

МІХАЛЕВСЬКИЙ ВІТАЛІЙ

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8197-8005>e-mail: cezar_mv@ukr.net**СКРИПНИК ТЕТЯНА**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8531-5348>e-mail: tkskripnik1970@gmail.com**ВОЗНЮК ЛЕОНІД**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0002-1152-3192>e-mail: vozniuklo@khmnu.edu.ua**МЕДВЕДЧУК ВІТАЛІЙ**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0009-0005-9661-3251>e-mail: medvedchuk.vitalii@gmail.com

ЗАСОБИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ КОНКУРЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РЕЛОКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

В статті розглянуто метод вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства засобами інтелектуального аналізу даних. Суть методу полягає в оптимізації процесу вивчення виробничого середовища для можливості релокації підприємства. Шляхом використання цього алгоритму, людські, виробничі, фінансові ресурси та транспортні засоби розподіляються оптимально для максимально ефективного релокації підприємства. Описано також поточні і потенціальні ризики та переваги для нового підприємства, логістичні аспекти та комунікаційні стратегії, що надає можливість користувачам приймати обґрунтовані рішення щодо релокації підприємства. Використання інтелектуального аналізу даних для вивчення конкурентного середовища і релокації підприємства включає поєднання прогнозування, географічного аналізу, моделювання, методів багатокритеріального прийняття рішень та підтримки прийняття рішень через інтелектуальні системи. Ці підходи дозволяють бізнесу ефективно оцінювати ризики, можливості та оптимальні стратегії для релокації, мінімізуючи витрати та збільшуючи конкурентоспроможність на новому ринку.

Ключові слова: релокація, інтелектуальний аналіз даних, кластеризація, конкурентне середовище, виробниче підприємство, глобальні конфлікти.

MIKHALEVSKIY VITALII, SKRYPNYK TETIANA, VOZNIUK LEONID, MEDVEDCHUK VITALIY

Khmelnitsky National University

DATA MINING TOOLS FOR STUDYING THE COMPETITIVE ENVIRONMENT DURING ENTERPRISE RELOCATION

The article considers a method for studying the competitive environment for enterprise relocation using data mining. The essence of the method is to optimize the process of studying the production environment for the possibility of enterprise relocation. By using this algorithm, human, production, financial resources and transport are distributed optimally for the most effective relocation of the enterprise. The current and potential risks and benefits for the new enterprise, logistical aspects and communication strategies are also described, which allows users to make informed decisions regarding enterprise relocation. The use of intelligent data analysis for studying the competitive environment and enterprise relocation includes a combination of forecasting, geographical analysis, modeling, multi-criteria decision-making methods and decision support through intelligent systems. These approaches allow businesses to effectively assess risks, opportunities, and optimal strategies for relocation, minimizing costs and increasing competitiveness in a new market. The concept of competitive environment research is considered and described in detail, the main task of this method and the objects used in the method are determined. A scheme of the method of studying the competitive environment for enterprise relocation is created. Factors that affect the effectiveness of the method are described. An information model of the method of studying the competitive environment for enterprise relocation using data mining tools is created, the technology of data preparation and the method of assessing the effectiveness of the study are described. The use of data mining tools for studying the competitive environment during enterprise relocation allows obtaining valuable information that can be used to make informed decisions. Systems of analysis, data collection, machine learning, and geanalytics help to form a holistic view of the market, competitors, and consumer behavior, which ultimately contributes to the success of relocation.

Keywords: relocation, data mining, clustering, competitive environment, manufacturing enterprise, global conflicts.

Вступ

Актуальність теми. Через напад росії на Україну багато людей щодня втрачають домівки та мусять їхати в більш безпечні регіони. Це також стосується і підприємств. Щоденні військові дії (обстріли, мінування) щомиті можуть знищити те, що будувалося роками. Крім того, постійні повітряні тривоги та інші обмеження (відсутність електроживлення, води тощо) уповільнюють або унеможливають ведення виробничої діяльності. Саме тому актуальним стає питання релокації бізнесу. В умовах війни релокація дозволяє зберегти можливість працювати, створювати робочі місця та підтримувати економіку країни до перемоги. У мирні часи релокацію застосовували для масштабування компанії, для розширення ринку або пошуку кращих умов для роботи чи здешевлення затрат за рахунок конкурентності робочої сили. Бувають випадки релокації підприємства до країн з меншим оподаткуванням. На сьогоднішній день основна причина релокації – це бойові дії та складна економічна ситуація в багатьох регіонах України. Із самого початку повномасштабного вторгнення росії на територію України питання релокації підприємств було винесено на держаний рівень. У 2022 році була

розроблена програма релокації підприємств, адже держава прямо зацікавлена у збереженні виробництва та підприємництва, насамперед, з причини надходження коштів від оподаткування [1].

Через те, що не всі підприємці розуміють всі особливості державної програми релокації, чи не ризикують проводити процес релокації, чи не мають коштів, процес релокації потребує детального вивчення та пояснення. Сучасні технології автоматизації сприяють підвищенню якості та надійності вивчення конкурентного середовища та прийняття рішення про релокацію підприємства. Одним із наступних кроків у релокації підприємств може стати саме використання супровідного програмного забезпечення для організації цього процесу. Застосування такого роду забезпечення несе за собою проблему ефективного використання ресурсів та продуктивної роботи системи. Тому розробка чи вдосконалення існуючих методів з метою оптимізації вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства, як у нашому випадку, є актуальною.

