

DOI: [10.32702/2307-2105-2022.4.151](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2022.4.151)

УДК 338.1

*А. О. Лопатін,
аспірант,
Чорноморський Національний Університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна
ORCID ID: 0000-0002-2707-9033*

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ КОХОНЕНА ТА TABOOSearch ДЛЯ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКА СИРОВИНИ

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

USING THE KOHONEN NEURAL NETWORK AND TABOOSearch TO SELECT THE SUPPLIER OF RAW MATERIALS

Обґрунтовано доцільність використання нейронної мережі Кохонена та TabooSearch для вибору постачальника сировини. Систематизовано основні положення порядку використання нейронних мереж Кохонена та TabooSearch в процесі прийняття управлінських рішень. Узагальнено порядок використання нейронних мереж Кохонена та TabooSearch в процесі вибору постачальників сировини. При цьому вирішено науково-практичне завдання об'єднання даного інструментарію із класичним методом побудови усередненої лінії кластерного аналізу. Удосконалено такий підхід за допомогою об'єднання нейронної мережі Кохонена із усередненою лінією позиціювання потенційних постачальників сировини. Обґрунтовано ефективність застосування даного інструментарію при виборі постачальника сировини на конкретному умовному прикладі. Запропонована модель вибору постачальників сировини в цілому відбиває існуючу ситуацію діючих на ринку суб'єктів господарювання та дозволяє допомогти їй проаналізувати з боку обрання постачальників сировини, що в цілому розширює арсенал інструментів вибору постачальників сировини, що й складає наукову новизну даного дослідження.

The expediency of using the Kohonen neural network and TabooSearch to select a raw material supplier is substantiated. The main provisions of the order of use of Kohonen neural networks and TabooSearch in the process of making managerial decisions are systematized. The procedure for using Kohonen and TabooSearch neural networks in the process of selecting raw material suppliers is summarized. The scientific and practical problem of combining this toolkit with the classical method of constructing an average line of cluster analysis is solved. This approach has been improved by combining the Kohonen neural network with the average positioning line of potential raw material suppliers. The efficiency of application of this toolkit at a choice of the supplier of raw materials on a concrete conditional example is proved. The proposed model of selection of suppliers of raw materials in general reflects the current situation of market entities operating in the market and allows to help analyze it from the choice of suppliers of raw materials. This definition is generalized on the basis of consideration of the functional dependence of the

constructed average line of positioning of potential suppliers of raw materials. Thus, the difference between the proposed model and the common model for constructing the Kohonen neural network and TabooSearch based on determining the distance to the average line of their positioning is: first, in a different approach to determining the positioning of potential suppliers of raw materials, namely the angle of inclination of the average line of such positioning; secondly, in the analysis of interaction not only of a group of economic entities of one branch, but also of different economic entities by branches; thirdly, in the selection of such features of the phase space, which contribute to the analysis of different business entities. In general, the proposed model in general expands the arsenal of tools for choosing suppliers of raw materials, which is the scientific novelty of this study. Thus as a direction of the further researches it is expedient to specify necessity of development of the mechanism of application of methods of the cluster analysis for selection of volumes of necessary raw materials at alternative deliveries.

Ключові слова: кластерний аналіз; нейронна мережа Кохонена; TabooSearch; постачальник сировини; усереднена лінія позиціювання.

Keywords: cluster analysis; Kohonen neural network; TabooSearch; raw material supplier; average positioning line.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасні умови господарювання в Україні характеризуються достатньо складними обставинами, негативний ефект яких посилюється всесвітньою пандемією та її руйнівним впливом на загальну економічну ситуацією в державі та на систему функціонування кожного окремого суб'єкта господарювання. За таких обставин вітчизняні підприємства, незалежно від сфери й масштабів діяльності та форми власності, вимушені переглядати загальні підходи до прийняття управлінських рішень, намагаючись максимально оптимізувати їх. Водночас, одним із важливіших аспектів діяльності з точки зору стратегічної важливості прийнятих управлінських рішень, виступає вибір постачальника сировини.

