

К.С. Курганський, аспірант кафедри ЕММ,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ФІНАНСОВА СТІЙКІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА: ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ БАНКРУТСТВА

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто сутність поняття фінансової стійкості та банкрутства підприємства. Досліджено найпоширеніші методи оцінки фінансового стану компанії. Описано механізм застосування апарату нечіткої логіки для оцінювання можливості банкрутства компанії. Запропоновано методологічний підхід до побудови економіко-математичної моделі оцінювання фінансового стану підприємства на базі нечіткого логічного висновку Сугено.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: фінансова стійкість, банкрутство, нечітка логіка, нечіткий логічний висновок Сугено.

ANNOTATION. The essence of an enterprise's financial firmness and bankruptcy concepts are considered in this article. It's investigated the most widespread methods of estimation of firm's financial firmness and also described the mechanism of fuzzy logic using to evaluation of company's bankruptcy probability. It's proposed in the article new methodological approach to construction of economic and mathematical models of estimation of an enterprise's financial firmness on the basis of Sugeno fuzzy logic conclusion.

KEYWORDS: financial firmness, bankruptcy, fuzzy logic, Sugeno fuzzy logic conclusion.

Актуальність. На сьогоднішній день існує досить велика кількість підходів як до тлумачення поняття фінансової стійкості підприємства, так і до методів її обрахунку. Основним показником оцінки фінансового стану є оцінка ймовірності банкрутства підприємства. Поряд з існуючими методиками її розрахунку постійно виникають нові, які базуються на використанні складного математичного апарату.

Застосування кількісних методів оцінки банкрутства в сучасних умовах є не завжди ефективним, а подекуди навіть помилковим рішенням. В їх основі лежить статистична звітність, яку підприємства надають у відомчі установи. При цьому більшість з існуючих на сьогодні методів обрахунку ймовірності банкрутства розроблені іноземними економістами, які спираються на особливості ведення бухгалтерського та податкового обліку їхніх країн. Відтак, процес формування та подання статистичної звітності має інший характер, відмінний від української системи.

Водночас більшість аудиторських фірм та аналітичних компаній для підвищення точності прогнозного значення показника ймовірності банкрутства підприємства намагаються використувати методики, які ґрунтуються на використанні якісних показників. Їх застосування дозволяє не тільки оцінити можливість банкрутства, але й виділити основні причини, що власне й призвело до появи кризової ситуації в компанії. Усунення причин завдяки впровадженню антикризових санаційних заходів на підприємстві дозволить керівництву частково згладити негативні наслідки вже попередньо прийнятих рішень.

Проте навіть покращення існуючих моделей за рахунок включення якісних показників не завжди дає змогу вірно та повноцінно оцінити фінансовий стан підприємства та прийняти вчасні санаційні заходи.

Відносно новим методом оцінки фінансової стійкості підприємства може стати прогнозування банкрутства, в основі якого буде покладено апарат нечіткої логіки. Його застосування в сучасних економічних умовах дозволить не тільки підвищити рівень адекватності моделі оцінки фінансової стійкості, але й вчасно виявити потенційні загрози фінансовій рівновазі підприємства та усунути їх.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день проблеми дефініції поняття фінансової стійкості підприємства та диференціації механізмів її оцінки присвячені наукові праці провідних українських та зарубіжних учених. Теоретичному дослідженню сутності фінансової стійкості та її особливостям присвячені роботи І.О. Бланка, Є.Ф. Бріггема, О.Д. Заруби, В.В. Ковальова, О.В. Кондратьєва, В.В. Поддєрьогіна, В.С. Пономаренка, Г.В. Савицької та ін.

Над практичною реалізацією здійснення оцінки фінансової стійкості підприємства та можливості настання банкрутства працювали західні та вітчизняні науковці: Е.І. Альтман, У. Бівер, В.В. Вітлінський, А.В. Матвійчук, О.О. Терещенко та ін.

Виклад основного матеріалу. Забезпечення стабільного економічного розвитку будь-якої країни залежить як від заходів, здійснених у напрямі державного регулювання економіки, так і від забезпечення ефективної діяльності суб'єктів господарювання національної економіки в ринкових умовах. На сьогоднішній день українська економіка офіційно визначена як та, що належить до ринкового типу. Їй притаманні головні ознаки ринку. Проте, фактично національна економіка України не зазнала вагомих структурних змін після переходу на ринкові позиції.