Постановка проблеми

Ставиться завдання вирішити науково-технічну задачу вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства засобами інтелектуального аналізу даних із застосуванням у інформаційній системі вивчення конкурентного середовища попередньо встановлених даних про наявність можливих ризиків і варіантів релокації, що дозволяє визначити варіант релокації підприємства із найбільшою ефективністю. Необхідно розробити і дослідити метод вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства засобами інтелектуального аналізу даних. Застосувати засоби інтелектуального аналізу даних для ефективного вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства. Провести функціональне та прикладне дослідження ефективності запропонованого методу вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства на основі інтелектуального аналізу даних. Успішне виконання завдання передбачає розробку методу вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства на основі інтелектуального аналізу даних. Це дозволить економити час та ресурси на виконання задач вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства.

Аналіз останніх джерел

Питання релокації підприємства засобами інтелектуального аналізу даних перебуває на стику економічної та технічної науки. Засновником технології вважається математик і програміст Георгій П'ятецький-Шапіро [2]. Проблематика використання методів інтелектуального аналізу даних на вітчизняних підприємствах досі ще мало досліджена, але в цьому напрямку можна виділити роботи В.Горохваського та І.Творшенка [3]. У роботах О. Авруніна, С. Бодяньського [4] вивчаються питання застосування інтелектуального аналізу даних для релокації підприємств та аналізу відповідних процесів. Їхні праці будуть корисними в контексті моделювання релокації через інтеграцію та аналіз корпоративних даних. Роботи Н.І. Петренка та Т.М. Корнєєва [5] присвячені аналізу ефективності релокації виробничих потужностей на основі машинного навчання, в них розглядаються алгоритми машинного навчання для оцінки ефективності релокації підприємства. Оптимізація процесів релокації підприємства з використанням моделей інтелектуального аналізу даних розглядається у статтях І.І. Черевка і О.П. Середи [6]. Вони вивчають застосування технологій Big Data для релокації підприємства, висвітлюють підходи до аналізу логістичних витрат та оптимізації маршрутів доставки, що впливають на вибір нового місця розташування підприємства. Наводяться приклади використання геопросторових даних та алгоритмів машинного навчання для вибору оптимального розташування.

Моделі інтелектуального аналізу даних для оптимізації процесів релокації підприємств вивчаються авторами Івановим І.О. та Петренком Н.В. [7]. У своїх статтях вони описують моделі інтелектуального аналізу даних, що використовуються для оптимізації вибору локацій підприємств при їх релокації, зокрема, використання кластеризації для аналізу потенційних регіонів. Можливі ризики та економічну ефективність при релокації підприємств за допомогою методів машинного навчання, розгляд методів машинного навчання для оцінки ризиків, включаючи алгоритми регресії для прогнозування фінансових результатів, вивчаються Шевченком В.П. і Гречком В.М. [8]. Економічна ефективність процесу релокації підприємств є основною умовою для підготовки і проведення процесу переміщення підприємства на нове місце.

Багато вчених для аналізу релокації підприємств розглядають просторові взаємодії, густоту населення, ціни на землю та інші фактори, що впливають на рішення про релокацію. Вивчаються сучасні підходи до використання математичного моделювання та інтелектуального аналізу даних для вивчення людських ресурсів. Багато статей присвячені дослідженню використання великих даних для аналізу міграції, включаючи методи прогнозування потоків людей і ресурсів. Ці дослідження можуть бути адаптовані для аналізу релокації підприємств у нових локаціях з урахуванням доступності ресурсів і соціально-економічних факторів.

Метою роботи є дослідження засобів інтелектуального аналізу даних для вивчення конкурентного середовища при релокації підприємства та розробка теоретичних і практичних напрацювань для оцінки ризиків релокації підприємства і надання рекомендацій про релокацію підприємства.

Вклад основного матеріалу

Для вирішення задачі вивчення конкурентного середовища з використанням інтелектуального аналізу даних (data mining) існують різні інформаційні системи, які спеціалізуються на зборі, аналізі та

візуалізації даних. Вони дозволяють компаніям оптимізувати процес прийняття рішень, зокрема для релокації підприємств. Крім існуючих відомих систем, таких як GIS-системи, BI-платформи, CRM-системи, інструменти Data Mining, платформи Big Data Analytics, аналітичні платформи для конкурентної розвідки та інші, розглядаються й спеціалізовані програмно-технічні рішення для систем, які супроводжують процеси релокації підприємств і ґрунтуються на використанні інтелектуального аналізу даних.

Розробка методу вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства включає комплексний аналіз ринкових, економічних, та соціокультурних факторів. Складемо загальну схему методу релокації.

