

Балан В.Г.

кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту інноваційної та інвестиційної діяльності
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Balan Valeriy

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Senior Lecturer at the Department of Management
of Innovation and Investment
Taras Shevchenko National University of Kyiv

КОМПАРАТИВНЕ ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ DIBR ТА FUZZY COCOSO

COMPARATIVE ASSESSMENT OF ENTERPRISES COMPETITIVENESS BASED ON DIBR AND FUZZY COCOSO METHODS

Дослідження присвячене розв'язанню актуальної проблеми стратегічного планування діяльності підприємств, а саме проблеми конкурентного аналізу. Розроблений методичний підхід до компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств базується на застосуванні сучасного інструментарію багатокритерійного аналізу та нечітко-множинної теорії. Для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання (а також відповідних індикаторів) використовується метод багатокритерійного аналізу DIBR (Defining Interrelationships Between Ranked criteria), а для розрахунку рівня конкурентоспроможності підприємств – метод Fuzzy CoCoSo (Combined Compromise Solution method). Застосування можливостей теорії нечітких множин, зокрема нечіткого багатокритерійного аналізу дає змогу інтегрувати різномірну інформацію про підприємства-конкуренти у вигляді crisp-оцінок, інтервалів та експертних оцінок у лінгвістичній формі. Розроблений підхід може бути корисним у конкурентному аналізі для порівняльного оцінювання підприємств-конкурентів і побудови їх конкурентних профілів, для визначення найбільш важливих факторів, які впливають на конкурентоспроможність підприємства, для ідентифікації можливостей посилення конкурентоспроможності підприємства, зокрема формування інформаційної бази для здійснення бенчмаркінгу та формування конкурентних стратегій.

Ключові слова: теорія нечітких множин, інтервальні дані, лінгвістичні змінні, терм-множина, DIBR-метод, нечіткий багатокритерійний аналіз, fuzzy CoCoSo-метод.

The study is devoted to solving the actual problem of strategic planning of enterprises, namely the problem of competitive analysis. The article offers a methodical approach to the comparative assessment of the competitiveness of enterprises. Based on the analysis and generalization of scientific domestic and foreign sources, an approximate list of the main criteria for assessing the competitiveness of enterprises is given, with their decomposition into appropriate sets of indicators that can be adapted to the specifics of the industry or market segment. The developed approach is based on the application of modern tools of multi-criteria analysis and fuzzy-multiple theory. The DIBR (Defining Interrelationships Between Ranked criteria) multi-criteria analysis method is used to determine the weighting coefficients of the evaluation criteria (as well as the corresponding indicators), and the Fuzzy CoCoSo (Combined Compromise Solution method) method is used to calculate the level of competitiveness of enterprises. The validity of the results obtained using the methodological approach is ensured by checking the consistency of the individual evaluation judgments of each expert and the group consistency of the expert group. In case of unsatisfactory consistency of the evaluations of the group of experts, the use of Fuzzy Delphi procedures is assumed. The application of the possibilities of the theory of fuzzy sets, in particular fuzzy multi-criteria analysis, makes it possible to integrate disparate information about competing companies in the form of crisp estimates, intervals and expert estimates in a linguistic form. The implementation of the calculation scheme of the proposed approach in the form of a framework in Excel makes it possible to conduct simulation simulations depending on the experts' assessments. The developed methodical approach can be useful in competitive analysis for the comparative assessment of competing enterprises and the construction of their competitive profiles, for determining the most important factors that affect the competitiveness of the enterprise, for identifying opportunities for strengthening the competitiveness of the enterprise, in particular, the formation of an information base for benchmarking and the formation of competitive strategies.

Key words: fuzzy set theory, interval data, linguistic variables, term set, DIBR-method, fuzzy multicriteria analysis, fuzzy CoCoSo-method.

Постановка проблеми. Управління конкурентоспроможністю підприємства в умовах турбулентного, важкопрогнозованого та динамічного зовнішнього середовища, яке характеризується зміною правил конкуренції та посиленням конкурентної боротьби, є однією з найбільш важливих складових у стратегічному управлінні. Невід’ємною частиною цього процесу є оцінювання конкурентоспроможності підприємства, яке розглядається в [6, с. 56] як «процес ідентифікації стану економічної системи за критеріями конкурентоспроможності та віднесення її до певного типу, групи чи статусу в сферах національної або міжнародної економічної взаємодії». Основними цілями оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємства є:

- а) ранжування підприємств за визначеною системою критеріїв оцінювання;
- б) ідентифікація найбільш вагомих чинників, які впливають на конкурентоспроможність підприємства;
- в) виявлення можливостей посилення конкурентоспроможності підприємства, зокрема формування бази для здійснення бенчмаркінгу.

Отже, знання своїх сильних і слабких сторін, конкурентних переваг дає змогу «керівництву ідентифікувати свої ринкові позиції за кожним напрямом діяльності та обґрунтувати вибір стратегічної поведінки на ринку» [1]. Відповідно – вищезазначене зумовлює актуальність теми даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичним та методичним аспектам оцінювання конкурентоспроможності підприємств присвячена велика кількість досліджень. Серед них роботи відомих зарубіжних та вітчизняних учених: І. Ансоффа, Р. Гранта, П. Дойля, Ж. Джонсона, Н. Лейка, К. Шолеса, Р. Уїткінгтона, А. Томпсона, А. Стрікланда, М. Портера, Д. Хассі, Т. Віліна, Д. Хангера, А. Хофмана, К. Бемфорда, О. Драгана, К. Фляйшера, Б. Бенсуссан, Л. Довгань, З. Шершньової, А. Шегди та інших.

