

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДА «ПАТЕРН» ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ ТА ОЦІНЮВАННЯ

У данній роботі розглядаються особливості вирішення багатокритеріальних задач вибору та оцінювання, з використанням множини Парето за допомогою методу «Патерн».

***Ключові слова:** багатокритеріальний вибір та оцінювання, множина Парето, метод «Патерн».*

В статье рассматриваются особенности решения многокритериальных задач выбора и оценивания, с использованием множества Парето с помощью метода «Патерн».

***Ключевые слова:** многокритериальный выбор и оценивание, множество Парето, метод «Патерн».*

The results of researches the polycriterial choise and evaluation using of Pareto great number and method «Patern».

***Key words:** the polycriterial choise and evaluation, Pareto great number, method «Patern».*

ВСТУП

Метод «Патерн», є різновидом експертних методів, який дозволяє аналізувати за ступенем важливості інформацію в будь-якій галузі діяльності так, щоб можна було представити складні і взаємні співвідношення постійних і змінних чинників, на яких ґрунтуються подальше прийняття рішень. Метод «Патерн» був розроблений на фірмі «Honnyuell» в 1963 р., для вибору пріоритетних напрямів розвитку в військовій та космічній галузях. Ієрархічна модель методу «Патерн» будується виходячи з принципів дедуктивної логіки шляхом ділення проблем на під проблеми. Розробники методу ввели «інформаційний принцип» для оцінки всіх елементів дерева цілей, тобто враховували тільки ті чинники і дані, які вимагали уваги осіб, які приймають рішення (ОПР).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для ефективного вирішення багатокритеріальних задач вибору та оцінювання, необхідно розглянути особливості застосування методу «Патерн» .

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ

Метод «Патерн» починається з задання вагових значень у кожній вершині за визначеною шкалою відношень. На другому етапі відбувається перерахунок у сумарні ваги шляхом перемноження вагових значень вершин, які лежать на шляху до вершини, та складення з отриманими інтегральними ваговими значеннями результатів оцінки альтернатив у кінцевих вершинах ієрархічного дерева.

Виділення конкретної альтернативи з множини Парето в більшості випадків на основі інформації, що міститься в постановці задачі, неможливо [2]. А оскільки остаточним результатом рішення задачі вибору більшості практичних випадків повинен бути вибір єдиної альтернативи, то для цього необхідне залучення додаткової інформації. При цьому можуть бути використані наступні шляхи: використання інформації про відносини між приватними цільовими функціями; отримання інформації від особи, що приймає рішення (ОПР), або призначеною ним експертної групи; постановка на множині Парето або на деякій його підмножині додаткової оптимізаційної завдання, що відображає новий аспект вирішуваної проблеми; поєднання перерахованих шляхів. При реалізації вказаних шляхів виникає необхідність у звуженні множини Парето до прийнятних розмірів. Це звуження доцільно здійснювати у вигляді ітеративної процедури із залученням як неформальних методів системного аналізу, так і математичних методів парето-аналізу, що дозволяють на кожному етапі діалогу з комп'ютером видавати інформацію в прийнятному для обох сторін вигляді [2, 4, 6].

В основі деяких методів звуження множини Парето, лежить інформація про відносини між приватними цільовими функціями (критеріями), представлених у вигляді дерева, в якому коренева вершина виконує роль узагальненої ефективності вирішуваної проблеми. Для прикладу на рис. 1 представлена ієрархічна структура критеріїв оцінки системи (об'єкта), задана на 10 кінцевих цільових критеріях, представлена графічно «по гілках», де індекс вершини указує шлях до цієї вершини від кореневої вершини дерева. Зазвичай $F_{(1)}$ – глобальний узагальнений (складний) критерій оцінки якості і ефективності на вищому рівні, $F_{(11)}, F_{(12)}, F_{(13)}$ – узагальнені критерії оцінки якості і ефективності на другому рівні, що агрегують критерії нижнього рівня одного типу, які характеризують, наприклад, витрату ресурсів системи при її функціонуванні – $f_{(111)}, f_{(112)}, f_{(113)}, \dots, f_{(134)} \in \{f_1, f_2, \dots, f_{10}\}$

