

Секція: МЕХАТРОНІКА, РОБОТОТЕХНІКА, ДРОНИ

УДК 519: 818

Валерій Кирилович¹, д.т.н., проф.; Роман Шубенко¹; Любомир Дімітров², д.т.н., проф.; Микола Кирилович¹

¹ Державний університет «Житомирська політехніка», Україна

² Технічний університет-Софья, Республіка Болгарія

НЕЧІТКИЙ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР АЛЬТЕРНАТИВ: АВТОМАТИЗОВАНА РЕАЛІЗАЦІЯ СЕРЕДИННОГО ВИПАДКУ

Анотація. Реалізація серединного випадку базується на використанні чотирьох серединних параметрів для кожного локального критерію вибору. Вони враховуються в обчислювальних процедурах процесу нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив. Працездатність даного підходу проілюстрована на прикладі нечіткого вибору роботизованих механоскладальних технологій (РМСТ) роботою розробленого оригінального програмного продукту FMCSA.

Ключові слова: нечітка оптимізація, вибір, альтернатива, серединний випадок.

Valerii Kyrylovych, Ph.D., Prof.; Roman Shubenko; Lubomyr Dimitrov, Ph.D., Prof.; Mykola Kyrylovych

FUZZY MULTI-CRITERIA SELECTION OF ALTERNATIVES: AUTOMATED IMPLEMENTATION OF THE MIDDLE CASE

Annotation. The implementation of the median case is based on the use of four median parameters for each local selection criterion. They are taken into account in the computational procedures of the process of fuzzy multi-criteria selection of alternatives. The workability of this approach is illustrated by the example of a fuzzy choice of robotic mechanical assembly technologies by the work of the FMCSA original software product.

Keywords: fuzzy optimization, selection, alternative, middle case.

Особливістю висвітленого тут підходу до вибору РМСТ, що вочевидь є складовою Технологічної підготовки (ТПг) роботизованих механоскладальних виробництв (РМСВ), є те, що процес вибору виконується з врахуванням попередньо визначених виду та величин серединних параметрів для кожного локального критерію вибору.

Метою роботи є підвищення ефективності технологічної підготовки (ТПг) роботизованих механоскладальних виробництв (РМСВ) машино- та приладобудування за рахунок нового підходу щодо нечіткого вибору РМСТ при серединного випадку та демонстрація його (підходу) автоматизованої реалізації за рахунок розробки оригінального ПП FMCSA, який є інваріантним щодо розмірностей та змісту розв'язуваних задач.

Загальна математична постановка задачі НБВА у вигляді формалізованого її представлення при розв'язуванні задач НБВА з використанням серединних параметрів на прикладі нечіткого вибору РМСТ є такою:

$$\varphi : (E \times S) \rightarrow (({}^k S_{<j>}) \rightarrow \langle {}^k S_{<j>} \rangle). \quad (1)$$

Тут $\varphi = \langle {}^k\varphi_f | f = \overline{1, F} \rangle$ – кінцева упорядкована множина обчислюваних процедур загальною кількістю F ;

$E = (E_i | i = \overline{1, n})$ – кінцева множина із n експертів;

$S = (S_j | j = \overline{1, m})$ – дискретна множина локальних критеріїв (ДМЛК) з кількістю елементів m ;

$$(S_j | j = \overline{1, m}) = (Gm, Kn, Dn, Ct, En, Tr, \tau(Q), Rl, Ec, Ac, Fc, Fopt),$$

де компонентами ДМЛК є наступні складові: Gm – геометрична; Kn – кінематична; Dn – динамічна; Ct – управлінська; En – енергетична; Tr – траєкторна; $\tau(Q)$ – часова (продуктивність); Rl – надійність; Ec – економічна; Ac – точнісна; Fc – силова; $Fopt$ – складова, що визначена іншими видами критеріїв оптимальності, як правило, комбінованими (наприклад, техніко-економічними тощо);

