

*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. 2024. № 12.*

**DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.12.45>**

**УДК 338.1**

*М. О. Самофалова,  
к. е н., доцент, доцент кафедри управління та адміністрування,  
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»  
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-8060-7956>*

## **САМООРГАНІЗАЦІЙНІ КАРТИ КОХОНЕНА ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*М. Samofalova,  
PhD in Economics, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Management and Administration,  
Open International University of Human Development "Ukraine"*

## **KOHONEN'S SELF-ORGANISING MAPS AS A TOOL FOR CLUSTERING MACHINE-BUILDING ENTERPRISES**

*У статті запропоновано використання самоорганізаційних карт Кохонена як інструмент кластеризації машинобудівних підприємств України. Для дослідження було відібрано підприємства середнього та високого рівня, середньорічна виручка від реалізації продукції (товарів) яких перевищувала 400 млн. грн. за період дослідження. Було обрано 38 підприємств машинобудування, розподілених по групах КВЕД України, період дослідження становив 5 років (2019-2023рр.). Проведена кластеризація за 14-ма показниками діяльності машинобудівних*

*підприємств України дозволила виявити характерні групи підприємств із подібними характеристиками. А також виділено 0-ий кластер, в який увійшло лише одне підприємство з 5-ої групи, яке є лідером на сьогоднішній день в машинобудівній галузі. Отримані результати наочно демонструють динаміку розвитку машинобудування України і чітко відокремлюють діяльність та кількість підприємств в 2023 році порівняно з 2019-2022 рр. Побудовано математичну модель прогнозування діяльності машинобудівних підприємств із визначених пріоритетних кластерів.*

*The article proposes the use of Kohonen's self-organisation maps as a tool for clustering machine-building enterprises in Ukraine. For the study, medium- and high-level enterprises were selected, whose average annual revenue from the sale of products (goods) exceeded UAH 400 million for the period of research. We selected 38 machine-building enterprises, divided into groups of Ukrainian Classifier of Economic Activities, for a research period of 5 years (2019-2023). The clustering by 14 indicators of Ukrainian machine-building enterprises: production efficiency; wearfactor; coefficient of autonomy; solvent cyratio; capital turnover ratio; capital retirement ratio; return on sales ratio, selling expenses profit ability ratio; average salary grow thrate; aver agesalary; labour productivity; labour efficiency; share of unified social tax in net income; net income growthrate allowed us to identify characteristic groups of enterprises with similar characteristics. We also identified Cluster 0, which includes only one company from Group 5, which is currently the leader in the machine-building industry. Thus, we can see the logic of clustering - grouping of more powerful enterprises in the post-war period (cluster 0, 1, 2) and the activities of enterprises in the pre-war period (5, 4, 3). The results clearly demonstrate the dynamics of the Ukrainian machine building industry and clearly separate the activities and number of enterprises in 2023 compared to 2019-2022. The main indicator that is of the greatest interest to us and determines the competitive advantages of machine-building enterprises is the net income growth rate, so we used it as the selected forecast indicator of the efficiency of development of machine-building enterprises, since it shows the growth of revenue from the sale of the enterprise's products and is one of the criteria that determines the competitiveness of products and the image of the enterprise, which is a priority for our research task. A mathematical model for forecasting the activities of machine-building enterprises*

*from the identified priority clusters has been built. This model demonstrates the best correspondence between the actual and forecast data of the studied period for enterprises from the priority clusters. This indicates the effectiveness and high adequacy of this model, which is also confirmed by the high value of the coefficient of determination - (0.84). Thus, the results of the forecast model of the net income growth rate for the machine-building enterprises selected from the priority clusters are adequate.*

**Ключові слова:** *карти Кохонена, конкурентоспроможність, машинобудування, кластеризація, кластерний аналіз, нейронна мережа.*

**Keywords:** *Kohonen maps, competitiveness, machine building, clustering, cluster analysis, neural network.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** В умовах повномасштабного вторгнення для повоєнної відбудови національної економіки є необхідним визначення місця і ролі підприємств машинобудівної галузі, зокрема їх оцінка, перспективи діяльності та розвиток. Так як машинобудівний комплекс вважається одним із найбільш інноваційним сегментом будь-якого народного господарства та включає в себе підприємства військово-промислового комплексу, тому важливим аспектом є визначення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств та їх адаптації до реалій сьогодення. Так як, в принципі не існує чітко визначеного індикатора (результуючого показника) конкурентоспроможності машинобудівних підприємств, тому буде доцільним використовувати економіко-математичний інструментарій, чільне місце в якому займає побудова нейронних мереж Кохонена, що дозволить вирішити нашу задачу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні існує багато науковців, що присвячують свої дослідження питанням кластерного аналізу, такі як: Матвійчук А.В., Іващенко К., Великоіваненко Г.І., Бригадир В.О., Кривохата А. Г., Кудін О. В., Чопоров С. В., Лещинський О. Л., Іщенко А. О., М'ячин В.Г., Синько А. І., Пелецишин А. М. [1-8] та інші. Однак, більшість

наукових праць з питань побудови нейронних мереж Кохонена присвячені загальним аспектам використання даного інструментарію, тому питання кластеризації саме машинобудівних підприємств потребує дослідження та уточнення.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Мета статті полягає у проведенні кластеризації машинобудівних підприємств України з виділенням найбільш пріоритетних кластерів та в подальшому побудова математичної моделі прогнозування діяльності машинобудівних підприємств із визначених пріоритетних кластерів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Кластеризація здійснюється шляхом угруповання схожих елементів. Дану задачу з успіхом можуть розв'язувати саме нейронні мережі, що навчаються «без учителя». Цей інструментарій є незамінним засобом кількісного аналізу даних у задачах, де виходи моделі невідомі. В роботі [1] Матвійчук А.В. зазначає, що розрахунок результативного показника без налаштування на його попередніх значеннях можуть здійснювати й економіко-математичні моделі, побудовані на підґрунті інструментарію нечіткої логіки, проте в таких моделях не здійснюється автоматичний пошук залежностей у структурі вхідних даних, натомість взаємозв'язки між входами та виходом прописуються із залученням експертних знань.

