

СЕКЦІЯ 9 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.863:620.9

DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2021-4-16>**Пудичева Г.О.***кандидат економічних наук,
докторант кафедри економіки підприємства та
організації підприємницької діяльності
Одеського національного економічного університету***Pudycheva Halyna***Candidate of Economic Sciences,
Doctoral Student of the Department of Enterprise Economics and
Entrepreneurship Organization
Odesa National Economic University*

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ TOPSIS ДЛЯ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

USING TOPSIS METHODS FOR SELECTION OF ELECTRICITY SUPPLIER

АНОТАЦІЯ

У статті досліджено особливості застосування методу TOPSIS для вибору постачальника електричної енергії в умовах функціонування енергетичного ринку. У загальному вигляді сформульовано задачу багатокритеріальної оптимізації для оцінки постачальників електроенергії. Розглянуто основні етапи здійснення процедури методу TOPSIS. Наведено показники, за якими відбувається оцінювання підприємств – постачальників електроенергії. Визначено фактори-стимулятори та фактори-дестимулятори, максимізація або мінімізація яких служить критерієм для прийняття управлінських рішень. Проведено апробацію запропонованого методологічного підходу. Отриманий показник відносної близькості до ідеального об'єкта дав змогу проранжувати досліджувані підприємства та визначити найкращу й найгіршу альтернативу для прийняття рішення з вибору постачальника.

Ключові слова: постачальники електричної енергії, вибір постачальника, багатокритеріальна оптимізація, метод TOPSIS, ухвалення управлінських рішень.

АННОТАЦІЯ

В статье исследованы особенности применения метода TOPSIS для выбора поставщика электрической энергии в условиях функционирования энергетического рынка. В общем виде сформулирована задача многокритериальной оптимизации для оценки поставщиков электроэнергии. Рассмотрены основные этапы осуществления процедуры метода TOPSIS. Приведены показатели, по которым происходит оценивание предприятий – поставщиков электроэнергии. Определены факторы-стимуляторы и факторы-дестимуляторы, максимизация или минимизация которых служит критерием для принятия управленческих решений. Проведена апробация предложенного методологического подхода. Полученный показатель относительной близости к идеальному объекту позволил проранжировать исследуемые предприятия и определить лучшую и худшую альтернативу для принятия решения по выбору поставщика.

Ключевые слова: поставщики электрической энергии, выбор поставщика, многокритериальная оптимизация, метод TOPSIS, принятие управленческих решений.

ANNOTATION

Different spheres of application of TOPSIS methods are considered by the author based on the literature review. The characteristics of TOPSIS methods for the selection of electricity supplier in Ukrainian energy market, which was launched in 2019, are studied in the article. The proposed methodological approach could be used by the enterprises, which consume electricity, buying it from suppliers on the energy market. The general problem statement for multi-criteria optimization in order to evaluate electricity suppliers is formulated by the author. The main stages of the TOPSIS method procedure are considered in the article, among which are identification of decision matrix, normalization of decision matrix, calculation of weighted normalized decision matrix, identification of "ideal" and "ideal-negative" expected state, distances calculation and calculation of related proximity to the "ideal" state. According to the obtained indicator of proximity the ranking of the researched objects should be conducted. It is highlighted in the article that the cost factor does not have significant influence in the process of the electricity supplier selection. The indicators, according to which the assessment of electricity suppliers is carried out, are given. The author proposes to use the indicators of enterprises' efficiency, business activity, solvency, as well as financial results and profitability. Among these indicators the author identifies stimulators and destimulators, the maximization or minimization of which serve as criteria for managerial decision-making. The weights of the criteria are identified using the entropy method, which gives objective results comparing to the methods, which use experts' opinions. The application of the proposed methodological approach is carried out in the article on the example of 43 enterprises. The obtained indicator of relative proximity to the ideal object allowed ranking the researched enterprises. The best and the worst alternative of electricity suppliers are identified, which could be used in the process managerial decision-making.

Key words: electricity suppliers, selection of supplier, multi-criteria optimization, method TOPSIS, managerial decision making.