За таких обставин середні та великі підприємства, виробнича діяльність яких є не досить еластичною, а подекуди навіть і нееластичною по відношенню до коливань ринкового попиту на їх продукцію, залишаються у передкризовому стані. Жорсткі конкурентні умови та зниження рівня дотацій з боку держави призводять до погіршення фінансового стану підприємств, які раніше були основним центром виробничого потенціалу усієї країни. Швидше до зміни ринкової кон'юнктури пристосувались малі підприємства. Проте виконання вимог, поставлених СОТ для України, призводить до зниження ефективності їх функціонування.

Важливим елементом підтримки належного рівня економічної безпеки країни в таких доволі складних умовах виступає контроль фінансової стійкості підприємств та вчасно здійснені превентивні антикризові заходи, направлені на санацію суб'єктів господарювання.

В юридичному аспекті [1] фінансова стійкість підприємства є ступенем забезпечення власним капіталом підприємства для ефективного ведення господарської діяльності. В економічному ж контексті [2] фінансову стійкість розуміють як певний стан підприємства, за якого підприємство залишається платоспроможним.

На практиці, для аналізу фінансової стійкості підприємства використовують фінансові коефіцієнти, які розраховуються у відношенні абсолютних показників активу та пасиву балансу. Їх порівняння з критичними значеннями дають можливість визначити рівень фінансової стійкості підприємства.

У випадку погіршення фінансової стійкості підприємства виникає кризовий стан, який може загрожувати банкрутством компанії. Останнє розглядають як визнану господарським судом неспроможність боржника відновити свою платоспроможність [3]. При цьому підприємство не здатне задовольнити визнані існуючі зобов'язання перед кредиторами. Для цього необхідною умовою є ліквідація самого підприємства.

Логічним висновком постає той факт, що банкрутство є свідченням кризи ліквідності та прибутковості підприємства [4]. Його значення є також досить точним індикатором наявної кризи стратегії в управлінських рішеннях керівництва компанії.

Для вчасного попередження банкрутства підприємства розроблено велику кількість превентивних механізмів, які ґрунтуються на аналізі фінансової звітності, оцінці фінансових показників і контролі управлінських рішень. Зазвичай, на практиці прийнято виділяти два напрямки проведення подібної оцінки.

Перший, традиційний або ж класичний напрям базується на використанні кількісних методів оцінювання. Він дає змогу оцінити стан підприємства згідно офіційної фінансової звітності, яка була подана до відповідних державних установ. Для розрахунку використовують групи фінансових показників.

До таких кількісних методів відносять: двохфакторну модель, коефіцієнт Алтмана, модель Таффлера, показник Бівера, модель Ліса, модель Спрінгейта, R-модель прогнозу ризику банкрутства, PAS-коефіцієнт та ін. Серед українських аналогів кількісної оцінки ймовірності банкрутства підприємства є дискримінантні моделі Терещенко та Матвійчука, метод відносних та абсолютних приростів та ін.

В основу другого напрямку покладено вміння аналізувати не тільки фінансову звітність, але й враховувати периферійні умови підвищення ефективності господарської діяльності підприємства. Більшість таких розроблених методик зосереджують увагу на критеріях оцінки менеджменту персоналу та управлінської діяльності, особливостях ведення господарської діяльності тощо. Розглянемо кілька найвідоміших кількісних та якісних методів, які використовують для оцінки ймовірності банкрутства.

Коефіцієнт Алтмана. Метод, запропонований відомим американським економістом Е.І. Алтманом, полягає в оцінці кредитоспроможності підприємства як індикатора фінансового стану підприємства та ймовірності його банкрутства. Слід зауважити на кількох важливих моментах, що призводять до погіршення прогнозу ймовірності банкрутства підприємства у випадку здійснення його оцінки з використанням Z-коефіцієнту Алтмана.

