

УДК 330.42

**ЕКОНОМІКО – МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ФІНАНСОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ  
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БАЗІ АПАРАТУ  
НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

Левицька С.О., д.е.н.

Панчук І.П.

*E-mail: panchuk-ilona@ukr.net**Національний університет водного господарства та природокористування*

Фінансова діяльність займає важливе значення у процесі функціонування підприємства. Проте при аналізі господарської діяльності, фактори фінансової діяльності враховуються недостатньо (як ті, що впливають на зміну розміру і складу власного та позикового капіталів). З цією метою рекомендовано провести оцінку її результативності на базі моделі нечіткої логіки. За результатами аналізу отримано інтегральний показник результативності, який слід використовувати при управлінні фінансовою діяльністю. Практична цінність отриманих значень полягає у можливості менеджерів проводити якісну оцінку результатів фінансової діяльності, що раніше не бралися до уваги. При чому, глибше враховуватимуться наслідки впливу факторів зовнішнього середовища, мінімізуватимуться фінансові витрати, а прогнозування ставатиме точнішим, що прискорить процес прийняття управлінських рішень та якість організації не тільки фінансової діяльності, а й всієї господарської.

**Ключові слова:** фінансова діяльність, результативність фінансової діяльності, ефективність, якість, моделювання

UDC 330.42

**ECONOMIC-AND-MATHEMATICAL MODELING OF THE  
PERFORMANCE OF FINANCIAL ACTIVITIES OF INDUSTRIAL  
ENTERPRISES WHICH BASED IN THE FUZZY LOGIC**

Levytska S.O., Doctor of Economics

Panchuk I.P.

*E-mail: panchuk-ilona@ukr.net**National University of Water Management and Nature Resources Use*

Financial activity plays an important role in the process in the business. Nevertheless while analyzing economic activity, factors of financial activity are not enough taken into account (such as those affecting the change of the size and composition of equity capital and loan capital). For this purpose, we recommend to evaluate its effectiveness on the basis of the fuzzy logic model. The analysis of the obtained integral performance index to be used in financial management. The practical value of the obtained values is the ability of managers to conduct a qualitative assessment of financial performance, which has not been taken into account. This will take into account the effects of environmental factors, minimize financial costs and become more accurate forecasting, which will speed up the decision making process and the quality of not only financial performance, but also the entire business.

**Keywords:** financial activities, financial performance activity, efficiency, quality, modeling

**Актуальність проблеми.** Оцінка результативності фінансової діяльності промислових підприємств досить часто має суб'єктивний характер, оскільки проводиться на основі комплексу показників, що відзначаються неповнотою та нечіткістю вхідної інформації. Це зумовлено відсутністю вичерпної статистики, впливом зовнішніх факторів, недостовірністю інформації, довгими строками звітності тощо. Саме тому є потреба у використанні адекватного математичного апарату, найдоцільнішим серед яких є моделі нечіткої логіки. Незважаючи на те, що цей метод економіко-математичного моделювання винайшли у 60-х роках ХХ ст., на сьогодні від являється одним з найперспективніших у аналізі економічних величин.

**Аналіз останніх наукових досліджень.** Основний фундамент теорії нечітких множин було закладено професором Лотфі Заде [3], а в Україні розробкою та впровадженням різноманітних нечітких моделей в економіці займалися провідні науковці В.В. Вітлінський [2], К.Ф. Ковальчук [4], А.В. Матвійчук [7], С.Д. Штовба [11], М.С. Сявакко [10] та ін. Окремі науковці апарат нечіткої логіки використовували як елемент аналізу за конкретними напрямками економічних процесів, а саме: В.В. Огліх на прикладі оцінки рейтингу страхових компаній [8]; Ю.В. Клебан при оцінці ефективності інвестицій [5]; М.М. Білоусова з метою визначення ефективності інвестиційної привабливості підприємств та ін. [1].

Широкий діапазон об'єктів дослідження свідчить про практичність застосування моделей нечіткої логіки, що забезпечує можливість налагодження і зміни параметрів з урахуванням кількісних та якісних факторів, а також надає низку додаткових переваг у ході моделювання фінансово-економічних систем.