Так, для реалізації можливості навчання «без учителя» можуть бути застосовані специфічні нейронні мережі — карти самоорганізації (Self-Organizing Maps), розроблені фінським ученим Тейво Кохоненом [9, 10]. Карта самоорганізації являє собою нейронну мережу без зворотних зв'язків, налаштування параметрів якої здійснюється із застосуванням алгоритму навчання без учителя шляхом виявлення невідомих образів та структур у статистичних даних пояснюючих показників досліджуваних об'єктів. Алгоритм навчання забезпечує відображення простору великої розмірності на карту малої розмірності, зберігаючи при цьому її топологічну структуру.

Такою є концепція моделювання на основі карт самоорганізації, якої дотримуються ряд дослідників, зокрема, автор Матвійчук А.В.[1, с.74].

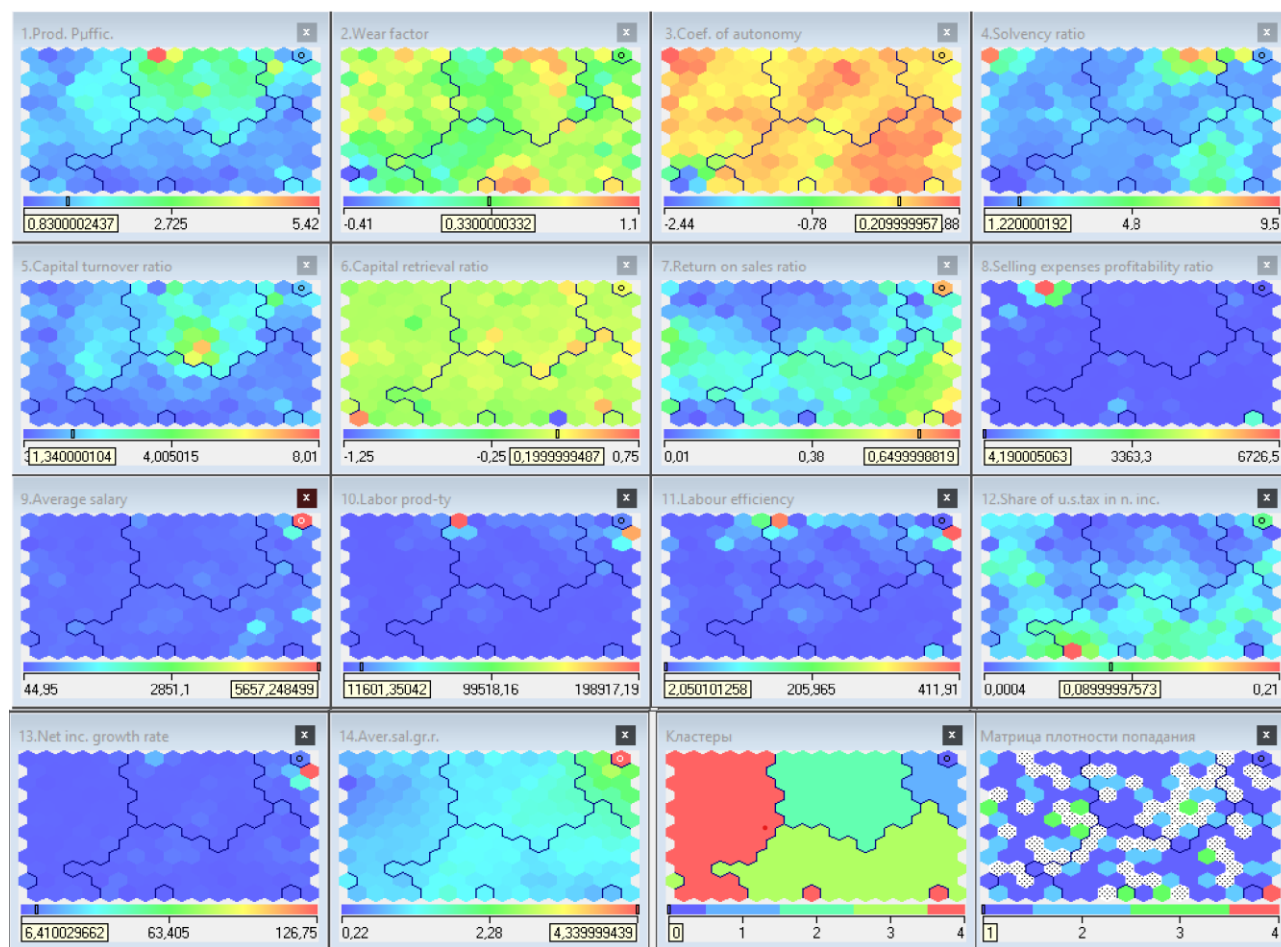
В нашому дослідженні якраз і використовується штучна нейронна мережа, побудована на основі принципу самоорганізаційних карт Кохонена. Такий тип нейронних мереж дозволяє сформувати кластери схожих між собою об'єктів дослідження. Результатом побудови самоорганізаційної карти є візуальне відображення кластерної структури у вигляді двовимірної гексагональної решітки нейронів та множина груп країн з подібними між собою показниками, що визначають розвиток ринку праці та зайнятість трудових ресурсів. Наприкінці етапу дослідження визначається розташування на карті основних підприємств по групах за їхніми показниками, щодо оцінювання конкурентоспроможності даних підприємств та кластеру, до якого вони належать. Отже, для нашого дослідження було обрано 38 підприємств машинобудування, які ми розподілили на 5 груп згідно КВЕД України, де група 1 – КВЕД 26. «Виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції»; група 2 - КВЕД 27. «Виробництво електричного устаткування»; група 3 – КВЕД 28. «Виробництво машин і устаткування, не віднесених до інших угруповань»; група 4 – КВЕД 29. «Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів та інших транспортних засобів»; група 5 – КВЕД 30. «Виробництво інших транспортних засобів». Крім того, для дослідження нами відбиралися підприємства середнього та високого рівня, середньорічна виручка від реалізації продукції (товарів) яких перевищувала 400 млн. грн. за період дослідження. У нашу вибірку потрапили підприємства різнопланового машинобудування: виробництво машин і устаткування для сільського та лісового господарства; виробництво повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування; виробництво вузлів, деталей і приладдя для автотранспортних засобів; виробництво проводів, кабелів і електромонтажних пристроїв та інші. Період дослідження становив

