

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-332-80>

УДК [330.131.7:005.334]:[004.8+519.876.5]

МИРОШНИЧЕНКО Олександр

Університет митної справи та фінансів

<https://orcid.org/0000-0002-7106-5632>

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ, КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА НЕЧІТКО-ЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ

У статті обґрунтовано доцільність використання комплексного підходу до оцінювання економічної безпеки підприємств, заснованого на інтеграції нейромережевого моделювання, методів кластерного аналізу (зокрема карт Кохонена) та інструментів нечіткої логіки. Показано, що в умовах воєнного стану та зростання ризиків класичні методи втрачають ефективність. Нейронні мережі дозволяють виявляти приховані залежності, нечітка логіка – формалізувати експертні оцінки, а карти Кохонена – сегментувати підприємства за ризиками. Проаналізовано переваги й недоліки кожного з підходів та визначено синергетичний ефект їх спільного застосування. Запропонований підхід має практичну значущість для підвищення фінансової стійкості та управління ризиками.

Ключові слова: нейромережеве моделювання, економічна безпека, кластеризація, нечітка логіка, ризики підприємств, воєнний стан, фінансова стійкість, адаптивність, інтелектуальні методи.

MYROSHNYCHENKO Oleksandr

University of Customs and Finance

COMPREHENSIVE APPROACH TO ASSESSING THE ECONOMIC SECURITY OF ENTERPRISES: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NEURAL NETWORK MODELING, CLUSTERING, AND FUZZY LOGIC METHODS

The article presents a comprehensive analysis of the key determinants of enterprise economic security under the conditions of heightened uncertainty, sectoral turbulence, and the ongoing war in Ukraine. In light of the severe challenges posed by martial law, economic instability, and structural shocks to national industry, the article emphasizes the necessity of a new methodological framework that transcends traditional static models. It argues for the incorporation of intelligent analytical tools including artificial neural networks (ANNs), Kohonen self-organizing maps (SOMs), and fuzzy logic systems – as part of an integrated, adaptive approach to measuring and enhancing economic security at the enterprise level.

Kohonen self-organizing maps (SOMs) are introduced as an additional tool for clustering and segmenting enterprises based on similarity in economic behavior. SOMs are capable of projecting multi-dimensional data into a lower-dimensional space while preserving the topological properties of the original dataset.

The article also provides a comparative table of advantages and disadvantages of each method individually and in combination. Neural networks were shown to offer unmatched predictive power but suffer from complexity and opacity. Fuzzy logic offers transparency and flexibility but lacks autonomous learning. Kohonen maps are powerful for visual analysis but require supplementary tools for interpretation.

In conclusion, this study makes a significant contribution to the evolving discourse on enterprise security and resilience in crisis conditions. It provides a theoretically grounded, empirically validated, and practically applicable framework for using intelligent technologies in the assessment and enhancement of economic security. The model proposed in the article is positioned not only as a technical tool but also as a strategic asset that supports informed decision-making, fosters adaptive capacity, and promotes sustainable development in the face of adversity. The model's implementation can significantly improve enterprise strategic foresight.

Keywords: economic security, neural network modeling, clustering, fuzzy logic, enterprise risks, martial law, financial stability, adaptability, intelligent methods.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

У сучасних умовах зростаючої складності зовнішнього середовища, макроекономічної нестабільності та трансформацій внутрішніх процесів, перед підприємствами постають нові виклики, які вимагають посилення економічної безпеки. На тлі повномасштабної військової агресії проти України зростає значення ефективного управління ризиками, адаптації до змін у структурі попиту, втрати потужностей і порушення логістичних зв'язків.

Підходи до оцінювання економічної безпеки базуються переважно на статистичних показниках і не враховують динамічність середовища та складність взаємозв'язків. Тому необхідним є формування комплексного підходу, що дозволяє не лише оцінити поточний стан підприємства, а й прогнозувати траєкторії його розвитку з урахуванням зовнішніх і внутрішніх загроз. Доцільно розглянути можливості інтелектуальних методів – нейромережевого моделювання, нечіткої логіки, кластерного аналізу – які здатні обробляти складну, нечітку й взаємозалежну інформацію.

