

МОДИФІКОВАНА СХЕМА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ НА ПРИКЛАДІ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ АПТЕЧНОЇ МЕРЕЖІ

Анотація: В роботі розглядається задача багатокритеріального вибору на прикладі вибору постачальників лікарських препаратів та виробів медичного призначення для закладів аптечної мережі. Для розв'язання задачі прийняття рішень запропоновано модифіковану схему застосування методу аналізу ієрархій в комбінації із методом TOPSIS. Така комбінація обумовлена особливістю постановки задачі, коли локальний вплив альтернатив на досягнення мети задачі може бути краще оцінений не за результатами безпосередніх парних порівнянь альтернатив, а на основі об'єктивних оцінок цих альтернатив за множиною критеріїв. В цьому випадку для визначення локальних пріоритетів альтернатив застосовується метод багатокритеріального прийняття рішень TOPSIS. Наведено ілюстративний приклад застосування запропонованої схеми до розв'язання задачі вибору постачальників лікарських препаратів для закладів аптечної мережі. Зроблено висновок про перспективність застосування розробленого алгоритму в системі підтримки прийняття рішень в управлінні аптечними мережами.

Ключові слова: задача багатокритеріального вибору, метод аналізу ієрархій, TOPSIS

Вступ

Розв'язання задач багатокритеріального вибору є актуальним питанням в процесі прийняття рішень в багатьох сферах діяльності, зокрема і в процесі організації постачання продукцією для закладів аптечної мережі. В цьому випадку виникає потреба у виборі серед множини постачальників медичних препаратів такої підмножини постачальників, які дозволять забезпечити потрібний обсяг замовлення із мінімальними фінансовими витратами та виконанням ряду обмежень, пов'язаних із обсягами партій препаратів тощо.

Отже, для забезпечення ефективного процесу постачання лікарськими препаратами та виробами медичного призначення закладів аптечної мережі виникає потреба у вирішенні задачі багатокритеріального вибору постачальників препаратів.

Розв'язання поставленої задачі може бути здійснене одним із найбільш часто застосовуваних до задач багатокритеріального прийняття рішень методом аналізу ієрархій (АНР) [1].

В статті запропоновано модифіковану схему застосування до вирішення поставленої задачі методу аналізу ієрархій, в якій для визначення локальних пріоритетів альтернатив запропоновано використовувати метод вирішення багатокритеріальних задач прийняття рішень TOPSIS [2]. Такий підхід дозволяє найкращим чином врахувати специфіку задачі, коли локальний вплив альтернатив на досягнення мети задачі може бути краще оцінений не за результатами безпосередніх парних порівнянь альтернатив, а на основі об'єктивних оцінок цих альтернатив за множиною критеріїв.

Постановка задачі

Дано:

$G = \{G_k\}, k = 1, \dots, n$ – множини альтернатив (постачальників медичних препаратів),

$M = \{M_i\}, i = 1, \dots, q$ – множини базових медичних препаратів, за оцінкою характеристик постачання яких можна оцінити постачальників медичних препаратів,

$C = \{C_j\}, j = 1, \dots, m$ – множини критеріїв, за якими можна оцінити якість постачання медичного препарату різними постачальниками,

$X_i = \{x_{kji}\}, k = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, i = 1, \dots, q$ – множини альтернатив в просторі оцінок критеріїв при оцінюванні альтернатив за препаратом M_i , тобто x_{kji} – оцінка альтернативи G_k за критерієм C_j для препарату M_i ,

$w = \{w_j\}, j = 1, \dots, m$ – множини вагових коефіцієнтів критеріїв з множини C , які можуть бути визначені методом безпосереднього оцінювання на основі експертних оцінок [3].

Необхідно за інформацією про оцінки альтернатив за множиною критеріїв для кожного медичного препарату із множини M , а також за інформацією про порівняльну важливість критеріїв (у вигляді вагових коефіцієнтів критеріїв) визначити підмножину найкращих альтернатив G^* з множини G .

