

УДК 519.816:004.021

Т.В. Гусєва, О.С. Жураковська, Н.В. Богданова

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ПЛАНУ ТРЕНУВАНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Анотація: В роботі запропоновано метод вирішення задач багатокритеріального вибору на прикладі розв'язання задачі формування персоналізованого плану тренувань, що базується на застосуванні методів багатокритеріального прийняття рішень. Запропонований метод дозволяє сформулювати персоналізований план тренувань, який найкращим чином враховує особисту систему переваг користувача на усіх етапах процесу прийняття рішень – при виборі множини альтернатив, виборі критеріїв оцінювання, на етапі оцінювання альтернатив та остаточному виборі розв'язку.

Наведено ілюстративний приклад формування персоналізованого плану тренувань із застосуванням методу аналізу ієрархій, який використовується в запропонованому методі. Метод розроблено та запропоновано до застосування в системах підтримки прийняття рішень, де необхідне розв'язання задач багатокритеріального вибору.

Ключові слова: методи багатокритеріального прийняття рішень, експертне оцінювання, система підтримки прийняття рішень, ранжування альтернатив, задача багатокритеріального вибору, метод аналізу ієрархій, метод TOPSIS, метод VIKOR.

Вступ

Системи підтримки прийняття рішень знаходять широке застосування в усіх сферах людської діяльності, оскільки в процесі вирішення багатьох проблем предметної області виникає потреба у прийнятті рішень та пошуку кращих альтернатив на деякій заданій множині [1]. У зв'язку із цим актуальним питанням залишається розв'язання задач багатокритеріального вибору, для чого застосовуються методи багатокритеріального прийняття рішень [2 – 4].

В роботі розглянуто задачу формування персоналізованого плану тренувань, яка є задачею багатокритеріального вибору. На прикладі цієї задачі запропоновано метод вирішення таких задач, що дозволяє врахувати різні варіанти оцінювання альтернатив за множиною критеріїв, і який може застосовуватись в системах підтримки прийняття рішень. Відповідність отриманого розв'язку задачі багатокритеріального вибору системі переваг користувача багато в чому залежить від вибору варіанту оцінювання альтернатив та від результатів оцінювання.

Методи багатокритеріального прийняття рішень, які широко застосовуються для подібних задач, найчастіше використовують інформацію про систему переваг користувача у вигляді оцінок альтернатив за множиною критеріїв (наприклад, методи зваженої згортки критеріїв, TOPSIS, VIKOR [3, 5]) або у вигляді матриць парних порівнянь (наприклад, метод аналізу ієрархій [6]). Вибір одного з варіантів оцінювання залежить від того, наскільки користувач в змозі оцінити альтернативи, застосовуючи той чи інший варіант оцінювання. Від цього вибору також залежить і те, наскільки отриманий розв'язок задачі відповідатиме системі переваг користувача. Запропонований метод базується на застосуванні декількох методів багатокритеріального прийняття рішень і, відповідно, врахуванні різних варіантів оцінювання альтернатив, що дозволить отримувати розв'язки, найбільш відповідні вимогам та перевагам користувачів.

Постановка задачі

Розглядається задача формування плану тренувань, який би дозволив найкращим чином врахувати переваги користувачів.

Задано множину з декількох різних видів групових тренувань для реабілітації, морального та фізичного відновлення, підтримки форми і тону м'язів та зменшення ваги. Для формування плану тренувань необхідно побудувати ранжування на множині тренувань, враховуючи різні види їх оцінювання за множиною критеріїв:

- для фізичного відновлення (можливість покращити фізичний стан після травм);
- для психологічного відновлення (можливість покращити психологічний стан після подій з негативним впливом);
- ефективність тренування (можливість досягти бажаного результату);
- інтенсивність тренування (рівень інтенсивного навантаження);
- популярність (рівень популярності тренувань);
- повторне відвідування (наскільки часто повторно відвідують тренування).