У цьому контексті актуальним є порівняльний аналіз переваг і обмежень зазначених підходів з погляду їх точності, прозорості результатів і можливостей практичного застосування. Необхідно виявити потенціал окремих методів для оцінювання економічної безпеки, вивчити ефект їх поєднання в єдину

модель моніторингу та сформувати концептуальний підхід до управління економічною безпекою підприємства з урахуванням актуальних ризиків. Реалізація такого підходу сприятиме підвищенню ефективності діагностики та впровадженню гнучких механізмів адаптації до змінного середовища.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У сучасних наукових дослідженнях інтелектуальні методи оцінювання економічної безпеки підприємств набувають дедалі більшої популярності. Значну увагу цьому питанню приділяють вчені, зокрема Т.Клебанова та О.Рудаченко, які в низці своїх публікацій обґрунтували доцільність використання нейро-нечітких моделей у фінансовій діяльності комунальних підприємств, підкреслюючи їхню здатність адаптуватися до нестійких економічних умов і виявляти потенційні ризики банкрутства на ранніх етапах функціонування підприємств [1; 2; 3].

Окремої уваги заслуговує праця А.В. Матвійчука, присвячена теоретико-методологічним основам застосування штучного інтелекту в економіці, де ґрунтовно висвітлено потенціал нейронних мереж і нечіткої логіки в розв'язанні завдань прогнозування та прийняття рішень [4]. Розвиток прикладного напрямку підтверджується дослідженням Н.Пойди-Носик та Г.Мазютинця, які продемонстрували ефективність використання нейромережевого аналізу для визначення рівня фінансової безпеки компаній [5].

У галузі формування цілісної системи економічної безпеки підприємств вагомим є досвід моделювання інтелектуальних компонентів оцінювання, представлений у роботах М.Медиковського, І.Цмоць та А.Дорошенка [6]. Автори акцентують увагу на важливості поєднання експертних підходів і математичних моделей у процесі обробки складних і нечітких економічних даних.

Значний внесок у розвиток тематики на міжнародному рівні зробила команда дослідників під керівництвом Ян ван дер Ассена, яка представила підхід QuantTM до кількісної оцінки ризиків і кіберстійкості підприємств. Запропонована модель поєднує інструменти ризик-менеджменту та інтелектуальної обробки загроз, що відкриває нові перспективи для підвищення стійкості економічних систем у цифрову епоху [7].

Результати останніх досліджень свідчать про високу ефективність застосування інтелектуальних технологій – зокрема, нейронних мереж, нечіткої логіки та гібридних моделей – для забезпечення економічної безпеки підприємств. Це підкреслює актуальність розробки комплексних підходів до оцінювання ризиків і прийняття рішень у сучасному мінливому середовищі.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Попри численні наукові дослідження, недостатньо розкритим залишається питання інтегрованого застосування нейромереж, карт Кохонена та нечіткої логіки для оцінки економічної безпеки підприємств в умовах високої турбулентності. Зокрема, відсутні комплексні моделі, що враховують синергетичний ефект поєднання цих методів і дозволяють здійснювати адаптивний моніторинг загроз, включаючи фактори невизначеності та динамічності сучасного економічного середовища.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Мета статті – обґрунтування доцільності застосування комплексного підходу до оцінювання економічної безпеки підприємств шляхом інтеграції нейромережевого моделювання, методів кластеризації (зокрема карт Кохонена) та інструментів нечітко-логічного аналізу.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У теперішніх реаліях підвищеної економічної турбулентності, зовнішніх загроз і структурних трансформацій на макро- та мікрорівнях питання забезпечення економічної безпеки підприємств набуває критичного значення. Загальноприйняті методи оцінювання часто не дозволяють врахувати складність і невизначеність економічного середовища, а також своєчасно ідентифікувати потенційні ризики. У зв'язку з цим виникає потреба у застосуванні сучасних інтелектуальних підходів, здатних забезпечити більш точну, адаптивну та комплексну оцінку економічної безпеки.

У сучасних умовах нестабільності та невизначеності фінансового середовища підприємств, класичні методи оцінки та прогнозування втрачають свою ефективність. Саме в таких обставинах на перший план виходять інтелектуальні моделі, зокрема нейронні мережі та їхні гібридні форми, як-от нейро-нечіткі системи. Згідно з дослідженням Т.Клебанової і О.Рудаченко [1;2;3], нейро-нечіткі моделі, які поєднують в собі механізми штучних нейронних мереж і систем нечіткої логіки, дозволяють адекватно аналізувати та класифікувати фінансові стани підприємств навіть за умов браку або неточності вихідних даних.

