

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.

Ефективна економіка. 2023. № 5.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.5.65>

УДК 338.1

*А. О. Лопатін,
аспірант, Чорноморський Національний Університет ім. Петра Могили,
Миколаїв, Україна*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2707-9033>

*Н. М. Іщенко,
к. е. н., доцент кафедри економіки та підприємництва,
Чорноморський Національний Університет ім. Петра Могили,
Миколаїв, Україна*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5333-2832>

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА СИРОВИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

*A. Lopatin,
Postgraduate student, Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine*

*H. Ishchenko,
PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and
Entrepreneurship, Petro Mohyla Black Sea National University,
Mykolaiv, Ukraine*

A METHODOLOGICAL APPROACH TO THE JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF A RAW MATERIAL SUPPLIER USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Запропоновано методичний підхід до обґрунтування вибору постачальника сировини з використанням системи методів, алгоритмів та інструментарію штучного інтелекту, що використовуються за оцінювання постачальників відповідно до визначених у статті оціночних критеріїв та показників. Розглянуто особливості застосування різних методів штучного інтелекту для оцінювання та вибору постачальника сировини відповідно до запропонованої критеріальної бази. Показано можливість та спосіб інтерпретації результатів застосування даного підходу при виборі постачальника сировини на конкретному умовному прикладі. Запропонований підхід дозволяє мінімізувати витрати часу в процесі обрання постачальників сировини, забезпечуючи обґрунтовану базу для ухвалення ефективних управлінських рішень у цій сфері, що розширює арсенал та потенціал наявного науково-практичного інструментарію вибору постачальників сировини для сучасних виробничих підприємств, і визначає наукову новизну та цінність даного дослідження для практики.

The article proposes a methodical approach to substantiating the choice of a raw material supplier using a system of methods, algorithms, and artificial intelligence tools used to evaluate suppliers in accordance with the evaluation criteria and indicators defined in the article. This approach is based on a systematic representation of the criteria base, and indicators used for evaluation. This representation is characterized by the existence of interconnections and interdependencies between the elements of the system, which are purposefully used to improve the efficiency of management decision-making related to the choice of a raw material supplier, logistics planning, and operational management of a modern manufacturing enterprise. The features of applying various methods of artificial intelligence to evaluate and select a raw material supplier in accordance with the proposed criterion base are considered. The possibility and method of interpreting the results of applying this approach when selecting a raw material

supplier on a specific conditional example are shown. The proposed approach allows for minimizing the time spent in the process of selecting raw material suppliers, providing a sound basis for making effective management decisions in this area, which expands the arsenal and potential of the existing scientific and practical tools for selecting raw material suppliers for modern manufacturing enterprises, and determines the scientific novelty and value of this study for practice. Compiling a supplier's performance rating and forecasting the final rating indicator greatly facilitates management decision-making regarding the supply of raw materials, components, and other goods and services. Using the proposed approach, it is advisable to create a supplier rating system based on the above criteria. This system can be implemented in the form of software or an online service based on artificial intelligence methods, which has a web interface for easy use and access to the evaluation results. In addition, it can be integrated with other production and management systems, such as the Supply Chain Management System.

Ключові слова: штучний інтелект, постачальник сировини, критерії вибору, показники, система оцінювання, рейтинг, методичний підхід.

Keywords: artificial intelligence, supplier of raw materials, selection criteria, indicators, evaluation system, rating, methodological approach.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Штучний інтелект (ШІ) є галуззю комп'ютерних наук, що спеціалізується на створенні систем, які можуть імітувати людську інтелектуальну діяльність. ШІ може застосовуватися для вирішення складних задач, пов'язаних зі швидкою обробкою великих масивів даних та обґрунтуванням управлінських рішень, які є важливою складовою конкурентоспроможності сучасного підприємства. Однією з таких задач є вибір постачальника сировини для забезпечення

виробничо-господарської діяльності підприємств, що є важливим етапом стратегічного та операційного планування організації. Такий вибір потребує аналізу багатьох критеріїв, таких як якість, ціна, надійність, ризик та інноваційність тощо, отже, для його реалізації доцільно залучати інструментарій ШІ, що пришвидшує, оптимізує обробку даних, а також реалізує певні алгоритми, що частково або в повній мірі моделюють процеси прийняття управлінських рішень. Таким чином, вибір постачальника сировини за сучасних умов пов'язаний з необхідністю забезпечення його якісного обґрунтування, для чого можуть бути застосовані методи, алгоритми та інструменти штучного інтелекту, як вже втілені в певних програмних рішеннях, так і нові, для розробки яких доцільно реалізувати специфічні, орієнтовані на вирішення конкретної науково-практичної задачі обґрунтування вибору постачальника сировини для виробництва, науково-практичні дослідження, що й обумовлює актуальність теми даної статті. У якості перспектив подальших досліджень та практичної реалізації ідей статті доцільно створити систему рейтингування постачальників, що базується на описаній вище критеріальній базі. Дана система може бути реалізована у вигляді програмного забезпечення або онлайн-сервісу, який базується на методах штучного інтелекту, що має веб-інтерфейс для зручного користування та доступу до результатів оцінювання. Крім того, вона може бути інтегрована з іншими системами виробництва та управління, наприклад, з Supply Chain Management System.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Аналіз наукових досліджень, присвячених окресленій у статті проблематиці показав, що на даний момент, попри наявні фундаментальні дослідження, присвячені проблемам використання штучного інтелекту в господарській діяльності підприємств (роботи Великанової М. М.