**Метою роботи** є проведення оцінки результативності фінансової діяльності промислових підприємств з використанням апарату нечіткої логіки.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Одним з основних понять теорії нечітких множин є поняття лінгвістичної змінної, тобто такої змінної, значеннями якої є слова або вирази природної чи штучної мови. Множина всіх можливих значень лінгвістичної змінної називається терм-множиною. Будь-який елемент терм-множини

називають термом. Належність того чи іншого показника до кожного з його лінгвістичних термів визначається деякою мірою впевненості, яка може бути встановлена введенням спеціальної кількісної ознаки та розрахована за, так званою, функцію належності. Функція належності визначає ступінь відповідності довільного елемента універсальної множини нечіткій множині, яка є підмножиною універсальної множини та описується певним лінгвістичним термом.

Облік та аудит фінансової діяльності промислових підприємств характеризується системою факторів, що включають коефіцієнт ефективності кредитних ресурсів, коефіцієнт маневреності фінансової оренди, коефіцієнт ефективності фінансової оренди, коефіцієнт концентрації кредитних ресурсів та ін.

Використання апарату нечіткої логіки для розрахунку *інтегрального показника результативності* фінансової діяльності, проводилася на прикладі конкретно обраних промислових підприємств, а саме: ПАТ «Кременчуцький колісний завод», ПАТ «Оболонь», ПАТ «Транснаціональна фінансово-промислова нафтова компанія «Укртатнафта» та ПАТ «Украпластик».

Отже, як вихідна змінна представлений рівень результативності фінансової діяльності промислових підприємств, а вхідними змінними вважалися інтегральні показники якості та ефективності. Оцінка вихідної змінної обчислювалася за допомогою нечіткого логічного висновку на основі виведених інтегральних показників якості та ефективності як факторів впливу на загальну результативність.

На нашу думку, для аналізу повинні бути обрані такі *показники ефективності* як витрати на одну просту акцію (X1); дивіденди на одну просту акцію (X2); коефіцієнт ефективності фінансової оренди (у орендаря) (X3); дохідність інвестицій у капітал асоційованих, дочірніх та спільних підприємств (X4); коефіцієнт ефективності кредитних ресурсів (X5); та такі *показники якості* як коефіцієнт цінності акцій (Y1); коефіцієнт дивідендних виплат (Y2); коефіцієнт маневреності фінансової оренди (Y3); коефіцієнт концентрації фінансових інвестицій у капітал асоційованих, дочірніх та спільних підприємств (Y4) та коефіцієнт концентрації кредитних ресурсів (Y5) (рис. 1).

Процес економіко-математичного моделювання інтегрального показника результативності фінансової діяльності промислових підприємств на основі апарату нечіткої логіки розділимо на такі етапи:

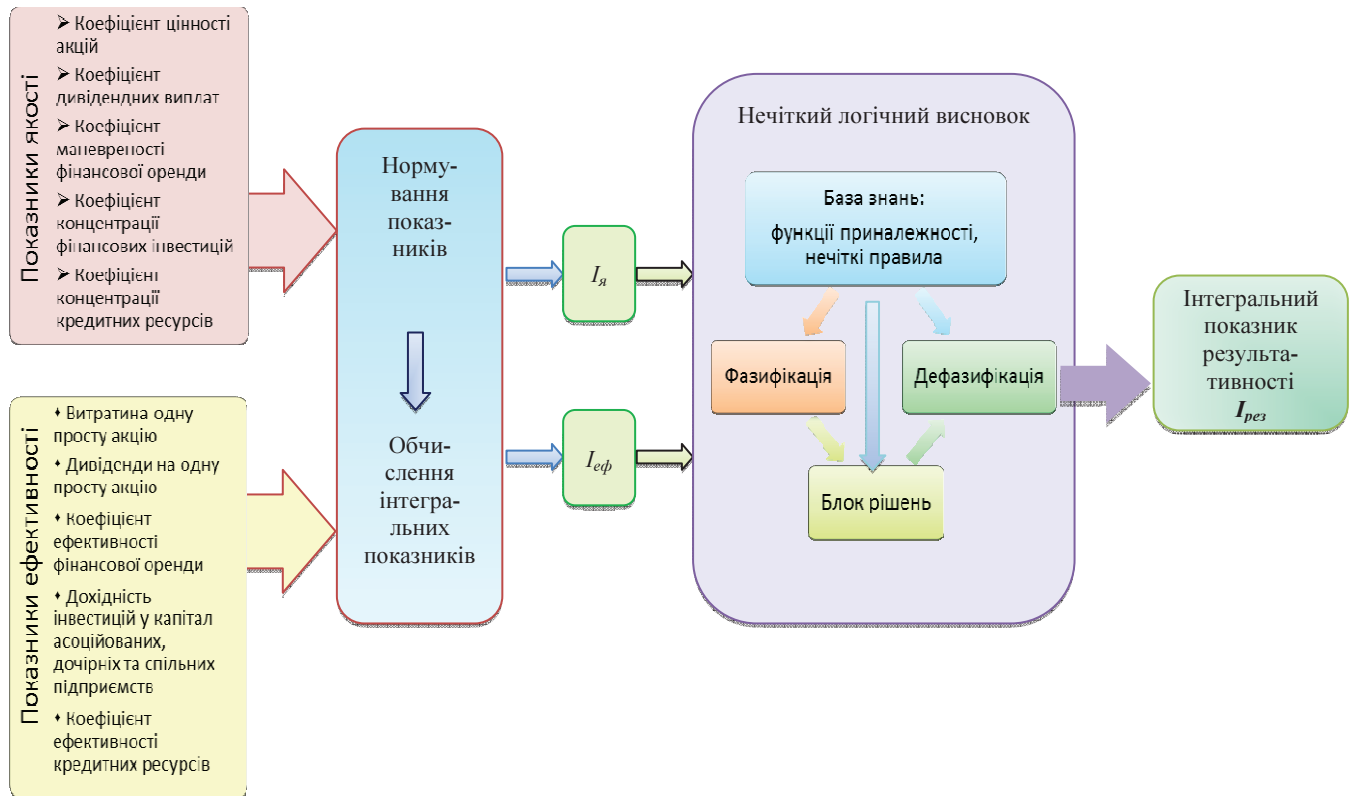


Рис. 1. Схема розрахунку інтегрального показника результативності за допомогою апарату нечіткої логіки

**Етап 1. Визначення факторів (показників) впливу на результативність фінансової діяльності промислових підприємств.**

Будується набір окремих показників загальною кількістю  $N$ , які впливають на оцінку фінансової діяльності промислових підприємств та оцінюють різні за природою сфери фінансового життя підприємства (щоб уникнути дублювання показників з точки зору їх значущості для аналізу). Представлений набір показників на рис. 1 є одним з можливих варіантів і може формуватися експертом індивідуально для кожного окремого промислового підприємства з урахуванням специфіки його діяльності.

**Етап 2. Нормування вибраних показників.**

Для того, щоб мати можливість порівнювати вибрані показники, оскільки вони знаходяться в різних діапазонах на множині дійсних чисел та мають різні одиниці вимірювання (наприклад, гривні, частини, штуки тощо) необхідно зробити їх однорідними, тобто пронормувати діапазони значень для кожного показника. Для цього використано наступну залежність:

$$b_i = \frac{a_i - a_{\min}}{a_{\max} - a_{\min}}, \quad (1)$$

де  $a_i$  – поточний елемент у послідовності;  $b_i$  – поточний нормований елемент у послідовності;  $a_{\min}$  – мінімальний елемент послідовності;  $a_{\max}$  – максимальний елемент послідовності. Таким чином, кожен нормований показник знаходиться тепер в діапазоні  $[0;1]$ .