Одним із новітніх і перспективних напрямів прикладних досліджень у цьому напрямі є застосування нечіткої методології зокрема нечіткої логіки з системами нечіткого висновку, нечіткого багатокритерійного оцінювання, нечіткого кластерного аналізу тощо. Авторами [7] розроблена методика оцінювання рівня конкурентоспроможності підприємств на основі логіко-лінгвістичної моделі бази математичного апарату нечіткої логіки. У [4] для порівняльного аналізу конкурентоспроможності закладів вищої освіти запропоновано підхід на основі застосування методу SMART – для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання, методів TOPSIS і COPRAS – для аналізу «фізичних» даних, fuzzy TOPSIS і fuzzy COPRAS – для обробки експертних оцінок у лінгвістичній формі (нечітких даних). Для оптимізації структури критеріїв оцінювання підприємств у [2] запропоновано використовувати Fuzzy DEMATEL-метод, причому для визначення нечітких вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання та їх часткових індикаторів застосовано метод Fuzzy AHP, а для обчислення нечітких значень рівня конкурентоспроможності підприємств за визначеними напрямками аналізу та інтегрального рівня – модифікований Fuzzy SAW. У [1] оцінювання конкурентоспроможності підприємств здійснюється за допомогою суперпозиції методів COPRAS-G та Fuzzy COPRAS.

Незважаючи на суттєвий прогрес у наукових дослідженнях, присвячених проблемі конкурентного аналізу, зокрема оцінювання конкурентоспроможності підприємств, існує необхідність вдосконалення методичного забезпечення на основі інтеграції різномірної інформації щодо рівня конкурентоспроможності підприємств за окремими критеріями чи частковими показниками (індикаторами).

Формулювання завдання дослідження. Метою статті є вдосконалення інструментарію компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств на основі розробки методичного підходу з використанням сучасних засобів багатокритерійного аналізу та нечітко-множинної теорії, зокрема методів DIBR та Fuzzy CoCoSo для врахування інформації про підприємства-конкуренти, отриманої у різномірному представленні (у вигляді crisp-оцінок, інтервалів та експертних оцінок у лінгвістичній формі).

Виклад основного матеріалу дослідження. Дана робота є продовженням досліджень автора [1–4 та інших] в контексті моделювання процесів стратегічного управління в умовах динамічного й турбулентного бізнес-середовища з метою формування нової парадигми стратегічного менеджменту на основі застосування сучасних методів конкурентного аналізу, нечітко-множинної теорії, новітніх інструментів нечіткого багатокритерійного оцінювання для розв’язання слабоструктурованих та неструктурованих управлінських проблем з нечіткими описами та даними.

Для врахування інформації про підприємства-конкуренти, отриманої у різномірному представленні (у вигляді crisp-оцінок, інтервалів та експертних оцінок у лінгвістичній формі) автором розроблено методичний підхід до компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств (рис. 1).

Відповідно до запропонованого підходу на 1-му етапі формують експертну групу з аналітиків та фахівців, відібраних на проблемно-орієнтованій основі (спрямованість на теоретичні й практичні аспекти конкурентного аналізу підприємств, знання логіки підприємництва та логіко-причинних зв’язків галузі).

На 2-му етапі здійснюють ідентифікацію основних конкурентів за допомогою відомих інструментів конкурентного аналізу: карти стратегічних груп конкурентів, дискримінантний аналіз, карти Кохонена, нечіткий кластерний аналіз. Для якісного аналізу конкурентного середовища з метою виділення пріоритетних конкурентів Джонсон Ж. з колегами [8] пропонують використовувати наступні показники: рівень продуктової різноманітності; рівень географічного охоплення; число виділених ринкових сегментів; використовувані канали розподілу; число торговельних марок; умови в області маркетингу; рівень вертикальної інтеграції; якість товарів і послуг; лідерство в області технології; можливості в області досліджень і розробок; позиції в області витрат; використання виробничих потужностей; політика в області ціноутворення; структура власності; розмір підприємства.

На етапі 3 експертною групою визначаються критерії оцінювання конкурентоспроможності підприємств-конкурентів. На рис. 2 наведена ієрархія відповідної проблеми компаративного оцінювання підприємств, а в табл. 1 – орієнтовний перелік критеріїв оцінювання конкурентоспроможності підприємств та відповідних інди-