Схема розв'язання задачі

Процес прийняття рішень про вибір постачальників серед множини доступних постачальників лікарських препаратів є дуже важливим для забезпечення ефективної роботи закладів аптечної мережі, оскільки його результат безпосередньо впливає на забезпечення закладів лікарськими препаратами та виробами медичного призначення, а також на ефективну з точки зору витрат, термінів доставки та обсягів партій логістику. Сформульована задача вибору постачальників лікарських препаратів є достатньо

складною, оскільки при виборі постачальників слід орієнтуватись на деякий набір базових препаратів, характеристики постачання яких в різних постачальників відрізняються, і їх слід враховувати в процесі прийняття рішення. Тобто, в даному випадку кожен із таких лікарських препаратів може виступати в ролі критерія, за яким потрібно оцінювати постачальників, або множину альтернатив. У відповідності із цим, ієрархічна структура моделі «Мета – критерії - альтернативи», яка може бути використана для вирішення задачі прийняття рішень, зображена на рис. 1.

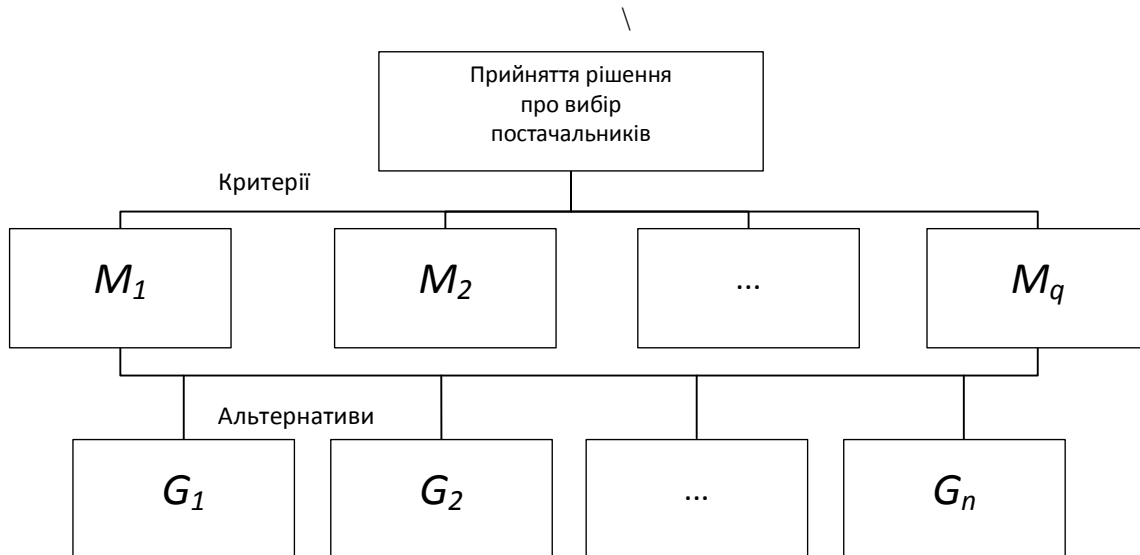


Рисунок 1. Ієрархічна модель задачі багатокритеріального вибору

На першому рівні наведеної на рис. 1 ієрархії представлено мету процесу прийняття рішень – вибір постачальників лікарських препаратів. На другому рівні показано критерії, які дозволяють оцінити вклад кожної альтернативи в досягнення мети. В даному випадку в якості критеріїв виступають лікарські препарати, за характеристиками постачання яких оцінюються альтернативи – постачальники. Перелік альтернатив представлено на третьому рівні ієрархії.

Крім цього, в процесі оцінювання альтернатив, або постачальників, за кожним із базових медичних препаратів, необхідно враховувати такі характеристики: вартість лікарського препарату у кожного постачальника, термін доставки препарату постачальником та мінімально допустимий розмір партії препарату у постачальника. Тобто в цьому випадку вказані характеристики лікарських препаратів, пов'язані із різними аспектами постачання цих препаратів різними постачальниками, в свою чергу є допоміжними критеріями множини S , а кожна альтернатива може бути представлена як точка в просторі оцінок вказаних критеріїв.