Перш за все слід наголосити на вагових коефіцієнтах для обох рівнянь Алтмана. Для Z-коефіцієнту [5] вони були розраховані на основі статистичної бази з 66 підприємств Америки за 19 років. Зрозумілим є те, що кожна країна має власні особливості розвитку національної економіки. Відповідно, отримані вагові коефіцієнти моделі по своїй суті відображатимуть ефективний механізм усунення фінансової кризи саме для американських підприємств.

По-друге, вагомою умовою у процесі визначення вагових коефіцієнтів є особливості ведення фінансового та бухгалтерського обліку на підприємствах. У чистій теорії можна стверджувати, що при визначенні вагових коефіцієнтів для обох рівнянь автор відштовхувався від базисних фінансових термінів, наявних у світовій практиці. Проте, фактично, відмінність у веденні

обліку призводить до погіршення рівня адекватності таких коефіцієнтів з фінансовим станом компанії. Завищена оцінка за фінансовими показниками одного з елементів моделі може призводити до хибних висновків стосовно схильності підприємства до банкрутства.

Універсальна дискримінантна функція. Результатом аналізу переважної більшості методів оцінювання ймовірності банкрутства стала узагальнююча дискримінантна функція [4]. В її основі лежать показники, які дають оцінку поточної ліквідності та доходності підприємства, ефективності прийняття управлінських рішень, збутову політику та ін.

Використання відповідної функції дозволяє підвищити рівень адекватності прогнозованого фінансового стану підприємства в порівнянні з аналогічним рівнем, розрахованим за коефіцієнтом Альтмана. Це викликано рядом причин, серед яких зокрема важливу роль відіграла деталізація основних критеріїв оцінки для визначення ймовірності банкрутства підприємства. Розширення критеріального набору регресорів дає змогу зробити дискримінантну функцію більш еластичною до умов, в яких функціонує фірма.

Проте, різниця в умовах здійснення господарської діяльності підприємствами призводить до збільшення розкиду прогнозованої оцінки фінансового стану та ймовірності його банкрутства. Похибки при проведенні оцінювання можуть дати хибні результати, що може призвести до несвоечасного або небажаного втілення керівництвом підприємства пакету антикризових санаційних заходів.

Метод відносних та абсолютних приростів. За цим методом оцінка фінансового стану підприємства здійснюється на основі низки фінансових показників, які використовуються в кількісних прогнозних моделях. Методика ґрунтується на «читанні» фінансової звітності підприємства. Усі попередні моделі лише дають оцінку фінансової рівноваги підприємства та є ефективними виключно в ситуації перебування підприємства вже в кризовому стані.

Метод приростів, на відміну від вище описаних, здійснює поточний моніторинг фінансового стану підприємства за рахунок аналізу темпів приросту як фінансових показників, так і більшості регресорів попередніх моделей. На сьогоднішній день відповідний метод є досить поширеним. Проте його застосування потребує фахівців, які можуть правильно проаналізувати фінансову звітність підприємства.

Показник Аргенті. Методика оцінювання рівня фінансової стійкості підприємства згідно Аргенті полягає у висуненні гіпотез стосовно діяльності обраного суб'єкту господарської діяльності.

Перш за все, робиться припущення, що на підприємстві відбувається процес, який веде його до банкрутства. Друге припущення говорить про те, що цей процес для свого завершення потребує кілька років. Згідно третьої гіпотези спостережуваний процес погіршення фінансового стану розподіляється на три умовні етапи: недоліки, помилки та симптоми.

Превентивним механізмом попередження банкрутства для даного показника виступає А-рахунок, методика визначення якого базується на рейтинговому оцінюванні підприємства за набором визначених критеріїв [3]. У разі перевищення для підприємства розрахункового значення показника Аргенті визначеного рівня висувається гіпотеза про можливість банкрутства підприємства в найближчі 5 років.

Недоліками такого методу оцінки фінансового стану підприємства є суб'єктивний характер як самого переліку критеріїв для розрахунку показника Аргенті, так і, власне, розраховані експертами їх значення для конкретного підприємства.

Аналізуючи вищезазначене, можна дійти до висновку про відсутність досконалого механізму оцінки фінансової стійкості підприємства, використовуючи виключно фінансові показники та окремі рейтингові системи. Суперечності у виборі регресорів для моделей прогнозування банкрутства призводять до зниження адекватності розрахованої оцінки фінансового стану підприємства, нівелювання впливу показників з низькими ваговими коефіцієнтами та відмови від синергетичного ефекту, присутнього внаслідок взаємодії між окремими регресорами.

