

МЕТОДИКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ ПАРКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ УРАХУВАННЯМ АПРІОРНОЇ ДОДАТКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

В статті проведено виклад результатів аналізу відомих досліджень у зазначеній області, визначення принципів можливостей і обмежень існуючого науково-методичного апарату підтримки прийняття рішень, врахування додаткової інформації при впровадженні багатокритеріального підходу щодо формування складу парку транспортних засобів спеціального призначення та виділення перспективних напрямів подальших досліджень.

Ключові слова: оптимізація складу парку, транспортні засоби, додаткова інформація, багатокритеріальний підхід.

M.P. HASHCHUK

National academy of Government frontier service of Ukraine

METHODOLOGY OF MULTICRITERION OPTIMIZATION OF COMPOSITION OF PARK OF TRANSPORT VEHICLES IS WITH TAKING INTO ACCOUNT OF A PRIORI ADDITIONAL INFORMATION

Annotation – In the article exposition of results of scientific research is conducted in relation to introduction of the new for industry forming of composition of park of transport vehicles of departments of frontier service of multicriterion methodical approach and selection of perspective directions of further researches.

Keywords: transport vehicles, forming of composition of park of motor-car technique, guard of state boundary, multicriterion methodical approach.

Вступ. Досконалість науково-методичного апарату підтримки прийняття рішень є необхідною умовою успішного управління складними організаційно-технічними системами, до яких відноситься система транспортного забезпечення.

На сьогоднішній день є очевидним, що подальший розвиток методичного апарату підтримки прийняття управлінських рішень щодо парків транспортних засобів у рамках традиційного підходу оптимізації рішень “у малому” не є доцільним: принципові обмеження даного підходу обмежують функціональність прикладних практично-орієнтованих методик [1].

Якісне покращення можливостей формування складу парків транспортних засобів безпосередньо пов'язано з впровадженням оптимізації рішень “у великому”, насамперед, з впровадженням ідеології багатокритеріальної оптимізації. Методологічні основи для цього впровадження вже існують – розроблена загальна схема формалізації та розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації, розроблені специфічні методи їх розв'язання [2], але недостатньо розроблено залишається область досліджень щодо врахування особливостей конкретної предметної галузі, її властивостей, вимог та обмежень при реалізації загальних методів багатокритеріальної оптимізації. Слід відмітити, що врахування специфіки формування парків транспортних засобів при проведенні багатокритеріальної оптимізації можливих варіантів складу розроблено явно недостатньо. Тому метою даної статті є представлення результатів особистих досліджень автора щодо можливості проведення багатокритеріальної оптимізації складу парку транспортних засобів на основі використання специфічної додаткової інформації про наслідки прийняття попередніх рішень щодо складу парку (додаткова об'єктивна інформація) та про експертні оцінки цих наслідків (додаткова суб'єктивна інформація).

Основна частина. У загальному вигляді задачу визначення складу парку техніки можна представити сукупністю двох основних елементів

$$\langle \Omega_x, I \rangle, \quad (1)$$

де Ω_x – це множина допустимих варіантів складу парку \bar{x} - n -мірного вектору кількості зразків техніки з можливих m -типів, які задаються множиною $\{a_j\}$, $j = 1..s$, кількісних значень техніко-економічних характеристик, що визначають експлуатаційні властивості (тягово-швидкісні властивості, прохідність, потрібні експлуатаційні витрати, паливна економічність, маневреність та інші); I – це додаткова інформація, яка виражає переваги особи, що приймає рішення про вибір того чи іншого варіанту складу парку.

У більшості випадків додаткова інформація I не є зручною для формалізації і складається з множини переваг (преваг) одного варіанту складу парку над іншим ($\bar{x}_i \succ \bar{x}_j$). Ці переваги у загальному випадку є ситуативними, тобто залежать від конкретних умов та співвідношення значень компонент векторів \bar{x}_i, \bar{x}_j .

Тоді, завдання вибору полягає у визначенні такої множини найкращих (оптимальних) варіантів $\{\bar{x}^*\}$, які є найкращими у множині Ω_x з урахуванням додаткової інформації I .

Для предметної галузі, що розглядається, важливим чинником додаткової інформації I , яка дозволяє звузити множину парето-оптимальних рішень (варіантів складу парку) Ω_x^{nap} ($\Omega_x^{nap} \subset \Omega_x$) до практично важливих невеликих кількостей елементів $\Omega_x^{nap}(I) \subset \Omega_x^{nap} \subset \Omega_x$, є наявність попередніх рішень щодо складу парку, що були прийняті у минулому, та експертних оцінок щодо наслідків цих рішень.