Однією з основних переваг нейронних мереж є їхня здатність до навчання. Вони не потребують заздалегідь заданої моделі: система формується самостійно на основі історичних даних, що є надзвичайно важливим у випадках, коли економічні процеси складні для аналітичного опису. Крім того, нейро-нечіткі мережі можуть виявляти приховані закономірності у фінансових показниках підприємств, що недоступні для традиційних статистичних або експертних методів.

Завдяки своїй здатності працювати з нечіткою інформацією, нейро-нечіткі системи забезпечують гнучкість у прийнятті рішень. Вони дозволяють враховувати фактори невизначеності, що характерні для більшості фінансових ситуацій, зокрема у комунальному господарстві. Власне у дослідженні авторів було показано ефективність такої моделі на прикладі КП «Нововодолазьке водопровідно-каналізаційне підприємство», де нейро-нечітка мережа точно класифікувала стан підприємства за трьома класами фінансової кризи: кризовий, нестійкий, стійкий.

До переваг також можна віднести здатність таких мереж до самоналагодження, адаптацію до змін у зовнішньому середовищі та можливість інтерпретації отриманих результатів у вигляді нечітких правил, що спрощує пояснення моделей для практичного використання управлінцями. У випадку житлово-комунального сектора це надзвичайно важливо, оскільки дозволяє швидко оцінити рівень ризику й визначити потребу в управлінських рішеннях.

Разом з тим, нейронні мережі не позбавлені недоліків. Одним із головних є висока обчислювальна складність, особливо на етапах навчання й оптимізації. Зокрема, при оптимізації кількості нечітких правил або вагових коефіцієнтів мережі виникає потреба у багаторазовому переобчисленні, що потребує значних ресурсів. В умовах обмеженого доступу до сучасної обчислювальної техніки це може ускладнити практичне використання систем.

Іншим обмеженням є проблема інтерпретації результатів у класичних нейронних мережах, які виступають у ролі так званих «чорних скриньок». Саме з цієї причини було запропоновано інтеграцію з нечіткою логікою, яка надає пояснювальну силу моделям, однак і тут можуть виникати труднощі з оптимізацією бази знань. Наприклад, при формуванні продукційних правил може виникнути надмірна складність мережі, що знижує її ефективність у реальному використанні.

До недоліків також належать вимоги до обсягів і якості навчальних вибірок: у разі браку репрезентативних даних мережа може втратити точність або не забезпечити належну узагальненість. Додатковою проблемою є складність у виборі гіперпараметрів моделі, таких як кількість шарів, тип функцій належності та метод навчання. У випадку нечітких нейронних систем це може бути особливо складним завданням, що вимагає не тільки технічної експертизи, а й практичного досвіду.

Таким чином, нейронні мережі, зокрема у формі нейро-нечітких систем, становлять потужний інструмент для аналізу економічної безпеки підприємств, зокрема щодо оцінки кризового стану, платоспроможності й стійкості. Вони забезпечують глибокий аналітичний рівень обробки даних і можуть стати основою для побудови ефективних систем прогнозування. Однак, при цьому потрібно враховувати їхню обчислювальну складність, залежність від якісних даних і складність налаштування, що вимагає комплексного підходу до впровадження таких моделей у фінансову практику.

У сучасних умовах функціонування підприємств, коли ризики, невизначеність і нестабільність економічного середовища суттєво впливають на фінансову стабільність, питання прогнозування банкрутства набуває особливої актуальності. Класичні економетричні та статистичні моделі, які ще донедавна вважались стандартом у фінансовій діагностиці, поступово доповнюються або навіть витісняються новими інтелектуальними технологіями, зокрема методами штучного інтелекту. Серед них штучні нейронні мережі (ШНМ).

Нейронні мережі являють собою математичні моделі, які імітують принципи функціонування природних нейронних мереж: здатні навчатися, розпізнавати складні закономірності, узагальнювати та приймати рішення. Вони здатні працювати з великими обсягами даних, виявляючи нелінійні та приховані зв'язки між вхідними змінними, що значно підвищує точність прогнозування в порівнянні з лінійними моделями. На відміну від класичних методів, нейромережі не вимагають попереднього припущення щодо форми функціональної залежності між змінними, що робить їх особливо корисними у випадках, коли зв'язки є складними, багаторівневими і динамічними.