Зовсім іншим чином можна охарактеризувати моделі оцінки фінансового стану компанії, які ґрунтуються на застосуванні апарату нечіткої логіки. Адекватність таких моделей реальному фінансовому стану на підприємстві є значно вищою за її рівень у попередніх моделях.

Фундаментальні основи нечіткої логіки [7] базуються на ідеї, що окремі якісні показники неможливо описати з допомогою звичайного математичного апарату. Оцінка ситуації або процесу не завжди можна жорстко детермінувати. Відповідно, виникає необхідність у застосуванні функції належності для розв'язання задач, в яких присутні нечіткі (зокрема і лінгвістичні) змінні.

У принципах, викладених Лотфі Заде [7], основоположним поняттям нечіткої логіки є лінгвістична змінна. По своїй суті, во-

на не має числового вираження та може описуватися кількома її взаємовиключними значеннями. Сукупність таких значень прийнято називати терм-множиною (\tilde{A}).

Кожна лінгвістична терм-множина \tilde{A} характеризується так званою функцією належності. Остання визначає ступінь належності певного довільного елемента x_i універсальної множини X ($x_i \in X$) до обраної терм-множини \tilde{A} .

Виділяють наступні функції належності: трапецієподібна, трикутна, Гаусова, квазідзвоноподібна та ін. Кожна з них має власні переваги та особливості застосування. Ці функції застосовуються при формуванні нечітких правил і бази знань. Якщо за нечітким правилом встановлюють зв'язок між вхідними змінними та вихідними, то базою знань є сукупністю таких нечітких правил.

Можна виділити два підходи до формування бази нечітких знань: застосування бази правил прийняття рішень Мамдані та нечіткій логічній висновок Сугено. На сьогоднішній день у напрямі аналізу фінансового стану підприємства дослідження проводяться виключно з базою знань Мамдані. Розглянемо обидва можливі підходи до оцінки можливості банкрутства компанії.

Застосування бази правил прийняття рішень Мамдані для діагностики банкрутства підприємства. Модель діагностики банкрутства на основі апарату нечіткої логіки, розроблена у [8, 9], базується на використанні семи показників фінансового стану компанії, зокрема: X_1 — мобільності активів; X_2 — оборотності кредиторської заборгованості; X_3 — оборотності власного капіталу; X_4 — окупності активів; X_5 — забезпеченості власними оборотними засобами; X_6 — концентрації залученого капіталу; X_7 — покриття боргів власним капіталом.

У табл. 1 міститься запропонована у [8, 9] база знань Мамдані для визначення можливості банкрутства.

Таблиця 1

**БАЗА ЗНАНЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ
БАНКРУТСТВА КОМПАНІЇ [9]**

Лінгвістичні значення показників							Вага	Вихідна змінна
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	w	G
H	H	$-B$	$-H$	H	$-H$	C	w_1^B	B
$-B$	$-B$	H	B	$-B$	B	H	w_2^B	

Закінчення табл. 1

Лінгвістичні значення показників							Вага	Вихідна змінна
x	-B	X	-H	C	C	C	w_1^C	C
H	B	x	H	C	-H	C	w_2^C	
x	H	C	C	H	B	H	w_3^C	
B	B	C	-H	B	H	H	w_4^C	
x	B	B	-B	-H	H	x	w_1^H	H
-H	x	C	H	B	-B	B	w_2^H	

Після формування наборів нечітких правил відбувається налаштування параметрів моделі. Оптимізуються параметри функцій належності вхідних змінних та всі правила. Водночас, для вихідної змінної параметри функцій належності всіх термів залишаються незмінними.

Після побудови та налаштування параметрів моделі здійснюється поточний аналіз фінансової стійкості та приймаються відповідні висновки стосовно можливості банкрутства підприємства. На виході такої моделі отримується результат, який визначає належність до одного з вихідних термів. Альтернативним методом оцінки можливості настання банкрутства підприємства є застосування в такій моделі нечіткого контролеру Сугено.

