УДК  330.131.7, 338.1, 339.5, 336.741

**<https://doi.org/>**

***Микола Мормуль*,**

кандидат технічних наук, доцент,

доцент Університету митної справи та фінансів, м. Дніпро (Україна)

<https://orcid.org/0000-0002-8036-3236>

***Дмитро Щитов*,**

кандидат економічних наук, докторант

Університету митної справи та фінансів, м. Дніпро (Україна)

<https://orcid.org/0000-0003-4306-8016>

***Олександр Щитов*,**

кандидат фізико-математичних наук, доцент,

викладач НВК-Ліцей № 100, м. Дніпро (Україна)

<https://orcid.org/0000-0002-1435-2918>

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ ЗА МЕТОДИКОЮ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО АНАЛІЗУ**

Тема оцінки ефективності діяльності українських підприємств електронної комерції за методикою багатокритеріального аналізу альтернатив є надзвичайно актуальною в умовах стрімкого розвитку цифрової економіки та зростання конкуренції на онлайн-ринку. У рамках дослідження визначаються ключові критерії для оцінки ефективності підприємств, зокрема фінансова стабільність, рівень обслуговування клієнтів, інноваційність, ринкова позиція та адаптивність до змінюваних умов ринку.

Застосування методів багатокритеріального аналізу дозволяє комплексно врахувати різноманітні фактори, що впливають на результати діяльності підприємств, та сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Методологія передбачає кілька етапів, зокрема збір та нормалізацію даних, визначення ваги критеріїв, проведення аналізу з подальшою інтерпретацією отриманих результатів.

Дослідження підкреслює як переваги, так і недоліки методів багатокритеріального аналізу альтернатив, акцентуючи увагу на важливості якісних даних та об’єктивності експертних оцінок для досягнення точних і надійних результатів. Зокрема, важливо зазначити, що якісні критерії та адекватне їхнє зважування можуть суттєво вплинути на результативність аналізу.

Отримані результати можуть стати основою для стратегічного планування, допомагаючи підприємствам вдосконалювати бізнес-процеси, підвищувати конкурентоспроможність і адаптуватися до динамічних змін на ринку електронної комерції в Україні. Визначення сильних і слабких сторін підприємств дозволить не лише оптимізувати їхні внутрішні процеси, але й поліпшити взаємодію з клієнтами та партнерами, що, в свою чергу, сприятиме розвитку всієї галузі.

У подальших дослідженнях запропоновано зосередитися на аналізі та методиці інтеграції методів багатокритеріального аналізу з алгоритмами машинного навчання.

***Ключові слова: багатокритеріальна оптимізація, електронна комерція, альтернативи, управлінські рішення, стратегія, ризик***

**JEL classification*: D12, F14, F23***

The topic of evaluating the performance of Ukrainian e-commerce enterprises using the method of multi-criteria analysis of alternatives is extremely relevant in the conditions of the rapid development of the digital economy and the growth of competition in the online market. Within the framework of the study, key criteria for evaluating the efficiency of enterprises are determined, in particular, financial stability, level of customer service, innovativeness, market position and adaptability to changing market conditions.

The application of multi-criteria analysis methods allows to comprehensively take into account various factors that influence the results of the enterprises' activities, and contributes to the adoption of well-founded management decisions. The methodology involves several stages, including data collection and normalization, determining the weight of criteria, conducting an analysis with subsequent interpretation of the results.

The study highlights both the advantages and disadvantages of methods of multi-criteria analysis of alternatives, emphasizing the importance of quality data and objectivity of expert evaluations to achieve accurate and reliable results. In particular, it is important to note that qualitative criteria and their adequate weighting can significantly affect the effectiveness of the analysis.

The obtained results can become the basis for strategic planning, helping enterprises to improve business processes, increase competitiveness and adapt to dynamic changes in the e-commerce market in Ukraine. Determining the strengths and weaknesses of enterprises will allow not only to optimize their internal processes, but also to improve interaction with customers and partners, which, in turn, will contribute to the development of the entire industry.

In further research, it is proposed to focus on the analysis and methods of integration of multi-criteria analysis methods with machine learning algorithms.

***Keywords: multicriteria optimization, e-commerce, alternatives, management decisions, strategy, risk***

**JEL класифікація*: D12, F14, F23***

**Вступ**

В умовах швидкого розвитку електронної комерції в Україні виникає потреба в ефективному управлінні підприємствами, що працюють у цій сфері. Оцінка їх ефективності стає важливим завданням, яке потребує системного підходу та врахування численних факторів, що впливають на результати діяльності.

Сучасні українські підприємства електронної комерції стикаються з різними викликами: жорстка конкуренція, зміни в споживчих уподобаннях, технологічні інновації та економічна нестабільність. Це зумовлює необхідність використання багатокритеріального аналізу для об’єктивної оцінки їх роботи, оскільки традиційні методи оцінки можуть бути недостатньо гнучкими або неадекватними для розуміння всіх аспектів діяльності підприємства.

Оцінка ефективності українських підприємств електронної комерції за методикою багатокритеріального аналізу є актуальним завданням, що вимагає комплексного підходу. Розв’язання цієї проблеми не лише дозволить підвищити конкурентоспроможність підприємств, а й сприятиме розвитку всієї галузі електронної комерції в Україні.

**Мета та завдання**

Метою дослідження є: 1) розгляд основних проблем вибору управлінських рішень в соціально-економічних, управлінських та інформаційно-технічних системах з врахуванням багатокритеріальності; 2) зазначення основних етапів та методів розв’язання задач векторної оптимізації та багатокритеріального вибору альтернатив; 3) застосування експертних оцінок в цих задачах; 4) розробка методики прийняття управлінських рішень на підприємствах, які зайняті у сфері електронної комерції, в умовах багатокритеріальності, ризику та невизначеності. Для досягнення поставленої мети реалізовано наступні основні завдання.

1. Проаналізовано загальні питання та основні проблеми вибору управлінських рішень в умовах багатокритеріальності.
2. Зазначені основні етапи та методи розв’язання задач векторної оптимізації та багатокритеріального вибору альтернатив.

**Методи дослідження**

У процесі дослідження використано діалектичний метод наукового пізнання, порівняння, аналіз і синтез, узагальнення, систематизація, а також загальнонаукові та спеціальні (математичні та інформаційні) методи дослідження.

**Аналіз останніх джерел та публікацій**

### Значний вклад у розвиток багатокритеріальних методів прийняття рішень, застосовуваних до електронної комерції, що допомагає покращити ефективність стратегій, оцінювати бізнес-моделі, оптимізувати процеси та забезпечувати конкурентоспроможність підприємств в онлайн-середовищі, внесли зарубіжні вчені. Так, один з провідних експертів у галузі багатокритеріального аналізу і щодо застосування в управлінні та бізнесі, зокрема в е-комерції Сальватор Греко (Greco) працював над розвитком методів та моделей, які допомагають оцінювати і порівнювати різні варіанти стратегій та моделей в електронному бізнесі. Массімо Ергот свої праці присвятив застосуванню багатокритеріальних методів у бізнесі, зокрема в е-комерції. Дослідження Ренато Ріоса (Rios) допомагають зрозуміти, як оптимізувати і приймати ефективні рішення в е-комерції за допомогою МКДА. Дуглас Уолф (Wolf) працює над проблемами прийняття рішень у сфері е-комерції, зокрема використовуючи багатокритеріальні методи для оптимізації онлайн-бізнесу. Його роботи зосереджені на прийнятті рішень щодо стратегічних ініціатив в e-commerce.

Розвідки Марека Я. Друждзеля (Druzdzel), одного з визнаних експертів у галузі прийняття рішень та використання інформаційних технологій в бізнесі, включаючи електронну комерцію, охоплюють моделювання й аналіз складних бізнес-процесів за допомогою багатокритеріального аналізу. Єлена М. Йованович (Jovanović) досліджує застосування різних методів аналізу в електронній комерції, включаючи багатокритеріальний підхід для вибору та оптимізації стратегій розвитку в е-комерції.