Це, відповідно, специфічна додаткова об'єктивна та суб'єктивна інформація. Її наявність безпосередньо пов'язана з базовими закономірностями функціонування такої складної організаційно-технічної системи як транспортна система. Формування парку транспортних засобів є багатоетапним процесом, де можна виділити та формалізувати окремі інформаційні елементи:

$\{\bar{x}^{(k)}\}$ – множина векторів попередніх рішень щодо складу парку $\bar{x}^{(k)}$, які були прийняті у попередні k етапів ($k = 1, \dots, K$), K – кількість попередніх етапів зміни складу парку;

$\{\bar{a}^{(k)}\}$ – множина векторів характеристик парку після прийняття рішень щодо зміни складу парку $\bar{x}^{(k)}$;

$\{M_x^{(k)}, \sigma_x^{(k)}\}$ – множина результатів експертних оцінок реалізації рішень $\bar{x}^{(k)}$, які характеризуються середнім значенням $M_x^{(k)}$ та середньоквадратичним відхиленням $\sigma_x^{(k)}$ (для нормального закону розподілу експертних оцінок).

Справедливим є твердження, що всі ці елементи для k -го етапу мають жорстку відповідність ($\bar{x}^{(k)} \Leftrightarrow \bar{a}^{(k)} \Leftrightarrow (M_x^{(k)}, \sigma_x^{(k)})$), яка визначається чітким причинно-наслідковим зв'язком між рішеннями щодо складу парку та оцінкою результатів їх реалізації.

Іншою специфічною властивістю задачі багатокритеріального вибору у галузі, що розглядається, є виконання для усіх варіантів типів транспортних засобів, з яких здійснюється оновлення складу парку, умови

$$\sum_{i=1}^m b_i \cdot a_i \leq B, \quad (2)$$

де b_i – деякі нормуючі коефіцієнти; B – деяка безрозмірна константа.

Умова (2) відповідає конкурентному характеру поведінки постачальників: якщо деяка технічна характеристика запропонованого типу транспортних засобів є кращою ніж у конкурентів, то це відповідним чином відображається у її вартості та навпаки. Ця умова відображає реальний процес формування пропозиції техніки у процесі визначення складу парку і також є специфікою предметної галузі.

Наявність даних особливостей предметної галузі є вкрай важливим чинником отримання практично важливого рішення, тому що без додаткової інформації, згідно з принципом Еджворта-Парето [7], неможлива подальша конкретизація варіантів складу парку з множини Парето Ω_x^{nap} – множини рішень, які не можна покращити.

Одним з дієвих методів конкретизації компромісних варіантів є метод цільового програмування, в основі якого знаходиться намагання, в якості результуючого компромісу, обирати такий допустимий вектор, «який ближче» всього знаходиться до деякого «ідеального» («утопічного») вектора (який не належить до множини допустимих значень). Відповідно до цього, «ідеальний» вектор – це мета, яку неможна досягти, але можливо максимально приблизитися. При цьому «якість» застосування методу цільового програмування безпосередньо залежить від способу завдання «ідеального» результату та метрики, за якою визначається відстань між векторами [3].

Для предметної галузі, що розглядається, значення «ідеального» вектору \bar{x}_U можна точно визначити, наприклад, скласти його з екстремальних значень відповідних характеристик (максимально можливого значення тягово-швидкісних властивостей парку, прохідності, паливної економічності, маневреності, мінімально можливого значення вартості і потрібних експлуатаційних витрат):

$$\bar{x}_U = [extr(a_1), extr(a_2), \dots, extr(a_s)]^T. \quad (3)$$

Таке визначення \bar{x}_U відповідає головній вимозі – недосяжності вектору «ідеальних» рішень, тобто справедливості виразу $\{\bar{x}^*\} \cap \{\bar{x}_U\} = \emptyset$.

При цьому найкращим, оптимальним є таке рішення $x^* \in \Omega_x$, для якого виконується умови:

$$\inf_{y \in \{\bar{x}_U\}} \rho(\bar{x}^*, \bar{y}) = \min_{x \in \Omega_x} \inf_{y \in \{\bar{x}_U\}} \rho(\bar{x}, \bar{y}), \quad (4)$$

яка означає, що вектор найкращого рішення \bar{x}^* повинен знаходитися на мінімально можливій відстані від множини «ідеальних» рішень. Не виключається ситуація, коли множина «ідеальних» векторів складається з одного елемента.