[1], Єфремова М. [2], Позняка О. В., Мельника К. О. [3], Погореленко А. К. [4] та інших), питання оптимізації процесу вибору постачальника сировини досліджені досить обмежено та мають науково-теоретичне та методичне підґрунтя, що потребує суттєвого опрацювання та розвитку. В цьому сенсі варто відзначити наукові напрацювання Волинчук Ю. В., Куделя І. О. [5], Карпенко О. А. [6], Лопатіна А. О. [7], Мацишиної О. В. [8], які мають цінність для висвітлення окресленої у статті наукової проблеми, проте не вирішують її в повній мірі. Попри те, що в цих роботах уточнено базові дефініції теоретичних засад штучного інтелекту, узагальнено погляди на виокремлення етапів процесу вибору постачальника сировини, систематизовано змістовне наповнення виокремлених етапів, наукова проблема створення системного, структурованого методичного апарату для оцінювання за певними критеріями та показниками та обґрунтування на цій базі вибору постачальника сировини для виробництва з застосуванням специфічного для кожного критерію інструментального апарату ШІ все ще залишається актуальною.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної статті є обґрунтування підходу до обґрунтування вибору постачальника сировини з використанням системи методів, алгоритмів та інструментарію штучного інтелекту.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Для ефективного здійснення процесу руху сировини, матеріалів, комплектуючих і запасних частин з ринку закупівель до складів підприємства необхідно знати, які саме матеріали потрібні для виробництва продукту, скласти план закупівель, що забезпечує узгодженість дій усіх відділів та посадових осіб підприємства за рішенням наступних завдань постачання [9, с. 47]: 1) аналіз і визначення потреби, розрахунок кількості матеріалів, що замовляються; 2) визначення методу закупівель; 3) *вибір постачальника* і укладання договору з ним; 4)

встановлення спостереження за кількістю, якістю та термінами поставок; 5) організація розміщення товарів на складі.

Одним з найважливіших завдань організації матеріально-технічного забезпечення підприємства є вибір постачальника ресурсів. Розробка найбільш оптимального методу вибору постачальника актуалізується в зв'язку з наявністю в бізнес-просторі наступних тенденцій:

- необхідність зміни сутності, змісту і концепції взаємодії з багатьма постачальниками або вибір одного надійного і довгострокового постачальника, що задовольняє умовам своєчасності поставок і якості, а також відповідає умовам маркетингової концепції розвитку бізнесу;
- необхідність прийняття єдино правильного і адекватного рішення щодо взаємодії з постачальниками в зв'язку зі збільшенням їх різноманіття і різноманітності, з нівелюванням відмінностей між постачальниками за умовами поставки, пропозицією та ін.;
- необхідність підприємства, що здійснює взаємодію з постачальниками, при виході на ринок самому формувати комерційну пропозицію і при цьому мінімізувати витрати і підвищувати ефективність своєї діяльності [9, с. 45].

Дані тенденції зумовлюють, в свою чергу, необхідність вибору шляхів підвищення якості продукції та зниження витрат, починаючи з довиробничої стадії. Вирішення цієї проблеми можливе за допомогою формування підсистеми управління постачальниками. На роль джерела постачання зазвичай претендують як потенційні постачальники, які раніше не працювали з замовником, так і вже існуючі, котрі були відібрані в ході порівняння конкурентів і згодом отримали щонайменше одне замовлення. Застосування методів штучного інтелекту може допомогти відсіяти несправжніх постачальників та зменшити час та ресурси, які необхідно витратити на пошук та відбір надійних постачальників сировини.

При цьому методи оцінювання постачальника з єдиним джерелом постачання є більш простими, що робить їх більш привабливими для малих

компаній. Так, простий бальний метод є найбільш часто використовуваним методом оцінювання. Для оцінювання ефективності постачальника використовуються конкретні кількісні фактори діяльності. Найбільш часто використовувані фактори при закупівлі товарів - це якість, сервіс та ціна. Метод оцінки за категоріями включає категоризацію ефективності кожного постачальника в конкретних областях, визначених переліком відповідних змінних показників[10].