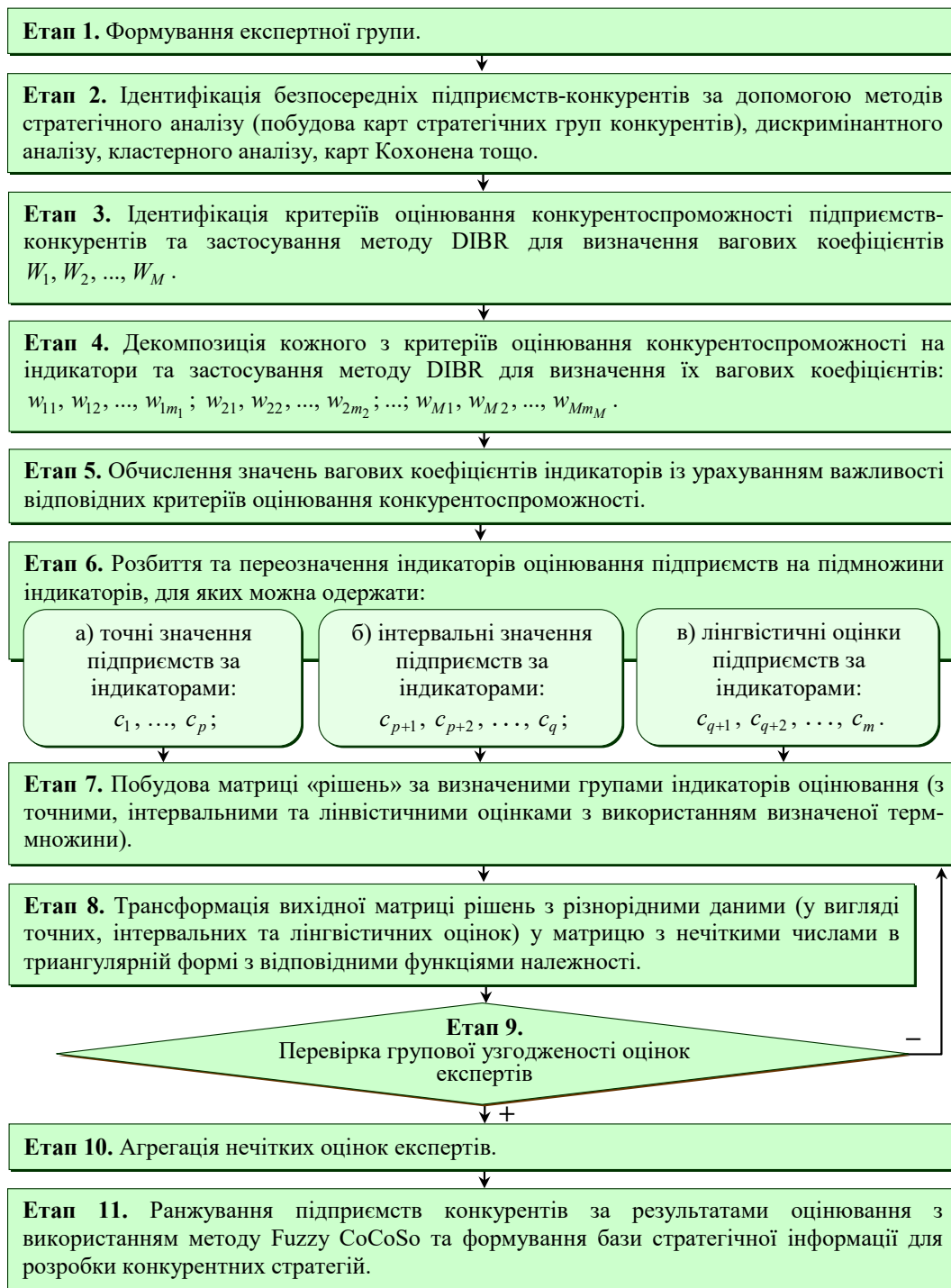


Рис. 1. Етапи методичного підходу до компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств

Джерело: розроблено автором

каторів, який може бути адаптований до особливостей та потреб конкретної проблеми конкурентного аналізу.

Для визначення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання підприємств-конкурентів (а також далі відповідних їм індикаторів) на етапі 3 може бути використаний метод DIBR (Defining Interrelationships Between Ranked criteria) [9]. Розглянемо основні кроки застосування групою експертів методу DIBR [3; 9].

Відповідно до процедури застосування методу DIBR на кроці 1 необхідно проранжувати ідентифіковані критерії

оцінювання в порядку спадання переважності. Бажано зробити це на основі досягнення консенсусу членів експертної групи, який можна досягти, наприклад, за допомогою процедур методу Дельфі. Якщо M вказує на число визначених критеріїв, то після застосування процедури ранжування, одержимо упорядкований набір критеріїв, який, не обмежуючи загальності, для зручності може бути відображений так: $C_1 \succ C_2 \succ C_3 \succ C_4 \succ \dots \succ C_M$.

Крок 2. Тут за допомогою попарних порівнянь критеріїв оцінювання: C_1 з C_2 , C_2 з C_3 , C_3 з C_4 , ...,

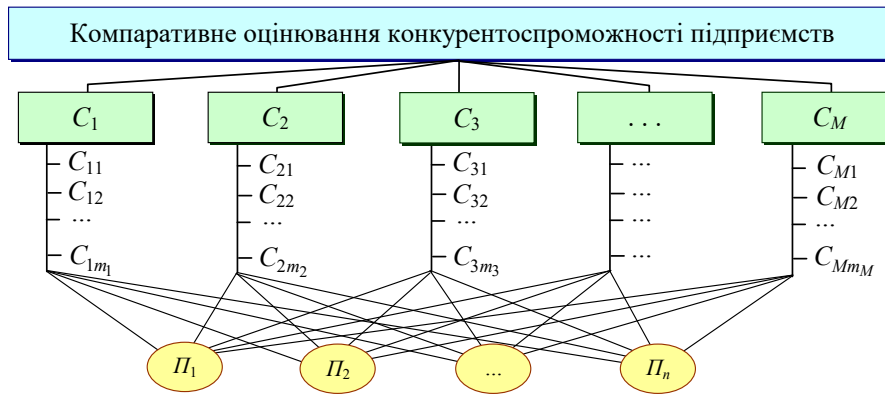


Рис. 2. Ієрархія проблеми компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств

Джерело: розроблено автором

Таблиця 1

Орієнтовний перелік критеріїв оцінювання конкурентоспроможності підприємств та відповідних індикаторів

Критерії (та індикатори) оцінювання конкурентоспроможності підприємств
C_1 – «маркетингова конкурентоспроможність»: частка ринку (C_{11}); наявність маркетингової стратегії (C_{12}); цінова політика (C_{13}); рентабельність продажів (C_{14}); конкурентоспроможність продукції (C_{15}); асортимент продукції (C_{16}); рівень досліджень і розробок (C_{17}); ефективність реклами і засобів стимулювання збуту (C_{18}); рівень маркетингових досліджень (C_{19}); налагодженість системи збуту ($C_{1,10}$); рівень впізнаваності споживачем брендів компанії ($C_{1,11}$); рівень фінансування маркетингової діяльності ($C_{1,12}$); рівень затовареності готовою продукцією ($C_{1,13}$); завантаження виробничих потужностей ($C_{1,14}$).
C_2 – «фінансова конкурентоспроможність»: рівень фінансового менеджменту (C_{21}); платоспроможність (C_{22}); ліквідність (C_{23}); рівень фінансової автономії (C_{24}); рівень оборотності оборотних коштів (C_{25}).
C_3 – «виробнича конкурентоспроможність»: забезпеченість ресурсами (C_{31}); фондовіддача (C_{32}); завантаженість виробничих потужностей (C_{33}); ступінь амортизації виробничих потужностей (C_{34}); рівень оновлення виробничих потужностей (C_{35}); витрати на виробництво одиниці продукції (C_{36}); продуктивність праці (C_{37}).
C_4 – «інформаційна конкурентоспроможність»: рівень цифровізації підприємства (C_{41}); система моніторингу ринку (C_{42}); інформаційні системи управління підприємством (C_{43}); інформативність веб-сайту (C_{45}); рівень інформаційної безпеки (C_{46}).
C_5 – «організаційна конкурентоспроможність»: гнучкість та ефективність організаційної системи управління (C_{51}); комунікаційна ефективність (C_{52}); організаційна культура (C_{53}); організаційний клімат (C_{54}).
C_6 – «кадрова конкурентоспроможність»: рівень топ-менеджменту (C_{61}); розробленість стратегії розвитку персоналу (C_{62}); рівень управлінських інновацій (C_{63}); рівень мотивації праці (C_{64}); продуктивність управлінської праці (C_{65}).
C_7 – «інвестиційна конкурентоспроможність»: рівень залучення інвестицій (C_{71}); рівень інвестиційної привабливості компанії (C_{72}); індекс прибутковості компанії (C_{73}).
C_8 – «технологічна конкурентоспроможність»: рівень інноваційної діяльності (C_{81}); рівень технологій (C_{82}); забезпеченість високотехнологічним обладнанням (C_{83}); рівень наукового потенціалу (C_{84}); технологічна гнучкість (C_{85}).