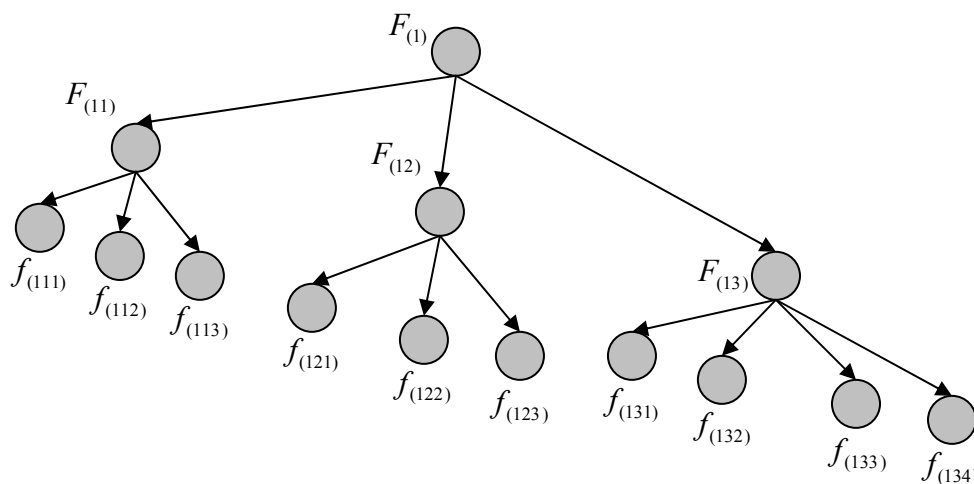


Рис. 1. Ієрархічна структура цільових критеріїв, представлена «по гілках» дерева цілей

Методика вирішення багатокритеріальних задач оцінювання або вибору складається з ряду послідовно вирішуваних приватних задач, а саме:

1. Розробка системи показників якості і ефективності досліджуємої системи (об'єкта, процесу, рішення, альтернативи) і їх представлення у вигляді ієрархічного дерева важливості критеріїв.

Угрупування показників проводиться виходячи зі схожості їх змісту. Після проведення угрупування структура початкових показників може бути представлена у вигляді ієрархічного дерева важливості критеріїв (рис. 1), на підставі якого проводиться агрегація оцінок або послідовне звуження множини Парето.

2. Формування шкал для оцінювання (вимірювання) альтернатив за кожним показником;
Вибір шкал, а саме: кількісних або якісних і вимірювання (оцінювання) альтернатив – виконується за кінцевими критеріями (нижній рівень дерева).

Для кількісних оцінок при побудові узагальненої оцінки із застосуванням прямих методу Патерн звуження ядра Парето-альтернатив, виникає необхідність нормувати абсолютні значення кількісних оцінок альтернатив. Простим способом нормалізації критеріальних функцій $f_k^*(x_p)$ ($k \in J_k$) з метою перетворення їх у безрозмірні величини, якщо, наприклад, за всіма функціями здійснюється максимізація, то їх можна представити у вигляді:

$$\frac{f_1(x_p)}{f_1^*}, \frac{f_2(x_p)}{f_2^*}, \dots, \frac{f_N(x_p)}{f_N^*}, \quad (2.2)$$

де $f_k^* = \max_{x_p} f_k(x_p)$ – максимальне значення k -го приватного критерію;

$X_\beta = \max_{x_p} f_k(x_p)$ – початкова допустима (кінцева) множина альтернатив;

$k \in J_k$ – індексна множина критеріїв; $|J_k| = N$ – число приватних критеріїв.

У методах агрегації оцінок альтернатив для переходу до результуючої кількісної шкали як нормуючі формули часто використовуються:

$$\text{а) } \tilde{y}_p^k = \frac{y_p^k}{y_M^k}, \quad \text{б) } \tilde{y}_p^k = \frac{y_M^k - y_p^k}{y_M^k}, \quad \text{в) } \tilde{y}_p^k = \frac{y_M^k - y_p^k}{y_M^k - y_m^k}, \quad \text{г) } \tilde{y}_p^k = \frac{y_p^k - y_m^k}{y_M^k - y_m^k} \quad (2.3)$$

де $y_M^k = \max_{x_p \in X_\beta} f_k(x_p)$ – максимальна оцінка по f_k -у критерію;

$y_m^k = \min_{x_p \in X_\beta} f_k(x_p)$ – мінімальна оцінка по f_k -у критерію.

