

Комбінований Метод Ранжування Варіантів у Системах Підтримки Прийняття Рішень

Володимир Безкоровайний
кафедра системотехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Оксана Драз
кафедра системотехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
oksana.draz@nure.ua

Данило Лисак
кафедра системотехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
danylo.lysak@nure.ua

Дмитро Свідін
кафедра системотехніки,
Харківський національний
університет радіоелектроніки
Харків, Україна
dmytro.svidin@nure.ua

Combined Method of Ranking Options in Decision Support Systems

Vladimir Beskorovainyi
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
vladimir.beskorovainyi@nure.ua

Oksana Draz
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oksana.draz@nure.ua

Danylo Lysak
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
danylo.lysak@nure.ua

Dmytro Svidin
Department of System Engineering
Kharkiv National University of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
dmytro.svidin@nure.ua

Анотація—Запропоновано комбінований експертно-машинний метод ранжування варіантів для систем підтримки прийняття багатокритеріальних рішень на потужних множинах альтернатив. У ньому передбачені етапи виділення підмножини ефективних варіантів, визначення переваг експертів, параметричного синтезу узагальненої функції корисності, ранжування варіантів з використанням функції корисності та експертів.

Abstract—Combined expert-machine method of ranking options for multi criteria decision support systems on powerful sets of alternatives is proposed. It provides for the stages of selection of a subset of effective options, determining the preferences of experts, parametric synthesis of the generalized utility function, ranking of options using the synthesized utility function and experts.

Ключові слова—підтримка прийняття рішень, варіант, ранжування, компараторна ідентифікація.

Keywords—decision support, option, ranking, comparative identification.

I. ВСТУП

Задачі прийняття рішень у сучасних системах проектування й управління узагальнено подаються в термінах «умови – мета». При цьому умови розглядаються як множина ситуацій вибору (станів об'єкта і операторів переходу), а мета – як найкраще рішення (бажаний стан об'єкта) [1]. Ефективність прийнятого рішення оцінюється за множиною показників (часткових критеріїв). До найбільш важливих серед задач проблеми прийняття рішень відноситься задача ранжування альтернатив. Її розв'язання в автоматизованих системах проектування й управління здійснюється з використанням апарату теорії корисності в рамках кардиналістичного підходу [2]. Серед найбільш поширених методів ранжування рішень виділяються експертні методи (аналізу ієрархій, аналізу мереж, ELECTRE, PROMETHEE тощо), які вимагають від експерта в явному вигляді надати інформацію про відносну важливість окремих критеріїв [3-4].



Інформаційні системи та технології ICT-2020

Секція 2.

Математичне та комп'ютерне моделювання у інформаційних системах.

За результатами проведеного аналізу методів і технологій ранжування рішень встановлено, що [5-6]: вони зорієнтовані на вибір серед невеликої кількості альтернатив; у них можливе виникнення реверсу рангів (зміна рангів рішень при додаванні нових або видаленні існуючих альтернатив). Це обумовлює актуальність завдань розробки методів ранжування потужних множин альтернатив.

Метою дослідження є розробка комбінованого експертно-машинного методу ранжування варіантів для систем підтримки прийняття проектних і управлінських рішень на потужних множинах альтернатив.

II. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розв'язання задач ранжування варіантів на потужних множинах альтернатив $S = \{s\}$ запропоновано комбінований експертно-машинний метод, який включає етапи: виділення на множині допустимих підмножини ефективних варіантів; визначення на ній переваг експертів; параметричного синтезу узагальненої функції корисності; ранжування варіантів з використанням синтезованої узагальненої функції корисності; експертне уточнення рангів підмножини найкращих альтернатив.

Суть етапу виділення підмножини ефективних альтернатив S^E полягає у виключенні з множини допустимих $S = \{s\}$ домінованих (неоптимальних) альтернатив, що належать підмножині згоди $s \in \bar{S}^E$: $S = S^E \cup \bar{S}^E$, $S^E \cap \bar{S}^E = \emptyset$. Рішення називається ефективним (Парето-оптимальним) $s \in S^E$, якщо не існує більш кращого рішення, тобто $s^E \succ s \quad \forall s \in S$.

Залежно від потужності, опуклості чи неопуклості множини допустимих альтернатив $S = \{s\}$ доцільно використовувати один з методів виділення підмножин ефективних варіантів: парних порівнянь, Карліна, Гермейєра, еволюційного пошуку [7].