Таке зауваження ґрунтується на наступному:

по-перше, раціональний вибір постачальника сировини чинить безпосередній вплив на прибуток підприємства, оптимізуючи виробничі витрати;

по-друге, від правильного вибору постачальника сировини напряму залежить якість сировини, а отже якість готової продукції підприємства, що також чинить вплив на розмір прибутку підприємства шляхом збільшення або навпаки зменшення попиту та обсягів збуту продукції певного підприємства.

Окреслене підтверджує необхідність та актуальність проблеми пошуку ефективних методів вибору постачальників сировини, в тому числі завдяки використанню економіко-математичного інструментарію, чільне місце в якому займає побудова нейронних мереж Кохонена та TabooSearch.

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. Як показали дослідження наукових напрацювань, присвячених дослідженню використання нейронних мереж Кохонена та TabooSearch, на сьогодні існує вагомий науковий доробок в контексті даного науково-практичного завдання. Отже, доцільно відмітити наукові напрацювання таких вітчизняних та зарубіжних вчених: Бригадир В. О., Козін І. В., Селютін Є. К., Кривохата А. Г., Кудін О. В., Чопоров С. В., Лещинський О. Л., Іщенко А. О., М'ячин В. Г., Синько А. І., Пелешин А. М., Субботін С. О., Амір Х., Брайдо Дж. [1-10] та інших. Проте більшість наукових праць з питань побудови нейронних мереж Кохонена та TabooSearch присвячені загальним аспектам використання даного інструментарію, залишаючи поза увагою прикладні аспекти та особливості застосування нейронних мереж Кохонена та TabooSearch в розв'язанні окремих господарських завдань. Отже виникає потреба в обґрунтуванні порядку використання нейронних мереж Кохонена та TabooSearch в процесі вибору постачальників сировини.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної статті є обґрунтування порядку використання нейронних мереж Кохонена та TabooSearch в процесі вибору постачальників сировини. При цьому поставлено науково-практичне завдання об'єднання даного інструментарію із класичним методом побудови усередненої лінії кластерного аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Мережа Кохонена відноситься до мереж, що самоорганізуються, які під час надходження вхідних сигналів не отримують інформацію про бажаний вихідний сигнал [1, 2, 8]. Усі подані вхідні сигнали із заданої навчальної множини мережа розділяє на класи, будуючи так звані топологічні мапи. Мережу Кохонена використовують для відображення нелінійних взаємозв'язків даних на достатньо легко інтерпретовані сітки (частіше за все двомірні), які являють собою метричні та топологічні залежності вхідних векторів, що

об'єднуються у кластери [4].

Перш за все, у фазовому просторі необхідно визначити позиціонування потенційних постачальників сировини, для чого, перш за все, слід правильно обрати ознаки такого простору. Якщо говорити про властивості таких ознак, то варто звернути увагу на те, що такі ознаки з одного боку, повинні бути базовими з погляду функціонування будь-якого суб'єкту господарювання; а з іншого, – відображати сутність взаємодії між різними суб'єктами господарювання (в даному випадку між постачальником та покупцем).

Зокрема в якості таких ознак можна розглядати активи та пасиви потенційних постачальників сировини, які в цілому і відображають стан розвитку досліджуваних учасників ринкових відносин. В контексті ж обраного напрямку дослідження, а саме аналізу підприємств на предмет доцільності їх вибору як потенційних постачальників сировини, в якості однієї з ознак фазового простору можна розглядати вартість (абсолютну або відносну) зобов'язань підприємства за власними поставками. Доцільність розгляду вартості фінансових ресурсів для узагальнення позиціонування різних за галузями суб'єктів господарювання є виправданою, бо в такому випадку аналізується як можливість залучити необхідні ресурси, так й здатність розрахуватися за таке залучення, що є досить принциповим питанням у ринкових умовах господарювання.