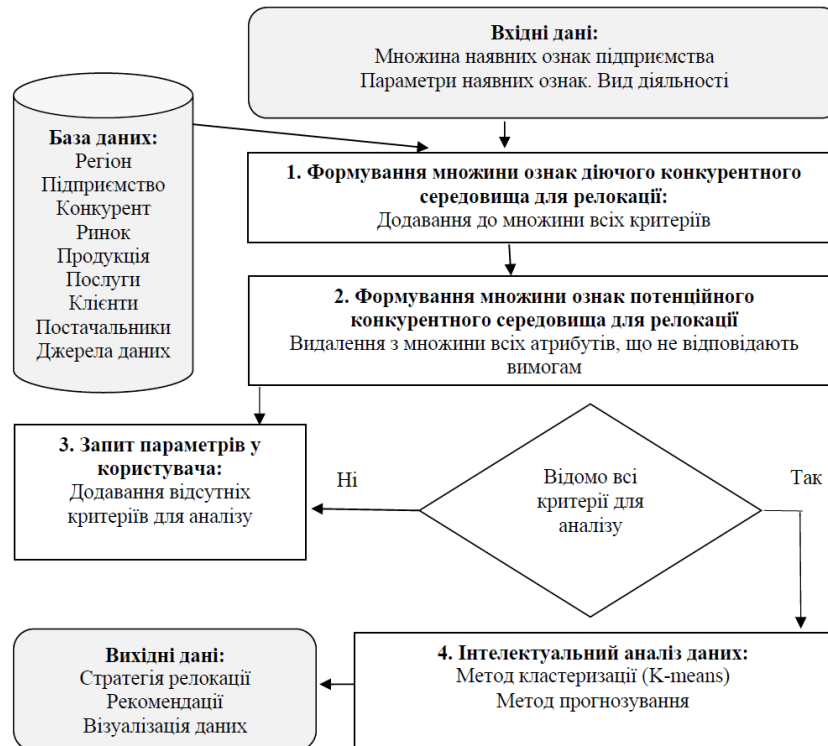


Рис.1. Схема методу релокації підприємства

Параметри моделі для релокації підприємства з використанням інтелектуального аналізу даних багатогранні, включають різні фактори, які можуть оптимізувати процес, забезпечити прийняття найкращих рішень і мінімізувати ризики. Модель релокації підприємства з використанням інтелектуального аналізу даних передбачає застосування методів, керованих даними, для оптимізації прийняття рішень і керування різними факторами, які впливають на успіх процесу релокації. Модель можна побудувати, враховуючи кілька критичних параметрів, які керують аналізом і забезпечують найкращий можливий результат. Цими параметрами є наступні.

Економічні параметри. Сюди входять вартість переміщення (прямі витрати, пов'язані з переміщенням операцій на нове місце, наприклад, витрати на транспортування, налаштування та оплату праці), операційні витрати (поточні витрати на новому місці, такі як місцеві витрати на робочу силу, комунальні послуги, податки та державні стимули), доступ до ринку та попит (потенційна клієнтська база та ринкові умови на новому місці, включаючи попит на продукти/послуги).

Географічні та логістичні параметри. До них належать придатність розташування (географічні особливості, включаючи доступ до транспортних мереж (наприклад, близькість до портів, автострад), інфраструктури та підключення); близькість до постачальників і партнерів (оцінка логістики постачання матеріалів і зручності доступу до ланцюга постачання з нового місця); екологічні та регуляторні чинники (екологічні закони, галузеві норми, закони про зонування та інші правові вимоги, які можуть вплинути на процес переселення).

Людські ресурси та соціальні параметри. Сюди належать умови на ринку праці (наявність кваліфікованих працівників, демографічні показники робочої сили, вартість робочої сили та об'єднання працівників у профспілки), культурні та соціально-економічні чинники (місцева культура, уподобання способу життя та соціальні умови, які можуть вплинути на утримання чи задоволеність працівників).

Фактори ризику та планування на випадок непередбачених ситуацій. До них належать політична та економічна стабільність (оцінка стабільності місцевого політичного середовища та економіки, що може вплинути на безперервність бізнесу), ризик стихійного лиха (специфічні для місця ризики, такі як вразливість до повеней, землетрусів або інших стихійних лих), регуляторні та податкові ризики (потенційні зміни в місцевому податковому законодавстві чи державній політиці, які можуть

вплинути на бізнес).

Збір даних та параметри інтеграції. Сюди належить доступність даних (доступність і повнота даних, необхідних для прийняття рішень, включаючи історичні економічні дані, потоки даних у реальному часі та географічні дані), джерела та типи даних (об'єднання різних типів даних, таких як економічні показники, опитування про задоволеність працівників, транспортні дані та нормативна інформація), якість даних і попередня обробка (забезпечення того, що використовувані дані точні, чисті та готові до аналізу, включаючи видалення невідповідних даних і нормалізацію наборів даних).

Машинне навчання та моделі штучного інтелекту. Сюди входить прогнозна аналітика (використання моделей машинного навчання, наприклад, регресійний аналіз, дерева рішень, нейронні мережі для прогнозування майбутньої ефективності бізнесу в різних місцях), кластеризація та сегментація (групування місць потенційної релокації на основі подібних характеристик для виявлення моделей, які призведуть до оптимальних рішень). Впроваджуються такі алгоритми, як генетичні алгоритми, моделювання відпалу або лінійне програмування, щоб знайти найбільш ефективні варіанти переміщення на основі кількох критеріїв.

