

Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України, м. Харків  
\*Харківський національний економічний університет,  
кафедра вищої математики

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН У ПРОЦЕСІ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА

© Тищенко О. М., Норік Л. О., 2009

**Розглянуто процес формування обліково-аналітичного забезпечення менеджменту підприємства на підставі результатів діагностики. Обґрунтовано доцільність використання в діагностиці теорії нечітких множин, наведено приклад побудови нечіткої моделі оцінювання стану підприємства.**

**The process of creation of registration and analytical support of management of enterprise on a base of outcomes of diagnostics is construed. The expediency of application in diagnostics of the theory of fuzzy sets is justified. The example of construction of fuzzy model of an estimation of a state of firm represented.**

**Постановка проблеми.** Серед важливих проблем сучасного розвитку вітчизняних підприємств є проблема підвищення ефективності менеджменту, що потребує розроблення та удосконалення його системи обліково-аналітичного забезпечення [8; 10]. Зниження передбачуваності результатів, збільшення ваги економічних наслідків, викликаних управлінськими помилками – все це вимагає забезпечення якості управлінських рішень за рахунок формування адекватної аналітичної інформаційної бази для оцінювання ключових характеристик, що відображають стан підприємства на ринку. Існуючі загальноприйняті підходи до побудови математичних моделей об'єктів ґрунтуються на кількісних методах, які не дають змоги оперувати з невизначеністю. Однак цільова постановка завдань процесу управління доволі часто пов'язується з вихідною змінною нечіткої системи управління. Тому сьогодні процес аналітичного забезпечення та обґрунтування управлінських рішень стикається з необхідністю застосування на вітчизняних підприємствах моделей діагностики, які ґрунтуються на теорії нечітких множин.

**Аналіз останніх досліджень.** Основи діагностики в економіці досліджувались доволі активно з різних поглядів [1; 3; 7; 10; 12, 13]. У наукових працях багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених представлено результати пізнання природи діагностики, виділено її види та методи, розроблено заходи щодо практичного використання діагностичного аналізу на підприємстві. Протягом останніх років активно розвиваються теоретичні положення моделювання процесу прийняття рішень в умовах неповної (нечіткої) інформації [5; 6; 8], початок використання якої було покладено Л. А. Заде [2].

Критерій функціонування підприємства мовою теорії нечітких множин має вигляд максимізації ступеню ефективності управлінських рішень. Наявність математичних засобів відображення нечіткості вихідної інформації дає змогу побудувати модель, яка є адекватною до реальності. Це зумовлює актуальність дослідження прикладного аспекта використання методів нечіткої логіки в процесі проведення діагностики.

**Постановка цілей.** Дослідження сутності прикладних проблем використання теорії нечітких множин оцінки в діагностиці стану підприємства зумовлює постановку таких цілей: описати процес

формування діагнозу; узагальнити алгоритм нечіткої оцінки об'єкта управління; оцінити стан підприємства на підставі моделювання нечітких множин вихідних даних.

**Виклад основного матеріалу.** Система обліково-аналітичного забезпечення як єдина, інтегрована система виконує функцію потреб управління. Важливе місце в системі обліково-аналітичного забезпечення менеджменту підприємства займає діагностика, метою якої є кількісно-якісна оцінка характеристик функціонування й розвитку, виявлення проблем, класифікація їх ознак, встановлення причин і вибір методів усунення чинників негативної дії (рис. 1).

