізація якої дозволить отримати рішення багатокритеріальної задачі $\bar{Q}(x) \rightarrow \min_{x \in \Omega_x}$.

Підхід, який полягає у зведенні багатокритеріальної задачі до задачі однокритеріального математичного програмування, де додаткова інформація – це відомості про те, що треба мінімізувати саме деякий 1-й критерій, а інші $(m-1)$ штучно обмежити лімітуючими значеннями, принципово не дозволяє врахувати системні особливості такого складного об'єкта дослідження, як автотранспортне забезпечення підрозділів охорони державного кордону.

Інший підхід, який передбачає визначення згортки $w(\dots)$ тільки на базі апріорних відомостей про об'єкт (систему транспортного забезпечення підрозділів охорони кордону), не є адекватним методом оптимізації у даному випадку. Характерною особливістю визначення складу парку транспортних засобів підрозділів охорони державного кордону є наявність неповної інформації, яка не дозволяє виконати однозначну згортку $q_i(x)$ в один критерій $w(\dots)$.

Використання тільки експертних, евристичних, неформальних методів отримання додаткової інформації для визначення пріоритетів мінімізації критеріїв $q_i(x)$ (безумовно, за рахунок інших) надає можливість за результатами ітеративної процедури пошуку знайти таке значення x , яке буде мінімізувати $q_i(x)$ відповідно до визначеного експертами пріоритету (компромісного рішення початкової багатокритеріальної задачі $\bar{Q}(x) \rightarrow \min_{x \in \Omega_x}$). Але це рішення не враховує об'єктивну інформацію попередніх етапів формування складу парку. Тому це рішення за сутністю є умовно оптимальним, таким, що не враховує важливу компоненту додаткової інформації, яка притаманна предметній галузі, що розглядається.

Оптимальне системне рішення задачі багатокритеріальної оптимізації складу парку транспортних засобів підрозділів охорони кордону можна отримати сумісним застосуванням для зменшення потужності множини Парето Ω_s евристичної інформації від експер-

тів та формальної апостеріорної інформації про результати попередніх рішень щодо формування складу парку.

Пропонується розглянути згортки виду $w(x) = \sum_{i=1}^m \alpha_i \frac{q_i(x) - q_i^*}{q_i^{**} - q_i^*}$, де

$q_i^{**} = \max_{x \in \Omega_i} q_i(x)$, $q_i^* = \min_{x \in \Omega_i} q_i(x)$, $i = 1, \dots, m$; α_i – вагові коефіцієнти нормованих значень окремих критеріїв. Ця згортка інваріантна до операцій зсуву $w(q_1, \dots, q_m) = w(q_1 + c_1, \dots, q_m + c_m)$, інваріантна до зміни масштабу будь-якого критерію $w(q_1, \dots, q_m) = w(d_1 q_1, \dots, d_m q_m)$ та є симетричною відносно всіх критеріїв.

Для визначення вагових коефіцієнтів пропонується використати інформацію I , яку надає експертне опитування на базі розгляду результатів попередніх рішень щодо складу парку. Це дозволяє отримати систему лінійних рівнянь та нерівностей відносно α_i . Розв'язання цієї системи стандартними методами надає зону припустимих значень α_i та дозволяє однозначно визначити скалярну функцію $w(\dots)$, мінімізація якої є еквівалентом мінімізації векторного критерію $\bar{Q}(x)$.

Істотною перевагою запропонованого методу багатокритеріальної оптимізації складу автотранспортних парків підрозділів охорони державного кордону є те, що він дозволяє отримати рішення на основі застосування як формальної інформації за результатами попередніх дій, так і неформальної експертної інформації, яка відображає суб'єктивне ставлення експертів до важливості критеріїв для конкретних умов функціонування підрозділу охорони державного кордону.

Урахування обох видів додаткової інформації при вирішенні багатокритеріальної задачі оптимізації складу автотранспортних парків підрозділів охорони державного кордону є реалізацією системного підходу до розв'язання сукупності протиріч у предметній галузі, що розглядається.