Отже, визначаючи позиціонування потенційних постачальників сировини в обраному фазовому просторі можна відразу визначити сталість їх розвитку або спроможність щодо здійснення узятих зобов'язань. Наприклад, якщо досліджувані суб'єкти господарювання позиціонуються у правому верхньому куті позначеного фазового простору до відповідно обраних ознак простору, то можна вважати поточний стан такого суб'єкту господарювання найбільш сталим, відповідно у лівому верхньому та правому нижньому – прийнятно сталим з погляду однієї з ознак, що дає змогу розмежувати досліджувані суб'єкти з погляду кожної з ознак фазового простору, а в нижньому лівому – найменш сталим. Таке розмежування суб'єктів господарювання у фазовому просторі базується на звичайному визначенні досліджуваних суб'єктів у фазовому просторі, виходячи із динаміки зростання обраних показників відповідно до осей абсцис та ординат, за якими ці показники подаються. Проте розгляд такого ранжування обраних для дослідження потенційних постачальників сировини слід більш докладно наводити з погляду конкретних ознак фазового простору, бо відповідна змістовність у позиціонуванні досліджуваних суб'єктів господарювання може змінюватися в залежності від обраних ознак та їх подання в системі координат фазового простору – карти Кохонена [3].

Разом з цим можливим є й розгляд розташування потенційних постачальників сировини відповідно до усередненої лінії. Тобто, якщо досліджувані суб'єкти господарювання знаходяться з одного боку усередненої лінії, то можна вважати сталість їх розвитку приблизно однаковою, у протилежному випадку таке визначення ні є однозначним.

Проте в контексті даного дослідження доцільно дещо удосконалити класичний інструментарій методу побудови кластеру Кохонена, а саме запровадити кут нахилу усередненої лінії позиціонування потенційних постачальників сировини.

Таке зауваження ґрунтується на тому, що відмічений кут також може бути ознакою загального розвитку досліджуваних суб'єктів господарювання. Так у разі зростання кута нахилу усередненої лінії мережі Кохонена позиціонування досліджуваних потенційних постачальників сировини, відповідно до попереднього часу його визначення, можна говорити що розвиток досліджуваних суб'єктів господарювання загалом є позитивним, у разі ж зменшення такого кута – негативним [7]. При цьому більш доречним є розгляд змін такого кута відповідно до окремих ознак фазового простору. Тобто, мова йде проте, що кут нахилу усередненої лінії мережі Кохонена визначає розвиток суб'єктів господарювання враховуючі ознаки фазового простору. Отже, зміна кута нахилу усередненої лінії позиціонування досліджуваних суб'єктів господарювання визначає їх розташування в обраному фазовому просторі під дією впливів з боку обраних ознак такого фазового простору. Інакше кажучи, якщо нахил кута усередненої лінії визначається відповідно до осі абсцис, то ми можемо стверджувати про впливовість саме ознаки фазового простору відповідно до даної осі. Так у разі зменшення такого кута до осі абсцис варто говорити про значимість впливу ознаки, яка визначається згідно до позначеної осі фазового простору [10].

Відповідні зауваження можна зробити і згідно зміщення усередненої лінії відносно осі абсцис та осі ординат. У цьому випадку також слід дослідити залежність зміни відміченого кута нахилу усередненої лінії відповідно до змін ознак фазового простору, в якому визначається позиціонування досліджуваних потенційних постачальників сировини. Таким чином, у будь-якому випадку за допомогою кута нахилу усередненої лінії позиціонування досліджуваних постачальників сировини також розкривається ступень впливу кожного з досліджуваних суб'єктів господарювання щодо отримання наявної ситуації з їх позиціонування у фазовому просторі. Відтак саме позиціонування досліджуваних суб'єктів господарювання і може розглядатися в якості узагальнення їх взаємодії, де ознакою такої взаємодії з погляду обраної моделі вибору постачальників сировини виступає значення кута нахилу усередненої лінії отриманого позиціонування [5].