Враховуючи все вищесказане щодо специфіки задачі, для її вирішення запропоновано схему, яка базується на комбінуванні методів прийняття рішень АНР та TOPSIS, і враховує усі сформульовані вище обмеження. Метод АНР широко

застосовується як один із найбільш популярних методів при розв'язанні усіх видів задач багатокритеріального вибору [4, 5]. Суттєвою перевагою методу є можливість врахувати дані на основі аналізу якісних та кількісних критеріїв.

Схему розв'язання задачі наведено на рис. 2.

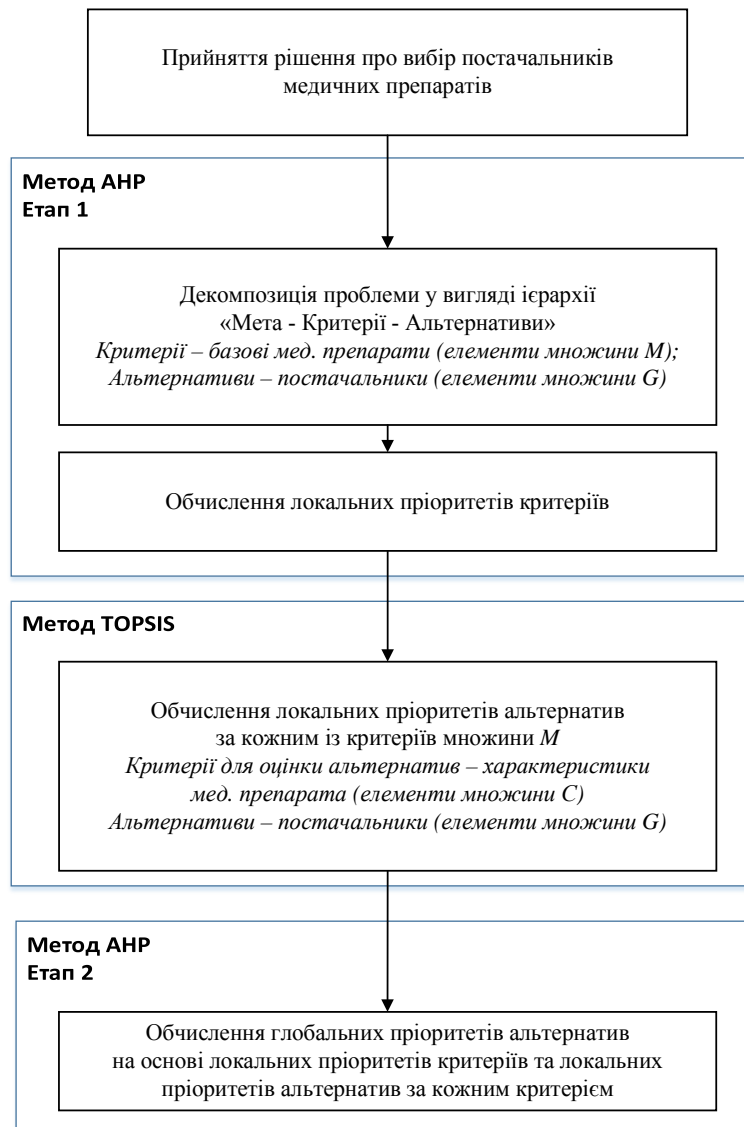


Рисунок 2. Схему розв'язання задачі прийняття рішень вибору постачальників лікарських препаратів

Запропонована схема вирішення задачі прийняття рішень передбачає, що на першому етапі застосування методу АНР здійснюється декомпозиція задачі у вигляді ієрархії, представленої на рис. 1. Після цього на кожному рівні ієрархії, для критеріїв та альтернатив, обчислюються локальні пріоритети елементів кожного рівня.

Локальні пріоритети $\sigma_1, \dots, \sigma_q$ критеріїв M_1, \dots, M_q обчислюються за матрицею парних порівнянь, яка будується за результатами парних порівнянь критеріїв із використанням стандартизованої 9-рівневої шкали.