Формула (2.3 а) характеризує ступінь близькості оцінок альтернатив до максимального значення в шкалі відносин; формула (2.3 б) характеризує ступінь відмінності оцінок альтернатив від максимального значення в шкалі відносин; формула (2.3 в) характеризує ступінь відмінності оцінок альтернатив від максимального значення у шкалі різниць і формула (2.3 г) характеризує ступінь близькості оцінок альтернатив у шкалі різниць. За наявності оцінок альтернатив, зміряних у різних шкалах (кількісних і якісних) виникає проблема побудови єдиної кількісної або якісної шкали.

3. Отримання точок множини ефективних рішень (Парето).

Оскільки потужність множини Парето часто порівнянна з потужністю множини допустимих альтернатив, то для прийняття остаточного рішення необхідно здійснити процедуру виділення найкращої альтернативи з множини ефективних.

4. Виділення найкращої альтернативи методом Патерн або методами послідовного звуження множини Парето.

Виділення конкретної альтернативи з множини Парето на основі інформації, що міститься в постановці багатокритеріальної задачі, неможливо. Оскільки остаточним результатом рішення оптимізаційної багатокритеріальної задачі в більшості практичних випадків повинен бути вибір єдиної якнайкращої альтернативи, то для цього необхідне залучення додаткової інформації, зокрема інформації про важливість критеріїв.

Як ілюстративний приклад розглянемо рішення задачі побудови узагальненої оцінки для науково-технічних проектів прикладного характеру і вибору ефективного. В табл. 1 представлена початкова множина допустимих варіантів проектів (альтернатив) $X_\beta = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7\}$ і відповідні їм нормовані оцінки по 5 цільовим критеріям, згрупованим у дві групи. Як кінцеві критерії прийняті наступні: $f_{(111)}$ – нормована чиста приведена вартість; $f_{(112)}$ – рентабельність проектів; $f_{(121)}$ – ступінь попиту на вироблюваний продукт; $f_{(122)}$ – соціальна спрямованість проектів; $f_{(123)}$ – екологічна безпека.

Виходячи з множини альтернатив, в табл. 1 необхідно виділити ефективну множину Парето.

Таблиця 1

Множина векторних оцінок альтернатив

Альтернативи	Критерії (кінцеві вершини дерева)				
	$f_{(111)}$	$f_{(112)}$	$f_{(121)}$	$f_{(122)}$	$f_{(123)}$
x_1	$C_{(11)}$	$C_{(12)}$	$C_{(13)}$	$C_{(14)}$	$C_{(15)}$
x_2	$C_{(21)}$	$C_{(22)}$	$C_{(23)}$	$C_{(24)}$	$C_{(25)}$
x_3	$C_{(31)}$	$C_{(32)}$	$C_{(33)}$	$C_{(34)}$	$C_{(35)}$
x_4	$C_{(41)}$	$C_{(42)}$	$C_{(43)}$	$C_{(44)}$	$C_{(45)}$
x_5	$C_{(51)}$	$C_{(52)}$	$C_{(53)}$	$C_{(54)}$	$C_{(55)}$
x_6	$C_{(61)}$	$C_{(62)}$	$C_{(63)}$	$C_{(64)}$	$C_{(65)}$
x_7	$C_{(71)}$	$C_{(72)}$	$C_{(73)}$	$C_{(74)}$	$C_{(75)}$

Сімейство критеріїв з урахуванням їх значущості представлено у вигляді дерева на рис. 2. Для кожної вершини відповідно до її місця в дереві експертним шляхом розраховуємо (задамо) локальну «вагу» (коефіцієнт важливості). Звідси для кожної кінцевої вершини знайдемо інтегральну вагу шляхом перемножування «локальних вагів» усіх вершин, лежачих на шляху, ведучих до даної вершини:

$$\begin{aligned}
 W(f_{(111)}) &= w(F_{(1)})w(F_{(11)})w(F_{(111)}) = I_1; \\
 W(f_{(112)}) &= w(F_{(1)})w(F_{(11)})w(F_{(112)}) = I_2; \\
 W(f_{(121)}) &= w(F_{(1)})w(F_{(12)})w(F_{(121)}) = I_3; \\
 W(f_{(122)}) &= w(F_{(1)})w(F_{(12)})w(F_{(122)}) = I_4; \\
 W(f_{(123)}) &= w(F_{(1)})w(F_{(12)})w(F_{(123)}) = I_5;
 \end{aligned}
 \tag{??}$$