З досліджень останніх років, присвячених питанню прийняття рішень в електронній комерції, можна зазначити такі: книгу Д. Глазера, де розглядаються задачі комерції з використанням кількох критеріїв у проблемі прийняття рішення [1]; статтю Л. Лю и С. Фонга, в якій запропоновано структуру багатокритеріального аналізу рішень (MCDM) для оцінки основних торгових веб-сайтів електронної комерції [2]; монографію А. Беля, присвячену гібридним багатокритеріальним моделям, теорії цінності та охоплення даних, а також методам багатокритеріального аналізу, які можна адаптувати до специфіки електронної комерції, зокрема для оцінки ефективності підприємств у сфері онлайн-продажів [3]; працю П. Патіла, де автор досліджує процеси прийняття стратегічних рішень, прийняті компаніями електронної комерції, а також оглядає роль аналітики даних, штучного інтелекту та технологічних досягнень у формуванні бізнес-стратегій [4]; статтю С. Греко та його колег [5].

Серед українських вчених, які внесли суттєвий вклад у питання дослідження і розв’язання багатокритеріальних задач, слід згадати імена В. Вітлинського, В. Кігеля, А. Марюти, К. Ковальчука, Ю. Почтмана, В. Скалозуба та інших.

Останнім часом на українському просторі цій проблемі приділяють все більше уваги, особливо з розвитком е-комерції. Так, В. Михайлов у статті [6] після порівняльного аналізу алгоритмів чисельного розв’язання задач нелінійного програмування реалізує алгоритм багатокритеріальної оптимізації методом Монте-Карло на алгоритмічній мові програмування Java; за приклад береться вибір кращого для того чи іншого споживача товару за кількома критеріями. Автори досліджень [7, c.23-27] та [8, c. 6-17] розглядають питання постановки та розв’язання багатокритеріальних задач щодо об’єктів економічної та фінансової природи, а разом з формальними аналітичними і чисельними методами використовують емпіричні методи. Автори посібника наводять різноманітні методи багатокритеріальних задач прийняття рішень [9, с. 39-68]. Багатокритеріальний підхід в аналізі економічних систем в різних контекстах розглядають також В. Перепелиця [10], Н. Максишко [11], В. Подиновський [12], О. Гіріна, В. Івченко [13] та інші. А у роботі [14], окрім загального огляду проблем векторної оптимізації розроблено практичну реалізацію багатокритеріального вибору альтернатив для оцінки ефективності роботи підприємств з використанням експертних оцінок.

У приведених розвідках розглядаються загальні проблеми векторної оптимізації та вибору альтернатив з врахуванням кількох показників, часто використовують дуже формалізований математичний апарат без практичного застосування. Недостатньо розглянуто соціально-економічні та інформаційно-технічні задачі з врахуванням багатокритеріальності і специфіки їх розв’язання. Крім того, в цих задачах для якісних критеріїв треба використовувати експертні оцінки, що практично не робилось. Тому розробка методики розв’язання багатокритеріальних задач в економіці і, зокрема, у сфері електронної комерції, яка зараз перебуває на піку свого розвитку, вважається вкрай актуальною.

**Результати**

Багатокритеріальні задачі в електронній комерції (ЕК) часто виникають у процесі прийняття рішень, коли потрібно враховувати різноманітні фактори та критерії. Це можуть бути як фінансові показники, такі як прибутковість, витрати на маркетинг, так і нефінансові аспекти, наприклад, рівень задоволеності клієнтів, швидкість обробки замовлень, якість обслуговування та інноваційність технологій. В умовах динамічного ринку електронної комерції підприємства часто стикаються з необхідністю вибору між кількома альтернативами, наприклад, при виборі постачальників, каналів збуту або рекламних стратегій. У таких випадках важливо не лише проаналізувати кожну з альтернатив за окремими критеріями, але й знайти оптимальний розв’язок, який би задовольняв більшість вимог. Для цього застосовують методи багатокритеріального аналізу, які дозволяють структуровано оцінювати різні альтернативи (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Багатокритеріальні задачі в електронній комерції**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № з/п | Критерій | Пояснення | Методи розв’язання |
| 1 | Вибір постачальників | При виборі постачальників важливо оцінити їхню ціну, якість продукції, терміни доставки та надійність. Кожен з цих критеріїв має різну вагу в залежності від стратегії бізнесу. | 1. AHP (Analytic Hierarchy Process): структуризація задачі в ієрархічній формі, що дозволяє оцінити важливість кожного критерію.  2. Критерій доходу: аналіз витрат і вигід при виборі постачальника. |
| 2 | Оцінка маркетингових каналів | Бізнес може використовувати різні канали для реклами (соціальні мережі, SEO, контекстна реклама тощо). Критерії включають вартість, охоплення аудиторії, конверсію і ROI (прибуток на інвестиції). | 1) Метод експертних оцінок: залучення фахівців для оцінки ефективності каналів.  2) Багатокритеріальна оптимізація: використання програмних засобів для аналізу даних і прогнозування. |
| 3 | Цінова стратегія | Визначення оптимальної ціни для продуктів може залежати від конкурентних цін, попиту на ринку, витрат на виробництво та бажаної маржі. | 1) Цінове моделювання: використання статистичних моделей для прогнозування впливу цін на продажі.  2) Аналіз чутливості до ціни: визначення, як зміна ціни вплине на попит. |
| 4 | Оптимізація асортименту | Вибір продуктів для продажу може базуватися на попиті, сезонності, прибутковості та наявності товару. | 1) ABC-аналіз: сегментація продуктів за їх значенням для бізнесу.  2) Кластерний аналіз: групування продуктів за спільними ознаками. |
| 5 | Аналіз клієнтської бази | Сегментація клієнтів може проводитися за різними критеріями, такими як поведінка покупок, демографія, дохід та інші. Це допомагає в розробці цілеспрямованих маркетингових кампаній. | 1) Методи машинного навчання: алгоритми класифікації та кластеризації для виявлення закономірностей.  2) Аналіз життєвого циклу клієнта (CLV): оцінка потенційної вигоди від клієнта протягом всього періоду співпраці. |

*Джерело: авторська розробка*

Загалом, багатокритеріальні задачі в електронній комерції вимагають збору та аналізу великих обсягів даних. Інструменти аналітики (Google Analytics, CRM-системи) дозволяють відстежувати поведінку клієнтів, ефективність рекламних кампаній і в цілому оптимізувати бізнес-процеси.

Розглянемо приклади задач багатокритеріальної оптимізації в економіці: транспортна задача, у тому числі доставка (критерії – вартість, час); розподіл робіт між виконавцями (критерії – час, вартість, продуктивність, якість); планування діяльності фірми (критерії – витрати на рекламу, частка ринку, обсяг продажу); інвестування (критерії – очікуваний дохід, дисперсія доходу); ліквідація наслідків надзвичайної ситуації (критерії – соціально-економічного та економіко-фінансового змісту); вибір об’єктів капіталовкладень (соціальні, економічні, технічні критерії підприємств) тощо.

