

Дубницький В.І.доктор економічних наук, професор
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»**М'ячин В.Г.**кандидат технічних наук, доцент
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»**Dubnitsky Volodimir**

Ukrainian State University of Chemistry and Technology

Myachin Valentin

Ukrainian State University of Chemistry and Technology

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ ДІАГНОСТИКИ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ТА ЙМОВІРНОСТІ НАСТАННЯ БАНКРУТСТВА ІННОВАЦІЙНО АКТИВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

NEURO-MORTGAGE MODEL OF DIAGNOSTIC FINANCIAL STATUS AND POSSIBILITY OF BANKRUPTCY OF INNOVATIVE ACTIVE ENTERPRISES

Стаття присвячена обґрунтуванню вибору фінансових показників для дискримінантних та нейромережєвих моделей діагностики фінансового стану інноваційно активних підприємств, визначенню ймовірності настання їх банкрутства, а також побудові цих моделей на підставі дослідження фінансового стану 34 підприємств. Показано важливість дослідження фінансового стану українських підприємств, які займаються інноваціями, оскільки їх інноваційна активність майже повністю фінансується за власні кошти. За допомогою аналітичної платформи "Deductor" побудовано дискримінантну модель оцінювання фінансового стану та ймовірності настання банкрутства для інноваційно активних підприємств. Обґрунтовано, побудовано нейромережєву модель, яка разом з аналізом «якщо – тоді» дає адекватний прогноз фінансового стану підприємств, які займаються інноваційною діяльністю.

Ключові слова: фінансовий стан підприємств, ймовірність настання банкрутства, нейронна мережа, нейромережєвий алгоритм, аналітична платформа "Deductor".

Статья посвящена обоснованию выбора финансовых показателей для дискриминантных и нейросетевых моделей диагностики финансового состояния инновационно активных предприятий, определению вероятности наступления их банкротства, а также построению этих моделей на основе исследования финансового состояния 34 предприятий. Показана важность исследования финансового состояния украинских предприятий, которые занимаются инновациями, так как их инновационная активность почти полностью финансируется за собственные средства. С помощью аналитической платформы "Deductor" построена дискриминантная модель оценивания финансового состояния и вероятности наступления банкротства для инновационно активных предприятий. Обоснована, построена нейросетевая модель, которая вместе с анализом «если – тогда» дает адекватный прогноз финансового состояния предприятий, занимающихся инновационной деятельностью.

Ключевые слова: финансовое состояние предприятий, вероятность наступления банкротства, нейронная сеть, нейросетевой алгоритм, аналитическая платформа "Deductor".

The article is devoted to the substantiation of the choice of financial indicators for discriminant and neural network models for diagnosing the financial condition of innovative active enterprises and determining the probability of their bankruptcy, as well as the construction of these models based on a study of the financial condition of 34 enterprises. The modern imperative of the successful development of the domestic economy is its transition to the rails of innovative development. This process is impossible without competent distribution of financial resources by business entities. In this regard, especially important is the question regarding the development of new approaches and methods for the assessment of readiness of enterprises for implementation of innovation activities due to which investors or,

indeed, the state itself will be able to determine the amount of financial resources which is necessary for the development and implementation of new technologies, products or services. It is shown the importance of researching the financial condition of Ukrainian enterprises that are engaged in innovations, since their innovative activity is almost entirely financed by own means. With the aid of Deductor's analytical platform, a discriminant model for assessing the financial situation and the probability of bankruptcy for innovative enterprises was built. The neural network model, which together with the analysis "if – then" gives an adequate forecast of the financial state of enterprises engaged in innovation activity, was substantiated and built. Four financial ratios (X_1 , X_2 , X_3 and X_4) as of 2015 are selected and calculated for the analysis of the financial condition of 34 enterprises. Among the selected indicators are the current liquidity ratio (X_1), the ratio of debt and equity (X_2), the share of retained earnings in the total value of assets (X_3), return on sales by gross profit (X_4).

Key words: financial condition of enterprises, probability of bankruptcy, neural network, neural network algorithm, analytical platform "Deductor".