У статті [8] було запропоновано нейромережеву модель архітектури $5 \times 2 \times 1$, яка включає п'ять вхідних параметрів, два нейрони у прихованому шарі та один вихідний нейрон. До складу моделі були включені такі показники: коефіцієнт швидкої ліквідності, коефіцієнт придатності основних засобів, фінансова автономія, оборотність активів та рентабельність діяльності. Навчання мережі здійснювалось у середовищі Deductor із застосуванням сигмоїдальної функції активації та алгоритму навчання RPROP. Результати експериментального моделювання показали, що точність класифікації підприємств, які не мають ознак банкрутства, досягла 91,7%, а для підприємств, що збанкрутували, – 66,7%. Загальна ефективність моделі становила понад 83%, що демонструє її конкурентоспроможність відносно класичних методів.

Класичні моделі прогнозування банкрутства, зокрема дискримінантний аналіз, логістична регресія, Z-модель Альтмана та її модифікації, базуються на припущенні про лінійність зв'язку між фінансовими показниками підприємства. Наприклад, модель Альтмана використовує лінійну комбінацію п'яти фінансових коефіцієнтів для визначення Z-показника, який дозволяє класифікувати підприємства за рівнем ризику банкрутства. Попри свою популярність, така модель має низку обмежень: чутливість до мультиколінеарності змінних, необхідність нормального розподілу даних, обмежена здатність адаптуватися до нових ринкових умов, а також труднощі у врахуванні якісних факторів. У моделях логістичної регресії

застосовуються ймовірнісні оцінки, але вони також мають складнощі при моделюванні нелінійних і складних взаємозв'язків.

На відміну від зазначених моделей, нейромережеві підходи є більш гнучкими. Вони здатні самостійно "навчатися" на історичних даних, удосконалювати свою структуру, знижувати похибки, та краще адаптуватися до нових умов, які не були передбачені під час побудови моделі. Вони дозволяють працювати з великою кількістю незалежних змінних, обробляти "зашумлені" або неповні дані, інтегрувати якісні й кількісні показники. Проте, незважаючи на ці переваги, нейронні мережі мають і певні недоліки: складність налаштування моделі, висока вимогливість до обсягів навчального набору, ризик перенавчання, а також обмежена інтерпретованість результатів (так званий "чорний ящик").

Серед ключових переваг нейромережевого підходу до визначення ймовірності банкрутства можна виокремити гнучкість у роботі з нелінійними зв'язками, здатність до самонавчання і підвищення точності класифікації в умовах складних економічних процесів. Високий рівень адаптивності дозволяє мережам реагувати на структурні зміни у фінансовому стані підприємств, оновлення звітної політики, галузеві особливості, вплив зовнішнього середовища. Вони можуть використовуватися як у реальному часі для моніторингу фінансового стану, так і в стратегічному прогнозуванні, підтримуючи систему антикризового управління.

Водночас до недоліків слід віднести "непрозорість" логіки моделі: у більшості випадків нейронна мережа не дозволяє просто інтерпретувати, які саме змінні стали ключовими у процесі класифікації або чому саме підприємство було віднесене до певної категорії ризику. Крім того, побудова ефективної нейромережевої моделі потребує глибоких знань у сфері аналізу даних, грамотного підбору архітектури мережі, методів нормалізації, функцій активації та алгоритмів навчання. Неправильно підібрана модель може втратити здатність до узагальнення й демонструвати надто високі результати лише на навчальних даних.

У практичному застосуванні часто доцільним є поєднання різних підходів – класичних статистичних, нейромережевих та нечітко-логічних. Такий комплексний підхід дозволяє компенсувати слабкі сторони кожного з методів і забезпечити гнучку систему оцінки фінансового стану підприємства, враховуючи специфіку галузі, структуру активів і зобов'язань, динаміку ринку та інші важливі чинники. Наприклад, використання кластеризації (зокрема карт Кохонена) дозволяє групувати підприємства за подібністю фінансових характеристик і формувати адаптивні моделі прогнозування. Інтеграція нечітко-логічного моделювання дає можливість урахувати лінгвістичні змінні та експертні оцінки, що є важливим у разі нестачі точних числових даних.