Багатокритеріальний аналіз рішень (MCDA). Сюди відноситься ранжування місць розташування (використання таких методів, як аналітичний ієрархічний процес (АНП) або метод порядку переваги за подібністю до ідеального рішення (TOPSIS), щоб визначити пріоритетність різних варіантів переміщення на основі багатьох факторів, наприклад, вартості, ризику, наявності робочої сили), аналіз чутливості (розуміння того, як зміни ключових параметрів, наприклад, коливання вартості, нормативні зміни впливають на загальний процес прийняття рішень).

Візуалізація та звітність. Сюди включаються геопросторове відображення (візуальне представлення потенційних місць переселення на інтерактивних картах для аналізу географічних і логістичних факторів), інформаційні панелі рішень (інструменти BI, які об'єднують результати аналізу даних у прості для розуміння панелі інструментів, що дозволяють особам, які приймають рішення, взаємодіяти з моделлю та приймати обґрунтовані рішення).

Ці параметри створюють основу для інтелектуальної, керованої даними, моделі переміщення підприємства. Інтеграція аналітики даних і моделей штучного інтелекту дозволяє організації одночасно оцінювати кілька варіантів, оптимізувати логістику, зменшувати ризику та прогнозувати довгостроковий успіх рішення про релокацію. Цей метод забезпечує більш комплексний, адаптивний та інформований підхід до переміщення порівняно з традиційними моделями, які покладаються виключно на людське судження або статистичні показники. Проблема оптимізації для методу релокації підприємства передбачає визначення цілі або цільової функції, яку потрібно оптимізувати (наприклад, мінімізація витрат, максимізація прибутку або мінімізація ризику) з урахуванням набору обмежень (наприклад, доступні ресурси, нормативні вимоги або географічні обмеження). Нижче наведено приклад формулювання задачі оптимізації та її цільової функції.

Завдання оптимізації релокації підприємства. Метою процесу релокації є вибір оптимального нового місця, яке максимізує певні переваги (наприклад, зниження операційних витрат, розширення доступу до ринку або покращення операційної ефективності), дотримуючись ряду обмежень.

Нехай x_i є змінною для представлення кожного потенційного місця релокації, де

$x_i = 1$, якщо місце i вибрано,

$x_i = 0$, якщо місце i не вибрано.

Цільова функція залежить від мети релокації. Якщо ми прагнемо мінімізувати витрати, враховуючи різні фактори, такі як експлуатаційні витрати, транспортні витрати, витрати на робочу силу та наявність інфраструктури, цільову функцію можна записати так:

$$Z = \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i \rightarrow \min \quad (1)$$

де Z — загальна вартість релокації, c_i - витрати, пов'язані з релокацією переїздом на місце i (може включати витрати на транспортування, оплату праці, податки тощо), x_i - бінарна змінна місця (1 або 0), n - загальна кількість потенційних місць релокації.

Обмеження. Релокація повинна відповідати декільком обмеженням, таким як наявність ресурсів, географічні/логістичні обмеження, ринковий потенціал.

Наявність ресурсів. Можуть існувати обмеження щодо кількості об'єктів, які потрібно перемістити, або наявного бюджету:

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (2)$$

тобто, тільки одне місце релокації треба вибрати.

Географічні/логістичні обмеження - це обмеження, пов'язані з близькістю до постачальників, клієнтів або ключової інфраструктури (наприклад, транспортних мереж):

$$d_{ij} \leq L_j \quad (3)$$

при умові, що транспортна мережа підтримує вибране місце.

Нормативні або екологічні обмеження означають дотримання екологічних законів або місцевих правил ведення бізнесу:

$$y_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

тобто, немає від'ємних регуляторних факторів для вибраних місць.

Ринковий потенціал - потенціал для зростання бізнесу на новому місці, представлений мінімальним розміром ринку або обмеженням клієнтської бази:

$$\sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i \geq M_{min} \quad (5)$$

де M_{min} - мінімальний розмір ринку на вибраному місці.

Отже, задача оптимізації для релокації підприємства зосереджена на виборі найкращого місця за рахунок мінімізації витрат і максимізації інших стратегічних факторів, таких як доступ до ринку або наявність робочої сили. Цільова функція відображає цілі переміщення (зазвичай мінімізація витрат), а обмеження гарантують, що вибране місце відповідає всім необхідним умовам, включаючи юридичні, географічні та ринкові вимоги.

Такий підхід дозволяє підприємству адаптуватися до нових умов, зберегти конкурентні переваги та визначити стратегію розвитку. При вивченні системи релокації підприємства важливо враховувати різні аспекти. Розглянемо детальніше кожен етап.

Прикладні та математичні компоненти моделі релокації підприємства з використанням інтелектуального аналізу даних поєднують численні методи з таких областей, як математична оптимізація, машинне навчання, статистичний аналіз і багатокритеріальне прийняття рішень (MCDM). Наведемо основні ключові компоненти.

1. Оптимізаційні моделі.

До них відносяться різні види програмування.