Постановка проблеми. Сучасні умови тривалої економічної кризи, що торкнулась майже всіх підприємств України, диктують свої правила щодо фінансово-господарської діяльності підприємств. Кожне з них прагне як мінімум запобігти настанню банкрутства, а як максимум – досягти стабільного фінансового стану. Для сприятливого розвитку підприємств їх керівництво повинне мати здібності до адекватного оцінювання фінансового стану суб'єктів господарської діяльності. Розв'язання цієї задачі є можливим шляхом застосування сучасних методів та підходів, зокрема теоретичних, експертних, математичного моделювання. Зокрема, застосування сучасних інформаційних технологій до аналізу фінансового стану підприємств на підставі інтелектуального аналізу даних є запорукою більш обґрунтованих рішень та актуальним в сучасних економічних реаліях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемі відбору фінансових показників для моделей оцінювання фінансового стану підприємств та ймовірності настання їх банкрутства, а також побудові таких моделей присвячено праці численних вітчизняних та закордонних дослідників, зокрема роботи Е. Альтмана, Р. Таффлера, Г. Тішоу, К. Беєрмана, Г. Давидової, А. Белікова, О. Терещенка, О. Черняка, А. Матвійчука [1; 2; 3].

Багато аспектів проблеми оцінювання ймовірності настання банкрутства мають сьогодні дискусійний характер, особливо потребує розгляду питання підвищення здатності моделей до оцінювання реального фінансового стану вітчизняних підприємств в умовах економічної невизначеності та тривалої економічної кризи.

Метою статті є перевірка теоретичних досліджень щодо вибору та визначення пріоритетності фінансових показників, які планується в подальшому задіяти для побудови дискримінантної та нейромережевої моделей діагностики фінансового стану інноваційно активних підприємств; побудова нейромережевої моделі

оцінювання фінансового стану підприємств та ймовірності настання їх банкрутства на підставі фінансових показників 34 підприємств, відібраних для дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасним імперативом успішного розвитку вітчизняної економіки є її перехід на рейки інноваційного розвитку. Цей процес неможливий без грамотного розподілу фінансових ресурсів суб'єктами господарської діяльності. У зв'язку з цим особливо важливим є питання розроблення нових методів оцінювання готовності підприємств до здійснення інноваційної діяльності, завдяки яким інвестори або сама держава будуть в змозі визначати той обсяг фінансових ресурсів, який необхідний для розроблення та реалізації нових технологій, продуктів або послуг.

Актуальність дослідження фінансового стану інноваційно активних підприємств в українських реаліях підтверджується тим, що частка власних коштів у загальній сумі витрат на інновації за останні роки невпинно зростає. Вона збільшилася з 59,35% у 2010 році до 97,20% у 2015 році [4; 5], тобто останнім часом майже вся інноваційна активність українських підприємств відбувається за рахунок власних коштів.

Для оцінювання ступеня готовності підприємств до здійснення інноваційної діяльності С. Яшин та Ю. Солдатова пропонують інтегральний чисельний показник, розрахунок якого залежить від фінансового стану підприємств та рівня інноваційних можливостей підприємства [6]. Серед показників, які характеризують фінансовий стан, автори пропонують:

- коефіцієнт поточної ліквідності;
- коефіцієнт довгострокової незалежності;
- коефіцієнт автономії;
- вартість власного капіталу;
- вартість основних засобів.

Вибір фінансових показників, найбільш важливих для характеристики інноваційно активних підприємств, та визначення їх відносної значущості за допомогою методу ана-

лізу ієрархій (МАІ) здійснено нами в роботі [4]. В табл. 1 представлено чотири показники, які ми вибрали для подальшого дослідження за критерієм найбільшої значущості.

Серед представлених у табл. 1 показників лише показники X_2 (співвідношення позикового та власного капіталу) та X_3 (питома вага нерозподіленого прибутку у загальній вартості активів підприємства) входять до відомої п'ятифакторної моделі Z-рахунку Е. Альтмана, яка визначає ймовірність настання банкрутства підприємств; показник X_2 також входить до моделей визначення ймовірності настання банкрутства Сайфулліна-Кадикова та моделі Ліса; показник X_1 (коефіцієнт поточної ліквідності) входить до моделі Бівера, моделі Сайфулліна-Кадикова та моделі Терещенка; показник X_4 (рентабельність продажу за валовим прибутком) входить лише до моделі Сайфулліна-Кадикова [7].

Для дослідження фінансового стану із сукупності підприємств України відібрані ті, для яких уточнюючими критеріями вибору виступили масштаби економічної діяльності, географічна репрезентативність, доступність інформації, вартість активів (не менше 5 млн. грн.). В результаті для дослідження відібрано 34 підприємства, серед яких 23 підприємства мали фінансовий стан на кінець 2016 року такий, що чинне законодавство України визначило добрим, а 11 підприємств перебувають на різних стадіях процедури банкрутства. Вибрані підприємства належать до машинобудівної галузі, проведено економіко-статистичний аналіз та нейромере-

жевий аналіз їх фінансових показників діяльності, що знайшло відображення в наших роботах [8; 9].