При прийнятті управлінських рішень розглядаються наступні етапи: діагноз проблеми, формулювання обмежень та критеріїв, виявлення альтернатив, оцінка альтернатив, вибір альтернативи. При побудові багатокритеріальних моделей прийняття рішень повинно враховуватись наступне: особа, що приймає рішення (ОПР), структурує та уточнює модель; модель повинна бути логічно несуперечлива, давати можливість використовувати інформацію від ОПР, бути простою і зручною (хоча б не дуже громіздкою) для аналізу і використання ОПР. Критеріями приймають такі показники, що характеризують ступень досягнення поставленої мети; є загальними і вимірними для всіх припустимих розв’язків; характеризують загальну цінність розв’язків таким чином, що по ним бажають одержувати найкращі оцінки. Критерії, що застосовуються в задачах багатокритеріальної оптимізації та виборі альтернатив повинні мати низку властивостей:

– повноту (критерії мають забезпечувати адекватну оцінку об’єкта експертизи чи ступеня досягнення мети);

– чіткість (критерії повинні мати зрозуміле для ОПР формулювання, ясний і однозначний зміст);

– операційність (сприяти прийняттю ефективних рішень, тобто характеризувати основні аспекти ситуації та бути доступними для отримання оцінок для кожного об’єкта по кожному з критеріїв);

– групування (ОПР зручно працювати з невеликою кількістю критеріїв, якщо критеріїв багато, то їх поділяють на групи);

– неповторність (критерії не повинні дублюватися);

– мінімальний розмір (до набору критеріїв включають тільки ті, без яких оцінка ситуації неможлива);

– вимірність (кожен критерій має допускати можливість кількісної або якісної оцінки);

ОПР повинна приймати несуперечливі та транзитивні рішення при порівнянні альтернатив.

Значна роль при розв’язанні багатокритеріальних задач належить оціночним системам, які включають такі складові: критерії, що характеризують об’єкт або мету; оцінку порівняльної важливості критеріїв; шкалу для оцінки проектів за критеріями; формування принципу вибору. Оцінка об’єктів та ступені досягнення мети можуть бути виміряні тільки за допомогою спеціальних критеріїв, що відповідають даній моделі, як кількісних, так і якісних. Якісні критерії, наприклад: імідж фірми, ступень ризику, конкурентоспроможність, ресурсозбереження, екологічна безпека, соціальна значущість проекту та об’єктивні критерії, що відносяться до майбутніх періодів, можуть бути виміряні тільки суб’єктивно. Тому важливим етапом є проведення процесу експертного оцінювання.

1. ***Методи розв’язання багатокритеріальних задач***

Для вирішення багатокритеріальних задач використовуються різні методи, які допомагають систематизувати інформацію, визначити пріоритети і приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності. Серед них наступні.

І. *Метод ієрархічного аналізу* (AHP, Analytic Hierarchy Process) – це структурований метод прийняття рішень, який допомагає оцінити та порівняти різні альтернативи за багатьма критеріями. Його можна використовувати в різних сферах, включаючи електронну комерцію.

Метод AHP є потужним інструментом для прийняття рішень в умовах багатокритеріальності, що дозволяє систематизувати та обґрунтувати вибір на основі чітких критеріїв. Його основні етапи представлені у табл. 2.

*Таблиця 2*

**Основні етапи методу АНР**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № з/п | Назва етапу | Характеристика |
| 1 | Визначення мети | Спочатку потрібно чітко сформулювати мету, наприклад, вибір постачальника або маркетингового каналу. |
| 2 | Структурування ієрархічної моделі | Створюється ієрархічна модель, яка складається з трьох рівнів: 1) верхній рівень: мета; 2) середній рівень: критерії (наприклад, ціна, якість, терміни доставки); 3) нижній рівень: альтернативи (наприклад, конкретні постачальники). |
| 3 | Параметричне порівняння | Учасники процесу оцінюють важливість кожного критерію та порівнюють альтернативи за кожним критерієм. Для цього використовують шкалу від 1 до 9: 1 – рівнозначні; 3 – дещо важливіша; 5 – значно важливіша; 7 – дуже важливіша; 9 – винятково важливіша. |
| 4 | Розрахунок ваг | На основі отриманих оцінок обчислюються ваги критеріїв і альтернатив. Зазвичай для цього використовуються матриці парних порівнянь. |
| 5 | Перевірка консистентності | Важливо перевірити, чи є оцінки консистентними. Для цього розраховується коефіцієнт консистентності (CR). Якщо CR менше 0,1, то оцінки вважаються прийнятними. |
| 6 | Агрегація результатів | Ваги критеріїв множаться на оцінки альтернатив за відповідними критеріями, і результати сумують, що дозволяє отримати загальний рейтинг альтернатив. |

*Джерело: авторська розробка*

Наведемо приклад використання AHP. Уявімо, що компанія вибирає постачальника. Критерії, які потрібно врахувати, можуть бути: ціна; якість; надійність. Постачальники, які оцінюються, можуть включати постачальників A, B і C. Маємо наступний алгоритм.

1. Створюємо ієрархію: мета – вибір постачальника, критерії – ціна, якість, надійність, альтернативи – A, B, C.
2. Проводимо порівняння: оцінюємо, наскільки важливі ціна, якість і надійність критеріїв, а також оцінюємо постачальників за цими критеріями.
3. Обчислюємо ваги: на основі порівняння отримуємо ваги критеріїв і альтернатив.
4. Аналізуємо результати: порівнюємо загальні бали постачальників і обираємо найкращого.

ІІ. *Метод аналізу ефективності та якісного порівняння* (TOPSIS, Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) – це багатокритеріальний метод прийняття рішень, який дозволяє оцінити та порівняти різні альтернативи на основі їхніх характеристик. TOPSIS ґрунтується на принципі, що найкраща альтернатива повинна бути найближчою до ідеального рішення та найдальшою від антиідеального рішення. Основні етапи цього методу представлені у табл. 3.

*Таблиця 3*

**Основні етапи TOPSIS**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № з/п | Етап | Характеристика |
| 1 | Визначення мети та критеріїв | Чітке формулювання проблеми, що потребує вирішення, а також визначення критеріїв оцінки альтернатив (наприклад, ціна, якість, терміни доставки). |
| 2 | Складання матриці рішень | Формується матриця, де рядки представляють альтернативи, а стовпці – критерії. Кожен елемент матриці – це значення, яке відповідає конкретному критерію для кожної альтернативи. |
| 3 | Нормалізація матриці | Для того щоб порівняти альтернативи, значення критеріїв нормалізуються, щоб усі критерії мали однакову шкалу. Зазвичай використовується метод вектора нормалізації. |
| 4 | Визначення ваг критеріїв | Якщо критерії мають різну значущість, їм присвоюються ваги. Ваги можуть бути визначені експертами або за допомогою інших методів (наприклад, AHP). |
| 5 | Обчислення зваженої нормалізованої матриці | Кожен елемент нормалізованої матриці множиться на відповідну вагу критерію. |
| 6 | Визначення ідеальних і антиідеальних рішень | Ідеальне рішення (найкраще значення) визначається як максимальні значення для позитивних критеріїв і мінімальні для негативних. Антиідеальне рішення (найгірше значення) – навпаки. |
| 7 | Обчислення відстаней | Відстань кожної альтернативи до ідеального рішення. Відстань до антиідеального рішення. |
| 8 | Обчислення коефіцієнта близькості | Для кожної альтернативи обчислюється коефіцієнт близькості до ідеального рішення, який розраховується як відношення відстані до антиідеального рішення до суми відстаней до обох рішень. |
| 9 | Ранжування альтернатив | Альтернативи ранжуються відповідно до їхніх коефіцієнтів близькості – чим вищий коефіцієнт, тим краща альтернатива. |

*Джерело: авторська розробка*

Наведемо приклад використання TOPSIS. Уявімо, що компанія вибирає постачальника з трьома критеріями: ціна, якість, терміни доставки. Етапи застосування методу.

1. Обираємо постачальників, яких потрібно оцінити, – A, B, C.
2. Складаємо матрицю рішень:
3. Нормалізуємо матриці.
4. Визначаємо ваги: наприклад, ціна – 0,5; якість – 0,3; терміни доставки – 0,2.
5. Обчислюємо зважену нормалізовану матрицю.
6. Визначаємо ідеальні і антиідеальні рішення.
7. Обчислюємо відстані до рішень.
8. Обчислюємо коефіцієнт близькості.
9. Ранжуємо альтернативи.