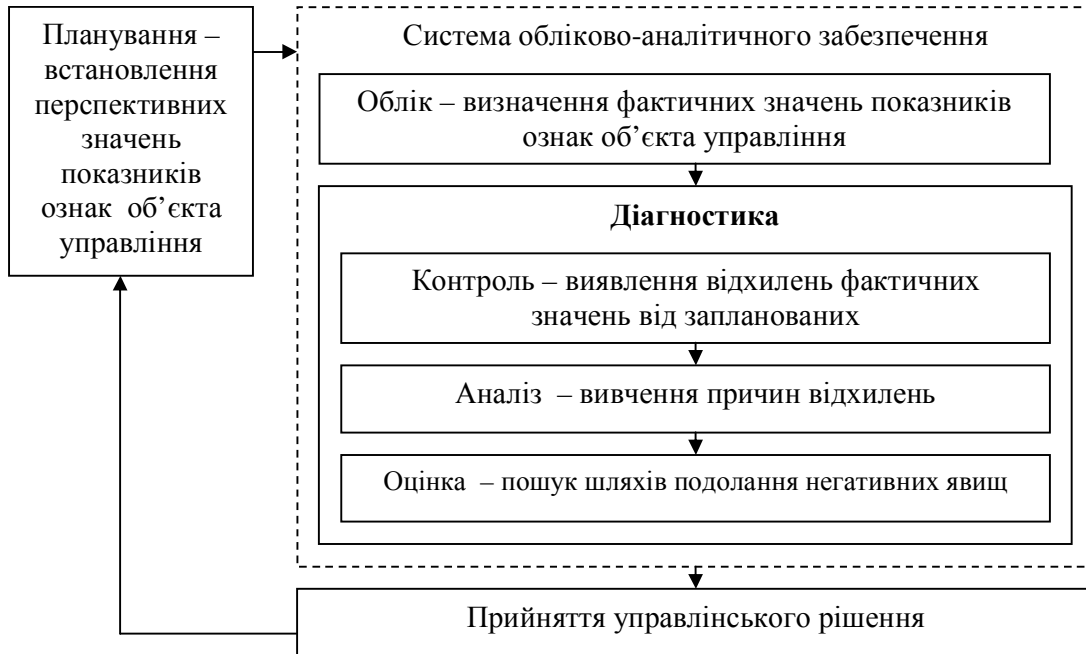


Рис. 1. Місце діагностики в системі обліково-аналітичного забезпечення менеджменту

Стан об'єкта управління є загальною абстракцією, яка відображає кількісно-якісні форми реалізації його існування та специфіку й міру його суттєвих властивостей і якостей (внутрішніх і зовнішніх). Процес ідентифікації стану об'єкта передбачає наявність алгоритму діагностики, який дає змогу вирішити такі завдання: описати реальний та бажаний стан об'єкта; встановити, чи узгоджуються їх рівні; визначити характер та тип відхилень; передбачити момент часу, в який діагностичні показники мають набути відповідного або критичного значення (рис. 2).

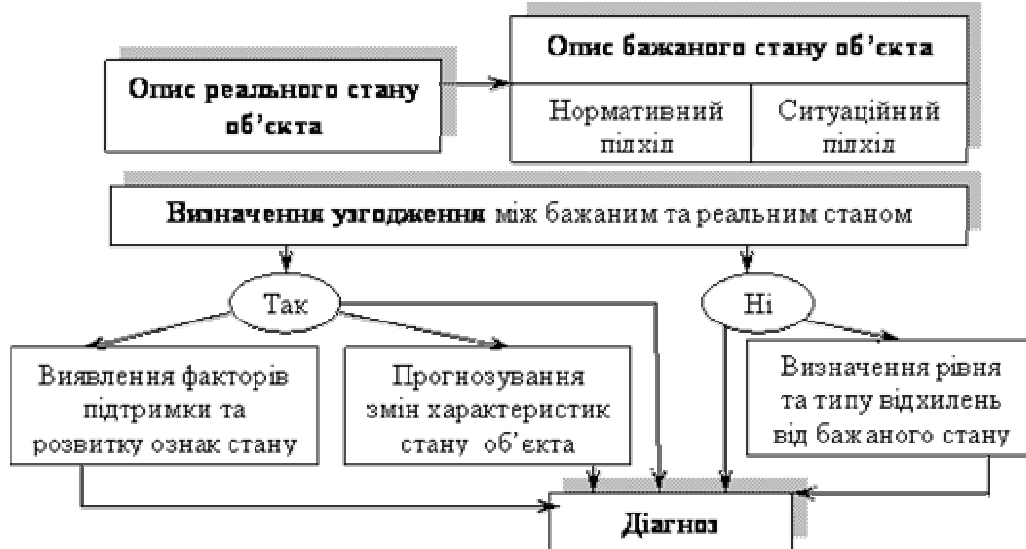


Рис. 2. Процес формування діагнозу

Методологія діагностики ґрунтується на таких теоретичних положеннях. По-перше, припускається, що об'єкт дослідження може набути стану, який належить до кінцевої множини становищ  $S$  (дія зовнішніх та внутрішніх процесів змінюється, однак відсутність можливості її вимірювання веде до обмеження множини  $S$ ).