Задачу визначення переваг експертів чи особи, що приймає рішення (ОПР), пропонується здійснювати шляхом параметричного синтезу функції узагальненої корисності варіантів рішень з використанням технології компараторної ідентифікації [2, 6]. Найбільш універсальними вважаються функції узагальненої корисності, побудовані на основі поліному Колмогорова-Габора [2, 6]:

$$P(s) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(s) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=i}^m \lambda_{ij} \xi_i(s) \xi_j(s) + \dots, \quad (1)$$

де λ_i, λ_{ij} , $i = \overline{1, m}$ - вагові коефіцієнти часткових критеріїв та їхніх добутків; $\xi_i(s), \xi_j(s)$ - функції корисності часткових критеріїв $k_i(s), k_j(s)$, $i = \overline{1, m}$.

При цьому кількість доданків N в (1) вибирається виходячи з необхідної точності відновлення переваг ОПР,

розмірності задачі і наявних обчислювальних ресурсів.

Введемо позначення:

$$\begin{aligned} \xi_1(s) \cdot \xi_1(s) &= \xi_{m+1}(s), \quad \lambda_{1,1} = \lambda_{m+1}, \\ \xi_1(s) \cdot \xi_2(s) &= \xi_{m+2}(s), \quad \lambda_{1,2} = \lambda_{m+2}, \dots \end{aligned} \quad (2)$$

З використанням позначень (2) функція корисності (1) може бути подана у традиційній адитивній формі:

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(x).$$

Для лінійної, опуклої, вигнутої, S- і Z-подібної апроксимації оцінок значень часткових критеріїв $k(s)$ пропонується використовувати універсальну функцію корисності $\xi(s)$ на основі склейки [8]:

$$\xi(s) = \begin{cases} \bar{a}(b_1 + 1) \left(1 - \left(b_1 / \left(b_1 + \frac{\bar{k}(s)}{\bar{k}_a} \right) \right) \right), & 0 \leq \bar{k}(s) \leq \bar{k}_a; \\ \bar{a} + (1 - \bar{a})(b_2 + 1) \times \\ \times \left(1 - \left(b_2 / \left(b_2 + \frac{\bar{k}(s) - \bar{k}_a}{1 - \bar{k}_a} \right) \right) \right), & \bar{k}_a < \bar{k}(s) \leq 1, \end{cases} \quad (3)$$

де $\xi(s) = \bar{k}(s)$; \bar{k}_a, \bar{a} - нормовані значення координат точки склейки, $0 \leq \bar{k}_a \leq 1$, $0 \leq \bar{a} \leq 1$; b_1, b_2 - коефіцієнти, що визначають вид залежності (3) на початковому і кінцевому відрізках функції.

Суть технології компараторної ідентифікації переваг ОПР полягає в наступному [2, 6]. ОПР аналізує пари варіантів лише з підмножини ефективних $s, v \in S^E$. Висунута вимога пов'язана з тим, що врахування домінованих альтернатив з $\bar{S}^E = S \setminus S^E$ при формуванні бінарних відношень строгої переваги $R_S(S')$ не несе корисної інформації, тобто $s \succ v \quad \forall s \in S^E$ і $\forall z \in \bar{S}^E$. Це є наслідком того, що відношення строгої переваги для домінованих альтернатив виконуються при будь-яких значеннях вагових коефіцієнтів $\lambda = [\lambda_i]_{i=1}^N$.

За результатами аналізу ОПР здійснює якісну оцінку корисності варіантів, що дозволяє сформулювати на деякій підмножині $S' \subset S^E$ бінарне відношення строгої переваги:

$$R_S(S') = \{ \langle s, v \rangle : s, v \in S', s \succ v \}. \quad (4)$$

Відповідно до постулатів теорії корисності для пар варіантів, які входять до складу $R_S(S')$ (4), справедливою є система нерівностей: $s \succ v \Leftrightarrow P(s) > P(v) \quad \forall s, v \in S'$.

Таким чином, задача параметричного синтезу функції узагальненої корисності (1) або (3) зводиться до визначення вектора $\lambda = [\lambda_i]_{i=1}^N$ (де N - кількість



параметрів моделі), що задовольняє сформованій системі нерівностей та нормуючим умовам:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0 \quad \forall i = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Подамо систему нерівностей і рівнянь (5)-(5) у вигляді:

$$\eta_j(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(s) > \sum_{i=1}^N \lambda_i \xi_i(v), \langle s, v \rangle \in R_S(S'), j = \overline{1, n_S},$$

$$\eta_{n_S+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, i = \overline{1, N}, \quad (6)$$

де $n_S = \text{Card } R_S(S')$ - потужність встановленого відношення строгиї переваги (4).

Перша частина системи (6) є однорідними нерівностями, які задають множину площин, що проходять через початок координат, а друга частина (нормуючі умови) – січну площину.