Для обґрунтування вибору постачальника сировини в якості інструментарію оцінювання за певною критеріальною базою можна використовувати різні методи ШІ, основними групами яких на даному етапі розвитку технологій штучного інтелекту, як показує аналіз літературних джерел [11; 12], проведений автором даної статті, є наступні:

1) Нейронні мережі (НМ) – математичні моделі, які навчаються розпізнавати закономірності та залежності в даних за допомогою адаптивних зв'язків між штучними нейронами. НМ можуть застосовуватися для класифікації та ранжування постачальників за різними критеріями та для прогнозування їх майбутньої продуктивності та ризиковості. Крім того, можна використовувати метод нейронних мереж для створення комп'ютерних моделей, які навчаються на прикладах. Нейронна мережа може бути навчена на прикладах історії поставок та якості сировини від різних постачальників, і на основі цих даних може бути здійснений вибір оптимального постачальника.

2) Нечітка логіка (НЛ) –метод обробки нечіткої та неоднозначної інформації за допомогою нечітких множин та нечітких правил. НЛ може застосовуватися для моделювання квалітативних та суб'єктивних аспектів вибору постачальника, таких як репутація, лояльність, гнучкість та сприйнятливність до змін.

3) Генетичний алгоритм (ГА) – еволюційний метод оптимізації, який імітує процес природного вибору та генетичної зміни та може бути

застосований для пошуку оптимального постачальника сировини, враховуючи такі фактори, як якість сировини, ціна та стабільність поставок. В процесі роботи генетичного алгоритму відбувається створення популяції різних варіантів рішень, які поступово оптимізуються за допомогою мутацій і схрещування. В результаті роботи генетичного алгоритму може бути отримано найбільш оптимальний варіант вибору постачальника сировини.

4) Метод аналізу даних, що полягає в застосуванні математичних алгоритмів для виявлення закономірностей та зв'язків між даними. Цей метод може бути застосований для аналізу даних про постачальників сировини, що містяться в базі даних компанії. Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для побудови моделей прогнозування, які дозволять передбачити якість та кількість сировини, яку постачальник може забезпечити в майбутньому.

5) Метод експертних систем, що ґрунтується на використанні знань та досвіду фахівців у відповідній галузі. Експертна система може використовувати знання про якість сировини, що постачається різними постачальниками, а також про стабільність поставок та ціни. На основі цих знань експертна система може надавати рекомендації щодо вибору постачальника.

Вибір методу залежить від конкретної ситуації та доступності даних. Якщо компанія має велику базу даних про постачальників та їх продукти, доцільно використовувати метод аналізу даних. Якщо компанія має значний досвід у виборі постачальників, то можна використати метод експертних систем. У разі, якщо компанія не має достатньої кількості даних, можна застосувати метод генетичних алгоритмів, або нейронних мереж. Остаточний вибір методу має бути здійснений на основі аналізу конкретної ситуації та можливостей компанії.

Побудова системи оцінювання постачальників сировини, що є основою для реалізації запропонованого в статті підходу до обґрунтування вибору

постачальника сировини, передбачає вибір певних критеріїв оцінювання, які автор даної статті представляє у вигляді певного переліку. Так, основні критерії, які можна використовувати для вибору постачальника, наступні: 1) Ціна. 2) Якість. 3) Надійність. 4) Терміни поставки. 5) Гнучкість. 6) Інноваційність. 7) Сервіс. 8) Ризики. 9) Екологічні чинники.

Для вибору постачальника сировини можна використовувати різноманітні показники та методи штучного інтелекту, які дозволяють враховувати ці критерії та забезпечувати більш точний та обґрунтований вибір. Дані показники можуть бути оцінені за допомогою методів штучного інтелекту, таких як аналіз даних, машинне навчання, обробка природної мови та інші. Наприклад, для оцінювання ризиків можна застосувати методи аналізу ризиків, а для оцінювання якості - методи аналізу даних та машинного навчання.

У табл. 1. Представлено узагальнену автором статті систему критеріїв, показників та методів ШІ, що можуть застосовуватись для характеристики та аналізу даних критеріїв та показників.

Для оцінювання кожного з систематизованих вище у таблиці критеріїв та показників можна використовувати певні конкретні методи штучного інтелекту залежно від характеристик даних та потреб користувача.

Для оцінювання репутації постачальника можна використовувати методи обробки природної мови та машинного навчання. Наприклад, можна використовувати аналіз відгуків клієнтів про постачальника, що містяться на веб-сайтах, форумах або в соціальних мережах. Застосування методів машинного навчання дозволяє аналізувати велику кількість даних та знаходити закономірності в них, що дозволяє автоматично визначати рівень репутації постачальника.

