

*завжди коректно відображають фінансовий стан українських підприємств без попередньої адаптації їх параметрів до національних статистичних даних.*

*Особливу увагу приділено нейронечіткому класифікатору, який поєднує нечітку базу правил логічного виводу та нейронну мережу, здатну до навчання шляхом ітеративного коригування власних параметрів. На відміну від класичного підходу, де база правил формується переважно на основі експертних оцінок, у статті розглянуто можливість її побудови безпосередньо на основі навчальної вибірки даних. Це дозволяє розглядати самі фінансові дані та виявлені між ними взаємозв'язки як джерело експертності.*

***Ключові слова:** оцінка ймовірності банкрутства; дискримінантний аналіз; нечіткі нейронні мережі.*

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах нестабільності економічного середовища проблема своєчасної оцінки фінансової спроможності бізнесу набуває особливої значущості. Зростання кількості справ про банкрутство суб'єктів господарювання в Україні свідчить про посилення фінансових ризиків та потребу у більш точних інструментах ранньої діагностики кризових станів. Для бізнесу важливо не лише зафіксувати факт погіршення фінансового стану, а й своєчасно виявити ознаки потенційної нестабільності, щоб мати можливість прийняти управлінські рішення до настання критичної фази.

Традиційні підходи до прогнозування банкрутства, зокрема моделі, побудовані на основі дискримінантного аналізу, широко використовуються у фінансовій діагностиці, однак їх застосування має певні обмеження. Значна частина таких моделей була розроблена на основі статистичних даних інших економічних систем, тому без адаптації до українських умов вони можуть давати викривлену оцінку реального рівня фінансової стабільності підприємств. Це особливо важливо в умовах воєнного часу, коли фінансові показники бізнесу формуються під впливом не лише ринкових, а й форс-мажорних, логістичних, інституційних та безпекових чинників.

У цьому контексті актуальним стає пошук більш гнучких методів оцінки фінансової спроможності бізнесу, здатних працювати з неповною, неоднорідною та частково невизначеною інформацією. Одним із таких підходів є використання нечітких нейронних мереж, які поєднують можливості нечіткої логіки для опису складних економічних станів та здатність нейронних мереж до навчання на основі фактичних даних. Особливий науковий інтерес становить питання

формування бази правил нечіткого логічного виводу не лише на основі експертних оцінок, а безпосередньо за даними фінансової звітності підприємств.

Отже, проблема дослідження полягає у необхідності обґрунтування доцільності застосування методу нечітких нейронних мереж для оцінки фінансової спроможності суб'єктів господарювання та порівняння його ефективності з традиційними моделями дискримінантного аналізу. Вирішення цієї проблеми має практичне значення для розвитку інструментів антикризового управління, раннього виявлення фінансових загроз та моделювання можливих сценаріїв розвитку бізнесу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема оцінки фінансової спроможності бізнесу та прогнозування банкрутства широко розглядається у працях українських і зарубіжних науковців. Її актуальність підтверджується відкритими даними Державної судової адміністрації України щодо справ про банкрутство [1] та можливістю використання річної фінансової звітності підприємств Державної служби статистики України як емпіричної бази дослідження [6].