Локальні пріоритети p_{1i}, \dots, p_{ni} альтернатив G_1, \dots, G_n за кожним із критеріїв $M_i, i = 1, \dots, q$ обчислюються із застосуванням метода TOPSIS.

Для цього використовується множина допоміжних критеріїв $C = \{C_j\}, j = 1, \dots, m$, які дозволяють оцінити вплив кожної альтернативи на досягнення мети за кожним із критеріїв $M_i, i = 1, \dots, q$.

Процедура обчислення локального пріоритету альтернатив за критерієм M_i методом TOPSIS

Вхідна інформація: множина альтернатив в просторі оцінок допоміжних критеріїв $X_i = \{x_{kji}\}, k = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$, де x_{kji} – оцінка альтернативи G_k за допоміжним критерієм C_j при аналізі критерія M_i .

Крок 1. Обчислити нормалізовані оцінки альтернатив:

$$r_{kji} = \frac{x_{kji}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{kji})^2}}, k = \overline{1, n}, j = \overline{1, m} \quad (1)$$

Крок 2. Обчислити зважені нормалізовані оцінки альтернатив:

$$v_{kji} = w_j \cdot r_{kji}, k = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де w_j – ваговий коефіцієнт допоміжного критерія $C_j, \sum_{j=1}^m w_j = 1, r_{kji}$ – нормалізовані оцінки, що визначаються співвідношенням (1).

Крок 3. Побудувати позитивну ідеальну (утопічну) точку G_i^+ і негативну ідеальну (антиутопічну) точку G_i^- :

$$G_i^+ = \{v_{1i}^+(x), v_{2i}^+(x), \dots, v_{ji}^+(x), \dots, v_{mi}^+(x)\} = \\ = \left\{ (\max_k v_{kji}(x) | C_j \in C^+), (\min_k v_{kji}(x) | C_j \in C^-) | k = 1, \dots, n \right\}, \quad (3)$$

$$G_i^- = \{v_{1i}^-(x), v_{2i}^-(x), \dots, v_{ji}^-(x), \dots, v_{mi}^-(x)\} = \\ = \left\{ (\min_k v_{kji}(x) | C_j \in C^+), (\max_k v_{kji}(x) | C_j \in C^-) | k = 1, \dots, n \right\}, \quad (4)$$

де C^+ – множина критеріїв, що максимізуються, C^- – множина критеріїв, що мінімізуються.

Крок 4. Обчислити відстані кожної альтернативи до позитивної G_i^+ та негативної G_i^- ідеальних точок:

$$D_{ki}^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [v_{kji}(x) - v_{ji}^+(x)]^2}, \quad k = 1, \dots, n, \quad (5)$$

де D_{ki}^+ – відстань альтернативи G_k до точки G_i^+ , $v_{ji}^+(x)$ – j -та компонента вектора оцінок позитивної ідеальної точки G_i^+ , визначеного в (3),

$$D_{ki}^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [v_{kji}(x) - v_{ji}^-(x)]^2}, \quad k = 1, \dots, n, \quad (6)$$

де D_{ki}^- – відстань альтернативи G_k до точки G_i^- , $v_{ji}^-(x)$ – j -та компонента вектора оцінок негативної ідеальної точки G_i^- , визначеного в (4).

Крок 5. Встановити наближеність кожної альтернативи до позитивної ідеальної точки G_i^+ :

$$C_{ki}^+ = \frac{D_{ki}^-}{D_{ki}^+ + D_{ki}^-}, \quad k = 1, \dots, n, \quad (7)$$

де $C_{ki}^+ \in [0, 1] \quad \forall k = 1, \dots, n$, D_{ki}^+ , D_{ki}^- – відстані, визначені співвідношеннями (5), (6).

Крок 6. Обчислити локальні пріоритети альтернатив:

$$p_{ki} = \frac{C_{ki}^+}{\sum_{j=1}^n C_{ji}^+}, \quad k = 1, \dots, n, \quad (8)$$

де p_{ki} – локальний пріоритет альтернативи G_k для критерія M_i , C_{ki}^+ – наближеність альтернативи G_k до точки G_i^+ , визначена співвідношенням (7).