Таблиця 1.. Система критеріїв, показників та методів ШІ, що можуть застосовуватись для їх характеристики та аналізу

Критерій вибору	Показники, що характеризують критерій	Методи ШІ, що можуть застосовуватись
1	2	3
1. Ціна: вартість сировини, що пропонується постачальником.	Середня ціна на одиницю сировини, порівняно з іншими постачальниками на ринку.	Методи машинного навчання та аналізу даних.
	Динаміка цін на сировину від обраного постачальника за певний період часу.	
2. Якість: якість сировини та відповідність її характеристик заявленим вимогам.	Показники якості випробування відповідних зразків сировини належними методами.	Методи машинного навчання (алгоритми навчання з учителем, такі як Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine, Neural Network тощо) та аналізу даних, методи обробки природних мов (Natural Language Processing, NLP), зокрема методи аналізу тексту; методи комп'ютерного зору.
	Відсоток відхилень від заявленої якості сировини.	
3. Надійність: рівень надійності постачальника та його можливості забезпечення постійної та стабільної поставки сировини.	Кількість запізнень поставок за певний період часу.	Методи машинного навчання, зокрема алгоритми класифікації та асоціативні правила; методи аналізу даних та статистики; метод прогнозування часових рядів.
	Відсоток відмов від виконання замовлень.	
4. Терміни поставки: строк доставки сировини та можливість дотримання встановлених термінів.	Середній час поставки сировини від початку процесу замовлення до отримання продукту.	Методи машинного навчання, зокрема алгоритми кластеризації та асоціативні правила; алгоритми машинного навчання, такі як лінійна регресія, метод опорних векторів, глибинні нейронні мережі та інші.
	Відсоток відхилень від узгодженого графіка поставок.	
5. Гнучкість: можливість постачальника пристосовуватися до змін вимог замовника та забезпечення гнучкого графіку поставок.	Індекс гнучкості, що відображає рівень пристосованості постачальника до змін вимог замовника.	Методи аналізу даних, такі як кластерний аналіз або аналіз головних компонент.
	Відсоток відхилень від запитів на спеціальні умови поставки сировини.	
6. Інноваційність: можливість постачальника пропонувати нові рішення та продукти на ринку.	Кількість нових продуктів та рішень, що запропонував постачальник на ринку.	Методи машинного навчання, такі як класифікація або кластерний аналіз; методи аналізу даних, такі як аналіз текстів та соціальних мереж.
	Успішність впровадження запропонованих інновацій.	
7. Сервіс: рівень обслуговування, який забезпечує постачальник.	Рівень задоволення клієнтів від обслуговування постачальника.	Методи аналізу текстів та обробки природної мови; аналізу текстів та соціальних мереж.
	Час відповіді постачальника на запити клієнтів.	

Продовження таблиці 1

1	2	3
8. Ризики: аналіз можливих ризиків, пов'язаних з вибором конкретного постачальника та відповідність їх рівня обраній стратегії ризик-менеджменту.	Аналіз можливих ризиків, пов'язаних з вибором конкретного постачальника.	Методи аналізу даних; методи аналізу ризиків та статистичного аналізу.
	Рівень прийняття ризику замовником.	
9. Екологічні чинники: використання екологічно чистих матеріалів та способів виробництва, відповідність екологічним стандартам та вимогам.	Відповідні сертифікати та дозволи на використання та транспортування сировини.	Методи штучного інтелекту для аналізу даних про екологічні ризики та відповідальність постачальника; машинне навчання.
	Рівень впливу виробництва сировини на довкілля та ступінь його відповідності екологічним стандартам.	

Джерело: розроблено автором.

Для оцінювання за критерієм «ціна» можна використовувати методи машинного навчання, зокрема алгоритми класифікації та регресії. За допомогою цих методів можна створити модель, яка буде прогнозувати ціну на сировину від різних постачальників на основі вхідних даних, таких як інформація про раніше придбані партії сировини та їх ціни, інформація про ринок тощо.

Для оцінювання цінової політики постачальника також можна використовувати методи аналізу даних. Наприклад, можна проаналізувати історичні ціни на сировину, що постачається постачальником, та порівняти їх з цінами конкурентів. Це дозволяє зрозуміти, наскільки постачальник конкурентоспроможний з точки зору ціни.

Для оцінювання вартості можна використовувати методи аналізу даних та машинного навчання, такі як алгоритми класифікації та регресії, щоб прогнозувати вартість сировини на основі історичних даних та інших відомих факторів, таких як попит та пропозиція на ринку. Також можна використовувати метод оптимізації цін, щоб знайти найкращу цінову пропозицію серед різних постачальників.

Для оцінювання якості сировини можна використовувати методи машинного навчання та аналізу даних. Наприклад, можна аналізувати

хімічний склад та фізичні властивості сировини, які постачається постачальником, та порівнювати їх зі стандартами якості, які встановлені в галузі виробництва. Також можна використовувати методи комп'ютерного зору, такі як обробка зображень, щоб оцінити зовнішній вигляд та властивості сировини, а також методи аналізу даних, такі як множинна регресія, щоб оцінити якість та властивості сировини на основі статистичних даних.