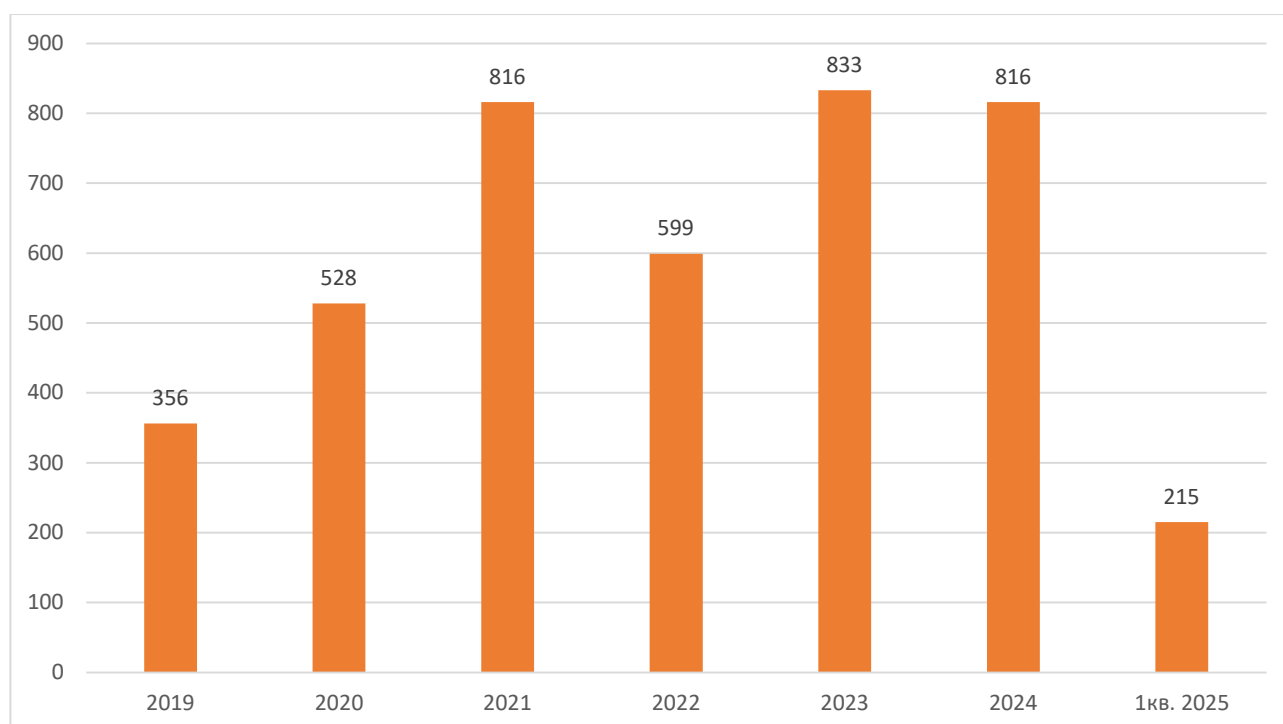
У працях О. Б. Ватченко [2], О. В. Кучмей [3], Н. А. Іщенко [4], Т. Лепейко [5], О. С. Хринюк та В. А. Бови [8] проаналізовано різні підходи до діагностики ймовірності банкрутства підприємств. Автори звертають увагу на те, що класичні моделі не завжди можна застосовувати без адаптації до умов українського бізнесу, оскільки їх точність залежить від якості вихідних даних, фінансових коефіцієнтів і специфіки діяльності підприємств.

Важливе місце серед таких підходів займають дискримінантні моделі, зокрема модель інтегральної оцінки фінансового стану підприємства О. О. Терещенка [7], що ґрунтується на фінансових показниках та апараті дискримінантного аналізу [9]. Водночас ці моделі обмежено враховують невизначеність економічного середовища та нечіткість меж між стабільним і кризовим станом підприємства.

У цьому контексті перспективними є нечіткі моделі оцінки ризику банкрутства, розглянуті у працях П. І. Бідюка, В. В. Вертелецького, А. О. Жириної [10], а також S. Kozlovskiy та співавторів [11]. Водночас недостатньо дослідженим залишається застосування нейронечітких класифікаторів, у яких база правил формується не лише експертно, а й безпосередньо на основі фінансових даних підприємств. Саме це визначає актуальність подальшого дослідження.

**Метою статті** є дослідження можливостей застосування методу нечітких нейронних мереж для оцінки фінансової спроможності суб'єктів господарювання та ранньої діагностики їх кризового стану, а також порівняння ефективності нейронечіткого класифікатора з моделлю дискримінантного аналізу у процесі класифікації бізнесу за рівнем фінансової стабільності.