Джерело: розроблено автором на основі [1; 2; 4–7]

C_{M-1} з C_M на основі визначення взаємовідношення між відповідними критеріями кожним k -м експертом ($k = 1, 2, \dots, K$) встановлюється відносна важливість цих критеріїв таким чином, що при кожному порівнянні двох «сусідніх» критеріїв загальне значення 100% значущості розподіляється на ці два критерії (рис. 3) відповідно до визначеного експертним шляхом значення $\lambda_{i-1,i}^k$.

Наприклад, якщо для критеріїв C_{i-1} і C_i значення $\lambda_{i-1,i}^k$ дорівнює 0,4, то це означає, що важливість критерію C_{i-1} дорівнює 60%, а критерію C_i – 40%. Відношення між ваговими коефіцієнтами критеріїв у цьому випадку визначається так:

$$\frac{W_{i-1}^k}{W_i^k} = \frac{1 - \lambda_{i-1,i}^k}{\lambda_{i-1,i}^k}$$

Крок 3. Відповідно до зазначеного вище, можна записати наступну послідовність співвідношень між ваговими коефіцієнтами (табл. 2).

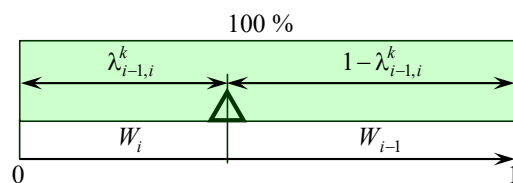


Рис. 3. Встановлення відносної важливості критеріїв оцінювання при їх попарному порівнянні

Джерело: розроблено автором

Для контролю узгодженості міркувань експерта необхідно кожному з них пропонується оцінити взаємовідношення між критеріями C_i і C_M , встановивши наступне відношення для них

$$\frac{W_1^k}{W_M^k} = \frac{1 - \lambda_{1,M}^k}{\lambda_{1,M}^k}$$

Співвідношення між ваговими коефіцієнтами критеріїв оцінювання

$\frac{W_1^k}{W_2^k} = \frac{1-\lambda_{1,2}^k}{\lambda_{1,2}^k} \Leftrightarrow W_2^k = \frac{\lambda_{1,2}^k}{1-\lambda_{1,2}^k} W_1^k$
$\frac{W_2^k}{W_3^k} = \frac{1-\lambda_{2,3}^k}{\lambda_{2,3}^k} \Leftrightarrow W_3^k = \frac{\lambda_{2,3}^k}{(1-\lambda_{2,3}^k)} W_2^k = \frac{\lambda_{1,2}^k \lambda_{2,3}^k}{(1-\lambda_{1,2}^k)(1-\lambda_{2,3}^k)} W_1^k$
$\frac{W_3^k}{W_4^k} = \frac{1-\lambda_{3,4}^k}{\lambda_{3,4}^k} \Leftrightarrow W_4^k = \frac{\lambda_{3,4}^k}{(1-\lambda_{3,4}^k)} W_3^k = \frac{\lambda_{1,2}^k \lambda_{2,3}^k \lambda_{3,4}^k}{(1-\lambda_{1,2}^k)(1-\lambda_{2,3}^k)(1-\lambda_{3,4}^k)} W_1^k$
...
$\frac{W_{M-1}^k}{W_M^k} = \frac{1-\lambda_{M-1,M}^k}{\lambda_{M-1,M}^k} \Leftrightarrow W_M^k = \frac{\lambda_{M-1,M}^k}{(1-\lambda_{M-1,M}^k)} W_{M-1}^k = \frac{\lambda_{1,2}^k \lambda_{2,3}^k \times \dots \times \lambda_{M-1,M}^k}{(1-\lambda_{1,2}^k)(1-\lambda_{2,3}^k) \times \dots \times (1-\lambda_{M-1,M}^k)} W_1^k = \frac{\prod_{i=1}^{M-1} \lambda_{i,i+1}^k}{\prod_{i=1}^{M-1} (1-\lambda_{i,i+1}^k)} W_1^k$

Джерело: розроблено автором на основі [3; 9]

Далі, оскільки має виконуватися співвідношення

$$W_1^k + W_2^k + W_3^k + \dots + W_M^k = 1, \tag{1}$$

то, підставляючи значення $W_2^k, W_3^k, \dots, W_M^k$ у це рівняння, можна одержати формулу для знаходження W_1^k :

$$W_1^k + \frac{\lambda_{1,2}^k}{1-\lambda_{1,2}^k} W_1^k + \frac{\lambda_{1,2}^k \lambda_{2,3}^k}{(1-\lambda_{1,2}^k)(1-\lambda_{2,3}^k)} W_1^k + \dots + \frac{\prod_{i=1}^{M-1} \lambda_{i,i+1}^k}{\prod_{i=1}^{M-1} (1-\lambda_{i,i+1}^k)} W_1^k = 1. \tag{2}$$