Постановка проблеми. Завдяки реформуванню ринку енергетичного ринку в Україні з 2019 року споживачі електричної енергії можуть вільно змінювати її постачальника. Проте

не існує єдиної методики та визначених критеріїв для вибору постачальників на ринку. Саме тому підприємствам, що виступають споживачами електричної енергії для побутових (виробничих та інших господарських) потреб, необхідно використовувати об'єктивні методи для аналізу постачальників як майбутніх ділових партнерів. Ухвалення рішення щодо вибору постачальника електричної енергії може ґрунтуватися на використанні методів TOPSIS, що передбачають розв'язання задачі багатокритеріальної оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням застосування методів TOPSIS у процесі ухвалення управлінських рішень у різних сферах діяльності підприємств присвячена велика кількість публікацій. Як один з методів багатокритеріального прийняття рішень розглядають метод TOPSIS автори дослідження [1]. А.С. Шатківська та Н.В. Буркіна дослідили особливості методу TOPSIS для прийняття оптимальних рішень споживачами [2]. І.С. Романченко та М.М. Потьомкін, використовуючи методологію TOPSIS, розробили метод TOPSIS-ядро, на основі якого можна сформувати множину перспективних для аналізу альтернатив [3]. К. Халіцька застосовує метод TOPSIS у процесі оцінювання інноваційних технологій, що застосовуються підприємствами [4]. Колектив авторів [5] застосовує метод TOPSIS для оцінки безпеки на вугільних шахтах. Цей метод для прийняття рішень у сфері зовнішнього оточення підприємств застосовується дослідниками [6]. Застосування методу в процесі стратегічного планування представлено в роботі [7]. Автори [8] застосовують поєднання методу аналізу ієрархій (АНП) та TOPSIS у процесі вибору постачальника в ланцюгу постачання в будівництві. Переваги та недоліки методу порівняно з іншими методами багатокритеріальної оптимізації були розглянуті в роботі А.В. Демидовського [9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проте процеси прийняття рішень, зокрема з використанням сучасного математичного інструментарію в енергетичних ланцюгах постачання, залишаються недостатньо вивченими.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є визначення можливості застосування методу TOPSIS для здійснення вибору постачальника на ринку електричної енергії.

Виклад основного матеріалу дослідження. У ринкових умовах роль постачальника енергії зводиться до посередницької діяльності на енергетичному ринку. Він купує електричну енергію на ринку та реалізує її споживачам. Споживач, проаналізувавши запропоновані постачальником комерційні пропозиції, має можливість укласти договір на постачання.

Потрібно зазначити, що сьогодні на ринку діє більше 300 постачальників, кожен з яких має декілька комерційних пропозицій для побутових споживачів, якими є підприємства. Комер-

ційна пропозиція повинна містити інформацію про ціну (тариф) на електричну енергію, спосіб оплати, терміни виставлення рахунку та оплати спожитої енергії, а також спосіб оплати послуг з розподілу електричної енергії (окремо або через постачальника) тощо. Проаналізувавши наявні комерційні пропозиції, можемо стверджувати, що їх більшість формується відповідно до закупівельних цін на електричну енергію на ринку за попередні періоди, тобто тариф буде змінюватися за зміни закупівельної ціни на ринку. Саме тому, на нашу думку, фактор витрат не має чинити визначального впливу на вибір постачальника. Більшої уваги, на наш погляд, слід приділити стабільності роботи підприємства та ефективності здійснення його господарської діяльності, тобто під час вибору постачальника, який за своєю роллю у ланцюзі постачання електроенергії є посередником на ринку між виробником електроенергії та споживачем, необхідно провести фінансовий аналіз підприємства, тобто визначити рівень їх ділової активності, ліквідності, фінансової стійкості тощо.

Вибір найкращого постачальника відповідно до зазначених аспектів повинен бути зведений до розв'язання багатокритеріальної задачі прийняття рішень. На наш погляд, методом, що дасть змогу розрахувати рейтинг постачальників з огляду на всі критерії є метод TOPSIS.