**Результати дослідження.** Проблема ранньої діагностики кризових станів суб'єкта господарювання (СГ), які можуть привести до банкрутства є безумовно важливою та актуальною. Відповідно до даних Державної судової адміністрації України про кількість порушених справ про банкрутство [1] за період 2019 – 1 кв. 2025 рр. маємо стійку тенденцію до зростання.



## Рисунок 1 – Кількість порушених справ про визнання СГ банкрутом

Переважна більшість усталених моделей оцінки ймовірності банкрутства бізнесу базуються на математичному апараті дискримінантного аналізу. Використання таких моделей напряду без адаптації значень коефіцієнтів до статистичних даних українського бізнесу може викривляти оцінку реального стану фінансової стабільності досліджуваного суб'єкта господарювання, що підтверджується дослідженнями [2-5].

Джерелом статистичної інформації фінансових показників господарської діяльності бізнесів в даному дослідженні є база річної фінансової звітності підприємств, що акумулюється Державною службою статистики України [6].

В якості факторів моделей було обрано показники, запропоновані Терещенком О.О. [7], а методика їх розрахунку була взята із дослідження [8]. Отже, фактори моделі становлять показники відношення грошових надходжень до зобов'язань ( $X_1$ ); відношення валюти балансу до зобов'язань ( $X_2$ ); відношення чистого прибутку до середньорічної суми активів ( $X_3$ ); відношення прибутку до виручки ( $X_4$ ); відношення виробничих запасів до виручки ( $X_5$ ); відношення виручки до основного капіталу ( $X_6$ ).

Спираючись на математичний апарат побудови моделі дискримінантного аналізу (ДА) Фішера [9] в ході дослідження було отримано наступну скор-функцію:

$$F = 0.282 - 0.0047 * X_1 + 0.0452 * X_2 + 3.3652 * X_3 - 0.4612 * X_4 - \\ -0.2026 * X_5 + 0.1149 * X_6, \quad (1)$$

Якщо значення скор-функції  $F > 0$ , то відповідний суб'єкт можна віднести до «стабільного» класу, в іншому випадку – до «кризового».

Нейронечіткий класифікатор (ННК) фактично складається із двох частин: нечіткої бази правил логічного виводу та нейронної мережі – математичної

моделі, здатної до ітеративної зміни значень власних параметрів в процесі мінімізації значення цільової функції втрат (процес машинного навчання).

Класичним підходом до формування бази правил є її створення на основі експертної думки [10–11]. Однією ж з задач даного дослідження є питання формування бази правил не експертною думкою, а безпосередньо самою навчальною вибіркою даних. Тобто фактично самі дані та їх взаємозв'язки виступають джерелом експертності, формуючи в процесі навчання як перелік самих правил, так і форму й межі функцій належностей нечітких множин змінних.

Таблиця 1 – Показники точності прогнозування ймовірності кризового стану бізнесу ДА та ННК

Показник точності моделі, %	Вибірка					
	Тренувальна		Валідаційна		Тестова	
	ДА	ННК	ДА	ННК	ДА	ННК
В цілому	57,07%	60,65%	59,30%	59,30%	60,61%	61,61%
Для класу «кризовий»	54,32%	59,35%	57,27%	58,70%	54,62%	56,60%
Для класу «стабільний»	61,40%	61,81%	62,90%	60,00%	72,06%	67,39%

Дані таблиці свідчать, що нейронечіткий класифікатор у більшості випадків демонструє дещо вищу точність прогнозування кризового стану бізнесу порівняно з моделлю дискримінантного аналізу. Найбільш помітна перевага ННК спостерігається на тренувальній вибірці: загальна точність становить 60,65 % проти 57,07 % у моделі ДА. Це означає, що нейронечітка модель краще адаптується до структури вихідних фінансових даних і точніше відтворює залежності, закладені у навчальній вибірці.