У підсумку, з розглянутого вище, ми приходимо до того, що з економічної точки зору кут нахилу усередненої лінії визначає не тільки окреме позиціонування потенційних постачальників сировини у фазовому просторі, а також розкриває сутність впливу на розташування досліджуваних суб'єктів господарювання у фазовому просторі з погляду аналізованих показників – обраних ознак фазового простору. Відтак врахування кута нахилу усередненої лінії позиціонування досліджуваних суб'єктів господарювання сприяє розкриттю впливів ознак фазового простору, в якому проводиться відповідний аналіз, з погляду еволюційного розвитку процесів економічної взаємодії між різними суб'єктами ринкових відносин, які узагальнюються з погляду

економічних кластерних угруповань.

Загальна формалізація обраної моделі вибору постачальників сировини зводиться:

по-перше, до обрання ознак $\{X, Y\}$ фазового простору позиціювання потенційних постачальників сировини в розрізі окремих аналізованих інтервалів часу;

по-друге, визначенні усередненої лінії позиціювання досліджуваних постачальників сировини в обраному фазовому просторі ознак $\{X, Y\}$ в побудованій мережі Кохонена. Таке визначення здійснюється на основі економічних методів, які дозволяють за статистичними даними побудувати усереднену лінію у вигляді апроксимуючої лінії;

по-третє, визначенні функціональної залежності впливу множини значень позиціювання потенційних постачальників сировини в обраному фазовому просторі ознак $\{X, Y\}$ [9].

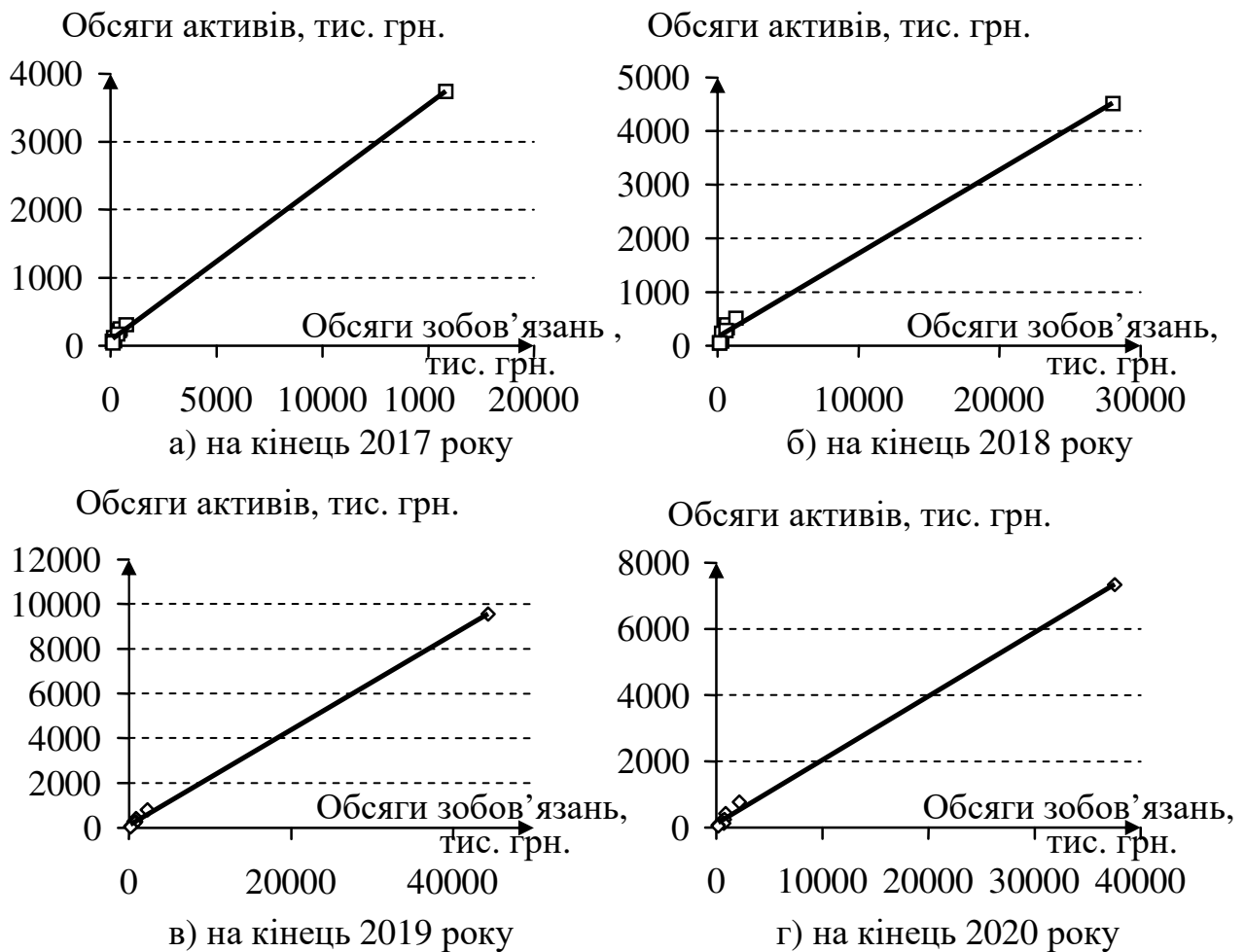
Таке визначення узагальнюється на підставі розгляду функціональної залежності побудованої усередненої лінії позиціювання потенційних постачальників сировини. При цьому у разі лінійного апроксимуючого рівняння усередненої лінії відповідне значення кута нахилу визначається одностайно (тобто у разі наявної лінійної залежності між обраними ознаками фазового простору). В даному випадку значення кута нахилу визначається через так званий кутовий коефіцієнт отриманої функціональної залежності апроксимуючої лінії, де кутовий коефіцієнт – це тангенс кута нахилу до осі абсцис. Якщо ж апроксимуюче рівняння є нелінійним (інакше кажучи не можна одностайно говорити про лінійну залежність між обраними ознаками фазового простору), то варто визначити кут нахилу усередненої лінії позиціювання потенційних постачальників сировини на основі дотичної до такої лінії.