В (4) під функцією $\rho(\bar{x}, \bar{y})$ розуміється числова функція, яка для кожної пари векторів \bar{x}, \bar{y} формує деяке позитивне число – відстань між векторами \bar{x}, \bar{y} та задовольняє умовам:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho(\bar{x}, \bar{y}) \geq 0, \\ \rho(\bar{x}, \bar{y}) = 0 \Leftrightarrow \bar{x} = \bar{y}, \\ \rho(\bar{x}, \bar{y}) = \rho(\bar{y}, \bar{x}), \\ \rho(\bar{x}, \bar{y}) \leq \rho(\bar{x}, \bar{z}) + \rho(\bar{z}, \bar{y}). \end{array} \right. \quad (5)$$

Але реалізація зазначеного підходу багатокритеріальної оптимізації з урахуванням умови (2) призводить до тривіальних вироджених рішень виду $x^* = [0, n, 0, \dots, 0, 0]^T$, коли для будь-яких кількостей потрібних машин обирається такий тип транспортних засобів, який має найкраще співвідношення техніко-експлуатаційних властивостей та потрібних витрат в абсолютних значеннях без уваги на інші важливі аспекти. Тобто вибір зводиться до визначення того типу транспортних засобів, з якого необхідно взяти всі n необхідних машин. Наслідком реалізації таких рішень можуть стати різні диспропорції парку, які у кінцевому рахунку призведуть до погіршення якості транспортного забезпечення.

Тому, пропонується модифікувати метод цільового програмування при багатокритеріальній оптимізації складу парків транспортних засобів із урахуванням умови (2). Для цього необхідно сформулювати не «абстрактний» вектор \bar{x}_U , компоненти якого відповідають ідеальним значенням відповідних властивостей складу парку, а «реальний» вектор, значення компонент якого обрати із врахуванням попереднього досвіду вирішення задачі формування парку та експертних оцінок цих рішень.

Можливість використання цього виду додаткової інформації опирається на припущення, що попередні рішення приймалися у намаганні досягнути найкращого компромісного варіанту складу парку, коли за мінімально потрібні кошти отримується максимальний рівень техніко-експлуатаційних властивостей парку. Спрямованість попередніх рішень на виконання однієї загальної мети дає можливість вважати, що оцінка результатів реалізації попередніх рішень з боку експертів виражає ступінь її досягнення. Тоді, визначення множини значень характеристик парку, де отримано найкращі оцінки, надасть значення компонент «реального» вектору \bar{x}_U , до якого необхідно намагатися наблизитися вибором складу парку.

Попередня «історія» формування складу парку та реакція на прийняті рішення з боку експертів (компетентних відповідальних осіб, які формують рішення) є значним обсягом додаткової інформації, яка може значно звужити множину парето-оптимальних рішень Ω_x^{nap} , сформувати підмножину варіантів складу парку з урахуванням узагальнених суб'єктивних переваг.

У цьому випадку значення компонент вектору \bar{x}_U відповідають умові

$$\bar{x}_U^* = \arg \left(\bar{a}_x^{(k)} (\bar{x} / A_x^{(k)} \rightarrow \max) \right). \quad (6)$$

Вона відображає загальний спосіб формування вектору \bar{x}_U : для його визначення необхідно знайти характеристики тих варіантів попередніх рішень, які мають максимальні оцінки з боку експертів. Тоді аргументи побудованої функції за змістом є саме тими бажаними значеннями, які адекватно відображають реальне відношення важливості властивостей парку для експертів.

Цей підхід забезпечує справедливість співвідношення множин

$$\{\hat{x}\} \subset \Omega_x^{nap} \subset \Omega_x, \quad (7)$$

де $\{\hat{x}\}$ – множина розв'язків задачі, яка визначається із використанням додаткової інформації по відношенню важливості характеристик зазначеним вище способом.

Ця властивість множини $\{\hat{x}\}$ визначається самою сутністю методу цільового програмування. В рамках цього методу кінцева множина варіантів складу парку формується з множини парето-оптимальних варіантів шляхом уточнення – визначення підмножини варіантів, які мають найменшу відстань від множини «ідеальних» рішень.

Крім того, запропонована модифікація методу цільового програмування має значну перевагу перед класичним варіантом врахування суб'єктивної додаткової інформації у вигляді співвідношення відносної важливості. Сутність переваги полягає у зручності отримання і, головне, формалізації експертної інформації.