$k \in (A, M, S, G)$ – вид середнього параметру: A – середньоарифметичний; M – медіанний; S – середньоквадратичний; G – середньогометричний;

\times – декартовий добуток кінцевих множин експертів $E = (E_i | i = \overline{1, n})$ та ДМЛК

$$S = (S_j | j = \overline{1, m});$$

\rightarrow – сюр'єктивне відображення вхідних даних (множин E та S) на елементи ${}^k_i c_j$

матриці ${}^k M_c$, тобто $(({}^k_i c_j) \subset {}^k M_c)$, що фактично означає формування матриці ${}^k M_c[n * m]$ як результату експертного опитування.

Таким чином, основою для розв'язування задачі в постановці за виразом (1) є початкова матриця експертного опитування ${}^k M_c[n * m]$. Це множина експертних оцінок, визначених строгим ранжуванням.

Загалом методика розв'язування задач НБВА передбачає упорядкування первинно неупорядкованої множини елементів ДМЛК в упорядковану множину, тобто $({}^k S_{<j>}) \rightarrow \langle {}^k S_{<j>} \rangle$ за рахунок упорядкованого виконання методично обумовлених

обчислювальних процедур множини $\varphi: \varphi = \langle {}^k\varphi_f | f = \overline{1, F} \rangle$, тобто:

$$\begin{aligned} \varphi &= \langle {}^k\varphi_f | f = \overline{1, F} \rangle = \\ &= \langle {}^k\varphi_c, {}^k\varphi_w, {}^k\varphi_a, {}^k\varphi_{Ew}, {}^k\varphi_{Ew^a}, {}^k\varphi_{(j)\max}, {}^k\varphi_{<j>} | f = \overline{1, F}; \forall k \in (A, M, S, G) \rangle. \end{aligned}$$

Саме зміст кожної ${}^k\varphi_f$ -ої обчислювальної процедури та упорядкована послідовність їх реалізації $\langle {}^k\varphi_f \rangle$ визначають методик у проведених в даній роботі досліджень та результати автоматизоване розв'язування задач даної проблеми.

В даному випадку зміст кожної ${}^k\varphi_f$ -ої обчислювальної процедури наступний:

${}^k\varphi_e$ – процедура формування матриці kM_e кінцевих результатів строгого експертного ранжування елементів ДМЛК. Її елементами $({}^k_i c_j)$ є цілі числа, величини та важливість кожного з яких визначені умовами такого ранжування. В даному випадку для кожного виду серединного параметру $\forall k \in (A, M, S, G)$ із їх кінцевої множини відповідні матриці є однаковими: ${}^M M_e = {}^A M_e = {}^S M_e = {}^G M_e$ і мають розмір $[n \times m]$;

${}^k\varphi_w$ – процедура визначення елементів $({}^k_i w_j)$ матриці kM_w як ваг альтернатив через відношення рангу (оцінки) кожного S_j -го локального критерія, заданого E_i -им експертом, на множині оцінок усіх експертів для кожного S_j -го критерія. Сформовані таким чином матриці також однакові ${}^M M_w = {}^A M_w = {}^S M_w = {}^G M_w \quad |\forall k \in (A, M, S, G)$;

${}^k\varphi_\alpha$ – реалізацією цієї процедури формуються елементи $({}^k_i \alpha_j)$ матриці ${}^kM_\alpha$ як нечіткої множини з врахуванням важливості кожного S_j -го критерія через його вагу α_j на множині альтернатив E (за результатами виконання процедури ${}^k\varphi_w$). Саме в процесі реалізації цієї процедури розраховуються кожен k -ий серединний параметр $\forall k \in (A, M, S, G)$ для кожного S_j -го критерія;

${}^k\varphi_{EW}$ – визначаються важливості суджень кожного E_i -го експерта із їх множини E через визначення ваг альтернатив відносно кожного S_j -го критерія, тобто знаходяться елементи $({}^k_{E_i} w_j)$ матриці ${}^kM_{EW}$;