Після обчислення локальних пріоритетів елементів кожного рівня ієрархії, на другому етапі метода АНР в запропонованій схемі (рис. 2) обчислюються глобальні пріоритети альтернатив:

$$p_k = \sum_{i=1}^q (p_{ki} \cdot \sigma_i), \quad k = 1, \dots, n, \quad (9)$$

де p_{ki} – локальний пріоритет альтернативи G_k для критерія M_i , σ_i – локальний пріоритет критерія M_i .

Ілюстративний приклад

Розглянемо застосування запропонованої схеми розв'язання задачі прийняття рішень на прикладі вибору постачальника лікарських препаратів для одного із закладів аптечної мережі.

Вибір постачальника необхідно здійснити із множини, що включає п'ять постачальників, введемо для них позначення G_1, \dots, G_5 . Для оцінювання якості

постачання розглядаються три базові лікарські препарати, позначимо їх M_1, M_2, M_3 . При оцінюванні якості постачання за кожним із препаратів необхідно аналізувати вартість препарату в кожного із постачальників (ум. од.), термін доставки препарату постачальником (днів) та мінімально можливий обсяг замовлення партії препарату у кожного постачальника (кількість одиниць). Вказані характеристики є допоміжними критеріями, які дозволять оцінити якість постачання кожного з базових препаратів різними постачальниками, усі вони відносяться до критеріїв, що потребують мінімізації. Відомі значення вагових коефіцієнтів вказаних допоміжних критеріїв: $w_1 = 0,4, w_2 = 0,4, w_3 = 0,2$. Інформацію про параметри постачання вказаними препаратами для різних постачальників наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики постачання базовими препаратами

	M_1			M_2			M_3		
	Вартість	Термін доставки	Обсяг партії	Вартість	Термін доставки	Обсяг партії	Вартість	Термін доставки	Обсяг партії
G_1	10	2	7	80	5	8	63	7	7
G_2	11	3	10	84	3	4	57	10	12
G_3	9	5	15	100	7	5	60	5	10
G_4	12	2	20	102	3	10	52	12	5
G_5	10	1	10	97	2	3	59	7	20

У відповідності із запропонованою схемою розв'язання задачі (рис. 2) здійснимо декомпозицію задачі та представимо її у вигляді ієрархії, показаної на рис. 1. Метою в нашому випадку є прийняття рішення про вибір постачальника, структуру ієрархії наведено на рис. 3.

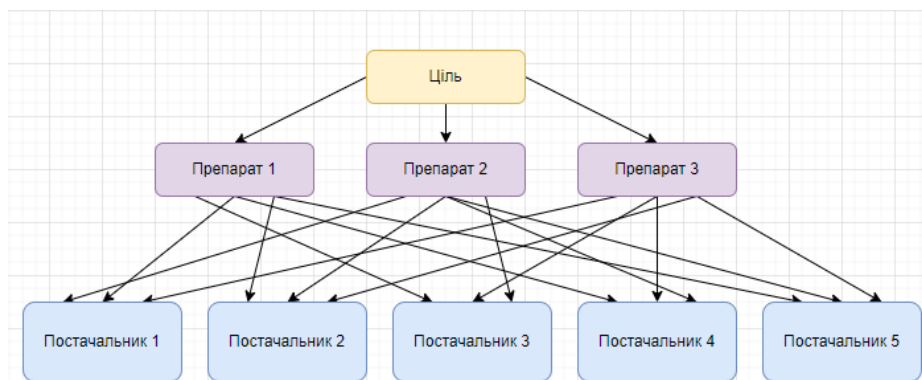


Рисунок 3. Ієрархічна модель задачі прийняття рішень про вибір постачальника

На першому етапі застосування методу АНР на основі експертної інформації побудуємо матрицю парних порівнянь критеріїв (в якості яких виступають базові препарати):