Лінійне програмування (LP) використовується для пошуку найкращого розподілу ресурсів за наявності обмежень, наприклад, мінімізація витрат, максимізація доступу до ринку. Зазвичай використовується, коли розглядаються фактори, пов'язані з витратами на переїзд (транспорт, праця, комунальні послуги).

Цілочисельне програмування (IP). Воно подібне до LP, але використовується, коли рішення є дискретними (наприклад, чи відкривати нове підприємство у певному місці). Моделі цілочисельного програмування корисні для прийняття двійкових рішень (так/ні), наприклад, чи вибрати конкретне місто для релокації. Змішано-цілочисельне лінійне програмування (MILP) поєднує як неперервні, так і дискретні змінні, допомагаючи моделювати складніші сценарії прийняття рішень (наприклад, транспортна логістика в поєднанні з вибором об'єкта). Нелінійне програмування (NLP) використовується для більш складних задач оптимізації, де зв'язки між змінними є нелінійними. Моделі NLP можуть оптимізувати такі функції, як операційні витрати, доступ до ринку та людські ресурси на основі нелінійних зв'язків.

2. Прогнозне моделювання (машинне навчання). Сюди відносяться регресійний аналіз (методи лінійної регресії та логістичної регресії прогнозують операційні витрати або тенденції попиту в різних місцях на основі історичних даних), дерева рішень і випадкові ліси (використовуються для прогнозування найбільш прийнятних варіантів переміщення на основі різних критеріїв, такі моделі працюють шляхом поділу даних на гілки на основі умов і ранжування найімовірніших результатів), нейронні мережі (застосовуються для складних нелінійних зв'язків між такими факторами, як якість робочої сили, ринковий попит і логістична інфраструктура та метод глибокого навчання може виявити приховані шаблони, які не можуть прості моделі).

3. Багатокритеріальний аналіз рішень (MCDA). Сюди входять аналітичний ієрархічний процес (АНР) та техніка впорядкування переваги за подібністю до ідеального рішення (TOPSIS). АНР є інструментом підтримки прийняття рішень для ранжування альтернатив (потенційних місць переміщення) на основі кількох критеріїв, таких як вартість, близькість до ринків і доступна робоча сила. Це допомагає структурувати складні проблеми та виконувати попарні порівняння для ранжування альтернатив. TOPSIS – це метод, який порівнює кожне альтернативне місце з ідеальним рішенням і найгіршим сценарієм, щоб визначити найбільш оптимальний вибір.

4. Аналіз геопросторових даних. Сюди належать географічні інформаційні системи (ГІС) та просторова автокореляція. ГІС використовується для аналізу та візуалізації просторових даних, зокрема близькості до інфраструктури, ланцюгів поставок і конкурентів. ГІС можна інтегрувати з моделями оптимізації для визначення найкращих місць для релокації. Просторова автокореляція вимірює ступінь просторового відношення точок даних на основі розташування, таких як попит або щільність населення.

5. Аналіз ризиків і чутливості. Сюди відносяться моделювання Монте-Карло (метод, що використовується для оцінки впливу ризику та невизначеності в моделі, імітуючи різні сценарії переміщення, наприклад, політичну нестабільність, зміни вартості робочої сили, для оцінки потенційних результатів) та аналіз чутливості (оцінює, наскільки чутливим є оптимальне рішення про релокацію до змін у вхідних параметрах, допомагаючи підприємствам зрозуміти, які змінні найбільше впливають на рішення про релокацію).

6. Кластеризація та сегментація. Сюди віднесемо K-means Clustering (алгоритм машинного навчання, який використовується для сегментації потенційних місць переміщення на основі таких характеристик, як розмір ринку, наявність робочої сили, інфраструктура та екологічний ризик) та ієрархічну кластеризацію (створює деревоподібну структуру для кластеризації потенційних місць, що може бути корисною для прийняття ієрархічних рішень, наприклад, регіональні кластери місць переселення).

7. Оптимізація логістики та ланцюга поставок. Сюди входять проблема маршрутизації транспортного засобу (VRP) та проектування мережі ланцюга постачання. VRP використовується для оптимізації транспортування товарів і послуг між кількома місцями, включаючи поточне та нове розташування. Це особливо важливо під час процесу релокації. Проектування мережі ланцюга постачання - це моделі, які оптимізують всю мережу ланцюга постачання на основі нових місць, включаючи розміщення складів, маршрути транспортування та управління запасами.

Застосовуючи інструменти та моделі інтелектуального аналізу даних, підприємства можуть оптимізувати процес релокації, зменшуючи витрати, пом'якшуючи ризики та забезпечуючи більш плавний перехід. Ці системи об'єднують великі набори різнорідних даних і застосовують моделі прийняття рішень на основі штучного інтелекту для підтримки загального процесу.

Інтелектуальний аналіз даних (ІАД) є потужним інструментом для вивчення конкурентного середовища. Застосування відповідних засобів дозволяє підприємствам збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних, що в свою чергу сприяє ухваленню більш обґрунтованих рішень під час релокації.