${}^k\varphi_{EW^\alpha}$ – цією процедурою визначаються важливості альтернатив (кожного E_i -го експерта) через вагу ${}_E \alpha$ кожного з них на множині критеріїв S , формуючи елементи $\left({}^k_{E_i} w_j \left({}^k_i \alpha_j \right)^{\max} \right)$ матриці ${}^kM_{EW^\alpha}$ як нечіткої множини; саме зміст цієї процедури визначає суттєві змістовні відмінності методик серединного випадку від попередньо розроблених методик найгіршого та квазі-кращого випадків (тут не розглядаються);

${}^k\varphi_{(j)\max}$ – виконанням цієї процедури формуються елементи $\left({}^k_{E_i} w_j \left({}^k_i \alpha_j \right)^{\max} \right)_{\max}$ на множині $(S_{(j)\max} | j = \overline{1, m})$ нечітких оцінок для кожного локального критерія $S_{j\max}$, тобто формується неупорядкована множина функцій

приналежностей у вигляді послідовності $({}^k S_{< j >})$ матриці ${}^k M_{PWA}$ на множині максимальних значень кожного локального критерія S_{jmax} ;

${}^k \varphi_{< j >}$ – цією процедурою аналізуються складові РМСТ з врахуванням серединних параметрів, в упорядковану множину, тобто $({}^k S_{< j >}) \rightarrow < {}^k S_{< j >} >$. Даною процедурою (кроком), що змістовно є розв'язуванням *max-max*-ої задачі для кожного із серединних параметрів $\forall k \in (A, M, S, G)$, упорядковуються (сортуються) від найбільшої нечіткої оцінки до найменшої, що отримані за попередньою процедурою ${}^k \varphi_{(j)max}$, елементи неупорядкованої множини $({}^k S_{< j >})$ нечітких оцінок результатів порівнянь, тобто $({}^k S_{< j >}) \rightarrow < {}^k S_{< j >} >$. Результатом є кінцеві рішення загальної задачі нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ методиками серединного випадку, що отримані для кожного k -го серединного параметру, тобто ${}^M S_{< j >}$, ${}^A S_{< j >}$, ${}^S S_{< j >}$ та ${}^G S_{< j >}$.

Працездатність цього підходу проілюстрована автоматизованими проміжними та кінцевими розрахунками та їх результатами при нечіткому багатокритеріальному виборі РМСТ за рахунок розробленого програмного продукту (ПП) FMCSA - Fuzzy Multi Criteria Selection of Alternatives.

Прийнятність використаної мови програмування Java визначена в силу своїх функціональних можливостей та особливостей обчислюваних процедур процесу нечіткого вибору.

За кількістю - це розв'язування фактично чотирьох задач вибору, що визначається чотирма серединними параметрами: A, M, S, G .

Вхідні дані в ПП FMCSA представляються у CSV-форматі даних (comma-separated values), що дає можливість використовувати один із загальнодоступних продуктів для формування вхідних даних: MS Excel; Notepad++; блокнот; будь-яке ПЗ для роботи з табличними даними.

Перед запуском програми на виконання проводиться валідація вхідних даних, щор є своєрідним дозволом на запуск ПП.

Комфортність користування розробленим ПП FMCSA визначається в тому числі мінімальною кількістю натискань на відповідні навігаційні клавіші. Є можливість зберігати отримані результати як покрокових, так і кінцевих рішень.

Простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс FMCSA дає можливість користувачу вибирати ту чи іншу методику розрахунку з використанням серединних параметрів. За бажанням користувач може обрати ілюстрацію покрокового результату розв'язування задач НБВА, або відразу отримати кінцевий результат з графічною ілюстрацією проміжних та кінцевого результатів у вигляді стовпцевих діаграм та відповідних графічних залежностей. Всі розрахунки супроводжуються розрахованими коефіцієнтами узгодженості за Кендаллом та Спірменом для загальних та для попарних порівнянь отриманих результатів відповідно.