На валідаційній вибірці загальна точність обох моделей є однаковою — 59,30 %. Це свідчить про відносну стабільність результатів і водночас показує, що перевага ННК не є різко вираженою на всіх етапах перевірки. Однак для класу «кризовий» нейронечіткий класифікатор знову має кращий результат: 58,70 %

проти 57,27 % у дискримінантної моделі. Для задач антикризового управління це особливо важливо, оскільки помилка у виявленні кризового підприємства може мати більш серйозні наслідки, ніж неточність у класифікації фінансово стабільного бізнесу.

На тестовій вибірці ННК також демонструє вищу загальну точність — 61,61 % порівняно з 60,61 % у моделі ДА. Для класу «кризовий» перевага нейронечіткого класифікатора зберігається: 56,60 % проти 54,62 %. Це дозволяє зробити висновок, що ННК має кращу здатність до ідентифікації підприємств із потенційними ознаками фінансової нестабільності.

Водночас для класу «стабільний» модель дискримінантного аналізу на тестовій вибірці показує вищу точність — 72,06 % проти 67,39 % у ННК. Це означає, що ДА краще розпізнає фінансово стабільні підприємства, однак поступається ННК у виявленні кризових суб'єктів господарювання. З практичної точки зору така різниця є принциповою: для системи раннього попередження банкрутства більш цінною є саме здатність вчасно ідентифікувати кризовий стан, навіть якщо точність визначення стабільного класу дещо нижча.

Отже, результати порівняння засвідчують доцільність використання нейронечіткого класифікатора як інструменту оцінки фінансової спроможності бізнесу. Його перевага полягає не лише у дещо вищій загальній точності, а насамперед у кращому розпізнаванні кризового класу. Це дає підстави розглядати ННК як перспективний метод ранньої фінансової діагностики та підтримки управлінських рішень у системі антикризового управління.

**Висновки.** Порівнюючи показники точності прогнозування класу фінансової стабільності СГ моделлю ДА та ННК, можна зробити висновок про доцільність використання саме ННК. Адже маючи вищу точність в цілому на 1-2%%, модель додатково має ряд переваг, що дозволяють її використовувати як повноцінний інструмент антикризового управління. Так, досліджений алгоритм побудови бази правил нечіткого виводу здатен замінити або доповнити експертне бачення формування такої бази, що зрештою робить його

інструментом проактивного антикризового управління на етапі добору параметрів економічної діяльності. Також дана нейронечітка система може бути використана в якості інструменту імітаційного моделювання щодо можливих сценаріїв розвитку бізнесу із наданням імовірнісної оцінки належності до класів стабільності для кожного з потенційних сценаріїв. Подальшого дослідження потребує алгоритм оптимізації архітектури моделі та навчання параметрів, щодо яких може бути застосований метод граматичної еволюції, що може підвищити якість отримуваної бази правил, та як наслідок точності класифікації.