Наприклад, розглянемо результати застосування засобів ІАД, а саме методу кластеризації, для дослідження конкурентного середовища для релокації підприємства. Побудова графіка (стратегії) релокації підприємства на основі інтелектуального аналізу даних дозволяє візуалізувати ключові аспекти, що впливають на ухвалення рішень. Вибір типу графіка залежить від мети аналізу, даних та специфіки підприємства. Інструменти для візуалізації допоможуть створити зрозумілі та інформативні графіки, які полегшують процес ухвалення рішень під час релокації.

Метод кластеризації K-means допомагає групувати географічні або економічні об'єкти (наприклад, потенційні локації підприємств) на основі схожості за заданими параметрами. Цей метод дозволяє вибрати оптимальну локацію шляхом аналізу вхідних параметрів та віднесення їх до кластерів.

Критерії для кластеризації візьмемо наступні.

1. Вартість оренди, яка показує фінансову привабливість локації.
2. Доступність транспорту, яка впливає на зручність доставки продукції та сировини.
3. Вартість логістики, що включає витрати на транспортування.
4. Конкуренція в регіоні.
5. Доступність робочої сили. Тут оцінюється потенціал забезпечення кадрами.
6. Екологічні умови. Вони визначають відповідність екологічним нормам.

Подамо вхідні дані для методу у вигляді таблиці, де кожний рядок — це окрема локація, а кожний стовпець - це характеристика локації.

Таблиця 1

Вхідні дані для методу кластеризації K-means

Локація	Вартість оренди (грн/м ²)	Доступність транспорту (бал)	Вартість логістики (грн)	Конкуренція (бал)	Доступність робочої сили (бал)	Екологічні умови (бал)
A	200	9	100000	6	7	8
B	300	8	120000	7	6	7
C	250	7	110000	5	8	9
D	400	5	130000	4	5	6
E	350	6	125000	6	6	7

Метод K-means використовує ці параметри для групування локацій у кластери, де кожен кластер відповідає певному рівню привабливості.

Таблиця 2

Результати кластеризації за методом K-means

Локація	Вартість оренди (грн/м ²)	Вартість логістики (грн)	Кластер
A	200	100000	2
B	300	120000	1
C	250	110000	2
D	400	130000	0
E	350	125000	1

Бачимо, що локації розподілені на три кластери. До кластера 0 входить локація D. Вона має високі витрати оренди та логістики. До кластера 1 входять локації B та E. Вони мають середній рівень витрат. До кластера 2 входять локації A та C. Вони є найбільш економічними.

Найкращий кластер для релокації підприємства - це кластер із найбільшою відповідністю заданим критеріям (мінімальні витрати на оренду та логістику, висока доступність транспорту та робочої сили). Отже, кластер 2 має найменші витрати на оренду та логістику.

Підхід кластеризації за методом K-means допомагає ефективно аналізувати великі набори даних

і приймати обґрунтовані рішення щодо релокації підприємства. Використані засоби інтелектуального аналізу (кластеризації, прогнозування, візуалізації) для методу дослідження конкурентного середовища для релокації повністю справляються із задачею вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства.

Для оцінки ефективності вивчення конкурентного середовища при релокації підприємства засобами інтелектуального аналізу даних можна застосувати комплексний показник, що включає кілька ключових факторів: якість даних, точність прогнозів, економічну ефективність та швидкість аналізу.

Оцінка ефективності вивчення конкурентного середовища передбачає визначення, наскільки успішно реалізовані методи інтелектуального аналізу даних сприяли досягненню цілей релокації підприємства. Це забезпечує обґрунтованість прийнятих рішень і можливість коригування стратегії.

Основні показники ефективності методу:

1. Релевантність отриманих даних. Вона визначає відсоток даних, які відповідають задачам аналізу (наскільки дані були корисними для прийняття рішень).

$$R = \frac{\text{Кількість релевантних записів}}{\text{Загальна кількість записів}} \cdot 100 \% \quad (6)$$

2. Повнота даних характеризується як відсоток заповнених даних серед необхідних для аналізу полів.

$$C = \frac{\text{Заповнені значення}}{\text{Усі необхідні значення}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

3. Точність прогнозів показує наскільки результати аналізу (прогнози попиту, оцінки конкурентів тощо) збігаються з реальними показниками. До таких показників відносяться такі метрики як MAE (Mean Absolute Error, середня абсолютна помилка)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (8)$$

та R^2 (коефіцієнт детермінації), що оцінює відповідність моделі реальним даним.

4. Ефективність стратегії оцінює результативність прийнятих рішень, базованих на аналізі ринку та рівня продаж.

5. Швидкість обробки даних означає час, необхідний для збору, очищення, аналізу даних, формування висновків та оцінки ефективності алгоритмів і інструментів.

6. Окупність інвестицій в аналіз (ROI) – це оцінка співвідношення між витратами на інтелектуальний аналіз даних і отриманими вигодами.

$$ROI = \frac{\text{Чистий прибуток (від прийнятих рішень)}}{\text{Витрати на аналіз}} \cdot 100 \% \quad (9)$$

Для оцінки ефективності вивчення конкурентного середовища можна використовувати комплексний інтегральний показник ефективності. Він враховує ключові аспекти процесу аналізу: якість даних, точність прогнозів, економічну доцільність та час виконання і має наступний вигляд:

$$E = \omega_1 \cdot Q + \omega_2 \cdot P + \omega_3 \cdot R + \omega_4 \cdot T \quad (10)$$

де E — загальний показник ефективності, Q — якість даних (релевантність, повнота, точність), P — точність прогнозів (наприклад, відсоток відповідності прогнозів реальним результатам), R — економічна ефективність (ROI, фінансові вигоди, пов'язані з прийнятими рішеннями), T — швидкість виконання аналізу (відносна оцінка часу, витраченого на збір і обробку даних), $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ — вагові коефіцієнти, що відображають важливість кожного фактора (сума всіх ваг дорівнює 1). Їх значення залежить від пріоритетів підприємства.