Для оцінювання критеріїв якості та їх показників можна використовувати методи машинного навчання, зокрема класифікацію та кластеризацію даних. Для прикладу, можна навчити модель класифікувати постачальників на дві категорії: надійні та ненадійні. Для цього можна використати алгоритми навчання з учителем, такі як Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine, Neural Network тощо. Для кластеризації можна використовувати алгоритми без учителя, наприклад, k-means або DBSCAN. Машинне навчання можна використовувати для пошуку зв'язків між якістю сировини та іншими характеристиками, такими як умови зберігання, перевезення та інші.

Для оцінювання за критерієм «якість» також можна використовувати методи обробки природних мов (Natural Language Processing, NLP), зокрема методи аналізу тексту. За допомогою цих методів можна обробити інформацію про якість сировини, яка міститься у відгуках та описах продуктів, що надаються постачальниками, та отримати числову оцінку якості постачальника.

Для оцінювання за критерієм «надійність» можна використовувати методи машинного навчання, зокрема алгоритми класифікації та асоціативні правила. За допомогою цих методів можна створити модель, яка буде прогнозувати надійність кожного постачальника на основі вхідних даних. Також можна використовувати методи аналізу даних та статистики. Наприклад, можна провести аналіз історичних даних про поставки від

кожного постачальника та використовувати такі показники, як середній час доставки, середнє відхилення часу доставки, середнє відхилення від запитаної кількості продукції. Метод прогнозування часових рядів дозволяє прогнозувати зміни у якості та кількості поставок на майбутнє. Також можна використовувати метод аналізу ризиків, щоб оцінити потенційні ризики, пов'язані з постачальником та його діяльністю.

Для оцінювання за критерієм «термін доставки» можна використовувати методи машинного навчання, зокрема алгоритми кластеризації та асоціативні правила. За допомогою цих методів можна знайти залежності між різними факторами, такими як розмір замовлення, дистанція до постачальника та транспортний маршрут, та прогнозувати термін доставки від різних постачальників. Також можна використовувати методи прогнозування на основі аналізу даних, такі як методи часового ряду, регресійний аналіз або нейронні мережі. Наприклад, можна навчити модель прогнозувати ціну та терміни поставки на основі історичних даних про постачальників та їх умови співпраці, таких як погода, трафік та інші. Для цього можна використовувати алгоритми машинного навчання, такі як лінійна регресія, метод опорних векторів, глибинні нейронні мережі та інші. Ці методи дозволяють враховувати історичні дані про терміни поставки від постачальника та прогнозувати їх майбутні значення.

Для оцінювання за критерієм «інноваційність» можна використовувати методи аналізу даних, такі як аналіз текстів та соціальних мереж, щоб виявити постачальників, які мають інноваційні підходи та ідеї. Також можна використовувати методи машинного навчання для аналізу структурованих та неструктурованих даних, щоб виявити інноваційні підходи. Доцільно використовувати методи машинного навчання, такі як класифікація або кластерний аналіз. Ці методи дозволяють визначити, наскільки інноваційним є постачальник у вирішенні проблем та забезпеченні нових продуктів.

Для оцінювання сервісу постачальника можна використовувати методи

аналізу текстів та обробки природної мови, аналізу текстів та соціальних мереж, щоб виявити постачальників, які мають добру репутацію у сфері обслуговування клієнтів та післяпродажного сервісу. Також можна використовувати методи машинного навчання для аналізу даних про задоволеність клієнтів та оцінювання якості обслуговування. Ці методи дозволяють аналізувати відгуки та коментарі про постачальника, що дозволяє оцінити якість його обслуговування та сервісу.

Для оцінювання ризиків можна використовувати методи аналізу ризиків та статистичного аналізу, методи аналізу даних. Ці методи дозволяють визначити, які ризики пов'язані зі співпрацею з певним постачальником та які шляхи мінімізації цих ризиків.

Щодо оцінювання екологічних факторів постачальника, можна використовувати методи штучного інтелекту для аналізу даних про екологічні ризики та відповідальність постачальника. Один з методів – аналіз тексту або NLP (Natural Language Processing). Він може використовуватись для аналізу різних джерел інформації про постачальника, таких як його веб-сайт, звіти про сталість, огляди клієнтів та інші. За допомогою NLP можна відшукати ключові слова та фрази, що пов'язані з екологічними факторами, такі як «відновлювана енергія», «контроль викидів вуглецю», «екологічна сертифікація», «зменшення відходів» тощо.