У множині  $S$  виділяються дві непересічні підмножини  $S_1 \cup S_2$ , де  $S_1$  – підмножина становищ, які за рівнем розвитку ознак узгоджуються з характеристиками бажаного стану,  $S_2$  – підмножина становищ, які не узгоджуються із бажаним (нормативним або еталонним). Підмножина  $S_1 = \{s_i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$  містить типи стану, які дають змогу функціонувати та розвиватися. Підмножина  $S_2 = \{s_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$  містить типи становищ, що відповідають таким змінам параметрів або структурних зв'язків, які сприяють виникненню відхилень від бажаного результату. По-друге, вирішення питання опису та оцінки реального стану об'єкта має за основу аналіз множини  $S$  або підмножин  $S_1$  та  $S_2$ . По-третє, в процесі діагностики використовуються аналітичні здібності фахівців і залучаються технічні засоби діагностування. По-четверте, виявлення відхилень від характеристик бажаного стану означає, що об'єкт знаходиться в процесі переходу зі стану  $s_k$  до стану  $s_l$ , однак умови функціонування, можуть не порушуватися, якщо  $s_k$  і  $s_l$  належать до підмножини становищ  $S_1$ .

У задачах діагностики необхідно враховувати властивості об'єкта за комплексом характеристик. Під діагностикою стану об'єкта розуміється процес дослідження, відповідно якому на підставі існуючих даних визначаються декілька суттєвих показників, що безпосередньо не вимірюються, але характеризують об'єкт і дозволяють спостерігати зміни стану. За основу оцінювання стану підприємства встановлено відображення ознак адаптації та інноваційного підходу до управління на підприємстві, на які, до того ж, впливають виробничі, психологічні, соціальні, політичні та інші фактори (табл. 1).

Для опису реального становища підприємства характерним є існування одночасно різномірної інформації: значень параметрів, припустимих інтервалів їх змін, статистичних законів розподілу для окремих величин, лінгвістичних критеріїв та обмежень, що отримані від експертів та ін.

Таблиця 1

### Ознаки та фактори впливу на стан підприємства

Позначення та назва ознаки або фактора впливу	Зміст ознаки або фактора впливу
$x_1$ – адаптація підприємства	здатність підприємства до внутрішньої перебудови та пристосування до змін зовнішнього середовища
$x_2$ – інноваційний підхід до управління	здатність підприємства до оновлення за технічними та соціальними критеріями
$p_1$ – конкурентоспроможність продукції	ступінь відповідності якості та ціни продукції вимогам споживачів
$p_2$ – фінансове становище	ступінь достатності матеріальних і фінансових можливостей підприємства та ефективності їх використання
$p_3$ – ефективність маркетингової діяльності	ступінь використання інструментарію маркетингу
$p_4$ – техніко-технологічний стан виробництва	якість техніко-технологічних можливостей підприємства щодо реалізації виробничих програм
$p_5$ – кадрове забезпечення	відповідність до потреб реалізації запланованих заходів (кваліфікація, дисципліна та мотивація персоналу)
$p_6$ – імідж підприємства	міра довіри та цілісності сукупності асоціацій, які представляють підприємство в уявленні зовнішніх контрагентів
$p_7$ – якість технічних інновацій	рівень розвитку виробничих технологій та програм забезпечення виробництва
$p_8$ – якість соціальних інновацій	рівень розвитку програм організації персоналу, формування корпоративних цінностей та корпоративної культури

Наявність у багаторівневій ієрархічній системі управління одночасно різних видів невизначеності вимагає використання для прийняття рішень теорії нечітких множин, яка дає змогу оперувати лінгвістичними критеріями. Модель стану підприємства можна представити у вигляді функціонального відображення:  $X = (p_1, p_2, \dots, p_n) \rightarrow S \in [0, 2]$ , де  $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  – вектор факторів впливу, ієрархічну класифікацію яких подано на рис. 3.