Можна стверджувати, що нейромережеві моделі мають значний потенціал у сфері прогнозування банкрутства, особливо в умовах динамічної економіки та цифрової трансформації управлінських процесів. Водночас досягнення найкращих результатів потребує інтеграції різних методів в єдину систему фінансової аналітики, яка забезпечуватиме не лише високу точність, але й практичну цінність для прийняття стратегічних рішень. Використання інтелектуальних технологій стає ключовим інструментом підвищення економічної безпеки підприємств у сучасному мінливому середовищі.

У сучасних реаліях підвищеної економічної турбулентності актуальним завданням для підприємств стає не лише оцінювання індивідуального рівня економічної безпеки, а й формування стратегій розвитку на основі зіставлення з підприємствами, які перебувають у подібних умовах функціонування. З цією метою перспективним є застосування методів кластерного аналізу, зокрема карт Кохонена (SOM – Self-Organizing Maps) – одного з видів штучних нейронних мереж, який забезпечує ефективне виявлення структурних закономірностей у багатовимірних економічних даних.

Карт Кохонена дозволяють автоматично проєктувати складні багатофакторні характеристики підприємств у двовимірний простір зі збереженням топологічної схожості. Кожен кластер на карті відповідає групі підприємств, які мають подібний стан економічної безпеки за обраними критеріями, такими як ліквідність, фінансова стійкість, ризик банкрутства, кредитне навантаження, частка власного капіталу тощо. Це дозволяє проводити інтуїтивно зрозумілу візуалізацію ризикових зон, визначати слабкі або навпаки – найстійкіші кластери, а також відслідковувати динаміку переходів підприємств між ними у часовому розрізі [9].

Ключовою перевагою карт Кохонена у контексті економічної безпеки є здатність працювати з великими масивами фінансової та економічної інформації, при цьому знижуючи вимоги до формальної структури даних. Вони стійкі до шумів, здатні виявляти нелінійні залежності між показниками та забезпечують гнучкий і масштабований підхід до формування груп однорідних підприємств. За допомогою таких кластерів можна визначити найбільш уразливі бізнес-одиниці, оцінити системні загрози для галузі або регіону, а також виявити «еталонні» підприємства для передачі управлінського досвіду або державної підтримки.

Інтерпретація результатів на карті Кохонена дозволяє візуалізувати рівень ризиків або стійкості підприємств, поділити їх на стратегічні зони спостереження та управління. Наприклад, окремі кластери можуть бути визначені як «підприємства з критично низьким рівнем платоспроможності», «стабільні в умовах кризи», «високоризикові, але інноваційно активні» тощо. Така сегментація дає змогу формувати

пріоритети економічної політики, зонувати ризики для банківської системи, розробляти таргетовані інструменти підтримки економічної безпеки на галузевому або територіальному рівнях.

У сучасних реаліях динамічного економічного середовища, зростання нестабільності та багатофакторності загроз, що постають перед підприємствами, традиційні підходи до оцінки економічної безпеки втрачають ефективність. Врахуванням лише чітко вимірюваних показників часто недостатньо для адекватного відображення реального стану підприємства, особливо в ситуаціях, коли значення показників не мають чітких меж або піддаються суб'єктивному тлумаченню. У таких випадках доцільним є використання методів нечіткої логіки (fuzzy logic), яка дозволяє формалізувати експертні судження, обробляти невизначену, неповну чи суперечливу інформацію та формувати інтегральну оцінку рівня економічної безпеки.

Нечітка логіка, запропонована Лотфі Заде в середині XX століття, базується на понятті нечітких множин, де об'єкти належать до певного класу не абсолютно, а з певним ступенем належності (від 0 до 1). Це дає змогу відмовитися від жорстких меж між критеріями (наприклад, «високий ризик» або «низька рентабельність») і переходити до лінгвістичних змінних – «низький», «середній», «високий» тощо, які краще відображають експертне уявлення про стан підприємства [10;11].