**Етап 3. Визначення значущості фактора відносно інших показників** [9, с. 210].

Ставиться у відповідність кожному показнику  $b_i$  рівень його значущості для аналізу  $z_i$ . Щоб оцінити цей рівень, треба розмістити всі показники з убутанням значущості так, щоб виконувалося правило:

$$z_1 \geq z_2 \geq \dots \geq z_n. \quad (2)$$

#### Етап 4. Обчислення інтегральних показників.

Оскільки досліджуваний нами інтегральний показник результативності фінансової діяльності визначається через комплекс інтегральних показників ефективності та якості, які у свою чергу, складаються із низки факторів, що впливають на них, нами було побудовано наступні залежності після третього етапу:

$$I_{ef} = 0,067 \cdot X_1 + 0,267 \cdot X_2 + 0,133 \cdot X_3 + 0,2 \cdot X_4 + 0,333 \cdot X_5, \quad (3)$$

$$I_y = 0,067 \cdot Y_1 + 0,267 \cdot Y_2 + 0,133 \cdot Y_3 + 0,2 \cdot Y_4 + 0,333 \cdot Y_5, \quad (4)$$

де  $X_i$  - нормовані показники ефективності;  $Y_i$  - нормовані показники якості;  $i = \overline{1,5}$ .

**Етап 5. Визначення лінгвістичних змінних та термів для їх оцінювання.**

Вхідні та вихідні параметри представлені як лінгвістичні змінні у табл.1. Оскільки всі вхідні показники нормовані, то на універсальній множині вони набуватимуть значення від 0 до 1. Для зручності використання приймемо діапазон вихідної змінної (інтегрального показника результативності) – від 0 до 100.

*Таблиця 1. Лінгвістичні змінні для аналізу результативності фінансової діяльності підприємств*

Позначення і назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінювання
Інтегральний показник ефективності $I_{ef}$	[0;1]	Низький – (Н) Середній – (С) Високий – (В)
Інтегральний показник якості $I_y$	[0;1]	Низький – (Н) Середній – (С) Високий – (В)
Інтегральний показник результативності $I_{рез}$	[0;100]	Низький – (Н) Нижче середнього – (НС) Середній – (С) Високий – (В)

Джерело: побудовано автором самостійно

Особливістю ефективної роботи Fuzzy Logic математичного пакету MATLAB є створення інтерфейсного вікна, яке дає можливість аналітику задавати значення вхідних змінних, параметри системи нечіткого логічного висновку, параметри адаптації системи, а також відображати результати оцінки ризиків і адаптації системи.

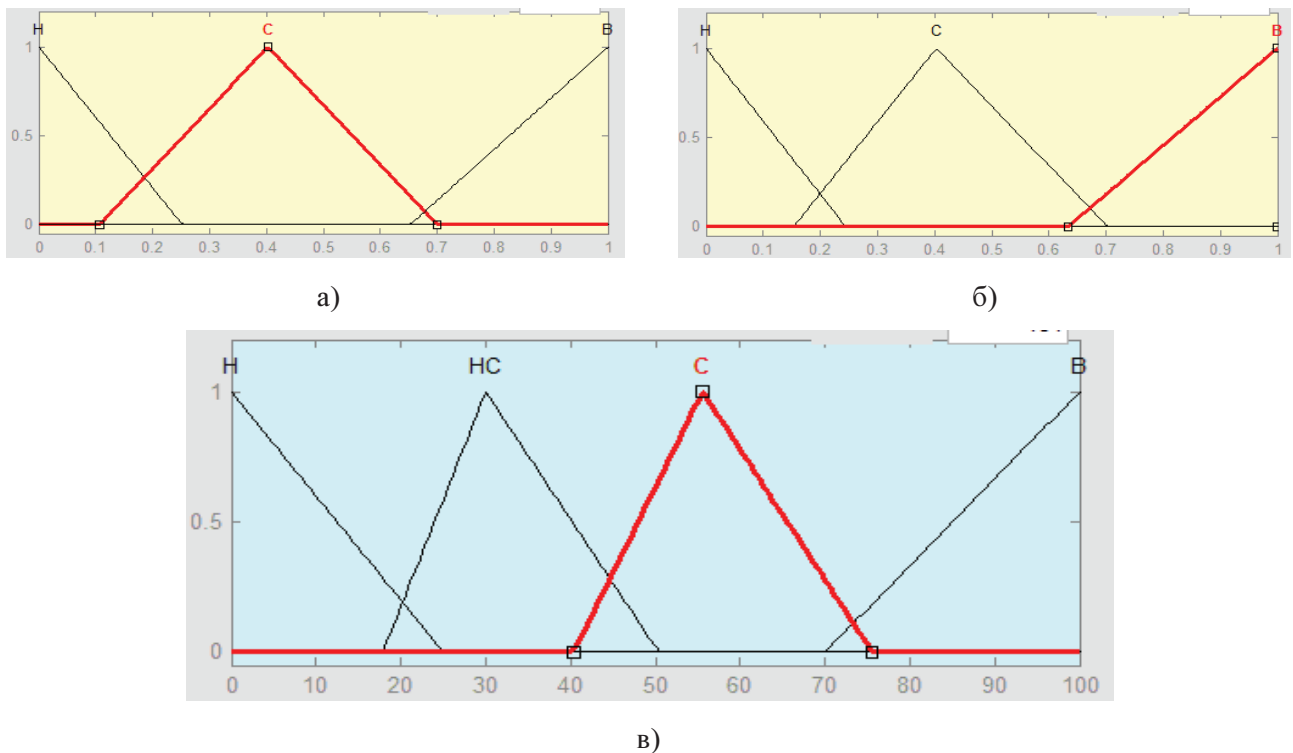
#### Етап 6. Визначення функцій належності нечітких термів.