#### **Перелік використаних джерел**

1. Відомості про справи про банкрутство Державної судової адміністрації України. URL: <https://data.gov.ua/dataset/vidomosti-pro-spravi-pro-bankrutstvo-1> (дата звернення: 21.05.2025).
2. Ватченко О. Б. Використання моделей оцінки ймовірності банкрутства на підприємствах України. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2018. Вип. 6 (17). С. 132–138.
3. Кучмей О. В. Моделювання ймовірності банкрутства підприємства (на прикладі ПАТ «Укрбуд»). Ефективна економіка. 2017. № 19. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6037> (дата звернення: 21.05.2025).
4. Іщенко Н. А. Діагностика ймовірності банкрутства підприємства та шляхи його стабілізації. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. 2017. № 31. С. 256–265.
5. Лепейко Т. Аналіз сучасних методик прогнозування ймовірності банкрутства підприємства. Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики. 2011. № 10.
6. База річної фінансової звітності підприємств Державної служби статистики України. URL: <https://data.gov.ua/dataset/7436ae83-dfc1-4836-9962-8af3e831c522> (дата звернення: 21.05.2025).
7. Терещенко О. О. Дискримінантна модель інтегральної оцінки фінансового стану підприємства. Економіка України. 2003. № 8. С. 38–44.
8. Хринюк О. С., Бова В. А. Моделі розрахунку ймовірності банкрутства як метод оцінки фінансового потенціалу підприємства. Ефективна економіка. 2018. № 2. URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2\\_2018/46.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2018/46.pdf) (дата звернення: 21.05.2025).
9. Linear discriminant analysis. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_discriminant\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_discriminant_analysis) (дата звернення: 21.05.2025).
10. Бідюк П. І., Вертелецький В. В., Жиурова А. О. Аналіз ризику банкрутства підприємств з використанням чітких та нечітких моделей. Економічний вісник НТУУ «КПІ». URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/14182/1/70.pdf> (дата звернення: 21.05.2025).
11. Kozlovskiy S., Butyrskiy A., Poliakov B., Bobkova A., Lavrov R., Ivanyuta N. Management and comprehensive assessment of the probability of bankruptcy of Ukrainian enterprises based on the methods of fuzzy sets theory. Problems and Perspectives in Management. 2019. Vol. 17, № 3. P. 370–381. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.17\(3\).2019.30](https://doi.org/10.21511/ppm.17(3).2019.30)

#### **References**

1. State Judicial Administration of Ukraine. Information on bankruptcy cases. URL: <https://data.gov.ua/dataset/vidomosti-pro-spravi-pro-bankrutstvo-1>

2. Vatchenko O. B. Use of models for assessing the probability of bankruptcy at Ukrainian enterprises. *Eastern Europe: Economy, Business and Management*. 2018. Issue 6 (17). P. 132–138.
3. Kuchmei O. V. Modelling the probability of enterprise bankruptcy: the case of PJSC “Ukrbud”. *Efficient Economy*. 2017. No. 19. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6037>
4. Ishchenko N. A. Diagnostics of the probability of enterprise bankruptcy and ways of its stabilization. *Scientific Works of Kirovohrad National Technical University. Economic Sciences*. 2017. No. 31. P. 256–265.
5. Lepeiko T. Analysis of modern methods for forecasting the probability of enterprise bankruptcy. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*. 2011. No. 10.
6. State Statistics Service of Ukraine. Database of annual financial statements of enterprises. URL: <https://data.gov.ua/dataset/7436ae83-dfc1-4836-9962-8af3e831c522>
7. Tereshchenko O. O. Discriminant model of integrated assessment of the financial condition of an enterprise. *Economy of Ukraine*. 2003. No. 8. P. 38–44.
8. Khryniuk O. S., Bova V. A. Models for calculating the probability of bankruptcy as a method for assessing the financial potential of an enterprise. *Efficient Economy*. 2018. No. 2. URL: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2\\_2018/46.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2018/46.pdf)
9. Linear discriminant analysis. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_discriminant\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_discriminant_analysis)
10. Bidiuk P. I., Verteletskyi V. V., Zhyrova A. O. Analysis of enterprise bankruptcy risk using crisp and fuzzy models. *Economic Bulletin of NTUU “KPI”*. URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/14182/1/70.pdf>
11. Kozlovskiy S., Butyrskiy A., Poliakov B., Bobkova A., Lavrov R., Ivanyuta N. Management and comprehensive assessment of the probability of bankruptcy of Ukrainian enterprises based on the methods of fuzzy sets theory. *Problems and Perspectives in Management*. 2019. Vol. 17, No. 3. P. 370–381. DOI: [https://doi.org/10.21511/ppm.17\(3\).2019.30](https://doi.org/10.21511/ppm.17(3).2019.30)

Стаття надійшла 23.04.2025

Стаття прийнята 07.05.2025

Стаття опублікована 22.05.2025