Схема розв'язання задачі

Для розв'язання поставленої задачі користувач повинен визначитись, який вид оцінювання альтернатив є для нього більш прийнятним. Ця інформація буде використана для пріоритезації розв'язків задачі отриманих за допомогою різних методів прийняття рішень.

Схему запропонованого методу наведено на рис. 1.

Запропонована схема розв'язання задачі формування персоналізованого плану тренувань передбачає, що після визначення пріоритетів користувача щодо варіантів оцінювання альтернатив він повинен надати інформацію про свою систему переваг на

множині альтернатив, використовуючи наведені критерії оцінювання альтернатив. Він надає цю інформацію в двох формах:

- у вигляді бальних оцінок альтернатив за кожним критерієм;
- у вигляді результатів парних порівнянь (матриць парних порівнянь) критеріїв, а також парних порівнянь альтернатив за кожним із критерієм.

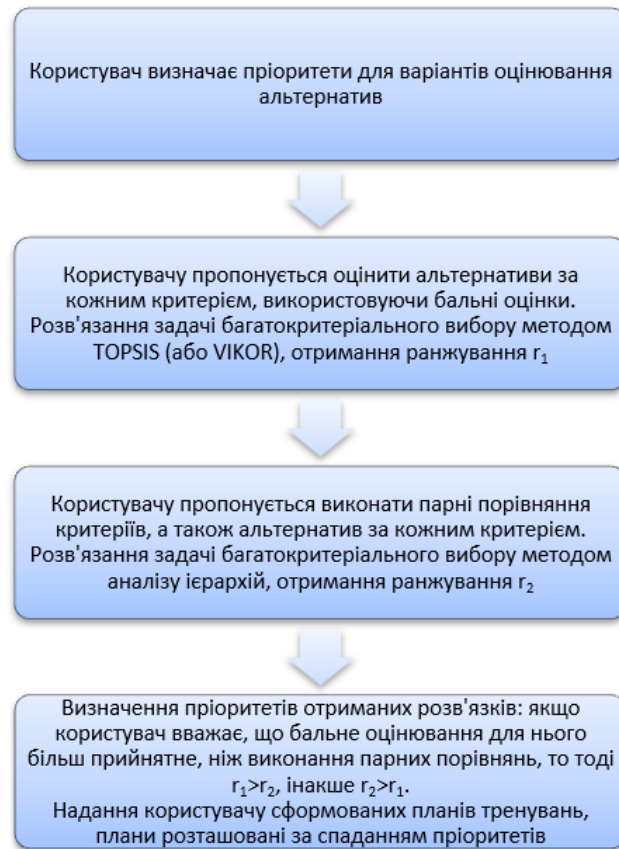


Рисунок 1. Схема розв'язання задачі прийняття рішень для формування персоналізованого плану тренувань

В першому випадку для розв'язання поставленої задачі може бути застосований ряд методів багатокритеріального прийняття рішень, таких як метод зваженої згортки, TOPSIS, VIKOR. Враховуючи те, що зважена згортка критеріїв дозволяє визначити рейтинг кожної альтернативи як середньозважену оцінку, в розробленому методі запропоновано в цьому випадку використовувати один із методів – TOPSIS або VIKOR. В результаті отримують ранжування r_1 на множині альтернатив.

Метод TOPSIS [5] передбачає, що кращою альтернативою є така, що знаходиться на мінімальній відстані від утопічного розв'язку і на максимальній – від антиутопічного розв'язку в n -вимірному просторі оцінок критеріїв. Рейтинг кожної альтернативи визначається співвідношенням:

$$C_k^* = \frac{D_k^-}{(D_k^* + D_k^-)}, k = 1, \dots, n, \quad (1)$$

де $D_k^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{kj} - v_j^-)^2}$ – відстань k -ї альтернативи до антиутопічного розв'язку;

$D_k^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{kj} - v_j^+)^2}$ – відстань k -ї альтернативи до утопічного розв'язку; n – кількість

альтернатив; m – кількість критеріїв; v_{kj} – нормалізована зважена оцінка k -ї альтернативи за j -м критерієм; v_j^- – «найгірша» з оцінок за j -м критерієм; v_j^+ – «найкраща» з оцінок за j -м критерієм.