Звідси

$$W_1^k = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{1,2}^k}{1-\lambda_{1,2}^k} + \frac{\lambda_{1,2}^k \lambda_{2,3}^k}{(1-\lambda_{1,2}^k)(1-\lambda_{2,3}^k)} + \dots + \frac{\prod_{i=1}^{M-1} \lambda_{i,i+1}^k}{\prod_{i=1}^{M-1} (1-\lambda_{i,i+1}^k)}}. \tag{3}$$

Крок 4. Підставляючи значення W_1^k у формули, наведені у табл. 1, можна одержати числові значення вагових коефіцієнтів для C_2, C_3, \dots, C_M , тобто $W_2^k, W_3^k, \dots, W_M^k$.

На кроці 5 необхідно розрахувати значення $\lambda'_{1,M} = \frac{W_M^k}{W_1^k + W_M^k}$ і порівняти його з визначеним експертним шляхом значенням $\lambda_{1,m}^k$. Якщо значення розрахованого коефіцієнта $\lambda'_{1,M}$ і відношення $\lambda_{1,M}^k$, визначене експертом (DM), приблизно однакові, тоді існує узгодженість у думках щодо оцінок важливості критеріїв. Якщо значення відхилення між $\lambda'_{1,M}$ і $\lambda_{1,M}^k$ більше 10%, то можна зробити висновок, що оцінки експерта не узгоджені, й необхідно провести повторне оцінювання важливості критеріїв.

На кроці 6 здійснюється перевірка групової узгодженості оцінок експертів шляхом обчислення коефіцієнта конкордації й у випадку задовільного значення цього показника можна розрахувати агреговані значення вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання підприємств-конкурентів за формулою:

$$W_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K W_j^k, \quad j = \overline{1, M}. \tag{4}$$

На етапі 4 здійснюють декомпозицію кожного з критеріїв оцінювання конкурентоспроможності на відповідні індикатори (див. табл. 1). Для визначення їх вагових коефіцієнтів, як і на попередньому етапі, можна також скористатися методом DIBR. Позначимо

одержані значення вагових коефіцієнтів індикаторів у результаті застосування цього методу таким чином:

$w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1m_1}; w_{21}, w_{22}, \dots, w_{2m_2}; \dots; w_{M1}, w_{M2}, \dots, w_{Mm_M}$, при цьому виконуються співвідношення: $\sum_{j=1}^{m_i} w_{ij} = 1$ при всіх $i = \overline{1, M}$.

На етапі 5 необхідно обчислити значення вагових коефіцієнтів індикаторів із урахуванням важливості відповідних критеріїв оцінювання конкурентоспроможності. Для цього скористаємося формулами:

$$v_{ij} = W_i w_{ij}, \quad j = \overline{1, m_i}; \quad i = \overline{1, M}. \tag{5}$$

На етапі 6 здійснюється розбиття індикаторів оцінювання конкурентоспроможності підприємств на три підмножини індикаторів а) C^{crisp} , б) C^{interv} та в) C^{lingv} , для яких відповідно можна одержати:

а) точні (crisp) значення підприємств (позначимо ці індикатори так: c_1, \dots, c_p , а їх відповідні вагові коефіцієнти: $\varphi_1, \dots, \varphi_p$);

б) інтервальні значення підприємств (індикатори c_{p+1}, \dots, c_q ; їх відповідні вагові коефіцієнти: $\varphi_{p+1}, \dots, \varphi_q$);

в) лінгвістичні оцінки підприємств (індикатори c_{q+1}, \dots, c_m ; їх відповідні вагові коефіцієнти: $\varphi_{q+1}, \dots, \varphi_m$).

Отже, $C^{crisp} = \{c_1, \dots, c_p\}$, $C^{interv} = \{c_{p+1}, \dots, c_q\}$, $C^{lingv} = \{c_{q+1}, \dots, c_m\}$, де $m = m_1 + m_2 + \dots + m_M$.

Етап 7. Побудова кожним k-м експертом матриці «рішень» за визначеними групами індикаторів оцінювання (з точними, інтервальними та лінгвістичними оцінками з використанням визначеної терм-множини):

$$\|X\|_{n \times m}^k = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1p} & [x_{1,p+1}^k; z_{1,p+1}^k] & \dots & [x_{1q}^k; z_{1q}^k] & l_{1,q+1}^k & \dots & l_{1m}^k \\ x_{21} & \dots & x_{2p} & [x_{2,p+1}^k; z_{2,p+1}^k] & \dots & [x_{2q}^k; z_{2q}^k] & l_{2,q+1}^k & \dots & l_{2m}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{np} & [x_{n,p+1}^k; z_{n,p+1}^k] & \dots & [x_{nq}^k; z_{nq}^k] & l_{n,q+1}^k & \dots & l_{nm}^k \end{bmatrix}$$

Етап 8. Для перетворення вихідної матриці «рішень» з різномірними даними (у вигляді точних, інтервальних та лінгвістичних оцінок) у матрицю з нечіткими числами в триангулярній формі з відповідними функціями належності можна скористатися наступними правилами:

Правило 1. Якщо значення підприємств за індикаторами c_1, \dots, c_l (для $c_j, j = \overline{1, l}$), є точними значеннями x_{ij} , то відповідне нечітке число у триангулярній формі може бути записане у вигляді: $\tilde{e}_{ij} = (x_{ij}; x_{ij}; x_{ij})$.