Для оцінки економічної безпеки підприємства за допомогою нечіткої логіки будується нечітко-логічна модель, яка включає підсистему лінгвістичних змінних, де обрані показники економічної безпеки (наприклад, коефіцієнт покриття, рентабельність активів, рівень фінансової незалежності, ділова активність тощо) переводяться в лінгвістичні категорії. Наступним кроком є побудова функцій належності для лінгвістичних змінних, які описують ступінь належності конкретного значення показника до відповідної категорії. Далі формується нечітка база правил (продукційні правила), що створюється на основі експертного або автоматизованого аналізу. Ці правила мають вигляд: «зкщо рентабельність активів – низька, а коефіцієнт автономії – середній, то рівень економічної безпеки – незадовільний». Останнім етапом є агрегація та дефазифікація: інтегральна оцінка визначається як результат зведення всіх правил у єдиний висновок (наприклад, на шкалі від 0 до 1 або за п'ятибальною шкалою).

Перевагою такого підходу є гнучкість та адаптивність: модель може бути легко модифікована при зміні внутрішніх або зовнішніх умов, дозволяє враховувати як кількісні, так і якісні (експертні) показники. Це робить її особливо ефективною для аналізу підприємств різного масштабу, які функціонують в умовах нестабільності, обмеженого доступу до повних фінансових даних або в секторах з високим рівнем ризиків (наприклад, комунальні, інноваційні чи аграрні підприємства).

Практичне застосування нечіткої логіки для інтегральної оцінки економічної безпеки дозволяє класифікувати підприємства за рівнем стійкості (низький, помірний, високий), формувати рейтинг безпечності в галузі, виявляти аномалії у динаміці показників та підтримувати прийняття управлінських рішень. Наприклад, підприємство може отримати комплексну оцінку як «нестійке з високим ризиком банкрутства», навіть якщо окремі його показники перебувають у допустимих межах – за рахунок їх слабкої комбінації.

Слід зазначити, що при використанні нечіткої логіки важливо забезпечити коректне формування бази знань – тобто системи продукційних правил, яка значною мірою визначає якість інтегральної оцінки. Це потребує залучення галузевих експертів, аналізу історичних даних, а також постійного оновлення моделі.

Таким чином, нечітка логіка є потужним інструментом для комплексної оцінки рівня економічної безпеки підприємств. Вона дозволяє подолати обмеження класичних моделей, поєднати експертні судження з реальними показниками, врахувати невизначеність та багатоаспектність економічних процесів, а також формувати більш гнучкі та інформативні інструменти діагностики й прогнозування на підприємницькому рівні. Це важливо в умовах воєнного стану, турбулентності на макrorівні та загострення ризиків, які загрожують життєздатності економічних суб'єктів.

На рис. 1 запропоновано порівняльну характеристику інтелектуальних методів оцінки економічної безпеки підприємств з урахуванням синергетичного ефекту їх сумісного використання.

Порівняльна таблиця дозволяє виявити сильні та слабкі сторони трьох провідних інтелектуальних методів оцінки економічної безпеки підприємств: штучних нейронних мереж, карт Кохонена та методів нечіткої логіки. Кожен з них має свою специфіку та переваги, що робить їх особливо ефективними у певних аналітичних завданнях.

Штучні нейронні мережі вирізняються високою здатністю до автоматичного навчання, виявлення складних закономірностей та роботи з великими масивами даних. Проте їх недоліком є потреба у великих обсягах якісних даних та складність інтерпретації результатів. Карт Кохонена є ефективним інструментом для візуалізації кластерів та оцінки подібності між підприємствами, але обмежені в точності при складних нелінійних залежностях. Методи нечіткої логіки, навпаки, забезпечують гнучкість при роботі з невизначеністю та суб'єктивними оцінками, хоча мають обмеження щодо автоматичного навчання.

Синергія при поєднанні методів дозволяє суттєво розширити можливості аналізу: зокрема, використання нейромереж із нечіткою логікою дозволяє враховувати як складні зв'язки, так і експертні оцінки. Трикомпонентний підхід, що включає всі три методи, є найбільш збалансованим та перспективним для комплексної оцінки економічної безпеки підприємств у сучасних умовах.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика інтелектуальних методів оцінки економічної безпеки підприємств