Наступним етапом було формування бази даних (дата сету) за 5-ть років з 2019-2023рр. Насамперед, на основі результатів фінансово-господарської діяльності досліджуваних підприємств, які були зібрані з [11-12], проведено розрахунки наступних показників: ефективність виробництва (production efficiency); коефіцієнт зносу (wearfactor), коефіцієнт автономії (coefficient of autonomy); коефіцієнт платоспроможності (solven cyratio); коефіцієнт оборотності капіталу (capital turno verratio); коефіцієнт рентабельності капіталу (capital retrie valratio); коефіцієнт рентабельності реалізації (return on salesratio), коефіцієнт рентабельності збутових витрат (selling expenses profit abilityratio); коефіцієнт росту середньої заробітної плати (average salary grow thrate); середня заробітна плата (aver agesalary); продуктивність праці (labor productivity); ефективність трудової діяльності (labor efficiency); частка єдиного соціального внеску в загальній величині чистого доходу від реалізації (share of uni fied social taxin net in come); коефіцієнт росту чистого доходу від реалізації (net in come growthrate). Вибір даних 14 показників був зроблений згідно методики та запропонованих критеріїв автора Оберемчук В.Ф. [13].

Наступним етапом було проведено кластеризацію. Для цього ми використали аналітичну платформу Deductor Studio Academic. Ця платформа пропонує найширші функціональні можливості порівняно з аналогічними продуктами, коли йдеться про інтеграцію, візуалізацію та очищення даних, а також використання методів інтелектуального аналізу даних. В результаті проведених експериментів гексагональна сітка розміром 22×16 нейронів була визначена як оптимальна структура теплової карти Кохонена для проведення кластеризації підприємств машинобудування за 14 відібраними показниками.

Процес кластеризації передбачав 5000 епох навчання. Для визначення сусідства нейронів було обрано Гаусову функцію.

В результаті було отримано 4 кластери де згрупувались підприємства машинобудування з подібними значеннями показників (рис. 1.).



**Рис.1. Топологічні площини карти Кохонена машинобудівних підприємств України**

*Джерело: авторська розробка*

На рис.1 представлено топологічні площини карти Кохонена в розрізі 14 показників конкурентних переваг машинобудівних підприємств України (над кожною площиною вказана назва відповідного показника). На кожній із представлених на рис.1 топологічних площин певним кольором виділено рівні значень відповідного показника: більш високі значення представлені червоними кольорами, а низькі— синіми (градація кольорів за кожним показником відображена на лінійці під відповідним рисунком). Але прослідковується неоднозначність розподілу та відокремленість даних кластерів, що по кольорам, що по підприємствам. Наприклад, на першій топологічній площині за показником «Ефективність виробництва»

(Production efficiency) у кластері з лівого боку карти скупчилися підприємства з низькими значеннями цього показника, посередині – є підприємства з високим значенням, але з правого боку-знов значення низькі. Подібна ситуація з таким не чітким розмежування рівнів показників між кластерами властива всім іншим пояснюючим змінним, що видно на рис.1.

Так як в першому варіанті ми не добились бажаного результату і кожен раз залишалась така сама низька якість розподілу підприємств за рівнями показників конкурентних переваг машинобудівних підприємств, тому було вирішено застосувати z-score стандартизацію для обробки значень змінних за аналогічним підходом, що описано в роботі [14].