Методи TOPSIS (методи пріоритизації переваг на основі близькості до ідеального рішення – *technique for order preference by similarity to ideal solution*) вперше були запропоновані в роботі [10]. Їх ідея полягає в такому: після визначення «ідеального» та «ідеально-негативного» стану досліджуваної системи робиться спроба пошуку такого рішення, яке б давало змогу максимально наблизитися до «ідеального стану» та залишатися максимально віддаленим від «ідеально-негативного» стану [9, с. 235]. Отже, методи TOPSIS полягають у вимірі схожості з ідеальним рішенням і є методом класифікації за ступенем близькості. Отримані результати ранжуються з урахуванням ваги застосованих критеріїв. Найкращим рішенням є те, яке найбільш наближене до ідеалу або є найвіддаленішим від нього. Отриманий завдяки цьому методу інтегральний показник визначає позицію того чи іншого варіанта в побудованому рейтингу. Цей метод широко застосовується за наявності великої кількості критеріїв [4, с. 89]. Передумовою використання методу TOPSIS є визначення вагових коефіцієнтів критеріїв.

Загалом постановку задачі вибору підприємства – постачальника енергії можна сформулювати таким чином.

Нехай існує вихідна множина з m альтернативних варіантів (досліджуваних підприємств – постачальників електроенергії), кожна з яких може бути охарактеризована множиною n показників x_{ij} (j -показник для i -го підприємства). Для кожного показника визначено критерії їх оптимізації (максимум для стимуляторів та міні-

німум для дестимуляторів). За заданої множини вагових коефіцієнтів w_j ($j=1, \dots, n$), елементи якої характеризують важливість кожного з показників, необхідно побудувати пріоритетний ряд наявних альтернативних варіантів відповідно до ступеня їх відносної переваги.

Метод TOPSIS складається з таких послідовних етапів [5, с. 2088].

1) Визначення матриці рішень. Набір альтернативних варіантів (підприємств) позначимо $M=(M_1, M_2, \dots, M_m)$, набір показників, що характеризують ці варіанти, – $C=(C_1, C_2, \dots, C_n)$, значення j -го показника для i -го підприємства позначимо x_{ij} . Тоді сформована матриця рішень формує множину $X=[x_{ij}]_{m \times n}$.

2) Нормалізація матриці рішень. Для усунення впливу розмірності показників та їх діапазону необхідно нормалізувати матрицю рішень $R=[r_{ij}]_{m \times n}$, що розраховується за формулою:

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}; i=1, \dots, m; j=1, \dots, n. \quad (1)$$

3) Розрахунок зваженої нормалізованої матриці рішення. Цей розрахунок проводиться шляхом множення нормалізованої матриці рішень на вагові коефіцієнти (отримані експертними або іншими методами):

$$v_{ij} = w_j r_{ij}; i=1, \dots, m; j=1, \dots, n. \quad (2)$$

4) Визначення «ідеального» та «ідеально-негативного» очікуваного стану. «Ідеальне» рішення сполучає оптимальні значення показників зваженої нормалізованої матриці рішень (3), а «ідеально-негативне» рішення – найгірші значення кожного з показників у зваженій нормалізованій матриці (4):

$$V^+ = (V_1^+, V_2^+, \dots, V_m^+); \quad (3)$$

$$V^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_m^-). \quad (4)$$

Отже, «ідеальні» та «ідеально-негативні» значення визначаються таким чином:

$$V_j^+ = \begin{cases} \max v_{ij}, \text{ для стимуляторів} \\ \min v_{ij}, \text{ для дестимуляторів;} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_j^- = \begin{cases} \max v_{ij}, \text{ для дестимуляторів} \\ \min v_{ij}, \text{ для стимуляторів.} \end{cases} \quad (6)$$

5) Розрахунок відстаней. Відстані для кожної альтернативи від «ідеального» та «ідеально-негативного» рішення розраховуються таким чином:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}; i=1, \dots, m; j=1, \dots, n; \quad (7)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}; i=1, \dots, m; j=1, \dots, n. \quad (8)$$

6) Розрахунок відносної близькості до «ідеального» стану. Відносна близькість визначається таким чином:

$$C_i = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}; 0 \leq C_i \leq 1; i=1, 2, \dots, m. \quad (8)$$

Відповідно до розрахованих показників відносної близькості проводиться ранжування до-

сліджуваних об'єктів. Чим більшим є значення цього показника, тим кращим вважається досліджуваний об'єкт.