Модель оцінки можливості банкрутства на основі бази нечітких знань Сугено. Модель оцінки можливості банкрутства на основі бази нечітких знань Сугено є досить схожою до моделі на основі бази знань Мамдані. Головна відмінність між двома підходами полягає у формуванні вихідної змінної. Логічним висновком для бази знань Сугено є не лінгвістичний терм, а певна функція від вхідних змінних. Застосування подібних функцій на виході дасть змогу здійснити оцінку фінансової стійкості підприємства. А в разі появи ознак погіршення фінансового стану компанії вирахувати приблизний час, що залишився до настання банкрутства.

Внаслідок функціонального подання виходу моделі вагові коефіцієнти не враховуються в базі нечітких знань Сугено. Відповідні ваги вже є врахованими у вихідній функції. Для створення бази

нечітких знань Сугено використаємо ту ж групу фінансових показників, що і при побудові моделі на основі підходу Мамдані.

Для нашої моделі застосуємо для усіх результуючих значень вихідної змінної одну функцію [10], яка буде залежати від приналежності вхідних значень фінансових показників до певного лінгвістичного терму вихідної змінної. У якості вихідної функції застосуємо рівняння лінійної множинної регресії:

$$y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + \dots + a_7 \cdot X_7 = a_0 + \sum_{i=1}^7 a_i X_i, \quad (1)$$

де y — вихідна функція бази нечітких знань Сугено;

$X_1 \dots X_7$ — значення фінансових показників моделі (описаних вище в попередній моделі);

$a_0 \dots a_7$ — вагові коефіцієнти рівняння регресії.

Відповідно до описаної функції сформуємо базу нечітких знань, яка описуватиме алгоритм поведінки моделі залежно від значень фінансових показників (табл. 2).

Таблиця 2

**БАЗИ НЕЧІТКИХ ЗНАТЬ СУГЕНО ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ
МОЖЛИВОСТІ БАНКРУТСТВА ПІДПРИЄМСТВА**

Лінгвістичні значення показників							Вихідна змінна				
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	a_0	a_1	a_2	...	a_7
H	H	$-B$	$-H$	H	$-H$	C	a_{01}	a_{11}	a_{21}	...	a_{71}
$-B$	$-B$	H	B	$-B$	B	H					
x	$-B$	x	$-H$	C	C	C	a_{02}	a_{12}	a_{22}	...	a_{72}
H	B	x	H	C	$-H$	C					
x	H	C	C	H	B	H					
B	B	C	$-H$	B	H	H	a_{03}	a_{13}	a_{23}	...	a_{73}
x	B	B	$-B$	$-H$	H	x					
$-H$	x	C	H	B	$-B$	B					

Відповідно до наведеної у табл. 2 нечіткої бази, вихідній функції моделі, поданій у рівнянні (1), буде відповідати одразу кілька правил. При різних комбінаціях лінгвістичних термів вхідних змінних можливе використання на виході одної з 3 функцій, різниця між якими буде спостерігатися лише у вагових коефіцієнтах при змінних моделі.

Водночас, віднесення певного набору нечітких правил одночасно до однієї вихідної функції свідчить про відносно тотожний вплив окремих фінансових показників на визначення прогнозного періоду фінансової стійкості підприємства.

Отже, математичний опис нечітких правил оцінки фінансової стійкості підприємства для першої функції на виході матиме вигляд:

$$\begin{aligned} & [(X_1 = \{H\}) \wedge (X_2 = \{H\}) \wedge (X_3 = \{-B\}) \wedge (X_4 = \{-H\}) \wedge (X_5 = \{H\}) \wedge \\ & \wedge (X_5 = \{-H\}) \wedge (X_7 = \{C\})] \vee [(X_1 = \{-B\}) \wedge (X_2 = \{-B\}) \wedge (X_3 = \{H\}) \wedge \\ & \wedge (X_4 = \{B\}) \wedge (X_5 = \{-B\}) \wedge (X_5 = \{B\}) \wedge (X_7 = \{H\})] \longrightarrow y = a_{01} + \sum_{i=1}^7 a_{i1} X_i. \end{aligned} \quad (2)$$

Тут видно, що для першої функції оцінки періоду, що лишився до банкрутства підприємства, одразу відповідає два правила нечіткої бази. Аналогічним чином ставиться у відповідність і решта правил їх вихідним функціям.