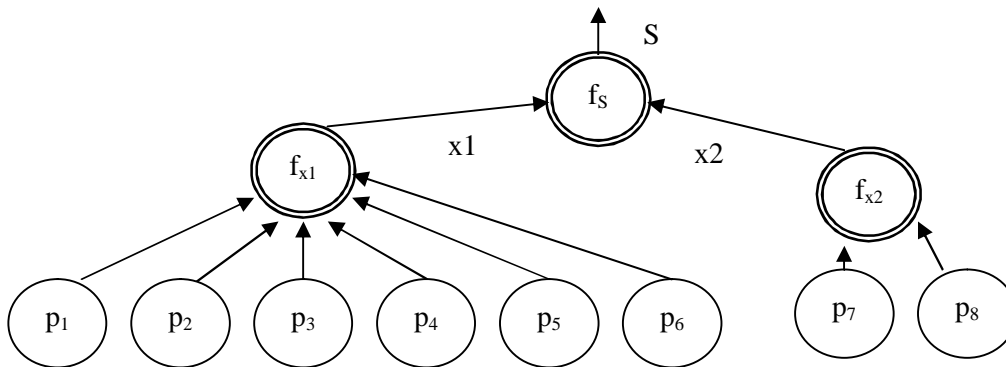


Рис. 3. Ієрархічна класифікація факторів впливу на стан підприємства

Елементи ієрархії інтерпретуються так: стан підприємства ( $S$ ) – кінцева вершина ієрархії; ознаки стану підприємства ( $x_1, x_2$ ) – узагальнюючі ознаки стану, термальні вершини; часткові фактори впливу на стан підприємства ( $p_1, p_2, \dots, p_m$ ) – термальні вершини. Редукції  $f_s, f_{x_1}, f_{x_2}$  здійснюються за допомогою логічного виходу за нечіткими базами знань. Нечітка підмножина множини  $S$  визначається як множина упорядкованих пар  $A = \{x, m_A(x); x \in S\}$ , де  $m_A(x)$  – характеристична функція приналежності, яка набуває значення з деякої упорядкованої множини  $M = [0, 1]$  – множини приналежності ( $m_A(x) > 0, \forall x \in S, m_A(x) = 0, \forall x \notin S, \sup_{x \in S} [m_A(x)] = 1$ ). При цьому функція  $m_A(x)$  вказує ступінь належності елемента  $x$  до підмножини  $A$  та є інструментом перетворення лінгвістичних змінних на математичну мову для подальшого використання методу нечітких множин.

Весь процес нечіткого опису об'єкта управління можна розподілити на такі етапи: фаззифікація (значення вихідних змінних перетворюються до значень типу лінгвістичних змінних за допомогою функцій приналежності), розроблення нечітких правил (визначення правил, що пов'язують лінгвістичні змінні) та дефаззифікація (перехід від нечітких значень величин до визначених параметрів) (рис. 4).

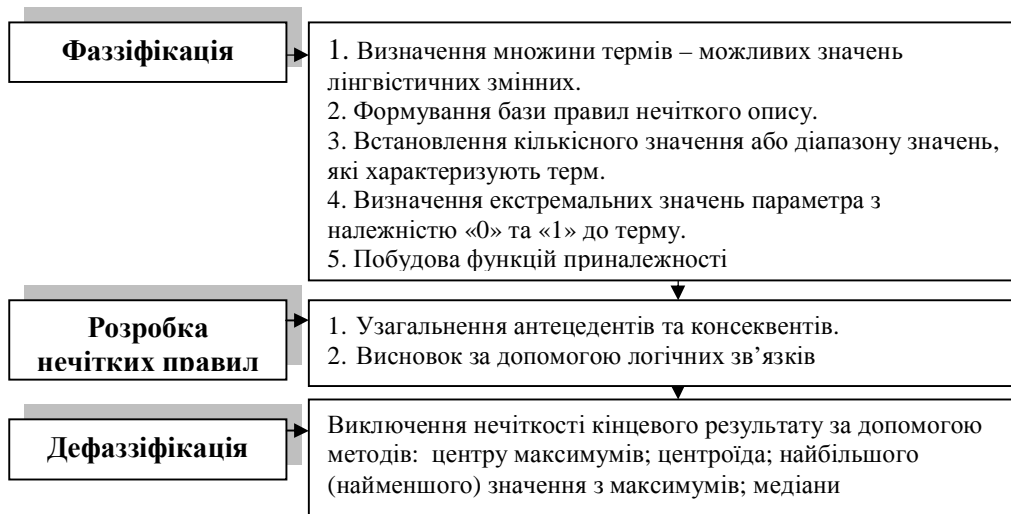


Рис. 4. Алгоритм процесу нечіткого опису об'єкта управління

Враховуючи, що з усіх розробок штучного інтелекту експертні системи набули статусу якісних систем підтримки прийняття управлінських рішень, для моделювання діагностики стану підприємства пропонується експертна система на нечітких множинах. Від експертів отримано оцінку віднесення кожного з виділених факторів до відповідної множини нечітких термів (лінгвістичної змінних) за бальною шкалою («1» – низький рівень, «2» – середній, «3» – високий) для 12-ти промислових підприємств в межах однієї галузі. Використовуючи властивості функції приналежності, проведено попередню обробку даних з метою видалення помилок опитування та оцінено узгодженість оцінок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації. Ступінь приналежності до відповідної множини термів обчислено як відносну частоту відповідей – відношення кількості відповідей за окремою оцінкою до загальної кількості відповідей (табл. 2).