Знаходимо узагальнені (агреговані) оцінки для кожної альтернативи з визначеної множини Парето за формулою:

$$y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_p) \tag{2.5}$$

$$\begin{aligned}
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_1) &= I_1 \cdot C_{(11)} + I_2 \cdot C_{(12)} + I_3 \cdot C_{(13)} + I_4 \cdot C_{(14)} + I_5 \cdot C_{(15)}; \\
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_2) &= I_1 \cdot C_{(21)} + I_2 \cdot C_{(22)} + I_3 \cdot C_{(23)} + I_4 \cdot C_{(24)} + I_5 \cdot C_{(25)}; \\
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_3) &= I_1 \cdot C_{(31)} + I_2 \cdot C_{(32)} + I_3 \cdot C_{(33)} + I_4 \cdot C_{(34)} + I_5 \cdot C_{(35)}; \\
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_4) &= I_1 \cdot C_{(41)} + I_2 \cdot C_{(42)} + I_3 \cdot C_{(43)} + I_4 \cdot C_{(44)} + I_5 \cdot C_{(45)}; \\
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_5) &= I_1 \cdot C_{(51)} + I_2 \cdot C_{(52)} + I_3 \cdot C_{(53)} + I_4 \cdot C_{(54)} + I_5 \cdot C_{(55)}; \\
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_6) &= I_1 \cdot C_{(61)} + I_2 \cdot C_{(62)} + I_3 \cdot C_{(63)} + I_4 \cdot C_{(64)} + I_5 \cdot C_{(65)}; \\
 y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_7) &= I_1 \cdot C_{(71)} + I_2 \cdot C_{(72)} + I_3 \cdot C_{(73)} + I_4 \cdot C_{(74)} + I_5 \cdot C_{(75)};
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

Звідси вибираємо якнайкращу альтернативу: $x^* = \arg \max_{x_p \in X^{nd}} \{y_{D^{(1)}}^{\Sigma}(x_p)\}$, де X^{nd} – множина Парето.

Парето.

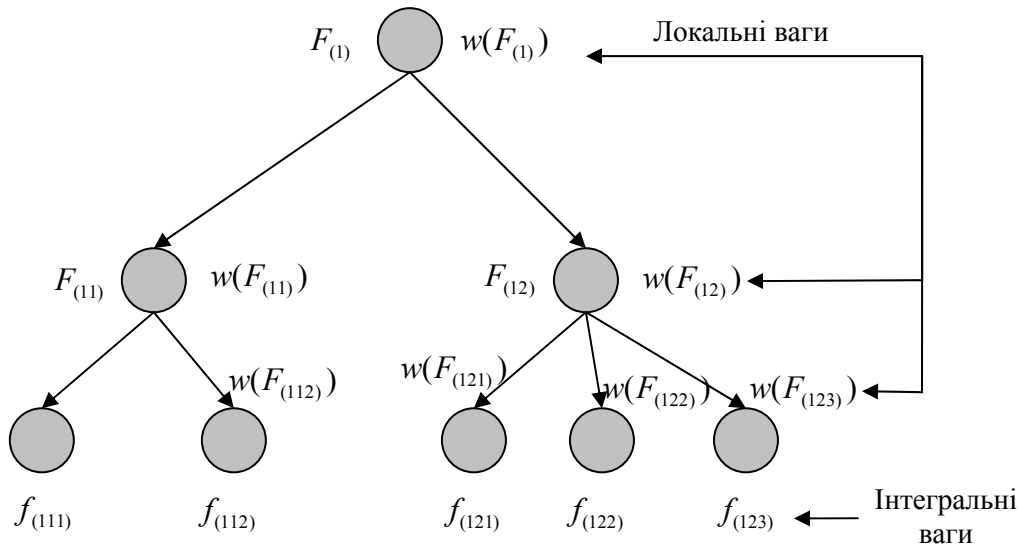


Рис. 2. Дерево критеріїв

Алгоритми реалізації метода «Патерн» представлені на рис. 3 та рис. 4. На рис. 3 зображено алгоритм пошуку оцінки альтернатив методом «Патерн».