Таблиця 3

Лінгвістичні терми та відповідні нечіткі числа для оцінювання підприємств-конкурентів

Лінгвістичні терми для експертного оцінювання підприємств-конкурентів	Позначення	Нечітке число у триангулярному вигляді
Надзвичайно низький – Extremely High	EL	(0; 0; 1)
Дуже низький – Very Low	VL	(0; 1; 2)
Низький – Low	L	(1; 2; 3)
Середній – Medium	M	(2; 3; 4)
Високий – High	H	(3; 4; 5)
Дуже високий – Very High	VH	(4; 5; 6)
Надзвичайно високий – Extremely High	EH	(5; 6; 6)

Джерело: [2]

Правило 2. Якщо значення підприємств за критеріями $C_{p+1}, C_{p+2}, \dots, C_q$ (для $C_j, j = p+1, q$), представлені у вигляді інтервалів $[x_{ij}^k; z_{ij}^k]$, то відповідне нечітке число у триангулярній формі може бути записане так: $\tilde{e}_{ij}^k = (x_{ij}^k; y_{ij}^k; z_{ij}^k)$, де y_{ij}^k визначається експертом як найбільш вірогідне значення відповідного підприємства з даного інтервалу $[x_{ij}^k; z_{ij}^k]$ (значення функції належності при y_{ij}^k дорівнює 1).

Правило 3. Якщо значення підприємств за критеріями $c_{q+1}, c_{p+2}, \dots, c_m$ (для $c_j, j = q+1, m$) представлені у лінгвістичному вигляді l_{ij}^k (тобто, кожний із цих критеріїв оцінювання розглядається як лінгвістична змінна, що належать до визначеної терм-множини), то трансформація відповідних лінгвістичних оцінок до нечітких оцінок у триангулярному вигляді (рис. 4) може бути здійснена за допомогою шкали, наведеної в табл. 3: $l_{ij}^k \rightarrow \tilde{e}_{ij}^k = (x_{ij}^k; y_{ij}^k; z_{ij}^k)$.

Після застосування правил 1–3 одержимо нечіткі матриці «рішень» кожного експерта:

$$\|\tilde{E}^k\| = \|\tilde{e}_{ij}^k\|_{n \times m} = \begin{bmatrix} \tilde{e}_{11} & \dots & \tilde{e}_{1p} & \tilde{e}_{1,p+1} & \dots & \tilde{e}_{1q} & \tilde{e}_{1,q+1} & \dots & \tilde{e}_{1m} \\ \tilde{e}_{21} & \dots & \tilde{e}_{2p} & \tilde{e}_{2,p+1} & \dots & \tilde{e}_{2q} & \tilde{e}_{2,q+1} & \dots & \tilde{e}_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{e}_{n1} & \dots & \tilde{e}_{np} & \tilde{e}_{n,p+1} & \dots & \tilde{e}_{nq} & \tilde{e}_{n,q+1} & \dots & \tilde{e}_{nm} \end{bmatrix}$$

Далі на етапі 9 здійснюється перевірка групової узгодженості оцінок експертів. Якщо коефіцієнт конкордації буде незадовільним, то експертами необхідно переглянути свої оціночні судження або застосувати процедуру методу Fuzzy Delphy.

У разі узгодженості оцінок експертів на етапі 10 агрегація експертних оцінок здійснюється за форму-

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\max_i \tilde{e}_{ij}(-) \tilde{e}_{ij}}{\max_i \tilde{e}_{ij}(-) \min_i \tilde{e}_{ij}} = \left(\frac{\max_i z_{ij} - z_{ij}}{\max_i z_{ij} - \min_i x_{ij}}; \frac{\max_i z_{ij} - y_{ij}}{\max_i z_{ij} - \min_i x_{ij}}; \frac{\max_i z_{ij} - x_{ij}}{\max_i z_{ij} - \min_i x_{ij}} \right) = (\alpha_{ij}; \beta_{ij}; \gamma_{ij}) -$$

для індикаторів із монотонно зростаючою цільовою функцією (profit-індикаторів);

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\tilde{e}_{ij}(-) \min_i \tilde{e}_{ij}}{\max_i \tilde{e}_{ij}(-) \min_i \tilde{e}_{ij}} = \left(\frac{\alpha_{ij} - \min_i z_{ij}}{\max_i z_{ij} - \min_i x_{ij}}; \frac{y_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i z_{ij} - \min_i x_{ij}}; \frac{z_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i z_{ij} - \min_i x_{ij}} \right) = (\alpha_{ij}; \beta_{ij}; \gamma_{ij}) -$$

для індикаторів з монотонно спадною цільовою функцією (cost-індикаторів);

Крок 2. Обчислення нечітких значень:

$$\tilde{S}_i = \bigoplus_{j=1}^m \varphi_j \tilde{r}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^m \varphi_j \alpha_{ij}; \sum_{j=1}^m \varphi_j \beta_{ij}; \sum_{j=1}^m \varphi_j \gamma_{ij} \right) = (S_i^\alpha; S_i^\beta; S_i^\gamma) \text{ та}$$

$$\tilde{P}_i = \bigoplus_{j=1}^m \tilde{r}_{ij}^{\varphi_j} = \left(\sum_{j=1}^m \alpha_{ij}^{\varphi_j}; \sum_{j=1}^m \beta_{ij}^{\varphi_j}; \sum_{j=1}^m \gamma_{ij}^{\varphi_j} \right) = (P_i^\alpha; P_i^\beta; P_i^\gamma)$$

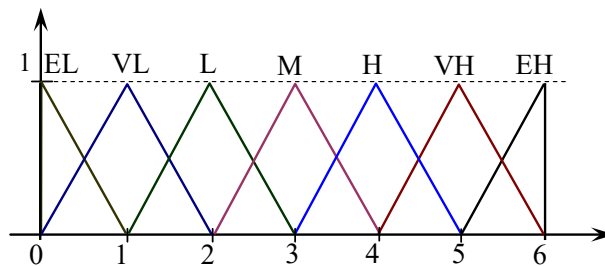


Рис. 4. Функції належності термів оцінювання підприємств-конкурентів

Джерело: [2]