TOPSIS є ефективним інструментом для прийняття рішень у ситуаціях з багатьма критеріями, що дозволяє систематизувати інформацію та обрати оптимальні альтернативи на основі аналізу даних.

ІІІ. *Моделі прийняття рішень на основі даних*, зокрема машинне навчання, відіграють важливу роль в електронній комерції, допомагаючи компаніям оптимізувати бізнес-процеси, підвищувати ефективність маркетингу та поліпшувати обслуговування клієнтів.

IV. *Методи багатокритеріального вибору альтернатив*. При цьому підході виникають три основні проблеми. Перша проблема пов’язана з вибором принципу оптимальності, який дає відповідь на запитання: в якому сенсі оптимальна альтернатива (розв’язок) краще за всі інші допустимі розв’язки. Сукупність показників якості системи доводиться порівнювати на основі деякої схеми компромісу, що відповідає методам розв’язку багатокритеріальних задач. Друга проблема пов’язана з нормалізацією векторного критерію ефективності  Оскільки дуже часто локальні критерії якості системи мають різні масштаби виміру і їх порівняння стає важким або навіть неможливим, доводиться зводити критерії до одного масштабу виміру, тобто нормалізувати їх (зазвичай зводити до безрозмірних величин). Третя проблема пов’язана з урахуванням пріоритету (ступеня важливості) частинних критеріїв, для чого вводиться вектор розподілу важливості (пріоритету) критеріїв , за допомогою якого корегується принцип оптимальності і підсилюється або ослаблюється роль відповідного критерію (). Усі ці труднощі мають не обчислювальний, а концептуальний характер, тому при розв’язанні цих проблем повинна брати участь ОПР.

V. *Метод організації рейтингу переваг для оцінки збагачення* **PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)** використовує різні види переваг для ранжування альтернатив за кількома критеріями.

Застосування багатокритеріальних методів дозволяє підприємствам електронної комерції не лише краще аналізувати свої можливості, але й ухвалювати більш обґрунтовані рішення, що, в свою чергу, сприяє підвищенню їх конкурентоспроможності та ефективності. Цей підхід особливо важливий в умовах швидких змін ринкових умов і зростаючих вимог споживачів. Але у кожного із зазначених методів є свої переваги та недоліки (табл. 4).

*Таблиця 4*

**Переваги та недоліки методів розв’язання багатокритеріальних задач**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № з/п | Переваги | Недоліки |
| І | *Метод ієрархічного аналізу* | |
| 1 | Структурованість: допомагає організувати складну інформацію. | Суб’єктивність: оцінки залежать від думки експертів. |
| 2 | Гнучкість: метод можна використовувати для різних типів задач. | Складність: для великих систем може бути важко управляти числом альтернатив і критеріїв. |
| 3 | Візуалізація: чітка ієрархічна структура полегшує розуміння процесу прийняття рішень. |  |
| ІІ | *Метод аналізу ефективності та якісного порівняння* | |
| 1 | Простота: легко зрозуміти та реалізувати. | Суб’єктивність: визначення ваг може бути суб’єктивним. |
| 2 | Гнучкість:може бути використаний для різних типів задач. | Чутливість до даних: вихідні дані можуть вплинути на результати, особливо якщо є неточності. |
| 3 | Швидкість: методефективний навіть для великих наборів даних. |  |
| ІІІ | *Моделі прийняття рішень на основі даних (наприклад, машинне навчання)* | |
| 1 | Машинне навчання може покращити обслуговування клієнтів. | **Якість даних**: успішність моделей залежить від якості і кількості даних. Погані дані можуть призвести до некоректних висновків. |
| 2 | Може прогнозувати асортимент продуктів або послуг. | **Складність моделей**: деякі моделі можуть бути важкими для розуміння і інтерпретації. |
| 3 | **Динамічне ціноутворення**: використання алгоритмів для автоматичного коригування цін у реальному часі. | **Захист даних**: використання особистих даних клієнтів вимагає дотримання етичних норм і законодавства про захист даних. |
| IV. | *Методи багатокритеріального вибору альтернатив* | |
| 1 | Комплексний підхід: ці методи дозволяють враховувати багато різних критеріїв одночасно, що забезпечує більш об’єктивний аналіз. | **Складність: реалізація методів** може бути складною, особливо для новачків. |
| 2 | Гнучкість: методи можуть бути адаптовані до різних ситуацій і потреб, що дозволяє їх використовувати в багатьох сферах (бізнес, медицина, екологія тощо). | **Суб’єктивність:** визначення ваг критеріїв і експертні оцінки можуть бути суб'єктивними, що впливає на результати. |
| 3 | Візуалізація результатів: дозволяють наочно порівнювати альтернативи, що спрощує ухвалення рішень. | **Чутливість до змін:** невеликі зміни в даних або вагових коефіцієнтах можуть суттєво вплинути на результати. |
| 4 | Залучення експертних оцінок: часто включають можливість врахування думки експертів, що може підвищити якість оцінки. | Обмеження при великій кількості альтернатив: при аналізі великої кількості альтернатив можуть виникнути труднощі з обробкою даних і сприйняттям результатів. |
| 5 | Можливість врахування нечислових критеріїв. | Необхідність в якісних даних: для адекватного використання методів потрібні якісні та вірогідні дані, що не завжди можливо забезпечити. |

*Джерело: авторська розробка*

При оцінці ефективності діяльності українських підприємств електронної комерції за методикою багатокритеріального аналізу потребують дослідження наступні проблеми.

1. **Визначення критеріїв ефективності**: з’ясувати, які показники найкраще відображають успішність підприємств електронної комерції в Україні? Як їх інтегрувати в систему оцінки?
2. **Методологія багатокритеріального аналізу**: обґрунтувати, які методи найбільш підходять для оцінки ефективності українських підприємств електронної комерції? Як адаптувати існуючі моделі до специфіки національного ринку?
3. **Порівняльний аналіз**: визначитися з питанням, як порівняти результати різних підприємств у сфері електронної комерції? Які фактори слід враховувати для адекватного порівняння?
4. **Вплив зовнішніх факторів**: проаналізувати, як економічні, соціальні, побутові та технологічні зміни впливають на ефективність підприємств електронної комерції?
5. **Розробка рекомендацій**: на основі отриманих результатів скласти рекомендації, які можна надати підприємствам для покращення їхньої ефективності у сфері електронної торгівлі.

Загальна оцінка ефективності діяльності підприємств електронної комерції може бути здійснена в кілька етапів (табл. 5).

*Таблиця 5*

**Основні етапи оцінки ефективності діяльності підприємств е-комерції**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № з/п | Крок | Вміст |
| 1 | Визначення критеріїв оцінки | Необхідно визначити ключові критерії, за якими буде проводитися оцінка підприємств. Це можуть бути: фінансова ефективність (прибуток, рентабельність); клієнтська база (кількість активних користувачів, рівень утримання клієнтів); якість обслуговування (швидкість доставки, рівень підтримки); інноваційність (використання нових технологій, адаптація до змін); ринкова позиція (частка ринку, конкурентоспроможність). |
| 2 | Збір даних | Необхідно зібрати дані по кожному з критеріїв для підприємств, які аналізуються. Це можуть бути як кількісні, так і якісні показники. |
| 3 | Нормалізація даних | Оскільки критерії можуть мати різні одиниці виміру, важливо провести їх нормалізацію, щоб привести всі дані до єдиного масштабу (наприклад, від 0 до 1). |
| 4 | Визначення ваг критеріїв | Залежно від важливості кожного критерію, слід призначити ваги. Це можна зробити за допомогою експертних оцінок або методів, таких як метод парних порівнянь. |
| 5 | Проведення аналізу | Потрібно застосувати одну з методик, наприклад, TOPSIS або PROMETHEE. Ці методи дозволяють ранжувати альтернативи (підприємства) на основі набраних балів за критеріями. |
| 6 | Інтерпретація результатів | Бажано проаналізувати отримані результати, виявивши найефективніші підприємства, а також ті, які потребують поліпшення. Важливо також розглянути, чому певні підприємства отримали такі оцінки. |
| 7 | Рекомендації | На основі аналізу пропонується сформулювати рекомендації для покращення ефективності підприємств електронної комерції в Україні. Це можуть бути стратегічні зміни, впровадження нових технологій чи поліпшення сервісу. |

*Джерело: авторська розробка*

Цей підхід дозволяє комплексно оцінити діяльність підприємств електронної комерції та виявити їхні сильні і слабкі сторони.