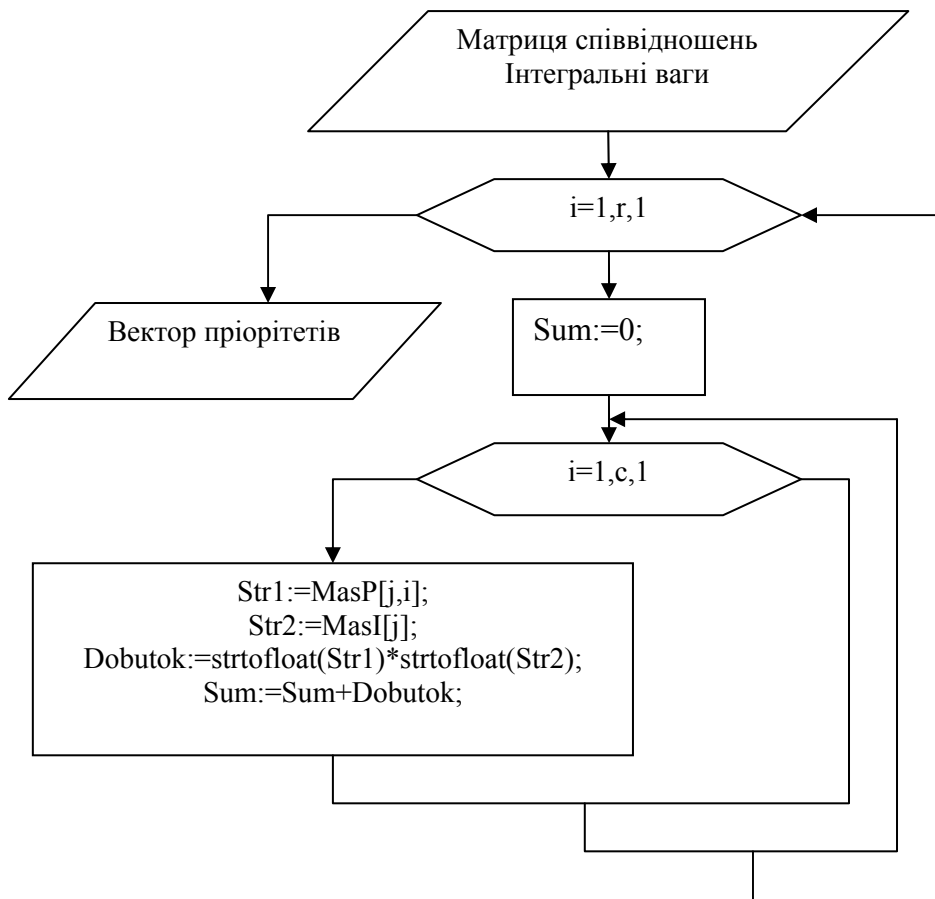


Рис. 3. Алгоритм пошуку оцінки альтернатив метода «Патерн»

У алгоритмі використано такі позначення:

- MasP – матриця співвідношення;
- MasI – матриця інтегральних вагових коефіцієнтів;

На рис. 4 зображено алгоритм пошуку інтегральних вагів метода «Патерн».

В алгоритмі використано такі позначення:

- MasT – матриця в якій зберігаються шляхи дерева;
- MasE – матриця локальних вагових коефіцієнтів;