Для всіх лінгвістичних змінних (табл. 1) на відповідних універсальних множинах побудовано функції належності, які мають трикутні форми (рис. 2 а,б,в).

Необхідно звернути увагу на те, що використання апарату нечіткої логіки для досліджуваних нами лінгвістичних змінних не передбачає визначення чітких його значень. Тому запропоновані вище параметри цих змінних перетинаються між собою.

#### Етап 7. Формування бази правил та нечіткий логічний висновок.

Експертна система на базі нечітких знань повинна містити такий механізм нечіткого логічного виведення, щоб можна було роботи висновки про ефективність інвестиційного проекту на основі всієї необхідної вхідної інформації. Тому потрібно сформувані базу правил для нашого дослідження.



**Рис. 2.** Функції належності для лінгвістичних змінних:  
а) функція належності для інтегрального показника ефективності;  
б) функція належності для інтегрального показника якості;  
в) функція належності для інтегрального показника результативності

Джерело: побудовано автором самостійно



У подальшому базу правил потрібно перетворити у систему нечітких логічних рівнянь, яка і буде давати результат [6]. Загальний вигляд бази правил представлено у табл. 2.

Для нашого конкретного випадку база правил сформована з можливих комбінацій вхідних та вихідної змінних, описана у таблиці 3. Також при формуванні бази правил (при наявності великої кількості лінгвістичних змінних) можна використовувати дані експертних оцінок, оскільки кількість правил зростає за степеневу залежність пропорційно зростанню кількості вхідних параметрів.

*Таблиця 2. Загальний вигляд нечіткої бази правил для лінгвістичних змінних*

Лінгвістичні (вхідні) змінні				Ваговий коефіцієнт	Результуюча (вихідна) змінна
$X_1$	$X_2$	...	$X_N$	$W$	$G$
В	В	...	С	$w_1^B$	В
...	...	...	...	...	...
С	В	...	Н	$w_2^C$	С
...	...	...	...	...	...
С	Н	...	Н	$w_3^H$	Н
...	...	...	...	...	...

Джерело: побудовано на підставі [6]

*Таблиця 3. База правил для досліджуваного випадку*

Інтегральний показник ефективності	Інтегральний показник якості	Ваговий коефіцієнт	Інтегральний показник результативності
низький	низький	$w_1$	низький
низький	середній	$w_2$	нижче середнього
низький	високий	$w_3$	середній
середній	низький	$w_4$	нижче середнього
середній	середній	$w_5$	середній
середній	високий	$w_6$	високий
високий	низький	$w_7$	середній
високий	середній	$w_8$	високий
високий	високий	$w_9$	високий

Джерело: побудовано автором самостійно

На основі поданої вище бази правил формується система нечітких логічних рівнянь. Застосуємо алгоритм нечіткого логічного висновку Мамдані. Представимо за допомогою функцій належності та вагових коефіцієнтів аналітичну форму запису прийняття рішення відносно інтегрального показника результативності для кожного з термів. Тоді для високої результативності це рівняння матиме вигляд.