В методі VIKOR [5] для визначення відстані до ідеального розв'язку використовуються дві міри: манхеттенська відстань (L_1 -норма) та чебишевська відстань (L_∞ -норма). Вони визначаються співвідношеннями (2) та (3) відповідно.

$$S_k = \sum_{j=1}^m w_j \frac{|f_j^* - f_{kj}|}{|f_j^* - f_j^-|}, \quad (2)$$

$$R_k = \max_{j=1, m} \left\{ w_j \frac{|f_j^* - f_{kj}|}{|f_j^* - f_j^-|} \right\}, \quad (3)$$

де w_j – ваговий коефіцієнт j -го критерія; f_{kj} – значення функції оцінки k -ї альтернативи за j -м критерієм; f_j^* – «найкраще» зі значень функцій оцінок за j -м критерієм; f_j^- – «найгірше» зі значень функцій оцінок за j -м критерієм; m – кількість критеріїв.

Тобто метод VIKOR дозволяє знайти компромісний розв'язок, який враховує як загальне відхилення альтернативи від ідеального розв'язку, так і мінімізує найбільше відхилення за деяким із критеріїв.

Таким чином, застосування методів TOPSIS, VIKOR для пошуку розв'язку у вигляді ранжування на множині альтернатив дозволяє краще врахувати систему переваг користувача і сформулювати персоналізований план тренувань на основі отриманого ранжування.

Для іншого випадку, коли користувачу простіше порівняти альтернативи за критеріями, аніж оцінити їх, рекомендовано для ранжування альтернатив застосувати метод аналізу ієрархій, в результаті чого отримують ранжування r_2 на множині альтернатив. Цей вибір обумовлений тим, що метод передбачає декомпозицію проблеми з побудовою ієрархічної структури, і обчислення пріоритетів

альтернатив на основі результатів парних порівнянь об'єктів різних рівнів ієрархії. Ілюстративний приклад пошуку розв'язку із застосуванням методу аналізу ієрархій наведено нижче.

Після побудови ранжувань r_1 та r_2 на основі кожного з видів оцінювання альтернатив і врахування пріоритетів, які користувач визначив для кожного з цих видів, остаточно формують рекомендацію користувачу для складання персоналізованого плану тренувань. Ця рекомендація передбачає надання користувачу ранжувань r_1 та r_2 із позначенням, яке з ранжувань має більший пріоритет.

Ілюстративний приклад

Наведемо приклад побудови ранжування r_2 для випадку, коли користувач здійснює парні порівняння альтернатив. Результати парних порівнянь відображаються у вигляді матриць парних порівнянь (МПП). Для побудови ранжування застосуємо метод аналізу ієрархій.

У випадку, коли порівняння здійснює один користувач, для декомпозиції проблеми будують трирівневу ієрархію (рис. 2): перший рівень – мета, визначення найбільш пріоритетних тренувань, другий рівень – критерії, за якими здійснюють парні порівняння альтернатив, третій рівень – альтернативи (тренування).

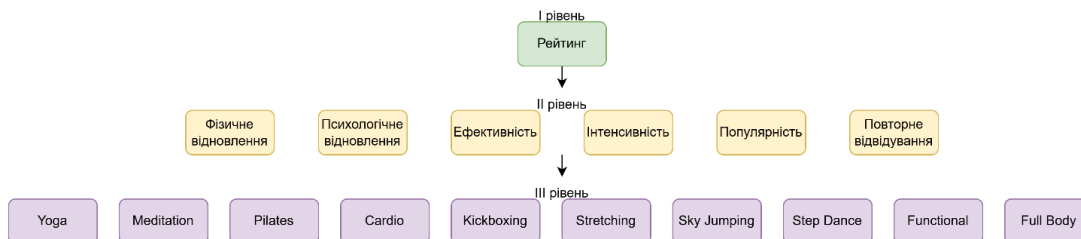


Рисунок 2. Ієрархічна модель задачі прийняття рішень (один користувач)

У випадку, коли рішення про вибір та ранжування тренувань приймає група експертів, в ієрархічну модель додають ще один рівень – експертів (рис. 3).