При класичному визначенні відношення важливості характеристик від експертів вимагають кількісного представлення власного досвіду у формі

$$a_i + \omega_i \succ a_j - \omega_j, \quad (8)$$

де i та j – два різних номери характеристик типів техніки (при $\omega_i, \omega_j > 0$). Ця форма врахування додаткової інформації базується на відомій лінії поведінки людини, коли низькі показники за одним критерієм компенсуються високими показниками за іншим (або одночасно за декількома іншими критеріями). Значення ω_i, ω_j вказують на те, скільки здатна втратити особа, яка приймає рішення, властивістю техніки a_j для того, щоб отримати вигоду за властивістю a_i . У цьому визначенні відношення переваги відображає суб'єктивний характер розуміння важливості того чи іншого показника (характеристики) і вказує на безпосередній зв'язок відносної важливості з особою, що приймає рішення.

При цьому, експерту доволі часто важко відповідально визначити ω_i, ω_j , особливо у тому випадку, коли розглядається більше трьох пар характеристик. Навпаки, у запропонованому підході від експерта вимагають зробити для кожного випадку власну оцінку результатів на підставі великого обсягу об'єктивної інформації, що значно зручніше.

Висновки

1. В умовах вибору варіанту із сукупності конкурентних варіантів із чітким співвідношенням «можливості–ціна» метод цільового програмування у класичній постановці призводить до отримання тривіальних рішень «на обмеженнях», які не гарантують бажану функціональність всього парку транспортних засобів.

2. Модифікація метода цільового програмування, сутність якої полягає у зміні «механізму» призначення «ідеального» вектору рішень на основі специфічної додаткової суб'єктивної і об'єктивної інформації дозволить отримати адекватні варіанти розподілу складу парку транспортних засобів за типами.

Література

1. Подолян О.Ю. Вибір показників якості транспортних засобів, значимих для ефективної оперативно-службової діяльності підрозділів органів охорони державного кордону / О.Ю. Подолян // Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України (Хмельницький, 20 листопада 2009 року) : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конф. [серія : Військово-технічні науки] / НАДПСУ. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2009. – С. 94–96.

2. Коломийчук, С.В. Разработка методики выборки автомобилей многоцелевого назначения для обеспечения оперативно-служебной деятельности ПВУ с учетом их ремонтпригодности : дис. ... канд. техн. наук. 20.02.14 / С.В. Коломийчук. – Хмельницький : АПВУ, 1998. – 236 с.

3. Осташевский С.А. Методика выбора грузовых и специализированных автомобилей для комплектования подразделений материального обеспечения Пограничных войск Украины : дисс. ... канд. техн. наук. 20.02.14 / С.А. Осташевский. – Хмельницький : АПВУ, 2002. – 196 с.

4. Зінчик А.Г. Розробка методичного апарату формування складу парку автомобільних транспортних засобів органів логістики ЗСУ : дис. ... канд. техн. наук 20.02.14 / А.Г. Зінчик. – Хмельницький, 2010. – 138 с.

References

1. Podoljan O.Ju. Vibir pokaznikov jakosti transportnih zasobiv, znachimih dlja efektyvnoï operativno-sluzhbovoï dijal'nosti pidrozdiliv organiv ohoroni derzhavnogo kordonu. Osvitn'o-naukove zabezpechennja dijal'nosti pravoohoronnih organiv i vijs'kovih formuvan' Ukraïni (Hmel'nic'kij, 20 listopada 2009 roku) : materialy Vseukraïns'koï naukovo-praktichnoï konf. [serija : Vijs'kovo-tehniczni nauki] / NADPSU. – Hmel'nic'kij : Vidavnictvo NADPSU, 2009. – P. 94–96.

2. Kolomijchuk S.V. Razrabotka metodiki vyboriki avtomobilej mnogocелеvogo naznachenija dlja obespechenija operativno-sluzhebnoj dejatel'nosti PVU s uchetom ih remontprigodnosti. Khmelnytsky. APVU. 1998. 236 p.

3. Ostashevskij S.A. Metodika vybora gruzovyh i specializirovannyh avtomobilej dlja komplektovaniya podrazdelenij material'nogo obespechenija Pogranichnyh vojsk Ukrainy. Khmelnytsky. APVU, 2002. – 196 p.

4. Zinchik A.G. Rozrobka metodichnogo aparatu formuvannja skladu parku avtomobil'nih transportnih zasobiv organiv logistiki ZSU: ... kand. tehn. nauk 20.02.14 / A.G. Zinchik. Khmelnytsky. 2010. – 138 s.

Рецензія/Peer review : 11.3.2013 р.

Надрукована/Printed : 7.4.2013 р.

Рецензент: д.т.н. Лисий М.І.