Із використанням операцій \cup (АБО) і \cap (ТА) система логічних висловлювань (2) може бути переписана в компактнішому вигляді:

$$\bigcup_{p=\overline{1, k_j}} \left[\bigcap_{i=1}^n (X_i = \widetilde{A}_i^{jp}) \right] \longrightarrow y = a_{01} + \sum_{i=1}^7 a_{i1} X_i, \quad j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

де \widetilde{A}_i^{jp} — лінгвістична оцінка показника X_i у рядку матриці знань з номером jp , $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$;

m — кількість функцій розрахунку результуючої змінної y ;

k_j — кількість правил у базі знань, що відповідають j -ій функції результуючої змінної y (причому в загальному випадку $k_1 \neq \dots \neq k_j \neq \dots \neq k_m$).

Як видно з наведеної нечіткої бази Сугено, усі правила сформовані на основі лінгвістичних значень 7 фінансових показників діяльності підприємства, які представлені трьома термами: низький (Н), середній (С) та високий (В) рівень показника. Кожен терм лінгвістичних змінних, у свою чергу, описується власною функцією належності. Ці функції дають можливість оцінити рівень відповідності кількісного значення певної вхідної зміни до одного з її лінгвістичних термів. Для нашої моделі ми застосуємо функції, які графічно зображено на рис. 1.

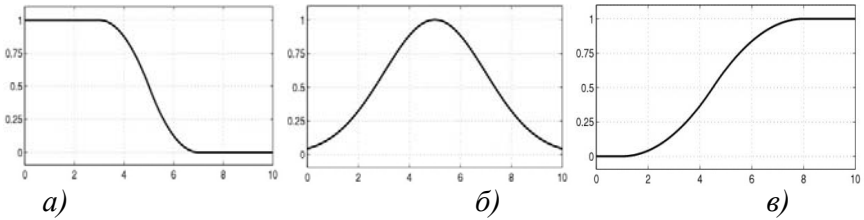


Рис. 1. Функції належності для нечіткої моделі оцінки періоду, що залишився до банкрутства підприємства

Усі низькі терми (Н) всіх вхідних змінних будемо описувати z-функцією належності. Її загальний вигляд подано на рис. 1(а), а аналітична форма запису представлена функцією:

$$f(X; a, b) = \begin{cases} 1, & X \leq a, \\ 1 - 2\left(\frac{X - a}{b - a}\right)^2, & a \leq X \leq \frac{a + b}{2}, \\ 2\left(\frac{X - b}{b - a}\right)^2, & \frac{a + b}{2} \leq X \leq b, \\ 0, & X \geq b. \end{cases} \quad (4)$$

Відтак, значення параметрів a та b визначатимуть проміжок спаду належності X до низького терму (Н).

Для всіх термів із середнім рівнем (С) лінгвістичних змінних застосуємо гаусівську функцію належності. Графічне відображення даної функції подано на рис.1(б). Її математичний опис матиме наступний вигляд:

$$f(X; \delta, c) = e^{-\frac{(X-c)^2}{2\delta^2}}. \quad (5)$$

Параметр c є центром (екстремумом) функції, а δ слугує визначником діапазону розкиду можливих значень навколо центру c (описує характер опуклості функції).

Останній терм (В) у всіх змінних ми виразимо через s-функцію належності. За своїм змістом вона є протилежною z-функції. Зображена на рис. 1(в), вона формально описується наступним чином:

$$f(X; a, b) = \begin{cases} 0, & X \leq a, \\ 2 \left(\frac{X - a}{b - a} \right)^2, & a \leq X \leq \frac{a + b}{2}, \\ 1 - 2 \left(\frac{X - b}{b - a} \right)^2, & \frac{a + b}{2} \leq X \leq b, \\ 1, & X \geq b. \end{cases} \quad (6)$$

Відповідно, параметри a та b тут виступають інтервалом зростання належності до терму, що описуватиме високий рівень показника X .

Таким чином, ми можемо задати інтервали термів для всіх лінгвістичних змінних нашої моделі. Враховуючи особливості розрахунку фінансових показників діяльності підприємств, параметри кожного терму подано у табл. 3.