Таблиця 2. Матриця парних порівнянь критеріїв

	Препарат 1 (M_1)	Препарат 2 (M_2)	Препарат 3 (M_3)
Препарат 1	1	7	1/2
Препарат 2	1/7	1	1/9
Препарат 3	2	9	1

Матриця парних порівнянь критеріїв (препаратів), наведена в табл. 2, відповідає умовам, що має місце значна перевага препарату 1 над препаратом 2 (значення «7») та дуже сильна перевага препарату 3 над препаратом 2 (значення «9»), а також невелика помірною перевага препарату 3 над препаратом 1 (значення «2»). Обчислені за наведеною матрицею парних порівнянь локальні пріоритети препаратів наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Результати обчислення вагових коефіцієнтів критеріїв

	Препарат 1 (M_1)	Препарат 2 (M_2)	Препарат 3 (M_3)
σ_i	0,3458	0,0572	0,597
λ_{\max}	3,0217		
CI	0,0109		
CR	0,0209		

Як видно із табл. 3, матриця парних порівнянь є узгодженою, оскільки значення індексу узгодження CI , визначене на основі максимального власного числа матриці λ_{\max} , не перевищує порогу 0,05. Крім цього, величина відношення узгодженості CR також не перевищує значення 0,05 (при розмірності матриці 3×3). Отже, отримані за цією матрицею значення локальних пріоритетів є прийнятними та не потребують уточнення.

У відповідності із запропонованою схемою розв'язання задачі прийняття рішень, локальні пріоритети альтернатив по відношенню до кожного із критеріїв M_1 , M_2 , M_3 визначаються за допомогою метода TOPSIS. Зважені нормалізовані оцінки альтернатив, обчислені за співвідношенням (2), наведені в табл. 4.

Враховуючи, що усі допоміжні критерії є такими, що потребують мінімізації, за співвідношеннями (3) та (4) визначимо ідеальні точки для кожного із критеріїв (табл. 5).

Відстані кожної альтернативи до ідеальних точок, визначені згідно (5), (6), наведені в табл. 6. На основі вказаних відстаней розрахуємо наближеність кожної альтернативи до позитивної ідеальної точки, згідно (7) (наведені в табл. 6).

Таблиця 4. Зважені нормалізовані оцінки альтернатив

	M_1			M_2			M_3		
	v_{k11}	v_{k21}	v_{k31}	v_{k12}	v_{k22}	v_{k32}	v_{k13}	v_{k23}	v_{k33}
G_1	0.17	0.12	0.06	0.15	0.20	0.11	0.19	0.15	0.06
G_2	0.19	0.18	0.08	0.16	0.12	0.05	0.17	0.21	0.10
G_3	0.15	0.30	0.12	0.19	0.29	0.07	0.18	0.10	0.08
G_4	0.21	0.12	0.10	0.20	0.12	0.14	0.16	0.25	0.04
G_5	0.17	0.06	0.08	0.19	0.08	0.04	0.18	0.15	0.13

Таблиця 5. Координати ідеальних точок для критеріїв

	M_1	M_2	M_3
G_i^+	[0,15 0,06 0,06]	[0,15 0,08 0,04]	[0,16 0,10 0,04]
G_i^-	[0,21 0,30 0,12]	[0,20 0,29 0,14]	[0,19 0,25 0,13]

Таблиця 6. Відстані альтернатив до ідеальних точок та наближеність до позитивних ідеальних точок

	M_1			M_2			M_3		
	D_{k1}^+	D_{k1}^-	C_{k1}^+	D_{k2}^+	D_{k2}^-	C_{k2}^+	D_{k3}^+	D_{k3}^-	C_{k3}^+
G_1	0.06	0.20	0.7692	0.14	0.10	0.4167	0.06	0.13	0.6842
G_2	0.13	0.13	0.5000	0.04	0.19	0.8261	0.12	0.06	0.3333
G_3	0.25	0.05	0.1667	0.21	0.07	0.2500	0.05	0.15	0.7500
G_4	0.09	0.18	0.6667	0.11	0.16	0.5926	0.15	0.10	0.4000
G_5	0.03	0.25	0.8929	0.03	0.23	0.8846	0.10	0.11	0.5238

За співвідношенням (8) обчислимо локальні пріоритети альтернатив за кожним із критеріїв (табл. 7). На основі цих пріоритетів, а також обчислених на першому етапі локальних пріоритетів критеріїв (табл. 3) за формулою (9) обчислимо глобальні пріоритети, або вагові коефіцієнти альтернатив (табл. 7).