Зіставлення результатів досліджень емпіричних даних за допомогою факторного та кореляційного аналізу з попередніми результатами визначення пріоритетності фінансових показників методом аналізу ієрархій, проведене в роботі [10], підтвердило думку про оптимальний вибір фінансових показників X_1 , X_2 , X_3 та X_4 . Значення попарних коефіцієнтів кореляції для цих фінансових показників перебувають за модулем у межах від 0 до 0,3, що свідчить про майже повну відсутність зв'язків між ними, тому більш достовірним буде вплив кожного показника на інтегральний показник, а саме ймовірність настання банкрутства підприємств.

Вибрані та розраховані для аналізу фінансового стану 34 підприємств чотири фінансові коефіцієнти (X_1 , X_2 , X_3 та X_4) станом на 2015 рік представлені в табл. 2. Серед вибраних показників представлено коефіцієнт поточної ліквідності (X_1), співвідношення позикового та власного капіталу (X_2), питому вагу нерозподіленого прибутку у загальній вартості активів (X_3), рентабельність продажу за валовим прибутком (X_4). У табл. 3 підприємства з умовними номерами від 1 до 23 – це підприємства, щодо яких не порушена процедура банкрутства, а підприємства з умовними номерами від 24 до 34 – це підприємства, щодо яких відкрита процедура банкрутства.

На подальшому етапі дослідження ми запропонували побудову дискримінантної

Таблиця 1

Показники, вибрані для характеристики фінансового стану та ймовірності настання банкрутства інноваційно активних підприємств

Показник	Модель розрахунку показника
Коефіцієнт поточної ліквідності (X_1)	$K_{пл} = Об.З. / К.З., (1)$ де $K_{пл}$ – коефіцієнт поточної ліквідності, част. од.; Об.З. – вартість оборотних засобів підприємства на конкретну дату, тис. грн.; К.З. – розмір короткострокових зобов'язань підприємства на конкретну дату, тис. грн.
Співвідношення позикового та власного капіталу (X_2)	$K_{пв} = ПК / ВК, (2)$ де $K_{пв}$ – співвідношення позикового та власного капіталу підприємства, част. од.; ПК – розмір позикового капіталу підприємства на конкретну дату, тис. грн.; ВК – розмір власного капіталу підприємства на конкретну дату, тис. грн.
Питома вага нерозподіленого прибутку у загальній вартості активів підприємства (X_3)	$ПВ_{нп} = НП / ВА, (3)$ де $ПВ_{нп}$ – питома вага нерозподіленого прибутку у загальній вартості активів підприємства, част. од.; НП – розмір нерозподіленого прибутку підприємства на конкретну дату, тис. грн.; ВА – загальна вартість активів підприємства на конкретну дату, тис. грн.
Рентабельність продажу за валовим прибутком (коефіцієнт рентабельності реалізації) (X_4)	$Р_{вп} = ВП / В, (4)$ де $Р_{вп}$ – коефіцієнт рентабельності продажу за валовим прибутком, част. од.; ВП – валовий прибуток підприємства за конкретний звітний період, тис. грн.; В – виручка від реалізації продукції (товарів, робіт, послуг) за конкретний звітний період, тис. грн.

Таблиця 2

Показники фінансового стану, залучені для побудови дискримінантної та нейромережевої моделей діагностики фінансового стану інноваційно активних підприємств

Умовний номер підприємства	X1	X2	X3	X4	Умовний номер підприємства	X1	X2	X3	X4
1	1,446	2,028	0,216	0,211	18	7,845	5,584	-0,032	0,167
2	1,250	0,646	0,110	0,296	19	0,799	5,075	-0,014	0,009
3	0,905	15,579	0,022	0,193	20	0,226	-5,356	-0,640	-1,811
4	0,343	0,971	0,419	0,946	21	0,425	-4,865	-0,881	0,083
5	7,747	0,065	0,928	0,284	22	1,136	-16,349	-0,084	0,842
6	0,405	-1,999	-1,177	0,419	23	24,318	0,025	-0,023	0,197
7	1,473	0,732	0,483	0,000	24	0,194	-1,190	-5,705	0,000
8	1,731	0,700	0,556	0,411	25	1,329	-1,279	-3,711	1,000
9	0,840	11,480	-0,355	0,177	26	1,889	0,817	-0,314	0,188
10	0,960	2,812	0,084	0,311	27	0,337	-1,563	-1,775	0,007
11	0,887	1,300	0,256	0,266	28	0,911	3,256	0,209	0,275
12	1,028	0,096	0,216	0,414	29	0,672	1,390	-0,041	-1,820
13	1,772	0,261	-0,047	-0,541	30	13,173	0,069	-0,003	0,000
14	6,857	0,185	0,736	0,364	31	0,177	-1,611	-3,559	-5,193
15	5,281	0,253	0,345	0,494	32	0,025	2,936	-0,498	0,095
16	1,549	1,329	0,422	0,067	33	0,045	-1,626	-1,652	0,137
17	0,726	20,752	-0,162	0,046	34	0,432	-1,732	-1,347	0,136

моделі визначення фінансового стану за допомогою академічної версії аналітичної платформи "Deductor" компанії "BASEGROUP_LABS" [11].