Сформована система нерівностей і рівнянь (6) може бути несумісною (за наявності протиріч у перевагах ОНР) або мати незліченну кількість рішень. Задача визначення вектора $\lambda = [\lambda_i]_{i=1}^N$ моделі (1) може бути зведена до пошуку чебишовської точки [2].

Для цього введемо додаткову змінну λ_{N+1} в обмеження (6) і будемо вимагати, щоб виконувалися умови $\eta_j(\lambda) \leq \lambda_{N+1}$, $j = \overline{1, n_S}$. Тоді пошук чебишовської точки системи (6) зводиться до розв'язання задачі:

$$\lambda_{N+1} \rightarrow \min,$$

$$-\eta_j(\lambda) + \lambda_{N+1} \geq 0, \quad j = \overline{1, n_S}, \quad (7)$$

$$\eta_{n_S+1}(\lambda) \equiv \sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad \lambda_i \geq 0, \quad i = \overline{1, N}.$$

Якщо система нерівностей (7) сумісна, то індикаторна змінна $r = \min_{\lambda} \max_j \eta_j(\lambda) \leq 0$ і отримане рішення λ^o буде максимально стійким до можливих зсувів площин обмежень. Якщо ж система (7) несумісна, то $r > 0$, і буде отримано чебишовське наближення, що являє собою значення мінімального ухилення для вирішення даної системи. У цьому випадку для системи переваг, поданої бінарним відношенням $R_S(S')$ (4), не існує жодного вектора вагових коефіцієнтів часткових критеріїв $\lambda = [\lambda_i]_{i=1}^N$, що задовольняє умовам (7).

На наступному етапі здійснюється обчислення значень узагальненої функції корисності $P(s)$ (1) для всіх ефективних варіантів $s \in S^E$ з встановленими значеннями вагових коефіцієнтів $\lambda = [\lambda_i]_{i=1}^N$. Це дозволяє здійснити

ранжування всієї множини ефективних варіантів з використанням значень синтезованої функції узагальненої корисності.

На останньому етапі на основі кількісної оцінки варіантів $P(s)$, $s \in S^E$ здійснюється відбір підмножини $S^o \subset S^E$ заданої кількості n^o найкращих варіантів. При цьому $\text{Card}(S^o) \ll \text{Card}(S^E)$. Після цього ОНР з використанням методів експертного оцінювання чи лексикографічної оптимізації здійснює остаточний вибір найкращого варіанта $s^o \in S^o$.

III. ВИСНОВКИ

За результатами дослідження запропоновано комбінований експертно-машинний метод ранжування варіантів у системах підтримки прийняття багатокритеріальних рішень на потужних множинах альтернатив. У ньому передбачені етапи виділення підмножини ефективних варіантів, визначення переваг експертів, параметричного синтезу узагальненої функції корисності, ранжування варіантів з використанням синтезованої функції корисності та експертів.

Практичне застосування запропонованого методу дозволить у задачах великої розмірності здійснювати аналіз і відбір визначеної кількості лише ефективних варіантів для остаточної експертизи і вибору. Це створює умови для підвищення ефективності рішень багатокритеріальних задач оптимізації у системах автоматизованого проектування й управління.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Основы системного анализа и проектирования АСУ /А.А. Павлов, С.Н. Гриша, В.Н. Томашевский и др.; Под общ. ред. А.А. Павлова. К.: Выща школа, 1991. 367 с.
- [2] Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. К.: Наук. думка, 2002. 164 с.
- [3] Недашківська Н.І. Системний підхід до підтримання прийняття рішень на основі ієрархічних та мережевих моделей // Системні дослідження та інформаційні технології, 2018, № 1. С. 7-18.
- [4] Недашківська Н.І. Оцінювання реверсу рангів у методі аналізу ієрархій // Системні дослідження та інформаційні технології. 2005. № 4. С. 120-130.
- [5] Миронова Н.А., Юр Т.В. Информационная технология коллективного экспертного оценивания // Электротехнические и компьютерные системы. 2015. №19 (95). С. 195-200.
- [6] Петров К.Э., Дейнеко А.А., Чалая О.В., Панферова И.Ю. Метод ранжирования альтернатив при проведении процедуры коллективного экспертного оценивания // Радиоэлектроника, информатика, управление. 2020. № 2. С. 84-94.
- [7] Vladimir V. Beskorovainyi, Lubomyr B. Petryshyn, Olha Yu. Shevchenko. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. 2020. Vol.3 No.1. P. 443-455.
- [8] Beskorovainyi V., Berezovskyi H. Identification of preferences in decision support systems // ECONTechMOD. 2017. Vol. 06. №4. P. 15-20.