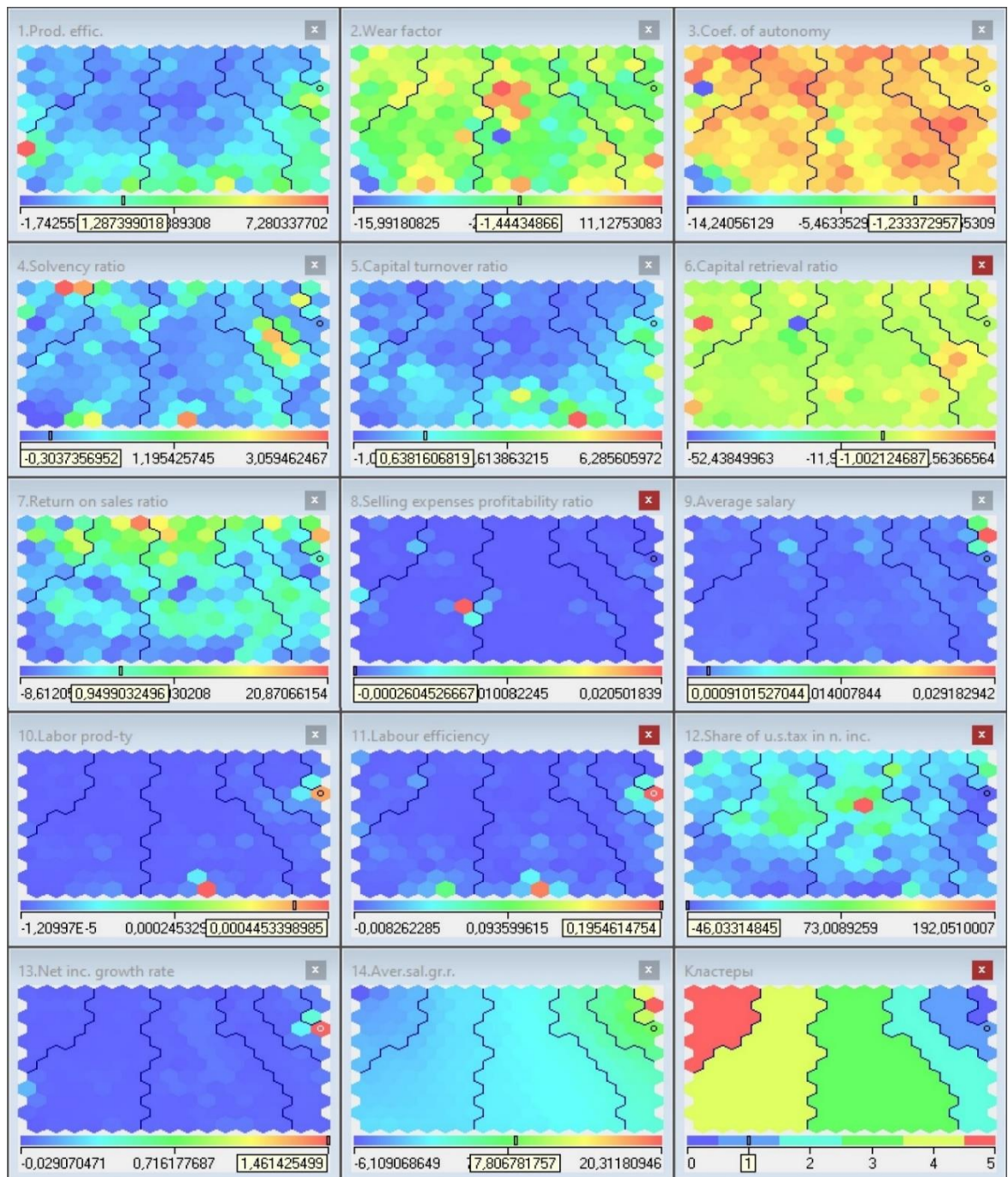
В результаті проведення стандартизації було отримано 6-ть кластерів по всім показникам підприємств, що відображено на рис. 2, де видно, що значення показників змінюються при переході від кластера до кластера, що вказує на вдале розмежування підприємств на основі заданого набору пояснюючих змінних.

Безпосередньо на рис.2 де наведено групування кластерів ми бачимо лінійку кластеру, яка показує, що 0-ий кластер знаходиться в правому верхньому куті - зображено фіолетовим кольором, 1-ий кластер - зображено синім кольором, 2-ий кластер - бірюзовий колір, 3-ій кластер - позначено зеленим кольором, 4-ий кластер – виділено жовтим і 5-ий кластер, який знаходиться у лівому верхньому куті - червоним.

В результаті проведеної кластеризації ми отримали розподіл підприємств за відповідними 14 показниками, які відносяться до певних кластерів:

1) в 0-ий кластер потрапило лише одне потужне підприємство ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Атлон Авіа» з 5 групи (КВЕД 30.30-«Виробництво повітряних і космічних літальних апаратів, супутнього устаткування», м.Київ), яке характеризується такими високими показниками саме за 2023 рік, як: average salary (середня заробітна плата), labour efficiency (ефективність трудової діяльності), net income growth rate (коефіцієнт росту

чистого доходу), average salary growth rate (коефіцієнт росту середньої заробітної плати). Оскільки з фактором війни збільшилась потреба у виробництві обороноздатної техніки, це обумовило і потребу в більшій кількості кваліфікованого персоналу, підвищенню їх заробітної плати і що, в свою чергу, підвищило ефективність трудової діяльності даного підприємства.