1. ***Багатокритеріальний аналіз альтернатив***

Загальний вигляд задачі багатокритеріальної оптимізації:

 (1)

де – вектор керованих параметрів системи, які змінюються у певних межах і характеризують різні сторони системи; *D* – множина допустимих розв’язків (варіантів) системи, що задає область змінювання параметрів системи, яка оптимізуються;  – показники ефективності (критерії якості) системи; *n* – кількість критеріїв; *extr* – найкращий (екстремум), тобто максимум або мінімум критерію якості;  – векторний критерій, *opt* - оптимізаційний оператор, який означає сукупність вимог до системи з усіх критеріїв якості;  – обмеження задачі.

Розв’язання задачі багатокритеріальної оптимізації полягає у виборі з множини допустимих розв’язків *D* такого розв’язку , на якому критерії  набувають якомога кращих значень. Не змінюючи загальності, критерії будемо максимізувати (*extr* = *max*), оскільки 

Задача векторної оптимізації (1) зводиться до скалярної задачі:

 де – інтегральний критерій якості (узагальнена функція мети), який є інтеграцією усіх показників якості системи (об’єкту, мети)  Цю функцію отримують у чіткому вигляді – шляхом завдання математичної формули, яка відповідає заданому принципу оптимальності, або в нечіткому вигляді – шляхом побудови алгоритму, що реалізує задану схему компромісу.

Моделі можуть бути досить складними: багатопараметричними, багатокритеріальними та багатоекстремальними. Розв’язання цих задач залежить від ефективного алгоритму побудови узагальненого критерію та алгоритмів і програм розв’язання скалярних екстремальних задач.

Розв’язок задачі (1) знаходиться серед ефективних розв’язків за Перето. Вектор  є ефективним розв’язком задачі (1), якщо не існує такого вектору , що  причому хоча б для одного значення *і* має місце строга нерівність. Область Парето – це є множина допустимих розв’язків, для яких неможливо одночасно покращити усі показники (тобто покращити хоча б один з них, не погіршуючи інших).

Під час прийняття управлінських рішень часто необхідно провести багатокритеріальний аналіз альтернатив, не використовуючи оптимізації критеріїв, як задач математичного програмування. Ці задачі мають специфічний характер розв’язання. Припустимо, що задано *n* критеріїв ефективності функціонування системи*: f*1*, …, fn* та *m* альтернатив: *A*1*, …, Am* (стратегій, проектів тощо) при заданих зовнішніх умовах. Множина допустимих планів *D* є сукупність альтернатив: *D =* {*A*1*, A*2*, …, Am*}*.* Відомі (обчислені) значення всіх критеріїв для кожної з альтернатив: *fj*(*Ai*) *= fij*.

Домінуючі стратегії (альтернативи), тобто такі, для яких усі критерії приймають значення не гірші за інших значень критеріїв на відповідних альтернативах – зустрічаються дуже рідко. Тому доводиться застосовувати методи багатокритеріального вибору з певним принципом компромісу. Ці задачі інколи розв’язуються методами порівняння альтернатив та методами компенсації [10], які мають ряд недоліків, наприклад, не враховують важливість критеріїв. Використання формальних методів істотно підвищує якість прийняття рішень.

***3. Практична реалізація методики багатокритеріальної оцінки альтернатив***

Розглянемо наступну багатокритеріальну задачу оцінки ефективності роботи підприємств електронної торгівлі. Є шість підприємств (альтернативи *А*1, *А*2, *А*3, *А*4, *А*5, *А*6), які конкурують між собою. Слід оцінити ефективність їх діяльності. Спочатку необхідно провести ранжування роботи підприємств.

Ефективність діяльності цих підприємств визначається за допомогою десяти критеріїв якості: 1) прибутку, 2) здатності зберігати фінансову рівновагу (фінансова стабільність, коефіцієнт якої розраховується як співвідношення суми власного капіталу і довгострокових зобов’язань до суми пасивів), 3) доходів, 4) рівня обслуговування клієнтів (якість взаємодії з клієнтами та задоволеність їхніх потреб), 5) здатності впроваджувати нові технології та ідеї (інноваційність), 6) ринковою позицією (частка ринку, яку займає підприємство в порівнянні з конкурентами), 7) логістикою та доставкою (ефективність організації постачання та доставки товарів), 8) репутацією (сприйняття бренду серед споживачів та партнерів), 9) адаптивністю до змін (здатність підприємства швидко реагувати на зміни ринкових умов).

Перші три критерія є кількісними, а їх значення визначені для кожного підприємства в абсолютних або умовних одиницях (табл. 6).

*Таблиця 6*

**Значення критеріїв**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Альтер-нативи  (підпри-ємства),  *Аi* | Цілі (критерії) | | | | | | | | | | |
| Прибуток, тис. гр. од.,  *f*1 | Фінансова стабіль- ність,  *f*2 | | Доходи, тис. гр. од.,  *f*3 | | Рівень обслуговування клієнтів,  *f*4 | Іннова-цій- ність,  *f*5 | Ринкова позиція, *f*6 | Логістика та доставка,  *f*7 | Ре-пу-тація  *f*8 | Адап-тив-ність до змін  *f*9 |
| *А*1 | 150 | 37 | | 190 | |  |  |  |  |  |  |
| *А*2 | 220 | 20 | | 300 | |  |  |  |  |  |  |
| *А*3 | 250 | 15 | | 340 | |  |  |  |  |  |  |
| *А*4 | 230 | 30 | | 350 | |  |  |  |  |  |  |
| *А*5 | 160 | 12 | | 220 | |  |  |  |  |  |  |
| *А*6 | 240 | 20 | | 390 | |  |  |  |  |  |  |

*Джерело: авторська розробка*

Останні шість критеріїв 4-9 є якісними, і для їх оцінки для кожного підприємства використовуються експертні оцінки. Припустимо, що експерти можуть надавати бали за цими критеріями, застосовуючи бальну шкалу в інтервалі [0; 10]. Між вербальними характеристиками та балами застосовувалась така відповідність: [0, 2) – надзвичайно низька якість; [2, 3) – низька якість; [3, 6) – середня якість; [6, 9) – висока якість; [9, 10] – дуже висока якість.

Групову оцінку експертів обчислюватимемо за формулою:  де *fijk* – оцінка (бал) *k*-го експерта для оцінки *j*-го критерію *fj* для *і*-ої альтернативи *Аi*, – ваговий коефіцієнт компетентності для *k*–го експерта. Ступінь вірогідності оцінок виражається через вагові коефіцієнти, які відображають компетентність кожного експерта в досліджуваній проблемі. Ці коефіцієнти залежать від того, наскільки кожен експерт знайомий з аналізованою темою *kz*, а також від впливу різних джерел інформації на його думку *ka*: *qk = φ(kzk, kak).*

Коефіцієнт знайомства може визначатися шляхом прямої самооцінки, коли кожен експерт, наприклад, за десятибальною шкалою оцінює свій рівень обізнаності з обговорюваною проблемою (інтегральна самооцінка).