Проте в даному контексті мова йде не стільки про визначення одностайних напрямів впливу обраних ознак фазового простору на позиціювання потенційних постачальників сировини, скільки про визначення напрямку можливої зміни таких впливів.

Загалом побудова відповідної функціональної залежності може відбуватися на основі регресійного аналізу.

При цьому також постає питання щодо обрання більш вірогідної функціональної залежності, яка пов'язує між собою значення кута нахилу усередненої лінії позиціювання досліджуваних потенційних постачальників сировини та відповідних значень позиціювання таких суб'єктів господарювання. Тобто річ йде проте, якою є така залежність лінійною, зворотної, нелінійною, що можливо визначити відповідно до критеріїв значимості побудови регресійного рівняння.

В якості прикладу, на рис. 1 відображено зміну позиціювання дев'яти потенційних постачальників сировини протягом 2017–2021 років (побудовано відповідно до офіційних статистичних даних, але приклад є умовним і тому юридичні назви підприємств не зазначено).



□□ –потенційні постачальники

— – усереднена лінія позиціювання потенційних постачальників сировини

Рис. 1. Зміна позиціювання потенційних постачальників сировини в обраному фазовому просторі ознак нейронної мережі Кохонена

Відображене на рис. 1 позиціювання потенційних постачальників сировини відображує взаємодію суб'єктів господарювання з боку процесів постачання та покупки сировини, завдяки розгляду обсягів активів та зобов'язань.

Наочне відображення усередненої лінії обраних для дослідження потенційних постачальників сировини чітко відображує зміну кута нахилу такої лінії відповідно до осі абсцис, яка узагальнює обсяги зобов'язань.