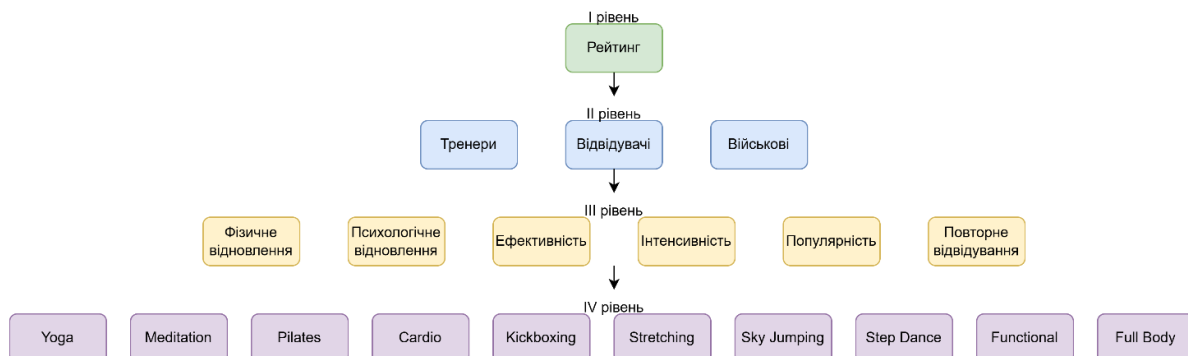


Рисунок 3. Ієрархічна модель задачі прийняття рішень (група експертів)

Реалізація методу аналізу ієрархій передбачає виконання послідовності дій:

Крок 1. Декомпозиція задачі, побудова ієрархії, що відповідає задачі.

Крок 2. Виконання парних порівнянь елементів кожного рівня ієрархії, заповнення МПП для елементів кожного рівня.

Крок 3. Перевірка узгодженості МПП, коригування МПП в разі необхідності.

Крок 4. Обчислення за кожною МПП локальних пріоритетів елементів кожного рівня ієрархії.

Крок 5. Обчислення глобальних пріоритетів альтернатив на основі розрахованих локальних пріоритетів елементів на усіх рівнях ієрархії.

Крок 6. Ранжування альтернатив на основі обчислених пріоритетів, за спаданням значень пріоритетів.

На рис. 4 наведено одну із побудованих МПП – матрицю порівнянь альтернатив за критерієм «Фізичне відновлення» для першого експерта (тренера).

1.000000	3.000000	5.000000	1.000000	0.200000	2.000000	0.100000	0.300000	0.200000	0.100000
0.300000	1.000000	2.000000	0.300000	0.100000	1.000000	0.100000	0.200000	0.200000	0.100000
0.200000	0.500000	1.000000	0.300000	0.100000	0.500000	0.100000	0.200000	0.200000	0.100000
1.000000	3.000000	3.000000	1.000000	0.300000	2.000000	0.200000	0.300000	0.300000	0.200000
5.000000	9.000000	9.000000	3.000000	1.000000	4.000000	1.000000	2.000000	2.000000	1.000000
0.500000	1.000000	2.000000	0.500000	0.300000	1.000000	0.200000	0.300000	0.300000	0.200000
9.000000	9.000000	9.000000	5.000000	1.000000	5.000000	1.000000	3.000000	3.000000	2.000000
3.000000	6.000000	6.000000	3.000000	0.500000	3.000000	0.300000	1.000000	1.000000	0.500000
5.000000	6.000000	6.000000	3.000000	0.500000	3.000000	0.300000	1.000000	1.000000	0.500000
9.000000	9.000000	9.000000	5.000000	1.000000	5.000000	0.500000	2.000000	2.000000	1.000000