При експертній оцінці використовуються такі діапазони: 0 – незнайомий; (0, 3] – погано знайомий; (3, 6] – задовільно знайомий, але практично не вивчав; (6, 9) – добре знайомий; [9, 10] – чудово знайомий (вузький фахівець з даної проблеми). Коефіцієнт аргументованості *kа* отримується за формулою:  де *kd* – коефіцієнт довіри, що установлює відповідність між спеціалізацією експерта, його професійним рівнем і рівнем обговорюваної проблеми; *kс* – коефіцієнт відповідності експерта встановленим вимогам, що характеризує його творчі здібності, а також досвід у практичній та науково-організаційній діяльності. Для визначення коефіцієнта *kс* експерти заповнюють спеціальну таблицю, за якою їм нараховуються бали. Бал компетентності кожного експерта визначається за формулою:  А результуючий коефіцієнт компетентності обчислюється наступним чином:  Для спрощення припустимо, що коефіцієнти компетентності всіх експертів є однаковими: 

Тоді групова оцінка експертів обчислюється за формулою:

 (2)

У нашому випадку *р* = 5 (кількість експертів), *n* = 9 (кількість критеріїв), *m* = 6 (кількість підприємств).

Тоді групові оцінки, розраховані за формулою (2) і округлені до десятих, дорівнюють значенням, відображеним у (табл. 7, стовпці 4-9):

*Таблиця 7*

**Групові експертні оцінки якісних критеріїв**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | | 2 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Альтер-нативи  (підпри-ємства),  *Аi* | Цілі (критерії) | | | | | | | | | | |
| Прибуток, тис. гр. од.,  *f*1 | Фінансова стабіль- ність,  *f*2 | | Доходи, тис. гр. од.,  *f*3 | | Рівень обслуговування клієнтів,  *f*4 | Іннова-цій- ність,  *f*5 | Ринкова позиція, *f*6 | Логістика та доставка,  *f*7 | Ре-пу-тація  *f*8 | Адап-тив-ність до змін  *f*9 |
| *А*1 | 150 | 37 | | 190 | | 6,2 | 7,3 | 8,4 | 3,6 | 7,1 | 4,2 |
| *А*2 | 220 | 20 | | 300 | | 3,1 | 7,0 | 5,2 | 4,8 | 6,0 | 3,3 |
| *А*3 | 250 | 15 | | 340 | | 3,5 | 7,1 | 6,6 | 5 | 8,3 | 2,5 |
| *А*4 | 230 | 30 | | 350 | | 4,0 | 3,6 | 8,4 | 6,4 | 5,2 | 5,4 |
| *А*5 | 160 | 12 | | 220 | | 5,7 | 7,2 | 7,8 | 6,6 | 9,1 | 3,5 |
| *А*6 | 240 | 20 | | 390 | | 2,5 | 3,7 | 6,8 | 5,6 | 9,0 | 6,4 |

*Джерело: авторська розробка*

Значення критеріїв у табл. 7 приведені у різних одиницях виміру, тому необхідно привести їх до безрозмірного вигляду згідно формулам природної нормалізації (3)-(4):

 (3)

*fij* – значення *j*-го критерію для *i*-ї альтернативи, ;  – максимальні та мінімальні значення критеріїв для всіх альтернатив:

 (4)

Оскільки всі наші критерії максимізуються, застосовуємо першу формулу з (3), за якою отримуємо нормалізовані значення показників 1-9 (табл. 8).

*Таблиця 8*

**Нормалізовані значення показників**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Альтер-нативи | Цілі (критерії) | | | | | | | | | |
| *f*1 | *f*2 | | *f*3 | *f*4 | *f*5 | *f*6 | *f*7 | *f*8 | *f*9 |
| *А*1 | 0 | 1 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,487 | 0,436 |
| *А*2 | 0,7 | 0,32 | | 0,55 | 0,162 | 0,919 | 0 | 0,4 | 0,205 | 0,205 |
| *А*3 | 1 | 0,12 | | 0,75 | 0,270 | 0,946 | 0,438 | 0,467 | 0,795 | 0 |
| *А*4 | 0,8 | 0,72 | | 0,8 | 0,405 | 0 | 1 | 0,933 | 0 | 0,744 |
| *А*5 | 0,1 | 0 | | 0,15 | 0,865 | 0,973 | 0,813 | 1 | 1 | 0,256 |
| *А*6 | 0,9 | 0,32 | | 1 | 0 | 0,027 | 0,5 | 0,667 | 0,974 | 1 |

*Джерело: авторська розробка*

На основі цих критеріїв буде проведено багатокритеріальний аналіз для оцінки та порівняння ефективності роботи підприємств електронної торгівлі.

Розв’яжемо задачу кількома методами.

1. Метод рівномірної оптимальності.

 або 

**найкраща альтернатива.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Альтернативи  *Аі* | Суми  *Fі* |
|  | *А*1 | 4,923 |
|  | *А*2 | 3,461 |
|  | *А*3 | 4,785 |
|  | *А*4 | 5,402 |
|  | *А*5 | 5,157 |
|  | *А*6 | 5,388 |
|  | *max=* | 5,402 |

Згідно з принципом рівномірної оптимальності маємо наступне ранжування ефективності роботи підприємств (у порядку зменшення): *А*4, *А*6, *А*5, *А*1, *А*3, *А*2.

2. Метод справедливого компромісу.

 або 

Якщо підприємство отримало найгірше значення хоча б по одному критерію, тоді інтегральне значення показника дорівнює 0 (у цьому особливість методу справедливого компромісу). А оскільки кожний рядок таблиці 8 містить 0, а отже, всі добутки дорівнюватимуть нулю, то за цим методом неможливо виявити найефективніше підприємство.

3. Метод вагової згортки критеріїв.

 або  (5)

де вагові коефіцієнти критеріїв (). Ці коефіцієнти або отримують експерти в результаті проведення експертизи одним із методів, або їх визначає ОПР.

Припустимо, ОПР задає ненормовані вагові коефіцієнти критеріїв в 10-бальній шкалі. Тоді нормуючи ці коефіцієнти, отримуємо:

 (6)

У нашій задачі *n* = 9, ОПР задала такі ваги критеріїв:





Застосувавши формулу (6), отримуємо нормовані вагові коефіцієнти з точністю до тисячних.

 = 0,158; = 0,070; = 0,140; = 0,035; = 0,105; = 0,105;

 = 0,088; = 0,123; = 0,175.

Після чого за допомогою формули (5) отримуємо вагові згортки критеріїв.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Альтернативи  *Аі* | Суми  *Fі* |
|  | *А*1 | 0,452 |
|  | *А*2 | 0,409 |
|  | *А*3 | 0,565 |
|  | *А*4 | 0,621 |
|  | *А*5 | 0,511 |
|  | *А*6 | 0,714 |
|  | *max=* | 0,714 |

Згідно з методом вагової згортки критеріїв отримуємо наступне ранжування ефективності роботи підприємств у першому випадку: *А*6, *А*4, *А*3, *А*5, *А*1, *А*2. Якщо змінювати пріоритети критеріїв, то буде, взагалі кажучи, змінюватись і порядок ранжованих альтернатив. Якщо вагові коефіцієнти в усіх критеріях однакові, то інтегральний критерій для всіх альтернатив зменшиться у *n* = 9 раз по рівнянню з першим методом, але ефективності роботи підприємств не зміняться. Цей метод більш гнучкий і дозволяє визначати пріоритет ефективності роботи підприємств в залежності від вагових коефіцієнтів критеріїв.

4. Метод ідеальної точки (гарантованого результату або рівномірного стиснення).