Поряд із цим визначаючи кут нахилу усередненої лінії за дотичною лінією варто зважувати на те, що таких ліній може бути ціла множина. Тож тоді варто говорити про визначення домінуючої ознаки щодо узагальнення кута нахилу усередненої лінії позиціювання досліджуваних потенційних постачальників сировини.

Зокрема такою домінуючою ознакою є діяльність певного суб'єкту господарювання, показники якого є найближчими до точки перетину відповідної дотичної та усередненої лінії, яка розглядається, що в цілому підтверджується правилами побудови нейронних мереж Кохонена та іншими вимогами використання інструментів кластерного аналізу.

Грунтовність такого зауваження засновано на тому, що здійснення поставок сировини відбувається все ж таки з погляду конкретного суб'єкту господарювання.

Відтак і аналіз взаємодії постачальників та покупців сировини також доцільно проводити з погляду певного суб'єкту господарювання, значення показників якого і є у даному випадку домінуючими.

Зміна значень нахилу досліджуваного кута нахилу усередненої лінії відповідно до рис. 1 подано у табл. 1 (власні розрахунки за допомогою стандартних пакетів MicrosoftOffice згідно даних рис. 1 та вихідних даних

щодо активів та зобов'язань потенційних постачальників сировини), де також відображено функціональну залежність усередненої лінії позиціювання досліджуваних суб'єктів господарювання та значення величини достовірності апроксимації.

Таблиця 1.
Розрахункові дані щодо визначення параметрів позиціювання досліджуваних потенційних постачальників сировини в обраному фазовому просторі ознак: обсяги зобов'язань (KR) – активи підприємства DR)

На кінець	Апроксимуюче рівняння	Тангенс кута нахилу усередненої лінії	Величини достовірності апроксимації
2017 року	$DR = 0,2312 \cdot KR + 80,456$	0,2312	0,998
2018 року	$DR = 0,1556 \cdot KR + 158,480$	0,1556	0,994
2019 року	$DR = 0,2128 \cdot KR + 117,410$	0,2128	0,998
2020 року	$DR = 0,1928 \cdot KR + 112,280$	0,1928	0,997

З даних табл. 1 та рис. 1 видно, що вплив обраних ознак на позиціювання досліджуваних потенційних постачальників сировини в обраному фазовому просторі є змінним.

Це визначається зміною значень кута нахилу усередненої лінії позиціювання обраних для дослідження суб'єктів господарювання.

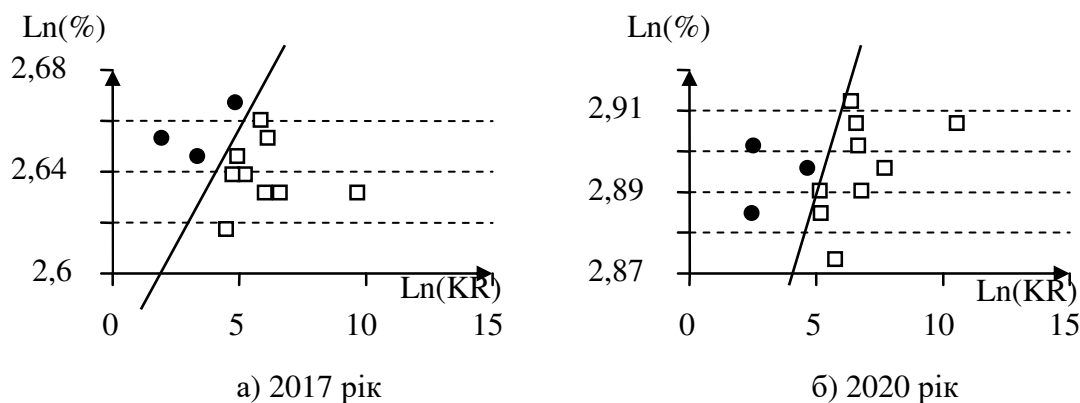
При цьому можна стверджувати, що за підсумками 2021 року більший вплив на означене позиціювання досліджуваних за даними рис. 1 суб'єктів господарювання справляв такий показник обраного фазового простору як зобов'язання.