Ця модель є чотирьохфакторною, де входними факторами є фактори X1, X2, X3 та X4, а вихідною величиною є ймовірність настання банкрутства *FB* (*Financial Bankruptcy*).

Візуалізацію результатів роботи вузла «Линейная регрессия», яку використано для побудови лінійної моделі залежності вихідного фактору *FB* від входних факторів X1, X2, X3 та X4, представлено на рис. 1.

За результатами розрахунків лінійна дискримінантна модель матиме такий вигляд:

$$FB = 0,23821 + 0,0021693 \times X1 - 0,0031883 \times X2 - 0,19677 \times X3 - 0,11466 \times X4,$$

де *FB* – показник, що характеризує ймовірність банкрутства підприємства; X1, X2, X3 та X4 – фінансові показники (коефіцієнти), алгоритм розрахунку яких наведений у табл. 1.

Під час розрахунку показника *FB* прийнято, що коли отримане значення має менше 0, то ймовірність банкрутства можна описати лінгвістичним терміном «дуже мала», а фінансовий стан підприємства – «добрий»; коли значення показника *FB* перебуває в діапазоні від 0 (включно) до 1 (включно), то ймовірність банкрутства можна описати лінгвістичним терміном «невизначена», тобто підприємство перебуває в «сірій» зоні; значення показника *FB* понад 1 означає, що ймовірність банкрутства можна описати лінгвістичним терміном «дуже велика», а фінансовий стан підприємства – «незадовільний».

Наступним етапом дослідження була побудова нейромережі [4×2×1] з 4 нейронами на вході, одним нейроном на виході та двома прихованими шарами (рис. 2).

Нейромережа, яка пройшла навчання, може бути використана для вирішення задачі прогнозування ймовірності настання банкрутства. Для цього також застосовується аналіз «якщо – тоді», візуалізація результатів якого в роботі вузла «Нейросеть» наведена на рис. 3.

Выходное поле: FB	
Атрибут	Коефициент
9.0 <Константа>	0,23821
9.0 X1	0,0021693
9.0 X2	-0,0031883
9.0 X3	-0,19677
9.0 X4	-0,11466

Рис. 1. Візуалізація результатів роботи вузла «Линейная регрессия» щодо побудови лінійної моделі між вихідним фактором *FB* та входними факторами X1, X2, X3 та X4, отриманих за допомогою аналітичної платформи "Deductor"

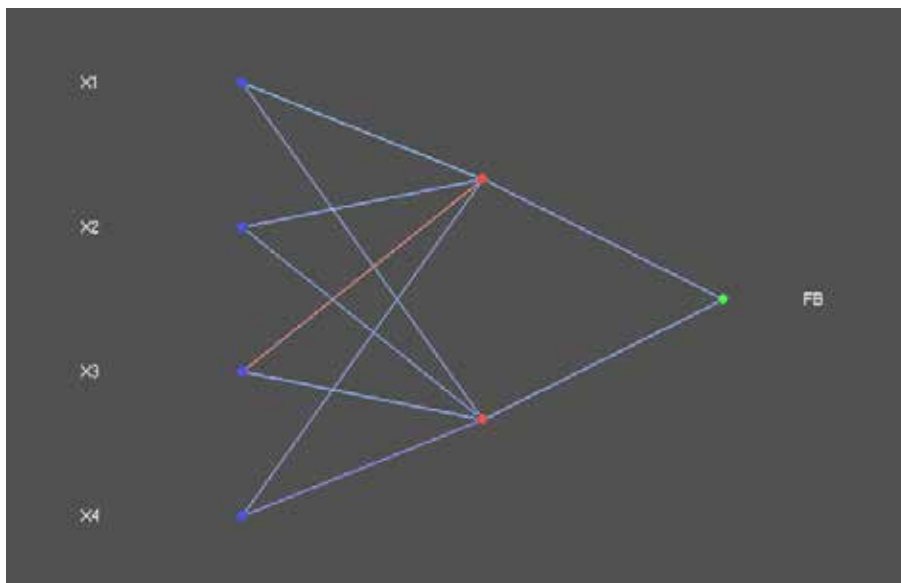


Рис. 2. Граф нейронної мережі для побудови моделі визначення ймовірності настання банкрутства інноваційно активних підприємств, отриманий за допомогою аналітичної платформи “Deductor”