 або де  Цей метод відповідає принципу Севіджа. Максимальні значення критеріїв  Матриця відхилень значень критеріїв від найкращих значень (аналог матриці ризику) має вигляд:  де 



Максимальні відхилення по кожній з шести альтернатив мають наступні значення: 1; 1; 1; 1; 1; 1. Тому мінімального з цих відхилень не існує. Якщо підприємство отримало найгірше значення хоча б по одному критерію, тоді у кожному рядку матриці ризику є хоча б одна одиниця і за цим інтегральним критерієм не можливо виявити найефективніше підприємство (у цьому особливість методу ідеальної точки).

5. Метод досягання недосяжного результату.

 або 

де 

Знаходимо матрицю ризику *R*. Обчислюємо мінімальні значення із квадратних коренів сум квадратів елементів матриці *R* по рядкам.



Згідно з методом досягання недосяжного результату маємо наступне ранжування ефективності роботи підприємств: *А*4, *А*3, *А*5, *А*6, *А*2, *А*1.

У цілому, враховуючі наведену методику багатокритеріального вибору альтернатив, найкраще працює підприємство *А*4.

**Дискусія**

Методика багатокритеріального вибору альтернатив була ефективно реалізована на табличному процесорі MS Excel. Аналіз моделей дозволив дістати таких висновків:

– ризик комерційної діяльності мінімальний, якщо Інтернет-магазин працює з пакетом взаємозамінних товарів. У цьому випадку при зниженні прибутку від реалізації одних позицій товарної номенклатури великою є ймовірність перемикання попиту і збільшення прибутковості інших;

– переважання у товарному пакеті Інтернет-магазину чи платформи товарів-комплиментів (тобто товарів, які необхідно купувати у комплекті з іншими) підвищує ризик електронної комерції, а переважання товарів-субститутів (взаємозамінних товарів, які не потребують доповнення) – знижує його;

– зниження комерційного ризику очікуваного прибутку позитивно впливає на інші якісні характеристики Інтернет-торгівлі, а саме: розширення асортименту товарів та послуг, скорочення часу проведення торгової операції і кількості помилок при доставці, покращення системи навігації, оплати та інформування про товари, а також зниження ефекту програшу у ціні відносно корисності задоволення потреб кінцевого споживача;

– в якості критеріїв можна замість конкурентних підприємств використовувати власні ринкові стратегії (асортимент товарів, споживацьку аудиторію, ніші, логістичні ланцюжки, тощо), розраховуючи, які з них будуть найкращими і, отже, варто обрати саме їх.

Використовують й інші методи при багатокритеріальному виборі альтернатив: метод головного критерію, лексикографічного упорядкування критеріїв, послідовних поступок, використання контрольних показників і т. ін. [15].

Отже, методи багатокритеріального вибору є потужним інструментом для оцінки різних варіантів, проте їх використання вимагає уважності до деталей і усвідомлення можливих обмежень. Правильний вибір методу та якісна підготовка даних можуть суттєво підвищити ефективність аналізу. Продуктивність методу можуть значно підвищити моделі прийняття рішень на основі даних, особливо в контексті машинного навчання, що у свою чергу підвищить конкурентоспроможність і адаптивність бізнесу.

**Висновки**

Застосування багатокритеріального аналізу в електронній комерції дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення, адаптувати бізнес-стратегії до змін у ринковому середовищі та задовольняти потреби споживачів. Це важливий інструмент для підвищення конкурентоспроможності та успіху в динамічному світі електронної комерції.

У подальших дослідженнях варто зосередитися на кількох важливих аспектах: 1) інтеграції методів багатокритеріального аналізу з алгоритмами машинного навчання (штучним інтелектом), що дозволить автоматизувати процес прийняття рішень, підвищити його швидкість і точність, а також виявляти приховані патерни у великих обсягах даних; 2) специфіці застосування цих методів у різних сегментах електронної комерції, таких як B2B, B2C чи C2C, оскільки кожен з них має свої особливості та вимоги, а аналіз успішних кейсів застосування методів багатокритеріального аналізу у різних компаніях допоможе виявити найбільш ефективні практики; 3) розвитку нових критеріїв оцінки, які б враховували не лише економічні показники, а й соціально-екологічні аспекти бізнесу, що сприятиме більш комплексному підходу до оцінки ефективності, важливому у сучасних умовах глобалізації та зростання соціальної відповідальності компаній; 4) впливу новітніх технологій, таких як блокчейн і IoT, на моделі прийняття рішень.

Включення цих факторів може суттєво змінити підходи до аналізу та управління бізнес-процесами. А систематичне дослідження зазначених напрямків може істотно підвищити ефективність застосування багатокритеріального аналізу в електронній комерції, що у свою чергу сприятиме більш обґрунтованому прийняттю рішень і адаптації до змінюваного ринкового середовища.

**Список використаної літератури**

1. Glaser B. Fundamentals of Multi-criteria Decision Making. *Efficiency versus Sustainability in Dynamic Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Vol. 520. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56100-9\_3.
2. Liu L., Fong S. Evaluation of e-Commerce Websites by Multi-Criteria Decision Analysis. IADIS International Conference e-Society 2011. Р.77-81.
3. Behl А. Multi-Criteria Decision Analysis in Management. 2020. DOI: 10.4018/978-1-7998-2216-5.
4. Patil Р. Decision-making dynamics in the E-commerce era: A comprehensive exploration and analysis. International Journal of Commerce and Management Research. 2023. Volume 9, Issue 5. Р. 89-91.

1. [Panaro](https://www.researchgate.net/profile/Simona-Panaro?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InByb2ZpbGUiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24iLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJwcm9maWxlIn19) S., Greco C., Ishizaka A. A Multicriteria and Multi-scalar Decision Support System to Implement Circular Economy in Cultural Heritage Adaptive Reuse. Adaptive Reuse of Cultural Heritage. Circular Business, Financial and Governance Models. 2024. P.267-278. DOI:10.1007/978-3-031-67628-4\_9.
2. Михайлов В. Т. Порівняльний аналіз алгоритмів чисельного розв’язання задач нелінійного програмування. Алгоритм багатокритеріальної оптимізації. Суми, 2020. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82227/1/Mikhailov\_mag\_rob.pdf.
3. Глущенко М. Методи розв’язку багатокритеріальної задачі оптимізації механізмів фінансової підтримки суб’єктів зовнішньоекономічної діяльності. *Інвестиційно-інноваційна діяльність, бюджетна і податкова політика*. 2015. Вип. 2(112). С. 23-27.
4. Гадецька С. В., Дубницький В. Ю., Кушнерук Ю. І., Ходирєв О. І., Шкодіна І. В. Багатокритеріальна (векторна) оптимізація портфеля валют при нестохастично невизначеному зовнішньому економічному середовищі. *Системи обробки інформації*. 2021. Вип. 3(166). С. 6-17.
5. Нікітина Л., Яценко І. Моделі та методи прийняття рішень: навчальний посібник. Харків : НТУ «ХПІ», 2023. 179 с.
6. Перепелиця В. А. Багатокритеріальні моделі і методи для задач оптимізації на графах. LAP Lanbert Akademic Publishing, 2018. 330 c.
7. Максишко Н. К. Про багатокритеріальний підхід до аналізу динаміки економічних систем. *Problems of Decision Making Under Uncertainties (PDMU-2018). International Workshop*. May 21-25, 2018. С. 124-125.
8. Подиновський В. В. Парето-оптимальні рішення багатокритеріальних задач. Київ : Наукова думка, 2020. 256 с.
9. Гіріна О. Б., Івченко В. П. Багатокритеріальна оптимізація структури портфеля реальних інвестицій. *Економіка та суспільство*. 2023. № 50. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-37.
10. Мормуль М. Ф., Щитов Д. М., Щитов О. М., Рудянова Т. М. Аспекти багатокритеріального вибору управлінських рішень. *SWorld Journal*. 2023. № 19, рart 1. С. 64-76. DOI: 10.30888/2663-5712.2023-19-01-018. URL: https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj19-01-018.
11. Мормуль М. Ф., Щитов Д. М., Щитов О. М., Рудянова Т. М. Питання багатокритеріального вибору управлінських рішень. *Global science and education in the modern realities ‘2023*, 18 on May 10. Seattle, Washington, USA. P. 34-40. DOI: https://doi.org/10.30888/2709-2267.2023-18-01-010. https://www.proconference.org/index.php/usc/article/view/usc18-01-010/1232.