Проведемо апробацію розглянутого методологічного підходу до оцінювання підприємств – постачальників електричної енергії. Вихідна вибірка включала дані 43 українських підприємств, які мають ліценцію на відповідний вид діяльності.

У дослідженні для визначення рейтингу постачальників було вибрано 28 таких показників ($x_i, n=28$):

- 1) валовий прибуток, тис. грн.;
- 2) чистий прибуток, тис. грн.;
- 3) чистий дохід, тис. грн.;
- 4) середньорічна вартість активів, тис. грн.;
- 5) рентабельність активів, %;
- 6) рентабельність продукції, %;
- 7) витрати на 1 грн. реалізованої продукції, грн./грн.;
- 8) коефіцієнт автономії;
- 9) коефіцієнт забезпечення оборотних активів власними коштами;
- 10) коефіцієнт маневреності робочого капіталу;
- 11) коефіцієнт маневреності власних обігових коштів;
- 12) коефіцієнт покриття запасів;
- 13) коефіцієнт маневреності власного капіталу;
- 14) коефіцієнт концентрації позикового капіталу;
- 15) коефіцієнт фінансової стабільності;
- 16) коефіцієнт фінансової стійкості;
- 17) коефіцієнт оборотності активів;
- 18) коефіцієнт оборотності оборотних активів;
- 19) коефіцієнт оборотності запасів;
- 20) коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості;
- 21) коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості;
- 22) продуктивність праці, тис. грн./ос.;
- 23) фондвіддача, грн./грн.;
- 24) коефіцієнт загальної ліквідності;
- 25) Коефіцієнт швидкої ліквідності;
- 26) коефіцієнт абсолютної ліквідності;
- 27) чистий оборотний капітал, тис. грн.;
- 28) коефіцієнт платоспроможності.

При цьому показники витрати на 1 грн. реалізованої продукції та коефіцієнт концентрації позикового капіталу є показниками-дестимуляторами (підприємства спрямовують свою діяльність на їх мінімізацію), тоді як усі інші являють собою стимулятори (необхідно максимізувати ці показники для вдосконалення результатів роботи).

Оцінювання вагових коефіцієнтів критеріїв було проведено на основі застосування методу ентропії.

Результати ранжування досліджуваних підприємств за 28 ознаками у 2020 році наведено в табл. 1.

За результатами застосування методу TOPSIS можна стверджувати, що під час формування енергетичного ланцюга постачання серед по-