лами: $\tilde{e}_{ij} = \frac{1}{K} \bigoplus_{k=1}^K \tilde{e}_{ij}^k, i = \overline{1, n}, j = \overline{p+1, m}$. У результаті одержимо матрицю «рішень»:

$$\|\tilde{E}\|_{n \times m} = \begin{bmatrix} \tilde{e}_{11} & \dots & \tilde{e}_{1p} & \tilde{e}_{1,p+1} & \dots & \tilde{e}_{1q} & \tilde{e}_{1,q+1} & \dots & \tilde{e}_{1m} \\ \tilde{e}_{21} & \dots & \tilde{e}_{2p} & \tilde{e}_{2,p+1} & \dots & \tilde{e}_{2q} & \tilde{e}_{2,q+1} & \dots & \tilde{e}_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{e}_{n1} & \dots & \tilde{e}_{np} & \tilde{e}_{n,p+1} & \dots & \tilde{e}_{nq} & \tilde{e}_{n,q+1} & \dots & \tilde{e}_{nm} \end{bmatrix},$$

де $\|\tilde{E}\| = \|\tilde{e}_{ij}\|_{n \times m} = \|(x_{ij}; y_{ij}; z_{ij})\|_{n \times m}$.

Далі на етапі 11 застосуємо метод Fuzzy CoCoSo (Combined Compromise Solution method). Значимо, що метод CoCoSo запропонований у [11], а нечітка його версія у [10]. Розглянемо основні кроки реалізації методу Fuzzy CoCoSo.

Крок 1. Нормалізація матриці рішень за формулами:

Крок 3. Обчислення нечітких значень \tilde{f}_i , \tilde{g}_i та \tilde{h}_i ($i = 1, 2, \dots, n$):

$$\tilde{f}_i = \frac{\tilde{S}_i \oplus \tilde{P}_i}{\bigoplus_{j=1}^n (\tilde{S}_j \oplus \tilde{P}_j)} = \left(\frac{S_i^\alpha + P_i^\alpha}{\sum_{j=1}^n (S_j^\alpha + P_j^\alpha)}; \frac{S_i^\beta + P_i^\beta}{\sum_{j=1}^n (S_j^\beta + P_j^\beta)}; \frac{S_i^\gamma + P_i^\gamma}{\sum_{j=1}^n (S_j^\gamma + P_j^\gamma)} \right) = (f_i^\alpha; f_i^\beta; f_i^\gamma);$$

$$\tilde{g}_i = \frac{\tilde{S}_i}{\min_j \tilde{S}_j} \oplus \frac{\tilde{P}_i}{\min_j \tilde{P}_j} = \left(\frac{S_i^\alpha}{\min_j S_j^\alpha} + \frac{P_i^\alpha}{\min_j P_j^\alpha}; \frac{S_i^\beta}{\min_j S_j^\beta} + \frac{P_i^\beta}{\min_j P_j^\beta}; \frac{S_i^\gamma}{\min_j S_j^\gamma} + \frac{P_i^\gamma}{\min_j P_j^\gamma} \right) = (g_i^\alpha; g_i^\beta; g_i^\gamma);$$

$$\tilde{h}_i = \frac{\lambda \tilde{S}_i \oplus (1-\lambda) \tilde{P}_i}{\lambda \max_j \tilde{S}_j \oplus (1-\lambda) \max_j \tilde{P}_j} = \left(\frac{\lambda S_i^\alpha + (1-\lambda) P_i^\alpha}{\lambda \max_j S_j^\alpha + (1-\lambda) \max_j P_j^\alpha}; \frac{\lambda S_i^\beta + (1-\lambda) P_i^\beta}{\lambda \max_j S_j^\beta + (1-\lambda) \max_j P_j^\beta}; \frac{\lambda S_i^\gamma + (1-\lambda) P_i^\gamma}{\lambda \max_j S_j^\gamma + (1-\lambda) \max_j P_j^\gamma} \right) = (h_i^\alpha; h_i^\beta; h_i^\gamma).$$

Крок 4. Дефазифікація одержаних нечітких значень за допомогою співвідношень методу CoA (Center of Area):

$$f_i = \frac{f_i^\alpha + f_i^\beta + f_i^\gamma}{3}; \quad g_i = \frac{g_i^\alpha + g_i^\beta + g_i^\gamma}{3}; \quad h_i = \frac{h_i^\alpha + h_i^\beta + h_i^\gamma}{3}.$$

Крок 5. Розрахунок підсумкового значення конкурентоспроможності підприємств за формулою:

$$R_i = \sqrt[3]{f_i \times g_i \times h_i} + \frac{(f_i + g_i + h_i)}{3}.$$

Ранжування підприємств здійснюється у порядку зменшення обчислених значень R_i .

Для реалізації розрахункової схеми запропонованого підходу розроблено фрейворк у Excel, який дає змогу провести імітаційне моделювання залежно від оцінок експертів.

Висновки. Везростаюча складність та турбулентність процесів, які відбуваються у більшості галузей національних економік, посилення конкуренції та загострення конкурентної боротьби зумовлюють потребу у вдосконаленні існуючого інструментарію управління конкурентоспроможністю підприємств, зокрема оцінювання їх конкурентних переваг. Розроблений методичний підхід дає змогу більш комплексно і гнучко підійти до процесу компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств за рахунок застосування сучасних науково-обґрунтованих концептів на основі врахування різномірної інформації про ринкових опонентів у вигляді точних, інтервальних та лінгвістичних вхідних даних.

Розроблений методичний підхід може бути використаний у конкурентному аналізі для рейтингування підприємств-конкурентів, для визначення найбільш важливих факторів, які впливають на конкурентоспроможність підприємства, для ідентифікації можливостей посилення конкурентоспроможності підприємства, для формування інформаційної бази з метою здійснення бенчмаркінгу та розробки конкурентних стратегій на основі методів портфельного аналізу та ефективної реалізації цих стратегій.