Інший метод – машинне навчання. Він може використовуватись для розпізнавання та класифікації даних, наприклад, для аналізу сертифікатів постачальника щодо дотримання стандартів екологічної безпеки, або для виявлення зв'язків між екологічними показниками постачальника та його ризиками. Також можна використовувати методи класифікації та кластеризації для розподілу постачальників на категорії щодо їхньої екологічної сталості та відповідальності. Це можна зробити, наприклад, на основі даних про відходи, використання відновлюваних джерел енергії, кількість викидів вуглецю, наявність сертифікатів та інші.

Для прикладу, у даній статті наведено форму оцінювання та ранжування постачальників за визначеними критеріями, де показано результати оцінювання з застосуванням методології ШІ (табл. 2). Дані результати є умовними та відображають можливості інтерпретації отриманих при оцінюванні даних.

Таблиця 2. Приклад представлення та рейтингування ранжування оцінювання постачальників за критеріями та показниками, з використанням методів ШІ

№	Критерій вибору	Оцінювання постачальників за критеріями (за 5-ти бальною системою: 5-найкращий, 1-найгірший)				
		П1	П2	П3	П4	П5
1	Ціна: вартість сировини, що пропонується постачальником.	1	3	4	5	2
2	Якість: якість сировини та відповідність її характеристик заявленим вимогам.	2	1	5	3	4
3	Надійність: рівень надійності постачальника та його можливості забезпечення постійної та стабільної поставки сировини.	1	2	3	5	4
4	Терміни поставки: строк доставки сировини та можливість дотримання встановлених термінів.	3	2	5	4	1
5	Гнучкість: можливість постачальника пристосовуватися до змін вимог замовника та забезпечення гнучкого графіку поставок.	2	1	5	4	3
6	Інноваційність: можливість постачальника пропонувати нові рішення та продукти на ринку.	3	2	4	5	1
7	Сервіс: рівень обслуговування, який забезпечує постачальник.	1	3	5	4	2
8	Ризики: аналіз можливих ризиків, пов'язаних з вибором конкретного постачальника та відповідність їх рівня обраній стратегії ризик-менеджменту.	1	4	5	3	2
9	Екологічні чинники: використання екологічно чистих матеріалів та способів виробництва, відповідність екологічним стандартам та вимогам.	1	2	5	4	3
	Сума оцінок місць за всіма критеріями	15	20	41	37	22
	Підсумковий рейтинг постачальників (місце)	5	4	1	2	3

Джерело: розробка автора.

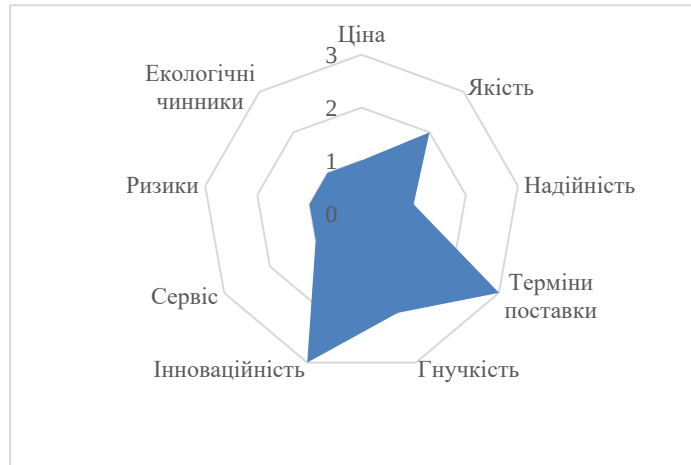


Рис. 1. Результати оцінювання постачальника 1 за критеріями вибору відповідно до запропонованого підходу

Джерело: розробка автора.



Рис. 2. Результати оцінювання постачальника 2 за критеріями вибору відповідно до запропонованого підходу

Джерело: розробка автора.



Рис. 3. Результати оцінювання постачальника 3 (обраного, лідера рейтингу) за критеріями вибору відповідно до запропонованого підходу

Джерело: розробка автора.

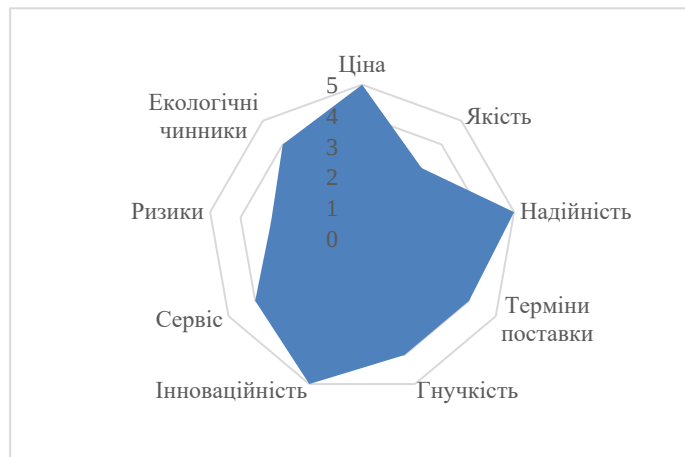


Рис. 4. Результати оцінювання постачальника 4 за критеріями вибору відповідно до запропонованого підходу

Джерело: розробка автора.