Таблиця 3

**ІНТЕРВАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ТЕРМІВ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ
МОДЕЛІ З НЕЧІТКИМ КОНТРОЛЕРОМ СУГЕНО**

Вхідні змінні	Параметри лінгвістичних термів		
	H	C	B
x_1	[0 1,6]	[0,8 0,5]	[0,8 1,5]
x_2	[0 0,6]	[0,3 1]	[0,3 2]
x_3	[0 1,2]	[0,6 0,8]	[0,6 1,5]
x_4	[0 0,4]	[0,2 0,8]	[0,2 1,5]
x_5	[0 0,8]	[0,4 -0,5]	[0,4 0,5]
x_6	[0,3 0,7]	[0,2 0,8]	[0,2 1,5]
x_7	[0 1,6]	[0,8 0,7]	[0,8 2]

Задані функції належності із встановленими параметрами можна застосувати по відношенню до описаної в табл. 2 нечіткої бази правил. Відтак, при відповідності групи фінансових показників певному нечіткому правилу бази знань на виході буде отримана функція для розрахунку періоду, що залишився до банкрутства підприємства. Відповідно, необхідно знайти вихідні функції нашої моделі.

Для знаходження значень вихідної змінної нечіткої моделі, виражених у лінійних функціональних залежностях, використає-

мо автентичну статистичну базу нечіткої моделі з логічним висновком Мамдані [8, 9]. Відповідно до вищеописаного розподілу груп наборів правил нечіткої бази на виході має бути сформовано три функції (рис. 2), за якими і буде здійснено розрахунок періоду до банкрутства підприємства.

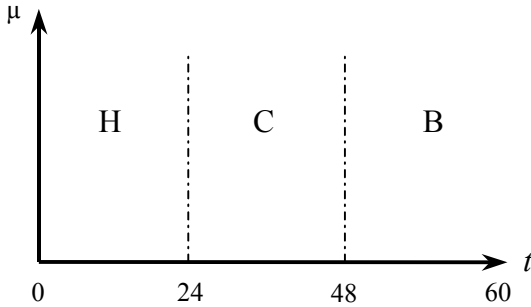


Рис. 2. Вихідні терми для розрахунку періоду, що залишався до банкрутства підприємства

У результаті сортування підприємств за часом до банкрутства було побудовані економетричні рівняння для розрахунку вихідної змінної моделі з нечітким контролером Сугено. При рівні надійності в 97 % t -статистика показала статистичну значимість усіх регресорів моделі. Водночас, перевірка за F -критерієм також вказала на значущість коефіцієнтів детермінації для знайдених моделей. Відтак, для першої моделі рівень адекватності склав 94 %, для другої — 90 %, а для третьої є тотожним одиниці (через особливість побудови власне самого рівняння).

Перш за все, розглянемо групу підприємств, яким ставиться у відповідність перша на виході з нечіткої бази Сугено функціональна залежність наступного типу:

$$f_1 = 7,118 \cdot X_1 - 6,775 \cdot X_2 - 1,055 \cdot X_3 - 0,333 \cdot X_4 - 2,716 \cdot X_5 + 1,079 \cdot X_6 + 12,677 \cdot X_7. \quad (7)$$

Для цієї групи характерним є те, що значення показників фінансової стійкості підприємств свідчать про можливе банкрутство останніх в короткостроковому періоді (протягом найближчих двох років). Відповідно до рівняння (7), найбільший вплив у короткостроковому періоді на підвищення рівня фінансової стійкості підприємства мають коефіцієнти X_1 та X_7 .

Для підприємств, у яких значення фінансових показників відповідають другій групі набору правил у нечіткій базі з табл. 2, на виході поставимо у відповідність наступну функцію для розрахунку періоду, що лишився до настання можливого банкрутства:

$$f_2 = -19,615 \cdot X_1 + 9,219 \cdot X_2 - 0,969 \cdot X_3 - 0,246 \cdot X_4 + 0,497 \cdot X_5 + 13,108 \cdot X_6 + 52,97 \cdot X_7. \quad (8)$$

Відтак, легко простежити залишкову тенденцію щодо встановлення вагових коефіцієнтів з попередньої залежності, яка була використана для опису періоду до настання банкрутства підприємства, фінансові показники якого свідчать про втрату ним фінансової стійкості.