**Рис.2. Топологічні площини карти Кохонена машинобудівних підприємств України за нормалізованими показниками**

*Джерело: авторська розробка*

2) В 1-ий кластер потрапили підприємства також за 2023 рік, переважно підприємства 1, 2, 3 та 5 груп, а з 4 групи - жодне підприємство не увійшло до даного кластеру. За географічною приналежністю лідирує Київська область і переважають підприємства 5-ої групи. Згруповані підприємства характеризуються такими високими показниками: production efficiency (ефективність виробництва), solven cyratio (коефіцієнт платоспроможності), capital turno verratio (коефіцієнт оборотності капіталу), average salary (середня заробітна плата), netin come grow thrate (коефіцієнт росту чистого доходу), а решта показників є низькими. Можна стверджувати, що такий розподіл теж відбувся саме через вплив фактору війни на діяльність машинобудівних підприємств, що пов'язано із потребою у виготовленні військово-оборонної продукції, техніки, деталей, комплектуючих виробів тощо.

3) В 2-му кластері згруповано підприємства також переважно за 2023 рік, але і долучаються окремі за 2021 р. – це підприємства з шрифтом 18.3 та 36.5. Можемо бачити, що тут кількісно виділено підприємства 3, 4 і 5 групи, але знову ж таки 5-та група - лідируюча. Дані підприємства поступаються своїми показниками діяльності підприємствам з 1-го і 0-го кластерів, але можна виокремити високі значення таких показників: production efficiency (ефективність виробництва), solven cyratio (коефіцієнт платоспроможності), return on salesratio (коефіцієнт рентабельності реалізації), share of uni fied social tax in netincome (частка єдиного соціального внеску у чистому доході), average salary grow thrate (коефіцієнт росту середньої заробітної плати), а решта показників є низькими.

4) В 3-му кластері включені підприємства з усіх груп, причому диференціація розподілу теж різниться по рокам, по значенням показників, по географії розподілу. Viriznyetsya активна діяльність підприємств в період 2019-2021 років майже по всім групам, також підприємства за 2023 рік, але з нижчими показниками, у порівнянні з 0 і 1 кластером, що і обумовило таке їх групування. В даному кластері згрупована найбільша кількість

підприємств, порівняно з попередніми кластерами, та охоплено всі 5-ть груп. Даний кластер характеризується такими високим показниками: coefficient of autonomy (коефіцієнт автономії), capital retri evalratio (коефіцієнт рентабельності капіталу), retur non salesratio (коефіцієнт рентабельності реалізації), але інші 11-ть показників є низькими.

5) В 4-му кластері згруповано більшість підприємств з пріоритетною діяльністю по показникам за 2019 рік - це підприємства переважно 1-ої і 2-ої груп. Спостерігається також велика кількість підприємств 3-ої, 4-ої, та 5-ої груп за 2020 рік – довоєнний період. По географічному розташування лідруючі позиції займають підприємства м.Київ та Київська обл., м.Харків, м.Дніпро, м.Запоріжжя, м.Кременчук. По високим значенням показників виділяються наступні: wear factor (коефіцієнт зносу), capital turno verratio (коефіцієнт оборотності капіталу), retur non salesratio (коефіцієнт рентабельності реалізації), а решта 11 показників є низькими.

6) В 5-му кластері згруповані підприємства лише за 2019-2022рр., переважають кількісно підприємства за 2020 рік (з географією - м. Запоріжжя, м. Київ, м. Львів, м. Дніпро, м. Черкаси), характеризуються одним високим показником – solven cyratio (коефіцієнт платоспроможності), а інші 13 показників є низькими.

Чітко прослідковуються розмежування підприємств по рокам, а саме довоєнний період та повоєнний. В верхньому лівому куті, у 5-му кластері (червоним кольором) розміщені підприємства переважно з 2019-2020 рр., в протилежному куті (фіолетовий, синій та бірюзовий колір) – підприємства з показниками лише за 2023 рік. Тобто, можемо стверджувати, що на ефективність діяльності машинобудівних підприємств вплинув фактор війни, особливо в 2023 році активізувалась діяльність підприємств саме 5 групи, що пов'язано зі значним збільшенням державних замовлень на виготовлення безпілотних літальних апаратів, військової техніки та інших комплектуючих виробів, що сприяють обороноздатності країни.

Отже, проведена кластеризація за 14-ма показниками діяльності машинобудівних підприємств України дозволила виявити характерні групи підприємств із подібними характеристиками. А також виділено 0-ий кластер, в який увійшло лише одне підприємство з 5-ої групи, яке є лідером на сьогоднішній день в машинобудівній галузі. Також можна виділити по показникам діяльності 1-ий та 2-ий кластери, де згруповані підприємства за 2023 рік, які почали активізацію своєї діяльності, у зв'язку із потребою нарощення військових та обороноздатних потужностей країни.

Таким чином, простежується логіка кластеризації – групування більш потужних підприємств саме в повоєнний період (кластер 0, 1, 2) та діяльність підприємств в довоєнний період (5, 4, 3). Отримані результати наочно демонструють динаміку розвитку машинобудування України і чітко відокремлюють діяльність та кількість підприємств в 2023 році порівняно з 2019-2022 рр.

Наступним кроком даного дослідження буде побудова математичної моделі прогнозування діяльності машинобудівних підприємств із визначених пріоритетних кластерів (0-го, 1-го та 2-го) в умовах повномасштабного вторгнення.

Згідно результатів проведеної кластеризації сформовано вибірку із наступних підприємств, які потрапили у кластери 0-ий, 1-ий та 2-ий (табл.1).