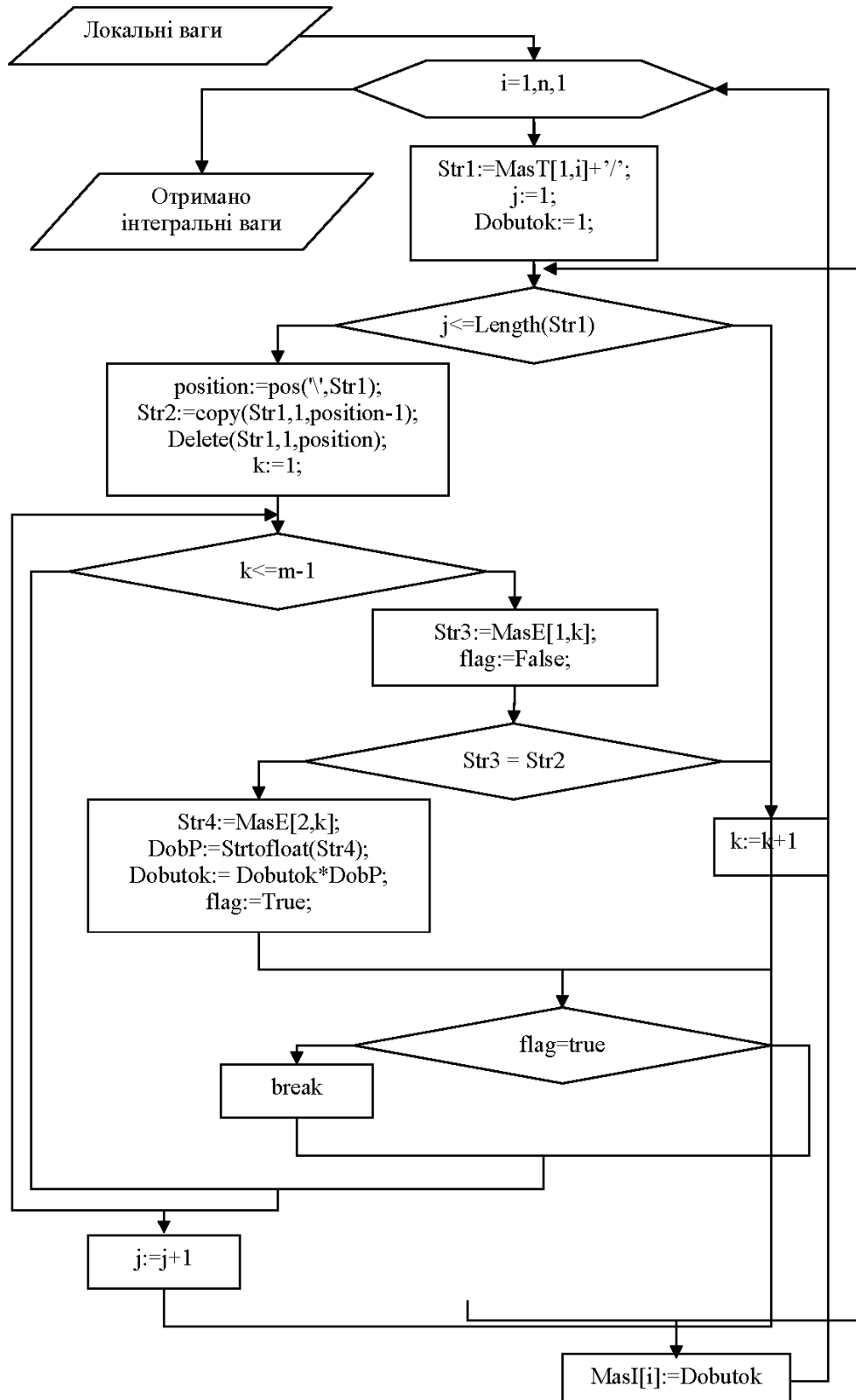


Рис. 4. Алгоритм пошуку інтегральних вагів метода «Патерн»

Хоча метод «Патерн» достатньо простий у використанні, проте має певні особливості використання. До основних з них відносяться наступні:

1. Існує залежність «вагів» важливості підкритеріїв від їх числа: чим більше критеріїв, що входять у підвершину дерева, тим менше їх відносна важливість.

У той же час, наприклад, порядкові способи (лексикографічне впорядкування з приписуванням однакових рангів однаковим по важливості підвершинам) приводять у розглянутому випадку до інтегральних рангів вершин відповідно до їх деревного порядку.

2. Відсутній облік ієрархії підкритеріїв при перемноженні локальних «вагів» (за рахунок комутативності операції множення).

3. Кінцеві вершини, що не лежачі на n -му (нижньому) рівні і є підвершинами менш важливих вершин, можуть мати набагато більшу інтегральну вагу, чим підвершини важливіших вершин, лежачих на нижньому рівні.

Даний тип обмеження також виникає за рахунок властивостей операції множення. Для вагів, менших одиниці, відбувається зменшення результату при збільшенні числа співмножників.

Незважаючи на наведені особливості та обмеження метод «Патерн», дає можливість ефективно вирішувати різноманітні задачі багатокритеріального вибору та оцінювання в задачах прийняття рішень

ЛІТЕРАТУРА

1. Управленческие решения, разработка и выбор: Учебное пособие Ю.В. Вертакова, И.А. Козьева, Э.Н. Кузьбожев / Под общ. ред. проф. Э.Н. Кузьбежова. – М.: КНОРУС, 2005. – 352 с.
2. В.В. Подиновский, В.Д. Ногин Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: «Наука», 1982. – 256 с.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
4. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996.
5. Шикин Е.В., Чхарташвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: Учебное пособие. – М.: Дело, 2000.
6. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. – М.: Знание, 1985.
7. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

Рецензенти: д.т.н., проф. Кондратенко Ю.П.,
д.т.н., проф. Фісун М.Т.

© Гожий О.П., 2009

Стаття надійшла до редколегії 18.09.09