Якість даних (Q) оцінюється за трьома показниками:

$$Q = \frac{R_q + C_q + A_q}{3} \quad (11)$$

де R_q — релевантність даних (%), C_q — повнота даних (% заповнених полів), A_q — точність даних (відсутність помилок у записах).

Точність прогнозів (P) визначається через середню абсолютну помилку (MAE) або коефіцієнт детермінації R^2 :

$$P = 1 - MAE \text{ (у відносних величинах)} \quad (12)$$

Економічна ефективність (R) оцінюється через ROI (окупність інвестицій)

$$R = \frac{\text{Чистий прибуток}}{\text{Витрати на аналіз}} \cdot 100 \% \quad (13)$$

Швидкість виконання (T) оцінюється як відсоток фактичного часу від очікуваного:

$$T = 1 - \frac{\text{Фактичний час}}{\text{Очікуваний час}} \quad (14)$$

Якщо аналіз виконано в межах запланованого часу або швидше, $T = 1$.

Отже, маємо систему комплексної оцінки ефективності вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства, враховуючи не тільки точність та якість аналізу, але й економічний ефект та швидкість прийняття рішень. Після проведення тестування методу дослідження конкурентного середовища для релокації підприємства підводять підсумки та аналізують результати тестування. При цьому виявляють переваги методу (висока точність кластеризації та прогнозування, швидкість обробки даних (аналіз великих наборів даних у межах 5 секунд), зручність використання візуалізацій (інтерактивні карти, графіки). Також виявляють недоліки методу (модель прогнозування потребує додаткового налаштування для специфічних ринків, деякі дані (наприклад, реальна купівельна

спроможність) мають невисоку точність через обмеження джерел).

Оцінимо ефективність запропонованого методу порівняно з іншими і візуалізуємо у вигляді стовпчикових діаграм (деякі дані нормалізуємо для представлення на діаграмі).

Ефективність методу вивчення конкурентного середовища оцінюється через точність, швидкість, релевантність результатів і здатність підтримувати прийняття управлінських рішень. Основна мета дослідження — підтвердити, що запропонований метод сприяє вибору оптимального місця для релокації підприємства з урахуванням ризиків і потенціалу розвитку. Оцінка ефективності методу проводимо за критеріями, серед яких точність результатів (якість кластеризації конкурентів, точність прогнозування попиту), продуктивність (час виконання операцій, ресурсомісткість, використання пам'яті та CPU), релевантність рекомендацій (співпадіння рекомендацій системи з експертними оцінками), інтерпретація результатів (зрозумілість результатів для кінцевих користувачів, зручність візуалізації).

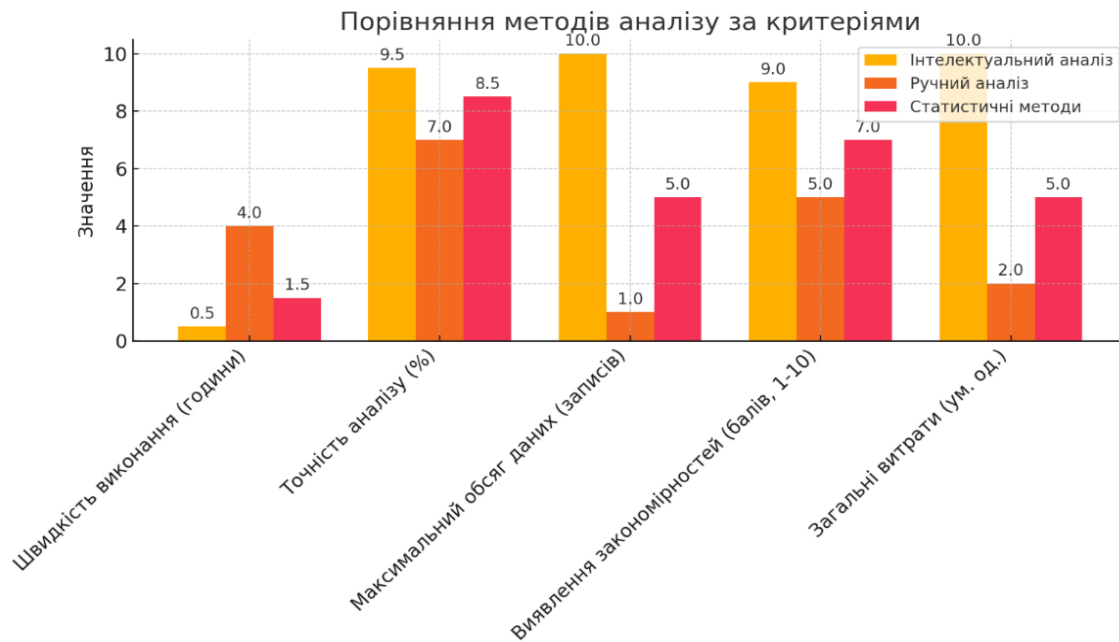


Рис. 2. Діаграма оцінки ефективності методів

Висновки

Інтелектуальний аналіз даних є потужним інструментом для вивчення конкурентного середовища. Застосування відповідних засобів дозволяє підприємствам збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних, що в свою чергу сприяє ухваленню більш обґрунтованих рішень під час релокації.