$$\mu^B(I_{ef}, I_y) = w_9 [\mu^B(I_{ef}) \cdot \mu^B(I_y)] \vee w_8 [\mu^B(I_{ef}) \cdot \mu^C(I_y)] \vee w_6 [\mu^C(I_{ef}) \cdot \mu^B(I_y)] \quad (5)$$

де  $\mu^{d_j}(I_{ef}, I_y)$  – функція належності вектора вхідних змінних значенню вихідної змінної;  $d_j \in \{H; C; B\}$  – терм-множина вхідних лінгвістичних змінних;  $\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$  – функція належності вхідної змінної лінгвістичному терму  $a_i^{jp}$ ;  $j = \overline{1, M}$ ;  $i = \overline{1, N}$ ;  $p = \overline{1, k_j}$ ;  $N$  – кількість вхідних факторів;  $M$  – кількість значень вихідної змінної;  $k_j$  – кількість правил у базі знань, що відповідають  $j$ -му терму вихідної змінної.

Після розв'язання рівнянь отримаємо ряд термів – результатів висновку по кожному правилу. За допомогою операції мінімуму обчислимо значення вихідних термів та об'єднаємо функції належності за допомогою операції максимуму.

### Етап 8. Дефазифікація.

На цьому етапі здійснюється перетворення нечіткого набору висновків із правил у чітке число. Метод дефазифікації має важливе значення при отриманні результатів з використанням нечіткості, оскільки він скоріше описує ставлення особи, що приймає рішення, до результату, ніж якісь математичні закони [2].

Побудована вище інтелектуальна модель передбачає оцінку рівня результативності фінансової діяльності промислових підприємств з використанням нечітких описів експертів (база правил) залежності вихідних показників від вхідних. На основі сформованих правил для вхідних змінних визначається вихідна змінна – інтегральний показник результативності фінансової діяльності підприємства за відповідний проміжок часу.

На рис. 3 подано приклад визначення рівня результативності фінансової діяльності ПАТ «Укрпластик» за 2010 рік.

Результати оцінювання рівня результативності фінансової діяльності всіх досліджуваних підприємств за 2009 – 2013 роки та відповідні вхідні дані відображено у табл. 4. Оскільки результат залежить від методу дефазифікації вихідної змінної, то наведено обчислення за трьома основними підходами: середнього максимуму (*mean of max – tom*), бісекторним (*bisector*), центром тяжіння (*centroid*).



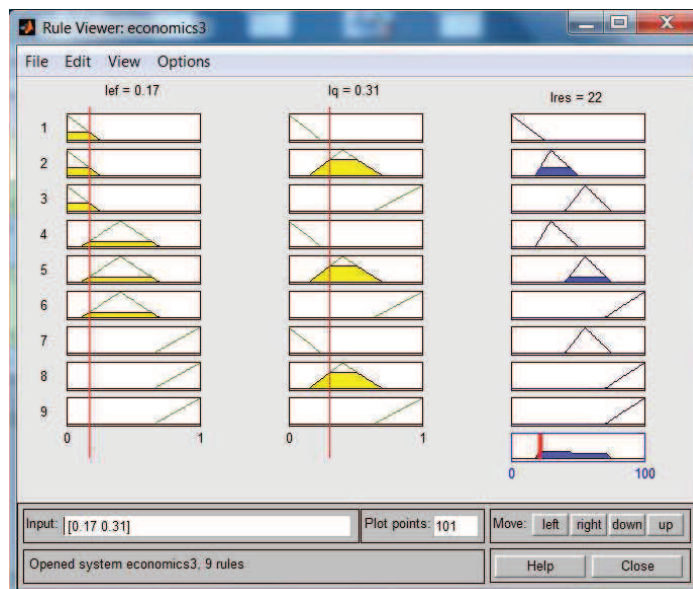


Рис. 3. Визначення рівня результативності фінансової діяльності промислових підприємств на базі апарату нечіткої логіки в середовищі «Fuzzy Logic Toolbox»

Джерело: побудовано автором самостійно

За результатами експерименту можна зробити висновок, що за будь-яким методом дефазифікації кращу фінансову діяльність здійснює підприємство ПАТ «Оболонь», на другому місці з результативності знаходиться ПАТ «КрКЗ», на третьому та четвертому відповідно ПАТ «Укрпластик» та ПАТ «Укртатнафта».