Серед обраних 14 показників (були зазначені вище), які найбільше характеризують діяльність машинобудівних підприємств, головним показником, який викликає для нас найбільший інтерес і визначає конкурентні переваги машинобудівних підприємств є коефіцієнт росту чистого доходу. Він показує зростання виручки від реалізації продукції підприємства і являється одним із критеріїв, що визначає конкурентоспроможність продукції та імідж підприємства, що є пріоритетним для нашої задачі дослідження. Тому в якості обраного прогнозного показника ми обираємо коефіцієнт росту чистого доходу як показник ефективності розвитку машинобудівних підприємств.

**Таблиця 1. Розподіл підприємств машинобудування за пріоритетними кластерами**

| <b>Кластер</b> | <b>Підприємства</b>                                                      | <b>Роки</b> | <b>Кількість</b> |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|
| <b>0</b>       | ТОВ "НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "АТЛОН АВІА", м. Київ                | 2023        | <b>1</b>         |
| <b>1</b>       | ТОВ "НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО "АЕРОТЕХНІКА - МЛТ", смт. Макарів    | 2023        | <b>7</b>         |
|                | ТОВ "ТЕЛЕКАРТ-ПРИЛАД", м. Одеса                                          | 2023        |                  |
|                | ТОВ "РАДІОНІКС", м. Київ                                                 | 2023        |                  |
|                | ТОВ "ВАТ ОЛІМП", м. Світловодськ                                         | 2023        |                  |
|                | ТОВ "УКРАЇНСЬКА БРОНЕТЕХНІКА", м. Київ                                   | 2023        |                  |
|                | ТОВ "НАУКОВО-ВИРОБНИЧА КОМПАНІЯ "ТЕХІМПЕКС", м. Бровари                  | 2022,2023   |                  |
|                | ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ЗАВОД ІМЕНІ В.О.МАЛИШЕВА", м.Харків               | 2023        |                  |
| <b>2</b>       | ТОВ "МОТОРДЕТАЛЬ-КОНОТОП", м. Конотоп                                    | 2021,2023   | <b>12</b>        |
|                | ТОВ "ТУРБОГАЗ УЖГОРОД", м. Ужгород                                       | 2023        |                  |
|                | ПП "ВКП "АЛЬФАТЕКС, м.Кременчук                                          | 2023        |                  |
|                | АТ "ЧЕРКАСЬКИЙ АВТОБУС", м. Черкаси                                      | 2023        |                  |
|                | ТОВ «ТЕХКОМПЛЕКТ», м. Вишневе, Київська обл.                             | 2023        |                  |
|                | ТОВ "ПК «ПОЖМАШИНА», смт. Ладан, Чернігівська обл.                       | 2023        |                  |
|                | ПАТ "КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД", м. Кременчук                      | 2023        |                  |
|                | АТ "КОМПАНІЯ АВІАЦІЙНОГО ТА РАКЕТНО-ТЕХНІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ", м. Київ | 2021        |                  |
|                | ТОВ "ВИРОБНИЧО-ІННОВАЦІЙНА КОМПАНІЯ "ДЕВІРО", м. Дніпро                  | 2023        |                  |
|                | ТОВ "АВІАЦІЙНА ВИРОБНИЧА КОМПАНІЯ "СКАЕТОН", м. Київ                     | 2023        |                  |
|                | ТОВ "КОНОТОПСЬКИЙ АВІАРЕМОНТНИЙ ЗАВОД "АВІАКОН", м. Конотоп              | 2023        |                  |
|                | ПАТ "ІНТЕРПАЙП НИЖНЬОДНІПРОВСЬКИЙ ТРУБОПРОКАТНИЙ ЗАВОД", м. Дніпро       | 2021        |                  |

*\*Сформовано автором на основі власних досліджень*

Зауважимо, що всі підприємства потрапили до пріоритетних кластерів за 2023 рік, але є поодинокі підприємства з показниками за 2021р. Але так як прогноз нами робиться на 2023 рік, тому доцільно брати дані обраних підприємств для дослідження за попередні роки.

При побудові лінійної регресійної моделі ми використали дані підприємств (табл.1) з пріоритентих кластерів, використавши показники

діяльності цих машинобудівних підприємств. На сформованих даних підприємств) з пріоритетних кластерів ми отримали наступну 14-ти факторну модель, яка має вигляд:

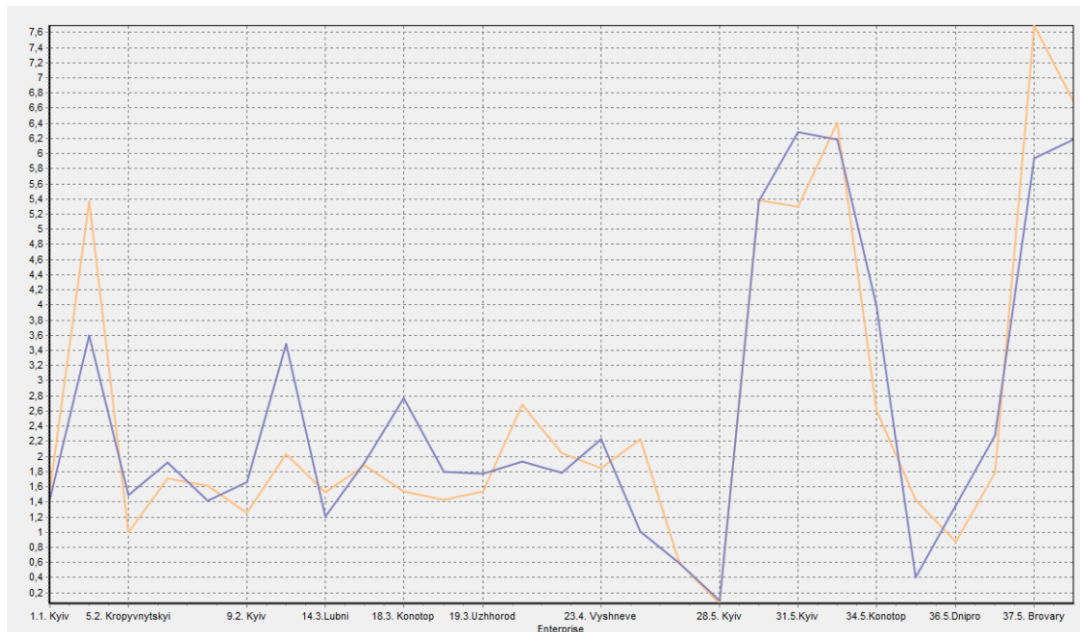
$$x_{13}(t+1) = -3,23 + 0,66 * x_1(t) - 0,20 * x_2(t) - 3,2 * x_3(t) + 0,34 * x_4(t) - 0,20 * x_5(t) + 0,23 * x_6(t) + 1,03 * x_7(t) - 8,7 * 10^{-5} * x_8(t) + 0,003 * x_9(t) - 0,0004 * x_{10}(t) + 0,13 * x_{11}(t) + 0,54 * x_{12}(t) - 0,21 * x_{13}(t) + 2,80 * x_{14}(t),$$

- де  $x_1$ - Ефективність виробництва-production efficiency;  
 $x_2$  - Коефіцієнт зносу- wear factor;  
 $x_3$ - Коефіцієнт автономії- coefficient of autonomy;  
 $x_4$ - Коефіцієнт платоспроможності- solven cyratio;  
 $x_5$ - Коефіцієнт оборотності капіталу- capital turno verratio;  
 $x_6$ - Коефіцієнт рентабельності капіталу- capital retrie valratio;  
 $x_7$ - Коефіцієнт рентабельності реалізації- retur non salesratio;  
 $x_8$ - Коефіцієнт рентабельності збутових витрат - selling expenses profitability ratio;  
 $x_9$  - Середня заробітна плата - average salary;  
 $x_{10}$  – Продуктивність праці – labor productivity;  
 $x_{11}$ - Ефективність трудової діяльності – labor efficiency;  
 $x_{12}$ - Частка єдиного соціального внеску у чистому доході - share of unified social taxin net income;  
 $x_{13}$ - Коефіцієнт росту чистого доходу- net income growth rate;  
 $x_{14}$ - Коефіцієнт росту середньої заробітної плати – avera gesalary growth rate.

Графічне представлення прогнозних значень коефіцієнта росту чистого доходу для підприємств з пріоритетних кластерів зображено на рис.3.

Як бачимо з рис.3, та на основі отриманих результатів 14-ти факторної моделі, що вона демонструє найкращу відповідність фактичних і прогнозних даних досліджуваного періоду для підприємств із пріоритетних кластерів. Це

свідчить про ефективність та високу адекватність даної моделі, що також підтверджується і високим значенням коефіцієнта детермінації – (0,84).



**Рис. 3. Прогнозування коефіцієнту росту чистого доходу для підприємств з 0,1,2 кластерів**

*Джерело: сформовано автором*

Отже, отримані результати прогнозової моделі коефіцієнту росту чистого доходу для машинобудівних підприємств обраних із пріоритетних кластерів є адекватними.

***Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.*** Проведена кластеризація за 14 показниками діяльності машинобудівних підприємств України дозволила виявити характерні групи підприємств із подібними характеристиками. А також виділено 0-ий кластер – в який увійшло лише одне підприємство з 5-ої групи, яке є лідером на сьогоднішній день в машинобудівній галузі. Також можна виділити за показниками діяльності 1-ий та 2-ий кластери, де згруповані підприємства за 2023 рік, які почали активізацію своєї діяльності, у зв'язку із потребою нарощення військових та обороноздатних потужностей країни.

Таким чином, простежується логіка кластеризації – групування більш потужних підприємств саме в повоєнний період (кластер 0,1,2) та діяльність підприємств в довоєнний період (5,4,3). Отримані результати наочно демонструють динаміку розвитку машинобудування України і чітко відокремлюють діяльність та кількість підприємств в 2023 році, порівняно з 2019-2022 рр. На основі проведено дослідження моделювання розвитку машинобудівних підприємств були отримані наступні результати: результируючим показником, який характеризує розвиток машинобудівних підприємств було обрано показник коефіцієнт росту чистого доходу; при побудові лінійної регресійної моделі для виділених підприємств із пріоритетних кластерів вона демонструє найкращу відповідність фактичних і прогнозних даних досліджуваного періоду, це свідчить про ефективність та високу адекватність даної моделі, що також підтверджується високим значенням коефіцієнта детермінації (0,84).

Прспективи подальших досліджень будуть спрямовані на застосування сучасних методів машинного навчання, таких як нейронні мережі для прогнозування росту чистого доходу для машинобудівних підприємств.

### Література

1. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: монографія/А. В. Матвійчук.-К.:КНЕУ, 2011.-439с.
2. Ivashchenko, K., Matviychuk, A. Cluster Modelling of Labour Resources Employment in the Context of Globalisation. *International Economic Policy*, 2(39), 164-192(2023). URL: <https://doi.org/10.33111/iep.eng.2023.39.08> (дата звернення 12.09.2024).
3. Velykoivanenko, H., Korchynskyi, V. Application of Clustering in the Dimensionality Reduction Algorithms for Separation of Financial Status of Commercial Banks in Ukraine. *Universal Journal of Accounting and Finance*,

10(1), 148-160 (2022). URL:<http://doi.org/10.13189/ujaf.2022.100116> (дата звернення 15.09.2024).