Таблиця 1

Відносна близькість до ідеального рішення та рейтинг підприємств

№	Постачальник електричної енергії	S_i^+	S_i^-	C_i	Ранг
1	ТОВ «Павер Інжиніринг»	0,0860	0,0997	0,5370	1
2	ТОВ «АС»	0,1098	0,0736	0,4013	4
3	ТОВ «Волиньелектрозбут»	0,1230	0,0432	0,2599	33
4	КП «Компанія «Вода Донбасу»»	0,1349	0,0293	0,1783	43
5	ТОВ «Газпостачсервіс»	0,1227	0,0546	0,3081	16
6	ТОВ «Дніпровські енергетичні послуги»	0,1174	0,0560	0,3229	11
7	Доч. п. «ЕВОДА ТРЕЙД» КП «Луцькводоканал»	0,1218	0,0449	0,2692	30
8	ТОВ «Екотехноінвест»	0,1190	0,0525	0,3063	17
9	ТОВ «Енергоінвест»	0,1164	0,0596	0,3386	8
10	ТОВ «Газова компанія Енергоком»	0,1250	0,0457	0,2676	31
11	ТОВ «Енерголайт Компані»	0,1215	0,0509	0,2954	21
12	ТОВ «Житомиргаз Збут»	0,1325	0,0301	0,1850	41
13	ТОВ «Закарпатгаз Збут»	0,1298	0,0317	0,1965	37
14	ТОВ «Закарпаттяенергозбут»	0,1187	0,0463	0,2806	25
15	ТОВ «І Джі Еф Трейдинг»	0,1124	0,0560	0,3326	10
16	ДП «Калуська ТЕЦ-Нова»	0,1330	0,0306	0,1873	40
17	ТОВ «Київоблгаз Збут»	0,1304	0,0311	0,1927	38
18	ТОВ «Київські енергетичні послуги»	0,1131	0,0606	0,3486	7
19	ТОВ «Краматорськтеплоенерго»	0,1338	0,0295	0,1808	42
20	ТОВ «Львівенергозбут»	0,1164	0,0529	0,3123	13
21	ТОВ «Лубнигаз-Трейдинг»	0,1265	0,0436	0,2565	34
22	ТОВ «Львівгаз Збут»	0,1193	0,0595	0,3328	9
23	ТОВ «Миколаївська електропостачальна компанія»	0,1227	0,0448	0,2676	32
24	Концерн «Міські теплові мережі»	0,1212	0,0519	0,2998	19
25	ТОВ «Новаагро Україна»	0,1259	0,0495	0,2824	23
26	ДП «Новатор»	0,1184	0,0552	0,3181	12
27	Зовнішньоекономічна асоціація «Новосвіт»	0,1065	0,0835	0,4396	3
28	ПП «ОККО Контракт»	0,1092	0,0674	0,3817	6
29	ТОВ «Одеська обласна енергопостачальна компанія»	0,1179	0,0513	0,3031	18
30	ТОВ «Полтаваенергозбут»	0,1135	0,0506	0,3083	15
31	ТОВ «Прикарпатенерготрейд»	0,1198	0,0507	0,2974	20
32	ТОВ «Промгаз сіті»	0,1225	0,0470	0,2774	27
33	ПАТ з іноз. інвестиціями «Синтез Ойл»	0,1179	0,0529	0,3098	14
34	ТОВ «Скай Софт»	0,1265	0,0397	0,2389	36
35	ТОВ «Статус Енерго»	0,1244	0,0467	0,2729	28
36	ТОВ «Східгазенерго»	0,0984	0,0784	0,4433	2
37	ТОВ «Тернопільелектропостач»	0,1218	0,0451	0,2700	29
38	ТОВ «Укргаздобич»	0,1270	0,0438	0,2564	35
39	ДП зовнішньоекономічної діяльності «Укрінтеренерго»	0,1224	0,0480	0,2816	24
40	ПАТ «Харківенергозбут»	0,1205	0,0469	0,2802	26
41	ТОВ «Чернігівгаз Збут»	0,1305	0,0309	0,1915	39
42	ТОВ «Юг-Газ»	0,1201	0,0478	0,2848	22
43	ТОВ «Юнайтед Енерджи»	0,1108	0,0698	0,3863	5

Джерело: розраховано автором

стачальників електричної енергії споживачам слід віддавати перевагу тим підприємствам, які мають найвищий ранг. За результатами здійснення методу TOPSIS, представленими в табл. 1, можна стверджувати, що найбільш наближеним до ідеального стану підприємством виявилося ТОВ «Павер Інжиніринг», що має ранг 1. Найгірші показники має КП «Компанія «Вода Донбасу»» (ранг 43).

Особливістю методу TOPSIS є те, що альтернативні варіанти (в цьому дослідженні – під-

приємства) з найвищим рангом знаходяться не тільки ближче всіх альтернатив до позитивного «ідеального» рішення, але й якнайдалі від «ідеально-негативного» рішення.

Висновки. Отже, задля прийняття ефективних рішень у процесі вибору постачальника електричної енергії на енергетичному ринку, що формується сьогодні, необхідно використовувати сучасний методологічний інструментарій. Одним з методів, які доцільно застосовувати для оцінки підприємств – постачальників