Таблиця 4. Результати оцінки результативності фінансової діяльності промислових підприємств

Рік	Інтегральний показник ефективності	Інтегральний показник якості	Інтегральний показник результативності за різними методами дефазифікації			
			mom	bisector	centroid	оцінка
<b>ПАТ «КрКЗ»</b>						
2009	0,18	0,67	20	47	59	С
2010	0,16	0,43	23	33	42	НС
2011	0,14	0,47	24	33	39	НС
2012	0,15	0,38	23	33	41	НС
2013	0,2	0,46	46	58	49	С
<b>ПАТ «Оболонь»</b>						
2009	0,14	0,18	9	22	30	Н
2010	0,29	0,35	57	57	57	С
2011	0,68	0,29	87	73	72	В
2012	0,47	0,26	57	57	58	С
2013	0,44	0,24	57	57	57	С
<b>ПАТ «Укртатнафта»</b>						
2009	0,11	0,02	5	9	10	Н
2010	0,12	0,02	5,5	10	12	Н
2011	0,13	0,07	6	11	14	Н
2012	0,13	0,07	6	11	14	Н
2013	0,03	0,04	2	7	8	Н
<b>ПАТ «Укрпластик»</b>						
2009	0,14	0,15	8	14	17	Н
2010	0,17	0,31	33	42	44	С
2011	0,18	0,25	33	44	45	С
2012	0,33	0,09	32	33	33	НС
2013	0,15	0,09	7	14	18	Н

Джерело: побудовано автором

**Висновки.** Впровадження методу нечітких множин до аналізу фінансової діяльності промислових підприємств, надасть змогу провести точніший та глибший аналіз їхньої діяльності; прискорити процес прийняття рішень; зменшити його ризик; не потребуватиме великих витрат фінансових і людських ресурсів та витрат часу; дозволить отримати достовірний результат оцінювання на основі інтегрального показника результативності. Факторами результуючого значення, у нашому прикладі, виступали показники якості та ефективності. Звичайно, їх перелік може бути набагато ширшим у перспективі подальших досліджень.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Білоусова М.М. Застосування нечіткої логіки для оцінки інвестиційної привабливості підприємств / М.М. Білоусова // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Сер. : Економічні науки . - 2014. - № 5. - С. 225-231
2. Вітлінський В. В., Верченко П. І. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. / В.В. Вітлінський, П.І. Верченко. — К.: КНЕУ, 2000. — 292 с.
3. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. / Математика сегодня (Сборник статей. Перевод с англ.) / Л.А. Заде. — М.: Знание, 1974.
4. Kovalchuk K. F. Intelligent Decision Support System // Proc. First Asian Fuzzy Systems Symposium. — Singapore: November 23—26. — 1993. — P. 510—516.
5. Клебан Ю. В. Розробка моделей ефективності інвестицій із застосуванням нечіткої логіки / Ю. В. Клебан // Моделювання та інформ. системи в економіці: зб. наук. праць. — 2011. — Вип. 84. — С. 149–161.
6. Клебан Ю.В. Розробка моделі оцінки ефективності інвестицій із застосуванням нечіткої логіки / Ю.В. Клебан // Наукові записки. Серія «Економіка». — 2010 — Вип. №16. — С. 600–607.
7. Матвійчук А.В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка: Монографія / А.В. Матвійчук. — К.: КНЕУ, 2011. — 439 с.
8. Огліх В.В. Рейтингова оцінка страхових компаній України на засадах нейрон-нечіткого моделювання / В.В. Огліх, Г.О. Бесчастна // Нейро-нечіткі технології моделювання в економіці. — 2014. - № 3. — С. 151-187
9. Останкова Л.А., Шевченко Н.Ю. Аналіз, моделювання та управління економічними ризиками. Навч. посіб. / Л.А. Останкова, Н.Ю. Шевченко. — К.: Центр учбової літератури. — 2011. — 256 с.
10. Сявакко М. С. Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт» / М.С. Сявакко. — Л.: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. — 320 с.
11. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. — М. : Горячая линия — Телеком, 2007. — 288 с.