4. Бригадир В.О. Теоретичні засади кластерного аналізу країн ЄС. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Випуск 7, 2015. URL: <http://global-national.in.ua/archive/7-2015/06.pdf> (дата звернення 15.09.2024).

5. 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.

6. Лещинський О. Л., Іщенко А. О. Використання нейромереж у процесі інтелектуального (кластерного) аналізу даних. *Економіка і суспільство*. Випуск № 11, 2017. URL: [https://economyandsociety.in.ua/journals/11\\_ukr/93.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/11_ukr/93.pdf) (дата звернення 17.08.2024).

7. 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. URL:[https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-28](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-28) (дата звернення 12.09.2024)

8. Синько А. І., Пелешишин А. М. Застосування кластеризації на основі самоорганізаційних карт Кохонена для розподілу користувачів на групи. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020, № 1. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/01/21.pdf> (дата звернення 10.08.2024)

9. Kohonen T. The self-organizing map // *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 1990. Vol. 78, P. 1464–1480.

10. Kohonen T. Self-organized formation of topologically correct feature maps // *Biological Cybernetics*, 1982. Vol. 43, P. 59–69.

11. Фінансова звітність машинобудівних підприємств. URL:<https://clarity-project.info/> (дата звернення 10.06.2024).

12. Фінансова звітність машинобудівних підприємств. URL: <https://pat.ua/> (дата звернення 10.06.2024).
13. Оберемчук В.Ф. Стратегія розвитку підприємства: Короткий курс лекцій. - К.: МАУП, 2000. - 128 с.
14. Lukianenko, D., Matviychuk, A., Lukianenko, L., Dvornyk, I. University competitiveness in the knowledge economy: a Kohonen map approach. CEUR Workshop Proceedings, 2023, vol.3465, P. 236–250. URL:<https://ceur-ws.org/Vol-3465/paper23.pdf> (дата звернення 13.08.2024)

### References

1. Matvijchuk A.V.(2011), *Shtuchnyj intelekt v ekonomitsi: nejronni merezhi, nechitka lohika* [Artificial intelligence in the economy: neural networks, fuzzy logic], KNEU, Kyiv, Ukraine.
2. Ivashchenko, K., and Matviychuk, A. (2023), “Cluster Modelling of Labour Resources Employment in the Context of Globalisation”, *International Economic Policy*, vol.2(39), pp.164-192. <https://doi.org/10.33111/iep.eng.2023.39.08>.
3. Velykoivanenko, H., and Korchynskyi, V. (2022), “Application of Clustering in the Dimensionality Reduction Algorithms for Separation of Financial Status of Commercial Banks in Ukraine”, *Universal Journal of Accounting and Finance*, vol.10(1), pp.148-160. <http://doi.org/10.13189/ujaf.2022.100116>.
4. Bryhadyr, V.O. (2015), “Theoretical principles of cluster analysis of EU countries”, *Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky*. vol. 7, [Online], available at: <http://global-national.in.ua/archive/7-2015/06.pdf> (Accessed 15 Sep.2024).
5. Kryvokhata, A. H., Kudin, O. V. and Choporov, S. V. (2020), *Nejromerezhevi matematychni modeli u zadachakh obrobky zvukovykh syhnaliv* [Neural network mathematical models in problems of sound signal processing], Kherson, Ukraine.

6. Leschyns'kyj, O. L. and Ischenko, A. O. (2017), "Use of neural networks in the process of intellectual (cluster) data analysis", *Ekonomika i suspil'stvo*. vol. 11, [Online], available at: [https://economyandsociety.in.ua/journals/11\\_ukr/93.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/11_ukr/93.pdf) (Accessed 17 Aug.2024).
7. 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. [https://doi.org/10.31521/modecon.V14\(2019\)-28](https://doi.org/10.31521/modecon.V14(2019)-28). (Accessed 12 Sep.2024).
8. Syn'ko, A. I. and 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, [Online], available at: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2021/01/21.pdf> (Accessed 10 Aug. 2024)
9. Kohonen, T. (1990), "The self-organizing map", *Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Vol. 78, pp. 1464–1480.
10. Kohonen, T. (1982), "Self-organized formation of topologically correct feature maps", *Biological Cybernetics*, Vol. 43, pp.59–69.
11. Clarity Project (2024), "Financial statements of machine-building enterprises", [Online], available at: <https://clarity-project.info/> (Accessed 10 June 2024).
12. pat.ua (2024), "Financial statements of machine-building enterprises", [Online], available at: <https://pat.ua/> (Accessed 10 June 2024).
13. Oberemchuk V.F. (2000), *Stratehiia rozvytku pidpryemstva: Korotkyj kurs leksij* [Enterprise development strategy: A short course of lectures], MAUP, Kyiv, Ukraine.
14. Lukianenko, D., Matviychuk, A., Lukianenko, L., and Dvornyk, I. (2023), "University competitiveness in the knowledge economy: a Kohonen map approach", *CEUR Workshop Proceedings*, vol. 3465, pp. 236–250, [Online], available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3465/paper23.pdf> (Accessed 13 Aug.2024).