Поле	Значення
Входные	
9.0 X1	1,446
9.0 X2	2,028
9.0 X3	0,216
9.0 X4	0,211
Выходные	
9.0 FB	0,151801598769988

Рис. 3. Візуалізація результатів аналізу «якщо – тоді» («что – если») в роботі вузла «Нейросеть» аналітичної платформи “Deductor”

На рис. 3 наведено результати аналізу «якщо – тоді» для першого вектору вихідних даних, а саме рядка 1 (табл. 2). Для нього отримано прогнозне значення ймовірності банкрутства $FB = 0,151$. Підприємство з умовним номером «1» не є таким, щодо якого була порушена процедура банкрутства, отже, під час побудови моделі значення FB для нього приймалося як таке, що дорівнює нулю. Таким чином, на наш погляд, величина ймовірності банкрутства $FB = 0,151$, отримана за допомогою побудованої нейромережі з параметрами $[4 \times 2 \times 1]$, в рамках побудованої моделі є прийнятною.

Висновки з проведеного дослідження. Готовність підприємства до впровадження інновацій значною мірою залежить від його фінансового стану. Останніми роками в Україні фінансування інноваційної активності підприємств відбувається за рахунок власних

коштів підприємств. Здійснення адекватного оцінювання фінансового стану підприємств в умовах економічної невизначеності є можливим за рахунок використання сучасних інструментів підтримки прийняття рішень, а саме аналітичних платформ. На підставі звітності 34 вітчизняних інноваційно активних підприємств з використанням аналітичної платформи “Deductor” побудовано дискримінантну та нейромережеву моделі оцінювання фінансового стану та ймовірності настання банкрутства підприємств.

Подальші розвідки авторів будуть спрямовані на перевірку адекватності та вдосконалення моделі оцінювання фінансового стану підприємства, ймовірності настання їх банкрутства, отриманої за допомогою сучасних інструментів моделювання економічних процесів, а саме нейронних мереж.

Список використаних джерел:

1. Матвійчук А. Нечіткі, нейромережеві, та дискримінантні моделі діагностування можливості банкрутства підприємств. *Нейронечіткі технології моделювання в економіці*. 2013. № 2. С. 71–117.
2. Давыдова Г., Беликов А. Методика количественной оценки риска банкротства предприятий. *Управление риском*. 1999. № 3. С. 13–20.
3. Терещенко О. Антикризове фінансове управління на підприємстві. Київ : КНЕУ, 2004. 268 с.
4. М'ячин В., Куцинська М. Нейромережевий підхід до кластеризації галузей промисловості України за джерелами фінансування інноваційної активності підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2016. Вип. 20. Ч. 2. С. 64–68.
5. Касич А., Канунікова К. Інноваційна активність підприємств України: динаміка, проблеми та шляхи вирішення. *Інвестиції: практика та досвід*. 2016. № 22. С. 21–24.
6. Яшин С., Солдатова Ю. Формирование инструментария оценки уровня финансового состояния предприятий для оценки инновационной деятельности. *Финансы и кредит*. 2012. № 24 (504). С. 2–9.
7. М'ячин В., Куцинська М. Визначення пріоритетності показників фінансового стану, обраних для оцінки ризику банкрутства промислових підприємств методом нечітких множин. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія «Економіка і менеджмент»*. 2015. Вип. 14. С. 159–163.
8. М'ячин В., Куцинська М. Застосування карт Кохонена для аналізу фінансового стану та визначення ймовірності настання банкрутства інноваційно-активних підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2016. Вип. 21. Ч. 2. С. 71–76.
9. М'ячин В., Куцинська М., Давидов Т. Економіко-статистичний аналіз показників фінансового стану та перевірка істотності гіпотези про рівність їх середніх значень для благополучних підприємств і підприємств-банкрутів. *Вісник ОНУ імені Мечникова*. 2017. Т. 22. Вип. 3 (56). С. 80–87.
10. М'ячин В., Єфимов О. Обґрунтування вибору показників для діагностики фінансового стану підприємств та імовірності настання їх банкрутства. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*. 2018. Вип. 32. С. 94–99.
11. Яковлев В. Статистические методы в Deductor Studio : учебное пособие. Москва : ОнтоПринт, 2017. 202 с.