електроенергії, є метод TOPSIS. Практична апробація цього методу на прикладі 43 вітчизняних підприємств дала змогу провести багато-критеріальну оптимізацію за 28 показниками їх діяльності та ранжування досліджуваних об'єктів. Отримані результати можуть скласти основу для подальшого ухвалення управлінських рішень щодо вибору постачальника електричної енергії. Цей методологічний підхід може бути застосований для іншої вибірки підприємств за іншими критеріями.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Yoon K.P., Hwang C.-L. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*. 1995. Vol. 104, Sage Publications, Thousand Oaks, CA. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781412985161>
2. Шатківська А.С., Буркіна Н.В. Про застосування методу TOPSIS для прийняття оптимальних рішень споживачами. *Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса*. 2018. Т. 2. № 10. С. 192–196.
3. Романченко І.С., Потьомкін М.М. Метод TOPSIS-ядро та його використання для багатокритеріального порівняння альтернатив. *Системи обробки інформації*. 2016. Вип. 1(138). С. 103–106.
4. Halicka K. Technology Selection Using the TOPSIS Method. *Foresight and STI Governance*. 2020. Vol. 14. No. 1. P. 85–96. DOI: <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.1.85.96>
5. Li X., Wang K., Liu L., Xin J., Yang H., Gao Ch. Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 26. P. 2085–2091. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2410>
6. Shih H.-Sh., Shyur H.-J., Lee E.S. An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*. 2007. Vol. 45. Is. 7–8. P. 801–813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023>
7. Esfandiary M. An application of TOPSIS method for ranking different strategic planning methodology. *International Journal of Industrial Engineering Computations*. 2014. Vol. 4(7). DOI: <https://doi.org/10.5267/j.msl.2014.6.022>
8. Marzouk M., Sabbah M. AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner Environmental Systems*. 2021. Vol. 2. 100034. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100034>
9. Демидовский А.В. Сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений ELECTRE, TOPSIS и ML-LDM. *XXIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2020)* : сборник докладов. Санкт-Петербург : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. С. 234–237. URL: <https://scm.etu.ru/assets/files/2020/scm20/papers/4/234.pdf> (дата звернення: 01.08.2021).
10. Hwang Ch.-L., Kwangsun Y. Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making*. 1981. P. 58–191.

REFERENCES:

1. Yoon K.P., Hwang C.-L. (1995) *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, vol. 104, Sage Publications, Thousand Oaks, CA. <https://doi.org/10.4135/9781412985161>
2. Shatkivska A.S., Burkina N.V. (2018) Pro zastosuvannya metodu TOPSIS dlia pryiniattia optymalnykh rishen spozhyvachamy [About application of TOPSIS method for optimal consumers' decision making]. *Visnyk studentskoho naukovohto tovarystva DonNU imeni Vasylya Stusa* [Bulletin of student scientific community of DonNU named after Vasyl Stus], vol. 2, no. 10, pp.192–196.
3. Romanchenko I.S., Potomkin M.M. (2016) Metod TOPSIS-yadro ta yoho vykorystannia dlia bahatokryterialnoho porivniannia alternatyv. *Systemy obrobky informatsii* [Method TOPSIS-core and its using for multicriterial comparison of alternatives]. *Systemy obrobky informatsii* [Systems of processing information], vol. 1(138), pp. 103–106.
4. Halicka K. (2020) Technology Selection Using the TOPSIS Method. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no. 1, pp. 85–96. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.1.85.96>
5. Li X., Wang K., Liu L., Xin J., Yang H., Gao Ch. (2011) Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. *Procedia Engineering*, vol. 26, pp. 2085–2091. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2410>
6. Shih H.-Sh., Shyur H.-J., Lee E.S. (2007) An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 45, issue 7–8, pp. 801–813. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023>
7. Esfandiary M. (2014) An application of TOPSIS method for ranking different strategic planning methodology. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, vol. 4(7). <https://doi.org/10.5267/j.msl.2014.6.022>
8. Marzouk M., Sabbah M. (2021) AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner Environmental Systems*, vol. 2, 100034. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100034>
9. Demidovskiy A.V. (2020) Sravnitel'nyy analiz metodov mnogokryterial'nogo prinyatiya resheniy ELECTRE, TOPSIS i ML-LDM [Comparative analysis of multicriteria methods for decision making ELECTRE, TOPSIS i ML-LDM]: Proceedings of the XXIII Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam (SCM-2020), Sankt-Peterburg: SPbGETU "LETI", pp. 234–237. Available at: <https://scm.etu.ru/assets/files/2020/scm20/papers/4/234.pdf> (accesses 01 August 2021).
10. Hwang Ch.-L., Kwangsun Y. (1981) Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making*, pp. 58–191.