**References**

1. Glaser B. (2002). Fundamentals of Multi-criteria Decision Making. *Efficiency versus Sustainability in Dynamic Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Vol. 520. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56100-9\_3 [in English].
2. Liu L., Fong S. (2011). Evaluation of e-Commerce Websites by Multi-Criteria Decision Analysis. *IADIS International Conference e-Society 2011*,77-81.
3. Behl А. (2020). Multi-Criteria Decision Analysis in Management. DOI: 10.4018/978-1-7998-2216-5 [in English].
4. Patil Р. (2023). Decision-making dynamics in the E-commerce era: A comprehensive exploration and analysis. *International Journal of Commerce and Management Research*, vol. 9, issue 5, 89-91 [in English].
5. [Panaro](https://www.researchgate.net/profile/Simona-Panaro?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InByb2ZpbGUiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24iLCJwcmV2aW91c1BhZ2UiOiJwcm9maWxlIn19) S., Greco C., Ishizaka A. (2024). A Multicriteria and Multi-scalar Decision Support System to Implement Circular Economy in Cultural Heritage Adaptive Reuse. *Adaptive Reuse of Cultural Heritage. Circular Business, Financial and Governance Models*, 267-278. DOI:10.1007/978-3-031-67628-4\_9 [in English].
6. Mykhailov V. T. (2020). Porivnialnyi analiz alhorytmiv chyselnoho rozviazannia zadach neliniinoho prohramuvannia. Alhorytm bahatokryterialnoi optymizatsii [Comparative analysis of algorithms for numerical solution of nonlinear programming problems. Multi-criteria optimization algorithm]. Sumy. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82227/1/Mikhailov\_mag\_rob.pdf [in Ukrainian].
7. Hlushchenko M. (2015). Metody rozviazku bahatokryterialnoi zadachi optymizatsii mekhanizmiv finansovoi pidtrymky subiektiv zovnishnoekonomichnoi diialnosti [Methods for solving the multi-criteria problem of optimizing mechanisms for financial support of foreign economic activity entities]. *Investytsiino-innovatsiina diialnist, biudzhetna i podatkova polityka*, vyp. 2(112), 23-27 [in Ukrainian].
8. Hadetska S. V., Dubnytskyi V. Yu., Kushneruk Yu. I., Khodyriev O. I., Shkodina I. V. (2021). Bahatokryterialna (vektorna) optymizatsiia portfelia valiut pry nestokhastychno nevyznachenomu zovnishnomu ekonomichnomu seredovyshchi [Multi-criteria (vector) optimization of a currency portfolio in a non-stochastically uncertain external economic environment]. *Systemy obrobky informatsii*, vyp. 3(166), 6-17 [in Ukrainian].
9. Nikityna L., Yatsenko I. (2023). Modeli ta metody pryiniattia rishen: navchalnyi posibnyk [Decision-making models and methods: a tutorial]. Kharkiv : NTU «KhPI», 179 s. [in Ukrainian].
10. Perepelytsia V. A. (2018). Bahatokryterialni modeli i metody dlia zadach optymizatsii na hrafakh [Multi-criteria models and methods for graph optimization problems]. LAP Lanbert Akademic Publishing, 330 s. [in Ukrainian].
11. Maksyshko N. K. (2018). Pro bahatokryterialnyi pidkhid do analizu dynamiky ekonomichnykh system [On a multi-criteria approach to analyzing the dynamics of economic systems]. *Problems of Decision Making Under Uncertainties (PDMU-2018).* *International Workshop*. May 21-25, 124-125. [in Ukrainian].
12. Podynovskyi V. V. (2020). Pareto-optymalni rishennia bahatokryterialnykh zadach [Pareto-optimal solutions to multi-criteria problems]. Kyiv : Naukova dumka, 256 s. [in Ukrainian].
13. Hirina O. B., Ivchenko V. P. (2023). Bahatokryterialna optymizatsiia struktury portfelia realnykh investytsii [Multi-criteria optimization of real investment portfolio structure]. *Ekonomika ta suspilstvo*, no. 50. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-37 [in Ukrainian].
14. Mormul M. F., Shchytov D. M., Shchytov O. M., Rudianova T. M. (2023). Aspekty bahatokryterialnoho vyboru upravlinskykh rishen [Aspects of multi-criteria selection of management decisions]. *SWorld Journal*, no. 19, рart 1, 64-76. DOI: 10.30888/2663-5712.2023-19-01-018. https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj19-01-018. [in Ukrainian].
15. Mormul M. F., Shchytov D. M., Shchytov O. M., Rudianova T. M. (2023). Pytannia bahatokryterialnoho vyboru upravlinskykh rishen [Aspects of multi-criterion selection of administrative decisions]. *Global science and education in the modern realities ‘2023*, 18 on May 10. Seattle, Washington, USA, 34-40. DOI: https://doi.org/10.30888/2709-2267.2023-18-01-010. https://www.proconference.org/index.php/usc/article/view/usc18-01-010/1232 [in Ukrainian].

**ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF UKRAINIAN ELECTRONIC COMMERCE COMPANIES USING THE METHOD OF MULTI-CRITERION ANALYSIS**

*Mykola Mormul*, University of Customs and Finance, Dnipro (Ukraine).

E-mail: nikolaj.mormul@gmail.com

*Dmytro Shchytov*, University of Customs and Finance, Dnipro (Ukraine).

E-mail: dmytro.shchytov@gmail.com

*Olexandr Shchytov*, ЕС-Lyceum No. 100, Dnipro (Ukraine).

E-mail: [alexander.shchitov@gmail.com](mailto:alexander.shchitov@gmail.com)

[**https://doi.org/**](https://doi.org/)

***Keywords: multicriteria optimization, e-commerce, alternatives, management decisions, strategy, risk***

**JEL classification*: D12, F14, F23***

The topic of evaluating the performance of Ukrainian e-commerce enterprises using the method of multi-criteria analysis of alternatives is extremely relevant in the conditions of the rapid development of the digital economy and the growth of competition in the online market. Within the framework of the study, key criteria for evaluating the efficiency of enterprises are determined, in particular, financial stability, level of customer service, innovativeness, market position and adaptability to changing market conditions.

The application of multi-criteria analysis methods allows to comprehensively take into account various factors that influence the results of the enterprises' activities, and contributes to the adoption of well-founded management decisions. The methodology involves several stages, including data collection and normalization, determining the weight of criteria, conducting an analysis with subsequent interpretation of the results.

The study highlights both the advantages and disadvantages of methods of multi-criteria analysis of alternatives, emphasizing the importance of quality data and objectivity of expert evaluations to achieve accurate and reliable results. In particular, it is important to note that qualitative criteria and their adequate weighting can significantly affect the effectiveness of the analysis.

The obtained results can become the basis for strategic planning, helping enterprises to improve business processes, increase competitiveness and adapt to dynamic changes in the e-commerce market in Ukraine. Determining the strengths and weaknesses of enterprises will allow not only to optimize their internal processes, but also to improve interaction with customers and partners, which, in turn, will contribute to the development of the entire industry.

In further research, it is proposed to focus on the analysis and methods of integration of multi-criteria analysis methods with machine learning algorithms.