Рис. 5. Результати оцінювання постачальника 5 за критеріями вибору відповідно до запропонованого підходу

Джерело: розробка автора.

Результати оцінювання постачальників за запропонованою системою критеріїв-показників-методів представлена на рис. 1-5, де третій варіант (рис. 3) відображає позиції відібраного для співробітництва лідера постачальника сировини-рейтингу. Дані позиції відображають потенціал максимально повного виконання постачальником своїх зобов'язань перед клієнтом за сукупністю з 9-ти оціночних критеріїв (порівняно з іншими постачальниками-варіантами).

Рішення про вибір постачальника необхідно розглядати як ланку в ланцюзі подій, а не як ізольований процес. Така наявність часових категорій – минулого, сьогодення і майбутнього, – ускладнює процес

прийняття рішень про джерело поставок. Тому, якщо метою замовника є пошук і збереження найкращого джерела постачання, необхідно постійно спостерігати, аналізувати і прогнозувати динаміку змін постачальника.

Складання рейтингу діяльності постачальника і здійснення прогнозування підсумкового рейтингового показника значно полегшує прийняття управлінських рішень стосовно постачання сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і інших товарів і послуг.

Використовуючи запропонований підхід, доцільно створити систему рейтингування постачальників, що базується на описаній вище критеріальній базі. Дана система може бути реалізована у вигляді програмного забезпечення або онлайн-сервісу, який базується на методах штучного інтелекту, що має веб-інтерфейс для зручного користування та доступу до результатів оцінювання. Крім того, вона може бути інтегрована з іншими системами виробництва та управління, наприклад, з системою управління ланцюгом поставок (Supply Chain Management System).

Алгоритм автоматизації вибору постачальника сировини із використанням методів штучного інтелекту є універсальним через те, що співпраця підприємств із постачальниками сировини в загальному є типовою та незначно відрізняється одна від іншої, а отже запропонована модель може бути легко адаптована до будь-якого підприємства.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Запропонований у статті підхід до обґрунтування вибору постачальників сировини базується на системному представленні критеріальної бази, показників, що використовуються для оцінювання за конкретними критеріями та методів, алгоритмів та інструментів ШІ, що доцільно застосовувати для оцінювання даних критеріїв, визначення та інтерпретації показників. Дане представлення характеризується наявністю взаємозв'язків та взаємообумовленостей між елементами системи, що цілеспрямовано використовуються для підвищення ефективності прийняття

управлінських рішень, пов'язаних з вибором постачальника сировани, логістичним плануванням та операційним управлінням сучасним виробничим підприємством.

Розглянуто особливості застосування різних методів штучного інтелекту для оцінювання та вибору постачальника сировини відповідно до запропонованої критеріальної бази.

Запропонований підхід розширює, упорядковує та систематизує арсенал інструментів на базі алгоритмів ШІ, що сприяють прискоренню, підвищенню якості та врахуванню впливу найважливіших факторів в процесі обґрунтування вибору постачальників сировини, що визначає наукову новизну та практичну цінність даного дослідження.

Література

1. Великанова М. М. Штучний інтелект: правові проблеми та ризики. *Вісник Національної академії правових наук України*. 2020, Т. 27, № 4. С. 185–198. doi: 10.37635/jnalsu.27(4).2020.185-198.
2. Єфремов М. Штучний інтелект, історія та перспективи розвитку. *ВІСНИК ЖДТУ*, 2008, № 2 (45), URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/81625/79214>.
3. Позняк О. В., Мельник К. О. Логістичні аспекти штучного інтелекту в управлінні товарами стратегічного призначення. *Науковий погляд: економіка та управління*. 2020. №3 (69). URL: http://scientificview.umsf.in.ua/archive/2020/3_69_2020/27.pdf
4. Погореленко А. К. (2018) Штучний інтелект: сутність, аналіз застосування, перспективи розвитку. *Вісник ХДУ Серія Економічні науки*. 2018. №32. URL: <http://ej.journal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/405>
5. Волинчук Ю. В., Куделя І. О. Логістичне управління процесом постачання на підприємствах. *Молодий вчений*. 2020. №6. С.12–17
6. Карпенко О. А. Дослідження переваг логістичного підходу при

організації систем матеріально-технічного забезпечення підприємств. *Економіка промисловості*. 2018. №2. С. 11–17

7. Лопатін А. О. Сучасні методи вибору постачальника сировини наземним автотранспортом. *Проблеми системного підходу в економіці*, 2020. № 4(78). URL: http://psae-jrnl.nau.in.ua/journal/4_78_2020_ukr/10.pdf