Метод	Переваги	Недоліки	Синергетичний ефект
Штучні нейронні мережі	Здатність до навчання, виявлення складних закономірностей, адаптація до нових умов	Висока обчислювальна складність, складність налаштувань, 'чорна скринька'	
Карти Кохонена	Візуалізація кластерів, збереження топології даних, сегментація підприємств за ризиками	Може бути складно інтерпретувати без додаткових правил, потреба в нормалізації	
Нечітка логіка	Обробка нечіткої інформації, можливість роботи з експертними оцінками, гнучкість	Залежність від якості бази знань, потреба в експертному супроводі, складність дефазифікації	
Нейронні мережі + карти Кохонена	Поєднання навчальної здатності з візуалізацією, збереження просторових структур	Обмеження в узгодженні масштабів та форматів даних, складність комбінованої інтерпретації	Зростає точність кластеризації з автоматизованою побудовою топологічних зв'язків
Нейронні мережі + нечітка логіка	Глибокий аналіз + інтерпретованість результатів, обробка як точних, так і нечітких даних	Підвищена складність реалізації, потреба в балансуванні точності та пояснювальності	Підвищення точності та пояснюваності оцінки економічної безпеки
Карти Кохонена + нечітка логіка	Виявлення груп із нечіткими межами, покращення інтерпретованості кластерів	Потреба в складній побудові функцій належності для груп, ресурсоемісність	Уточнення меж кластерів за рахунок експертного моделювання нечіткості
Нейронні мережі + карти Кохонена + нечітка логіка	Повна модель: обробка великих масивів даних, гнучкість, навчання, візуалізація, інтерпретованість	Висока складність моделі, потреба у значних обчислювальних ресурсах та експертному налаштуванні	Максимальна адаптивність, інтегроване середовище для гнучкого аналізу та управлінських рішень

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

У процесі дослідження доведено доцільність і ефективність комплексного підходу до оцінювання економічної безпеки підприємств із використанням штучних нейронних мереж, карт Кохонена та нечіткого логічного аналізу. Кожен із методів має власні переваги: здатність до навчання, візуалізація складних структур даних, інтерпретація за умов невизначеності. Їх поєднання дозволяє створювати адаптивні, точні й гнучкі моделі діагностики фінансового стану та виявлення ризиків.

Синергетичний ефект від інтеграції зазначених підходів забезпечує підвищення якості прийняття управлінських рішень оцінювання економічної безпеки та в умовах високої невизначеності. Особливої актуальності це набуває в умовах воєнного стану, коли сталість розвитку підприємств є критично важливою.

У перспективі подальші дослідження мають бути сконцентровані на розробці комплексних систем моніторингу та прийняття рішень, здатних враховувати галузеву специфіку, масштаби діяльності підприємств і швидкоплинність зовнішнього середовища. Важливим напрямом також є вдосконалення механізмів інтерпретації результатів нейромережевих моделей та оптимізація обчислювальних ресурсів для їх впровадження на практиці.

Література

1. Клебанова Т.С., Рудаченко О.О. Особливості використання нейро-нечітких моделей у фінансовій діяльності комунальних підприємств. *Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії*. 2016. Вип. 5-1 (05). С. 108–112.
2. Клебанова Т.С., Рудаченко О.О. Прогнозування показників фінансової діяльності підприємства житлово-комунального господарства за допомогою адаптивних моделей. *Бізнес Інформ*. 2015. № 1. С. 143–148.
3. Рудаченко О.О. Оцінка схильності підприємств житлово-комунального господарства до банкрутства за допомогою нейро-нечітких технологій. *Вісник Черкаського університету. Серія «Економічні науки»*. 2014. № 37 (330). С. 96–101.
4. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : монографія / А. В. Матвійчук. К. : КНЕУ, 2011. 439 с.
5. Пойда-Носик Н. Н., Мазютинєць Г. В. Застосування штучних нейронних мереж для аналізу рівня фінансової безпеки компаній. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія : Економіка*. 2020. Вип. 1. С. 112-117.
6. Медиковський М. О., Цмоць І. Г., Дорошенко А. В. Інтелектуальні компоненти оцінювання складових економічної безпеки підприємства. *Моделювання та інформаційні технології*. 2014. Вип. 71. С. 58-66.