Власне й у функції (8) найбільший вплив на визначення періоду, що залишився до банкрутства, матимуть значення показників мобільності активів та рівня покриття боргів власним капіталом. В обох випадках майже не важливим у процесі його розрахунку залишається показник окупності активів.

Для третьої групи підприємств, фінансові показники яких свідчать про їх фінансову стійкість, розрахунок періоду до настання можливого банкрутства здійснюється наступним чином:

$$f_3 = 60 + \sum_i a_i \cdot X_i, \quad a_i = const, \quad a_i = 0, \quad i = \overline{1,7}. \quad (9)$$

Згідно математичного опису даної функції, у випадку відповідності значень фінансових показників підприємства правилам визначення фінансово стійких підприємств у нечіткій базі для таких фірм встановлюватиметься за замовчуванням термін до настання банкрутства, що складатиме 5 років (оскільки за такий тривалий проміжок часу діагностування банкрутства підприємства не представляється можливим [9]).

Таким чином, модель із використанням нечіткого контролеру Сугено дає можливість розрахувати період до банкрутства підприємства залежно від значень групи фінансових показників оцінки фінансово-господарської діяльності підприємства.

Наступним етапом здійснюється операція перетину за допомогою однієї з t -норм для розрахунку значення функцій належності виходу всіх правил бази знань. За всіма встановленими в ній правилами знаходять результуючу змінну. Відтак, оцінку можливості банкрутства підприємства знаходять як нормалізовану зважену суму виходів усіх правил. На основі цієї оцінки можна зробити припущення про загрозу фінансовій стійкості підприємства.

Висновки. У статті висвітлено методологічні підходи до побудови найпоширеніших моделей оцінки можливості банкрутства підприємства. Проаналізовано можливість їх застосування в умовах української економіки. Розглянуто фундаментальні засади нечіткої логіки. Звернено увагу на відмінності між нечіткими базами Мамдані та Сугено. Описано існуючий механізм оцінки фінансового стану за допомогою нечіткого логічного висновку Мамдані. В результаті проведеного дослідження теоретичних засад у питанні фінансової стійкості та банкрутства автором запропоновано модель оцінки можливості банкрутства підприємства з використанням нечіткої бази знань Сугено.

Література

1. Наказ ДПА України «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо встановлення загрози виникнення податкового боргу та проведення аналізу фінансового стану підприємств, які звертаються до органів ДПС для розстрочення (відстрочення) податкових зобов'язань» від 11.02.2010 № 72. — На сайті: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=v0072225-10>.
2. *Кірейцев Г.Г.* Фінансовий менеджмент. — Житомир: ЖІТІ, 2001. — 440 с.
3. Закон України «Про відновлення платоспроможності боржника або визнання його банкрутом» № 3265-VI із внесеними змінами від 21.04.2011. — На сайті: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2343-12>.
4. *Терещенко О. О.* Фінансова санація та банкрутство підприємств: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2000. — 412 с.
5. *Altman E. I.* Predicting Financial Distress of Companies: Revisiting the Z-score and ZETA Models. — На сайті: <http://pages.stern.nyu.edu/~ealtman/PredCorpBkrptcy.pdf>.
6. *Эйтингтон В., Анохин С.* Прогнозирование банкротства: основные методики и проблемы. — На сайті: <http://www.iteam.ru/articles.php?tid=2&pid=1&sid=&id=141>.
7. *Zadeh L.* Fuzzy Sets // Information and Control. — 1965. — № 8. — P. 338—353.
8. *Матвійчук А. В.* Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: монографія / А. В. Матвійчук. — К.: КНЕУ, 2011. — 439, [1] с.
9. *Матвійчук А. В.* Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу // Вісник НАН України. — 2010. — № 9. — С. 24—46.
10. *Sinan Altug, Mo-Yuen Chow & H. Joel Trussel.* Fuzzy Inference Systems Implemented on Neural Architectures for Motor Fault Detection and Diagnosis // Transactions on industrial electronics, IEEE. — vol. 46 — No. 6. — December, 1999.

Стаття надійшла до редакції 09.09.2011 р.