Це визначається тим, що нахил усередненої лінії позиціювання обраних для дослідження суб'єктів господарювання тяжіє до осі абсцис.

Втім більш складнішим є визначення кута нахилу усередненої лінії позиціювання потенційних постачальників сировини у разі коли такі суб'єкти утворюють окремі економічні кластери.

Це пов'язано з низкою питань, головним серед яких є уявлення отриманих первинних статистичних даних з метою більш наочного та коректного їх відображення в мережі Кохонена.

Відповідно до зробленого зауваження на рис. 2 відбито взаємне позиціювання потенційних постачальників сировини (розраховано та побудовано автором). Відмічене подання здійснено у фазовому просторі таких ознак як обсяги зобов'язань відносно прострочених термінів поставок, де значення таких показників представлені у вигляді логарифму від абсолютних даних – $\ln(KR)$ та $\ln(\%)$ відповідно.



- – позиціювання постачальників, що мають прострочені терміни
- – позиціювання постачальників, що не мають прострочені терміни
- – усереднена лінія позиціювання між окремими економічними кластерами

Рис. 2. Позиціювання різних потенційних постачальників сировини в об'єднуючому фазовому просторі з погляду таких ознак як обсяги зобов'язань та термінів прострочення поставок

З даних рис. 2 видно, що в обраному фазовому просторі досліджувані суб'єкти господарювання позиціонуються в межах окремих економічних кластерів, утворюючи компактні групи. Таким чином, можливою є побудова усередненої лінії між визначеними групами кластерів даної нейронної мережі Кохонена. Така усереднена лінія може бути визначена за допомогою методів кластерного аналізу, сутність яких зводиться до визначення окремих кластерів їх центру та формалізації лінії розподілу побудованих кластерів, в тому числі із застосуванням методу TabooSearch. Втім навіть наочне відображення усередненої лінії позиціювання потенційних постачальників сировини з погляду різних років свідчить про зміну кута її нахилу.

При цьому нейронна мережа Кохонена в даному випадку складається з 2 шарів нейронів: вхідний (кількість нейронів відповідає кількості ознак об'єкта) та вихідний (кількість нейронів відповідає кількості кластерів) [6].

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Отже запропонована в контексті даного дослідження модель вибору постачальників сировини в цілому відбиває існуючу ситуацію діючих на ринку суб'єктів господарювання та дозволяє допомогти їй проаналізувати з боку обрання постачальників сировини. При цьому відмітимо, що розглянута модель суттєво відрізняється від існуючих підходів.

Так різниця запропонованої моделі від розповсюдженої моделі побудови нейронної мережі Кохонена та TabooSearch на основі визначення відстані до усередненої лінії їх позиціювання полягає:

по-перше, у іншому підході щодо визначення показника позиціювання потенційних постачальників сировини, а саме куту нахилу усередненої лінії такого позиціювання;

по-друге, у проведенні аналізу взаємодії не лише групи суб'єктів господарювання однієї галузі, а й різних за галузями суб'єктів господарювання;

по-третє, в обранні таких ознак фазового простору, які сприяють проведенню аналізу різних за галузями суб'єктів господарювання.

Взагалі запропонована модель в цілому розширює арсенал інструментів вибору постачальників сировини, що й складає наукову новизну даного дослідження. При цьому в якості напрямку подальших досліджень доцільно вказати необхідність розробки механізму застосування методів кластерного аналізу для обрання обсягів необхідної сировини при альтернативних поставках.

Перелік використаних джерел.