Результати застосування засобів інтелектуального аналізу даних, зокрема, методу кластеризації, для дослідження конкурентного середовища для релокації підприємства та побудова стратегії (графіка) релокації підприємства дозволяє візуалізувати ключові аспекти, що впливають на ухвалення рішень. Вибір типу графіка залежить від мети аналізу, даних та специфіки підприємства. Інструменти для візуалізації допоможуть створити зрозумілі та інформативні графіки, які полегшують процес ухвалення рішень під час релокації. Створена інформаційна модель методу вивчення конкурентного середовища для релокації підприємства засобами інтелектуального аналізу даних описує технологію підготовки даних та спосіб оцінки ефективності вивчення.

Використання інтелектуального аналізу даних є ефективним методом, який дозволяє підприємствам отримати глибоке розуміння ринку, на якому вони планують релокацію. Застосування засобів інтелектуального аналізу даних для вивчення конкурентного середовища під час релокації підприємства дозволяє отримати цінну інформацію, яка може бути використана для ухвалення обґрунтованих рішень. Системи аналізу, збору даних, машинного навчання та геоаналітики допомагають сформувати цілісне уявлення про ринок, конкурентів і споживчу поведінку, що в кінцевому рахунку сприяє успіху релокації.

Література

1. Урядова програма надання державної підтримки для тимчасової релокації виробничих потужностей українських підприємств. (н.д.). <https://relocation.gov.ua/>
2. Gregory Piatetsky-Shapiro. (н.д.). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Gregory_Piatetsky-Shapiro

3. Гороховатський, В. О., & Творошенко, І. С. (2021). *Методи інтелектуального аналізу та оброблення даних: навчальний посібник*. Харків: ХНУРЕ.
4. Аврунін, О. О., & Бодянський, Є. В. (2023). Інтелектуальні інформаційні системи в аналізі даних для управління підприємствами. *Вісник Харківського національного університету радіоелектроніки*, (2), 35–42.
5. Петренко, Н. І., & Корнєєв, Т. М. (2022). Аналіз ефективності релокації виробничих потужностей на основі машинного навчання. *Інформаційні технології і системи*, (5), 18–26.
6. Черевко, І. І., & Серєда, О. П. (2020). Інтелектуальний аналіз даних у логістичному моделюванні релокації. *Вісник Львівської політехніки*, (4), 53–60.
7. Іванов, І. О., & Петренко, Н. В. (2021). Моделі інтелектуального аналізу даних для оптимізації процесів релокації підприємств. *Інформаційні технології і системи*, 14(4), 98–107.
8. Шевченко, В. П., & Грєчка, В. М. (2020). Аналіз ризиків і економічної ефективності при релокації підприємств за допомогою методів машинного навчання. *Вісник Київського національного університету*, 33, 23–31.

Referernces

1. Uriadova prohrama nadannia derzhavnoi pidtrymky dlia tymchasovoi relokatsii vyrobnychkh potuzhnosti ukrainskykh pidpryiemstv. (n.d.). <https://relocation.gov.ua/>
2. Gregory Piatetsky-Shapiro. (n.d.). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Gregory_Piatetsky-Shapiro
3. Horokhovatskyi, V. O., & Tvoroshenko, I. S. (2021). *Metody intelektualnoho analizu ta obrobлення danykh: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: KhNURE.
4. Avrunin, O. O., & Bodianskyi, Ye. V. (2023). *Intelektualni informatsiini systemy v analizi danykh dlia upravlinnia pidpryiemstvamy*. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu radioelektroniky, (2), 35–42.
5. Petrenko, N. I., & Kornieiev, T. M. (2022). *Analiz efektyvnosti relokatsii vyrobnychkh potuzhnosti na osnovi mashynnoho navchannia*. Informatsiini tekhnolohii i systemy, (5), 18–26.
6. Cherevko, I. I., & Sereda, O. P. (2020). *Intelektualnyi analiz danykh u lohistychnomu modeliuvanni relokatsii*. Visnyk Lvivskoi politekhniki, (4), 53–60.
7. Ivanov, I. O., & Petrenko, N. V. (2021). *Modeli intelektualnoho analizu danykh dlia optymizatsii protsesiv relokatsii pidpryiemstv*. Informatsiini tekhnolohii i systemy, 14(4), 98–107.
8. Shevchenko, V. P., & Hrechka, V. M. (2020). *Analiz ryzykiv i ekonomichnoi efektyvnosti pry relokatsii pidpryiemstv za dopomohoiu metodiv mashynnoho navchannia*. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu, 33, 23–31.