Завдання визначення \bar{x}^* вектора кількості кожного з n видів автотранспортних засобів парку підрозділів охорони державного кордону,

який забезпечує виконання умови $\bar{x}^* : \min_{\bar{x} \in \Omega_x} \bar{Q}(\bar{x})$, де $\bar{Q}(x) = [q_1(x), \dots, q_j(x)]^T$, $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$ – векторний критерій, $q_i(x)$, $q_j(x)$ – відповідно часткові критерії якості виконання транспортної роботи та кількості необхідних ресурсів, Ω_x – область припустимих значень \bar{x} ; неможливе без урахування додаткової інформації.

Специфіка задачі багатокритеріальної оптимізації складу парку підрозділів охорони державного кордону полягає у наявності, крім I_e – неформальної (експертної) евристичної додаткової інформації щодо оцінки критеріїв $q_i(x)$, $q_j(x)$, також ще I_f – формальної (об’єктивної) аналітичної інформації про значення критеріїв $q_i(x)$, $q_j(x)$ на попередніх k -етапах формування складу автомобільного парку.

Спроба пошуку рішення багатокритеріальній задачі $\bar{x}^* : \min_{\bar{x} \in \Omega_x} \bar{Q}(\bar{x})$ тільки на основі використання евристичної інформації I_e шляхом формування $n \times m$ -мірної системи лінійних рівнянь виду $\sum_{i=1}^n \alpha_i q_i(x) + \sum_{j=1}^m \alpha_j q_j(x) = \hat{Q}_k^e$, $k = 1, \dots, m \times n$, де \hat{Q}_k^e – це експертні оцінки сукупної якості результатів попередніх рішень щодо складу парку, не є системним розв’язанням проблемної ситуації, яка склалася. Неврахування аналітичної інформації зменшує рівень об’єктивної обґрунтованості компромісного варіанта рішення багатокритеріальної задачі, значно зменшує стійкість результату стосовно аномальних значень \hat{Q}_k^e та зацікавленості експертів у тому чи іншому результаті.

Пропонується методика інтегрованого врахування експертної та аналітичної додаткової інформації для визначення вагових коефіцієнтів α_i , α_j часткових критеріїв $q_i(x)$, $q_j(x)$ при рішенні багатокритеріальної задачі оптимізації $\bar{x}^* : \min_{\bar{x} \in \Omega_x} \bar{Q}(\bar{x})$. Її суть полягає у формуванні системи лінійних рівнянь та нерівностей виду

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i \hat{q}_i(x_k) + \sum_{j=1}^m \alpha_j \hat{q}_j(x_k) \leq \hat{Q}_k^e$$
, де $\hat{q}_i(\bar{x}_k)$, $\hat{q}_j(\bar{x}_k)$ – відповідно об'єктивна аналітична інформація про результати реалізації попереднього етапу формування складу парку, коли кількість зразків за типами визначаються вектором \bar{x}_k , \hat{Q}_k^e – це суб'єктивна оцінка результатів реалізації \bar{x}_k . Запропонована схема інтегрального взаємопов'язаного врахування як аналітичної, так і експертної додаткової інформації дозволяє розв'язати систему цих рівнянь і нерівностей відносно α_i , α_j та знайти області існування їх значень Ω_{α_i} , Ω_{α_j} . Для остаточного отримання конкретного значення α_i , α_j при вирішенні задачі багатокритеріальної оптимізації $\bar{x}^* : \min_{\bar{x} \in \Omega_{\bar{x}}} \bar{Q}(\bar{x})$ пропонується використати операцію усереднення та обрати як $\tilde{\alpha}_i$, $\tilde{\alpha}_j$ центр ваги в $n \times m$ -мірному просторі областей Ω_{α_i} , Ω_{α_j} відповідно.

Після цих процедур задача багатокритеріальної оптимізації $\bar{x}^* : \min_{\bar{x} \in \Omega_{\bar{x}}} \bar{Q}(\bar{x})$ зводиться до традиційної оптимізації за x згорткою

$w(x) = \sum_{i=1}^{m+n} \tilde{\alpha}_i \frac{q_i(x) - q_i^*}{q_i^{**} - q_i^*}$, де $q_i^{**} = \max_{x \in \Omega_x} q_i(x)$, $q_i^* = \min_{x \in \Omega_x} q_i(x)$, $i = 1, \dots, m+n$, яка проводиться класичними методами.