1. Бригадир В.О. Теоретичні засади кластерного аналізу країн ЄС. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Випуск 7, 2015. DOI: <http://global-national.in.ua/archive/7-2015/06.pdf>
2. Козін І. В., Селютін Є. К. Особливості пошуку оптимальних класифікацій: еволюційні алгоритми. *Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки*. Запоріжжя, 2019. №2. С. 62–68.

3. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / Т. Кохонен; пер. с англ. В. Агеев; под ред. Ю. Тюменцева. – М.: Бином, 2008. – 656 с.
4. Кривохата А. Г., Кудін О. В., Чопоров С. В. Нейромережеві математичні моделі у задачах обробки звукових сигналів: монографія. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 120 с.
5. Лещинський О. Л., Іщенко А. О. Використання нейромереж у процесі інтелектуального (кластерного) аналізу даних. *Економіка і суспільство*. Випуск № 11, 2017. DOI: https://economyandsociety.in.ua/journals/11_ukr/93.pdf
6. М'ячин В. Г. Кластерний аналіз інноваційно-активних підприємств за допомогою карт Кохонена як передумова стратегічного планування. *Modern Economics*. 2019. № 14(2019). С. 180-185. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-28](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-28).
7. Синько А. І., Пелешин А. М. Застосування кластеризації на основі самоорганізаційних карт Кохонена для розподілу користувачів на групи. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020, № 1. DOI: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/01/21.pdf>
8. Субботін С. О. Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир: Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с.
9. Amir Hossein Azadniaetal Neural networks / *Procedia-Socialand Behavioral Sciences*, № 65 (2012), pp. 879 – 884.
10. Braido, G. M. etal. Supplychain network optimization using a Tabu Search based heuristic \\\ Gest. Prod., SãoCarlos, 2016. V. 23, n. 1, p. 3-17.

References.

1. Bryhadyr, V.O. (2015), Theoretical principles of cluster analysis of EU countries. *Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky*. vol. 7, DOI: <http://global-national.in.ua/archive/7-2015/06.pdf>
2. Kozin, I. V., Seliutin, Ye. K. (2019) Features of the search for optimal classifications: evolutionary algorithms. *Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu. Fyzyko-matematychni nauky*. Zaporizhzhia, vol. 2. pp. 62–68.
3. Kokhonen, T. (2008), Samoorhanyzuiuschyesia karty [Self-organizing cards] / T. Kokhonen; per. s anhl. V. Aheev; pod red. Yu. Tiumentseva. Binom, Moscow, Russia.
4. Kryvokhata, A. H., Kudin, O. V., Choporov, S. V. (2020), Nejromerezhevi matematychni modeli u zadachakh obrobky zvukovykh syhnaliv: monohrafiia. [Neural network mathematical models in problems of sound signal processing: monograph] Kherson, Ukraine.
5. Leschynskiy, O. L., Ischenko, A. O. (2017), Use of neural networks in the process of intellectual (cluster) data analysis. *Ekonomika i suspil'stvo*. vol. 11., DOI: https://economyandsociety.in.ua/journals/11_ukr/93.pdf
6. M'iachyn, V. H. (2019). Cluster analysis of innovation-active enterprises with the help of Kohonen maps as a prerequisite for strategic planning. *Modern Economics*. vol. 14(2019). pp. 180-185. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-28](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-28).
7. Syn'ko, A. I., Peleschyshyn, A. M. (2020) Application of clustering based on self-organizing Kohonen maps to divide users into groups. *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu*. vol. 1. DOI: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/01/21.pdf>
8. Subbotin, S. O. (2020) Nejronni merezhi: teoriia ta praktyka [Neural networks: theory and practice], Zhytomyr, Ukraine.
9. Amir Hossein Azadniaetal (2012) “Neural networks” *Procedia-Socialand Behavioral Sciences*, vol. 65, pp. 879 – 884.
10. Braido, G. M. (2016) “Supplychain network optimization using a Tabu Search based heuristic” *Gest. Prod.*, SãoCarlos, V. 23, n. 1, pp. 3-17.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2022 р.