7. Von der Assen J., Franco M. F., Dong M., Stiller B. QuantTM: Business-Centric Threat Quantification for Risk Management and Cyber Resilience. *arXiv preprint arXiv:2402.14140*. Retrieved from <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.14140>
8. Dubnitsky V.I., Myachin V.G., Zybailo S.M., Myroshnichenko O.V. Building a neural network model for diagnosing the probability of bankruptcy of innovative-active enterprises and checking its adequacy. *Економічний вісник ДВНЗ УДХТУ*. 2020. №1(11). С. 16-23.
9. М'ячин В.Г., Холод О.Г., Мирошніченко О.В. Сучасні методи оцінювання фінансового стану інноваційно активних підприємств як складової їх економічної безпеки. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2020. Вип. 31. С. 83-89.
10. Дубницький В.І., М'ячин В.Г., Мирошніченко В.В. Побудова нечіткої експертної системи для оцінювання рівня суттєвої ринкової переваги. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2021. Вип. №3(83). С.31-37.
11. М'ячин В.Г. Стопник О.В., Карпенко В.А., Мирошніченко О.В. Алгоритм побудови інтегрального показника фінансової безпеки підприємства за нечітко-логічним підходом. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2021. №4 (76). С. 126-134.

References

1. Klebanova, T. S., & Rudachenko, O. O. (2016). *Osoblyvosti vykorystannia neiro-nechitkykh modelei u finansovii diialnosti komunalnykh pidpriemstv* [Features of using neuro-fuzzy models in the financial activity of municipal enterprises]. *Ekonomichnyi visnyk Zaporizkoi derzhavnoi inzhenernoi akademii*, 5(1), 108–112.
2. Klebanova, T. S., & Rudachenko, O. O. (2015). *Prohnozuvannia pokaznykiv finansovoi diialnosti pidpriemstva zhytlovo-komunalnoho hospodarstva za dopomohoiu adaptivnykh modelei* [Forecasting performance indicators of housing and utility enterprises using adaptive models]. *Biznes Inform*, (1), 143–148.
3. Rudachenko, O. O. (2014). *Otsinka skhylnosti pidpriemstv zhytlovo-komunalnoho hospodarstva do bankrutstva za dopomohoiu neiro-nechitkykh tekhnolohii* [Assessment of insolvency risk of housing and utility enterprises using neuro-fuzzy technologies]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Seriya: Ekonomichni nauky*, 37(330), 96–101.
4. Matviichuk, A. V. (2011). *Shtuchnyi intelekt v ekonomitsi: neironni merezhi, nechitka lohika* [Artificial intelligence in the economy: neural networks, fuzzy logic]. Kyiv: KNEU.
5. Poida-Nosyk, N. N., & Maziutynec, H. V. (2020). *Zastosuvannia shtuchnykh neironnykh merezh dlia analizu rivnia finansovoi bezpeky kompaniy* [Application of artificial neural networks for analyzing the financial security level of companies]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya: Ekonomika*, (1), 112–117.
6. Medykovskyi, M. O., Tsmots, I. H., & Doroshenko, A. V. (2014). *Intelektualni komponenty otsiniuvannia skladovykh ekonomichnoi bezpeky pidpriemstva* [Intelligent components of assessing enterprise economic security elements]. *Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii*, 71, 58–66.
7. Von der Assen, J., Franco, M. F., Dong, M., & Stiller, B. *QuantTM: Business-centric threat quantification for risk management and cyber resilience* (arXiv:2402.14140). arXiv.
8. Dubnitsky, V. I., Myachin, V. G., Zybailo, S. M., & Myroshnichenko, O. V. (2020). Building a neural network model for diagnosing the probability of bankruptcy of innovative-active enterprises and checking its adequacy. *Ekonomichnyi Visnyk DVNZ UDKhTU*, 1(11), 16–23.
9. Myachin, V. H., Kholod, O. H., & Myroshnichenko, O. V. (2020). Modern methods for assessing the financial condition of innovation-active enterprises as a component of their economic security. *Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Series: Economics*, 31, 83–89.
10. Dubnytskyi, V. I., Myachin, V. H., & Myroshnichenko, V. V. (2021). Development of a fuzzy expert system for assessing the level of significant market advantage. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi*, 3(83), 31–37.
11. Myachin, V. H., Stovnyk, O. V., Karpenko, V. A., & Myroshnichenko, O. V. (2021). Algorithm for constructing an integrated indicator of financial security of an enterprise using a fuzzy logic approach. *Ekonomichnyi Visnyk Dniprovskoi Politekhnyky*, 4(76), 126–134.