8. Мацишина О. В., Нагорна І. І. Організація постачання матеріальних ресурсів на підприємство. *Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи: зб. тез доп. І міжнар. наук.-практ. конф.*, 23 квітня 2020 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка». 2018. С. 220–221

9. Новікова Н. М. Вибір постачальників товарних ресурсів підприємства торгівлі. *Півзовський вісник*. 2018. № 4(09). URL: http://pev.kpu.zp.ua/journals/2018/4_09_uk/10.pdf

10. Біловодська О. А. Оцінювання постачальників у логістичних (дистрибуційних) каналах комерціалізації інноваційної продукції. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2018. № 1. URL: https://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2018_1_45_61.pdf

11. Ahmad I., Liu Y., Javeed D. and other A review of artificial intelligence techniques for selection & evaluation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/342133249_A_review_of_artificial_intelligence_techniques_for_selection_evaluation

12. Aggarwal N., Gunreddy A. A Hybrid Supplier Selection Approach Using Machine Learning and Data Envelopment Analysis, *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2021, pp. 1–5. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9696826>

References

1. Velikanova, M.M. (2020), “Artificial intelligence: legal problems and risks”, *Visnyk Natsional'noyi akademiyi pravovyykh nauk Ukrainy*, Vol. 27, no. 4., pp.

185–198.

2. Efremov, M. (2008), “Artificial intelligence, history and development prospects”, *VISNYK ZHDTU*, [Online], Vol. 2 (45), available at: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/81625/79214> (Accessed 17 May 2023).
3. Poznyak, O.V. and Melnyk, K.O. (2020), “Logistical aspects of artificial intelligence in the management of goods of strategic purpose”, *Naukovyy pohlyad: ekonomika ta upravlinnya*, [Online], Vol. 3 (69), available at: http://scientificview.umsf.in.ua/archive/2020/3_69_2020/27.pdf (Accessed 17 May 2023).
4. Pogorelenko, A.K. (2018), “Artificial intelligence: essence, analysis of application, prospects for development”, *Visnyk KHDU Seriya Ekonomichni nauky*. [Online], Vol. 32, available at: <http://ej.journal.kspu.edu/index.php/ej/article/view/405> (Accessed 17 May 2023).
5. Volynchuk, Yu.,V. and Kudelya, I.O. (2020), “Logistics management of the supply process at enterprises”, *Molodyy vchenyy*, Vol. 6., pp.12–17
6. Karpenko, O.A. (2018), “Study of the advantages of the logistic approach in the organization of the material and technical support systems of enterprises”, *Ekonomika promyslovosti*, Vol. 2, pp. 11–17
7. Lopatin, A.O. (2020), “Modern methods of choosing a supplier of raw materials by land transport”, *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi*, [Online], Vol. 4(78), available at: http://psae-jrnl.nau.in.ua/journal/4_78_2020_ukr/10.pdf (Accessed 17 May 2023).
8. Matsyshina, O.V. and Nagorna, I.I. (2020), “Organization of the supply of material resources to the enterprise”, *Biznes, innovatsiyi, menedzhment: problemy ta perspektyvy: zb. tez dop. I mizhnar. nauk.-prakt. konf., 23 kvitnya 2020 r.* [Business, innovations, management: problems and prospects: coll. theses add. And international science and practice conf.], KPI named after Igor Sikorskyi, "Polytechnic" Publishing House, Kyiv, Ukraine, pp. 220–221
9. Novikova, N.M. (2018), “Selection of suppliers of commodity resources of

the trade enterprise”, *Priazovs'kyi visnyk* [Online], Vol. 4(09), available at: http://pev.kpu.zp.ua/journals/2018/4_09_uk/10.pdf (Accessed 17 May 2023).

10. Bilovodska, O.A. (2018), “Evaluation of suppliers in logistics (distribution) channels of commercialization of innovative products”, *Marketynh i menedzhment innovatsiy*, [Online], Vol. 1, available at: https://mmi.fem.sumdu.edu.ua/sites/default/files/mmi2018_1_45_61.pdf (Accessed 17 May 2023).

11. Ahmad, I., Liu, Y., Javeed, D. and others (2020), “A review of artificial intelligence techniques for selection & evaluation”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, [Online], available at: https://www.researchgate.net/publication/342133249_A_review_of_artificial_intelligence_techniques_for_selection_evaluation (Accessed 17 May 2023).

12. Aggarwal, N. and Gunreddy, A.A. (2021), “Hybrid Supplier Selection Approach Using Machine Learning and Data Envelopment Analysis”, *Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, [Online], Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 1–5, available at: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9696826> (Accessed 17 May 2023).

Стаття надійшла до редакції 17.05.2023 р.