*Рисунок 4. МПП альтернатив за критерієм
«Фізичне відновлення» для першого експерта (тренера)*

Результати порівняння кожної пари в МПП на рис. 4 оцінені за так званою фундаментальною шкалою [6]. Для перевірки узгодженості МПП обчислюють максимальне власне число матриці $\lambda_{\max}$, індекс узгодженості CI та відношення узгодженості CR : $\lambda_{\max} = 10,3445$, $CI = 0,038$, $CR = 0,026$.

Менші за 0,1 значення індекса узгодженості та відношення узгодженості вказують на достатню узгодженість МПП. Розраховані за цією МПП локальні пріоритети альтернатив: 0,0392; 0,0211; 0,0164; 0,0465; 0,1849; 0,0325; 0,2453; 0,1058; 0,1113; 0,1969.

Результати розрахунку глобальних пріоритетів альтернатив на основі локальних пріоритетів на усіх рівнях ієрархії, а також відповідне ранжування альтернатив наведено на рис. 5.



Рисунок 5. Ранжування альтернатив на основі розрахованих пріоритетів

Як видно із рис. 5, найкращою альтернативою є альтернатива 7 – тренування «Sky Jumping», а побудоване ранжування може бути використане для формування плану тренувань.

Висновки

Роботу присвячено вирішенню актуальної проблеми – розв’язанню задачі багатокритеріального вибору, яка використовується в багатьох системах підтримки прийняття рішень.

Задача розглядається на прикладі побудови персоналізованого списку тренувань. Запропоновано метод вирішення поставленої задачі, який дозволяє врахувати різні варіанти оцінювання альтернатив користувачами та застосовує декілька методів багатокритеріального прийняття рішень. Для випадку використання оцінок альтернатив за сформульованими критеріями запропоновано застосовувати методи TOPSIS або VIKOR. Для випадку використання парних порівнянь альтернатив за множиною критеріїв запропоновано застосувати метод аналізу ієрархій. Персоналізований список тренувань формується користувачем на основі побудованих в результаті ранжувань із врахуванням пріоритетів цих ранжувань.

Наведено ілюстративний приклад побудови ранжування на множині альтернатив методом аналізу ієрархій.

В якості подальшого розвитку дослідження необхідно відзначити можливість застосування інших, окрім розглянутих, методів багатокритеріального вибору.

Завдяки залученню користувача до усіх етапів процесу прийняття рішень та врахування його системи особистих переваг досягається знаходження розв’язку задачі

багатокритеріального вибору, що є найбільш відповідним вимогам та перевагам користувача, тобто досягається найбільша персоналізованість результату вибору. Рекомендовано застосовувати запропонований метод в системах підтримки прийняття рішень для розв'язання задач багатокритеріального вибору.

Список використаних джерел

1. Gupta, J.N.D., Forgionne, G.A., Mora, T.M. Intelligent decision-making support systems : foundations, applications and challenges. – Springer, 2006. – 503p.
2. Alinezhad, A., Khalili, J. New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM).-Springer, 2019.-233p.
3. Papathanasiou, J., Ploskas, N. Multiple Criteria Decision Aid. Methods, Examples and Python Implementations.-Springer, 2018.-173p.
4. Sotoudeh-Anvari, A. The applications of MCDM methods in COVID-19 pandemic: A state of the art review / Applied Soft Computing, Volume 126, 2022, 109238, ISSN 1568-4946, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109238>.
5. Tzeng, G.H., Huang, J.J. Multiple attribute decision making. Methods and applications: Chapman and Hall/CRC, 2011.
6. Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.