Отже, за результатами табл. 7, в якості найкращої повинна бути обрана альтернатива G_1 (Постачальник 1), оскільки вона має максимальне значення вагового коефіцієнта $p_1 = 0.2486$.

Таблиця 7. Значення локальних та глобальних пріоритетів альтернатив

	P_{k1}	P_{k2}	P_{k3}	P_k
G_1	0.2568	0.1403	0.2542	0.2486
G_2	0.1669	0.2781	0.1239	0.1476
G_3	0.0556	0.0842	0.2787	0.1904
G_4	0.2226	0.1995	0.1486	0.1771
G_5	0.2981	0.2979	0.1946	0.2363

Слід також відмітити, що крім вибору найкращого постачальника запропонована схема також дає можливість отримати ранжування постачальників, що дозволяє використовувати цей результат в системі підтримки прийняття рішень в управлінні аптечними мережами. Так, на основі результатів табл. 7, отримано таке ранжування: Постачальник 1 > Постачальник 5 > Постачальник 3 > Постачальник 4 > Постачальник 2.

Висновки

В статті розглянуто задачу прийняття рішень про вибір постачальників закладів аптечної мережі, вирішення якої є важливим для забезпечення закладів лікарськими препаратами та виробами медичного призначення та впливає на ефективну роботу аптечної мережі.

Показано, що в якості критеріїв для оцінювання альтернатив, якими виступають постачальники препаратів, можна розглядати множину базових лікарських препаратів. Враховуючи, що параметри постачання цих препаратів в свою чергу є кількісними критеріями, які дозволяють оцінити якість постачання різними постачальниками, для вирішення поставленої задачі запропоновано модифіковану схему, яка передбачає комбіноване застосування найбільш поширених багатокритеріальних методів прийняття рішень АНР та TOPSIS. Розроблений алгоритм передбачає побудову ієрархічної моделі прийняття рішень та обчислення локальних пріоритетів критеріїв згідно із методом АНР, при цьому для обчислення локальних пріоритетів альтернатив за кожним критерієм запропоновано застосувати метод TOPSIS. Остаточний вибір найкращої альтернативи здійснюється на підставі аналізу значень глобальних пріоритетів, які обчислюються на основі локальних пріоритетів елементів усіх рівнів ієрархії. Наведено ілюстративний приклад вибору постачальника лікарських препаратів серед п'яти постачальників на підставі оцінювання їх за трьома базовими лікарськими препаратами, для чого використані три допоміжні критерії. Показано, що в результаті застосування запропонованої схеми може здійснюватись не тільки вибір найкращого

постачальника, але й може бути отримане ранжування постачальників. Це дозволяє рекомендувати застосування розробленого алгоритмічного забезпечення в системі підтримки прийняття рішень в управлінні аптечними мережами.

Необхідно також відзначити, що в прийнятті рішень про вибір постачальників лікарських препаратів доцільно було б розглянути задачу пошуку результуючого ранжування серед множини ранжувань постачальників, вирішення якої може бути напрямком подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw Hill, 1980.
2. Tzeng, G.H., Huang, J.J. Multiple attribute decision making. Methods and applications: Chapman and Hall/CRC, 2011.
3. Тоценко В.Г. Методи та системи підтримки прийняття рішень. Алгоритмічний аспект.– К.:Наукова думка, 2002.
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. Cicciù, B., Schramm, F., Schramm, V. B. Multi-criteria decision making/aid methods for assessing agricultural sustainability: A literature review / Environmental Science & Policy, Volume 138, 2022, P. 85-96, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.09.020>.