Подальші дослідження за даною темою можуть бути спрямовані на:

- адаптацію системи критеріїв оцінювання конкурентоспроможності та відповідних множин індикаторів до специфіки діяльності різних підприємств та особливостей галузі;
- паралельне застосування з даним підходом інших інструментів для компаративного оцінювання конкурентоспроможності підприємств-конкурентів та визначення узгодженості результатів, одержаних з використанням різних моделей.

Список використаних джерел:

1. Балан В.Г. Гібридний підхід до оцінювання конкурентоспроможності підприємств на основі COPRAS-G та FUZZY COPRAS. *Вісник Одеського національного університету. Економіка*. 2020. Том 25. Випуск 4 (83). С. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/4-83-6>
2. Балан В.Г. Інструментарій теорії нечітких множин у конкурентному аналізі підприємств. *Інфраструктура ринку*. 2020. Випуск 45. С. 58–65. DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastructure45-10>
3. Балан В.Г. Методичний підхід до формування та нечіткого оцінювання місії підприємства. *Наукові інновації та передові технології. Серія «Економіка»*. 2024. Т. 1(29). С. 431–442. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1\(29\)-431-442](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1(29)-431-442)
4. Балан В.Г., Бабенко Д.М. Модель управління конкурентоспроможністю дослідницьких університетів. *Ефективна економіка*. 2020. № 5. С. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.5.84>
5. М'ячин В.Г., Алейнікова К.В. Сучасні та перспективні методи оцінки конкурентоспроможності інноваційних підприємств та конкурентоспроможності інноваційної продукції. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2018. Випуск 22. Ч. 2. С. 134–137.
6. Піддубна Л.І. Конкурентоспроможність економічних систем: теорія, механізм регулювання та управління : монографія. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2007. 368 с.
7. Azarova A., Zhytkevych O. Mathematical methods of identification of Ukrainian enterprises competitiveness level by fuzzy logic using. *Economic Annals-XXI*. 2013. № 9–10(2). С. 59–62.
8. Jonson G., Scholes K., Whittington R. Exploring Corporate Strategy. An Approach to Strategic Management. Pearson Education Limited, 2008. 622 p.
9. Pamucar D., Deveci M., Gokasar I., Işık M., Zizovic M. Circular economy concepts in urban mobility alternatives using integrated DIBR method and fuzzy Dombi CoCoSo model. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129096>

10. Ulutaş A., Popovic G., Radanov P., Stanujkic D., Karabasevic D. A new hybrid fuzzy PSI-PIPRECIA-CoCoSo MCDM based approach to solving the transportation company selection problem. *Technological and Economic Development of Economy*. 2021. Vol. 27. P. 1227–1249. DOI: <https://doi.org/10.3846/tede.2021.15058>

11. Yazdani M., Zarate P., Kazimieras Zavadskas E., Turskis Z. A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*. 2019. Vol. 57(9). P. 2501–2519. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-05-2017-0458>

References:

1. Balan V. H. (2020) Hibrydnyj pidxid do ocinjuvannja konkurentospromozhnosti pidprijemstv na osnovi COPRAS-G ta FUZZY COPRAS [A hybrid approach to evaluating the competitiveness of enterprises based on COPRAS-G and Fuzzy COPRAS]. *Odessa National University. Economy*, vol. 25, issue 4(83), pp. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.32782/2304-0920/4-83-6>

2. Balan V. H. (2020) Instrumentarii teorii nechitkykh mnozhyn u konkurentnomu analizi pidprijemstv [Fuzzy set theory toolkit in competitive analysis of enterprises]. *Market Infrastructure*, vol. 45, pp. 58–65. DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastructure45-10>

3. Balan V. H. (2024) Metodychnyi pidkhid do formuvannja ta nechitkoho otsiniuvannja misii pidprijemstva [A methodical approach to the formation and fuzzy assessment of the enterprise mission]. *Scientific innovations and advanced technologies, Economics Series*, vol. 1(29), pp. 431–442. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1\(29\)-431-442](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2024-1(29)-431-442)

4. Balan V. H., Babenko D. M. (2020) Model upravlinnja konkurentospromozhnistiu doslidnytskykh universytetiv [Competitiveness management model of research universities]. *Efficient economy*, no. 5, pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.5.84>

5. M'iachyn V. H., Alejnikova K. V. (2018) Suchasni ta perspektyvni metody otsinky konkurentospromozhnosti innovatsijnykh pidprijemstv ta konkurentospromozhnosti innovatsijnoi produktsii [Modern and promising methods of assessing the competitiveness of innovative enterprises and competitiveness of innovative products]. *Uzhorod National University Herald. International Economic Relations And World Economy*, vol. 22, part 2, pp. 134–137.

6. Piddubna L. I. (2007) *Konkurentospromozhnist' ekonomichnykh system: teoriia, mekhanizm rehuliuвання ta upravlinnja: monohrafiia* [Competitiveness of economic systems: theory, mechanism of regulation and management: monograph]. Kharkiv: VD "INZhEK". (in Ukrainian)

7. Azarova A., Zhytkevych O. (2013) Mathematical methods of identification of Ukrainian enterprises competitiveness level by fuzzy logic using. *Economic Annals-XXI*, no. 9–10(2), pp. 59–62.

8. Jonson G., Scholes K., Whittington R. (2008) *Exploring Corporate Strategy. An Approach to Strategic Management*. Pearson Education Limited.

9. Pamucar D., Deveci M., Gokasar I., Işık M., Zizovic M. (2021) Circular economy concepts in urban mobility alternatives using integrated DIBR method and fuzzy Dombi CoCoSo model. *Journal of Cleaner Production*, vol. 323. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.129096>

10. Ulutaş A., Popovic G., Radanov P., Stanujkic D., Karabasevic D. (2021) A new hybrid fuzzy PSI-PIPRECIA-CoCoSo MCDM based approach to solving the transportation company selection problem. *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 27, pp. 1227–1249. DOI: <https://doi.org/10.3846/tede.2021.15058>

11. Yazdani M., Zarate P., Kazimieras Zavadskas E., Turskis Z. (2019) A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, vol. 57(9), pp. 2501–2519. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-05-2017-0458>