Висновок. Істотною перевагою запропонованого методу багатокритеріальної оптимізації складу автотранспортних парків підрозділів охорони державного кордону є те, що він дозволяє отримати рішення на основі застосування як формальної інформації за результатами попередніх дій, так і неформальної експертної інформації, яка відображає суб'єктивне відношення експертів до важливості критеріїв для конкретних умов функціонування підрозділу охорони державного кордону.

Урахування додаткової інформації при вирішенні багатокритеріальної задачі оптимізації складу автотранспортних парків підрозділів охорони державного кордону є реалізацією системного

підходу до розв'язання сукупності протиріч у предметній галузі, що розглядається.

За результатами проведеного дослідження можна зробити висновок, що з урахуванням особливостей предметної галузі, що розглядається, наявної додаткової суб'єктивної та об'єктивної інформації доцільним є застосування методу цільового програмування як загального методу вирішення поставленого науково-прикладного завдання.

Рецензент – доктор технічних наук, доцент Лисий М. І.

Стаття надійшла до редакції 13.10.2014.

Гащук Н. П., Герасимюк А. В., Гончар О. В. **Направление системного формирования оптимального состава парков транспортных средств подразделений охраны государственной границы**

Целью данной статьи является представление результатов личных исследований авторов относительно обоснованного выбора метода многокритериальной оптимизации состава парка транспортных средств отделов пограничной службы на основе использования специфической дополнительной информации о последствиях принятия предварительных решений относительно состава парка и экспертные оценки этих последствий.

Ключевые слова: транспортные средства, формирование состава парка автомобильной техники, пограничная служба, дополнительная информация, принятие решения.

Hashchuk M. P., Herasymiuk O. V., Honchar O. V. **The direction of the system of formation of optimal composition of vehicle fleets of the state border guard units**

The purpose of this article is to present the results of personal research of the authors regarding informed choice of the method of multi-criteria optimization of the composition of the vehicle fleet the border service units based on the use of specific additional information about the consequences of making preliminary decisions about the fleet and expert

evaluation of these consequences. The protection of the state border is an essential feature of each sovereign state, a major challenge is the simultaneous desire the following two requirements: on the one hand, the use of the state border as a means of ensuring the constitutional rights and freedoms, an effective instrument of international cooperation, economic, cultural and social development of their own country; on the other hand, the state border should be an insuperable barrier to terrorist groups, criminals, extremist, xenophobic, smugglers and illegal migrants, reliable means of countering threats to national security and encroachments on state sovereignty. It is on these requirements directed regulatory legal acts of Ukraine: Law of Ukraine “On the State Border Service of Ukraine”, Decree of President of Ukraine “On the concept of development of the State Border Service of Ukraine for the period till 2015”, target State law enforcement program “Development and reconstruction of the state border for the period up to 2015”, etc. But the existing methodological apparatus making decisions regarding specific aspects of border agency of Ukraine does not allow to fully perform the task. Thus, the imperfection of the methodological apparatus of making management decisions regarding the composition of fleet units of the border guard is one of the reasons that the transport capacity of the parks is implemented less than 30% for reasons of downtime working machines; that with sufficient funding program updates, some units of the border guard is not fully equipped separate types of vehicles. Methodological reason for these negative facts is imperfect level of consistency of the formation of managerial decisions. A significant advantage of the proposed method of multi-criteria optimization of the composition of the fleet units of the state border guard is that it allows you to make a decision based on the application of formal information on the results of previous actions and informal expert information, which reflects the subjective attitude of the experts to the importance of the criteria for the specific conditions of operation of units of the state border guard.

The supplementary information when solving multiobjective optimization problem of the composition of the fleet units of the state border guard is an implementation of a systematic approach to the solution of a

set of contradictions in the subject area that is treated. The results of the study are the following: taking into account features of the subject area we considered available additional subjective and objective information, and it is appropriate to use the method of goal programming as a general method of solving scientific and applied tasks.

Keywords: *vehicles, the composition of the vehicle fleet, border guard service, additional information, decision making.*