Таблиця 2

**Значення функцій приналежності факторів впливу на характеристики стану підприємств до термальної множини**

Фактор впливу	Множина термів	№ підприємства											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Адаптація підприємств													
$p_1$	Низький	0,1	0,2	0,1	0,3	0,7	0,2	0,4	0,3	0,1	0	0	0
	Середній	0,9	0,8	0,9	0,7	0,3	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4	0,8	0,5
	Високий	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0,6	0,2	0,5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$p_6$	Низький	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0	0	0	0	0
	Середній	0,6	0,7	0,6	0,7	0,5	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4	0,8	0,2
	Високий	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,2	0,8
Інновація підприємств													
$p_7$	Низький	0,6	0,1	0,1	0,4	0,5	0	0,4	0	0,1	0	0	0
	Середній	0,4	0,9	0,9	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,9	0,5	0,8	0,3
	Високий	0	0	0	0	0	0,3	0	0,4	0	0,5	0,2	0,7
$p_8$	Низький	0,6	0,2	0,9	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0
	Середній	0,4	0,8	0,1	0,7	0,5	0,8	0,7	0,8	0,6	0,4	0,7	0,6
	Високий	0	0	0	0,3	0,5	0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4

Для моделювання узагальнюючих факторів  $x_1$  та  $x_2$  використано принцип узагальнення Заде [2], а саме: якщо  $x_i = f(p_1, p_2, \dots, p_k)$  є функцією від незалежних змінних, аргументи якої  $p_1, p_2, \dots, p_k$  задано нечіткими числами  $\tilde{p}_1, \tilde{p}_2, \dots, \tilde{p}_k$ , то значенням  $\tilde{x}_i = f(\tilde{p}_1, \tilde{p}_2, \dots, \tilde{p}_k)$  є нечітке

число  $\tilde{x}$ , для якого  $m_{\tilde{x}}(x^*) = \sup_{\substack{x^* = f(p_1^*, p_2^*, \dots, p_k^*) \\ p_i^* \in \text{sup}(\tilde{p}_i), i=1, k}} \left( \min_{i=1, k} (m_{\tilde{p}_i}(p_i^*)) \right)$ . Для кожної змінної (фактора впливу)

обрано три функції приналежності гауссового типу: значення від 0 до 1 – низький рівень, від 1 до 2 – середній, від 2 до 3 – високий. Моделювання узагальнюючих факторів адаптації та інновації підприємства, що характеризують його стан, здійснено на підставі побудованих правил нечіткого виводу: правило №1: якщо «рівні розвитку факторів впливу на адаптацію підприємства  $p_1, p_2, \dots, p_6$  не низькі», то «адаптація підприємства достатня»; №2: якщо «рівні розвитку факторів впливу на адаптацію підприємства  $p_1, p_2, \dots, p_6$  низькі», то «адаптація підприємства не достатня»; №3: якщо «рівні розвитку факторів впливу на інновацію підприємства  $p_7, p_8$  не низькі», то «інновація підприємства достатня»; №4: якщо «рівні розвитку факторів впливу на інновацію підприємства  $p_7, p_8$  низькі», то «інновація підприємства не достатня». Кількісну інтерпретацію

значень показників адаптації та інновації підприємства визначено з урахуванням оцінок від нуля до одиниці. При цьому обрано дві функції приналежності гауссового типу: від 0 до 0,5 – недостатній рівень, від 0,5 до 1 – достатній рівень. За допомогою FIS-редактора пакета нечіткої логіки Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB задано структуру нечіткої оцінки рівня адаптації та інновації підприємства, обрано алгоритм *matdan1* та метод дефазифікації – центроїдний. На рис. 5, 6 представлено результати перевірки роботи побудованої нечіткої системи виводу на прикладі підприємства №1, які свідчать про достатній рівень його адаптації та інновації.

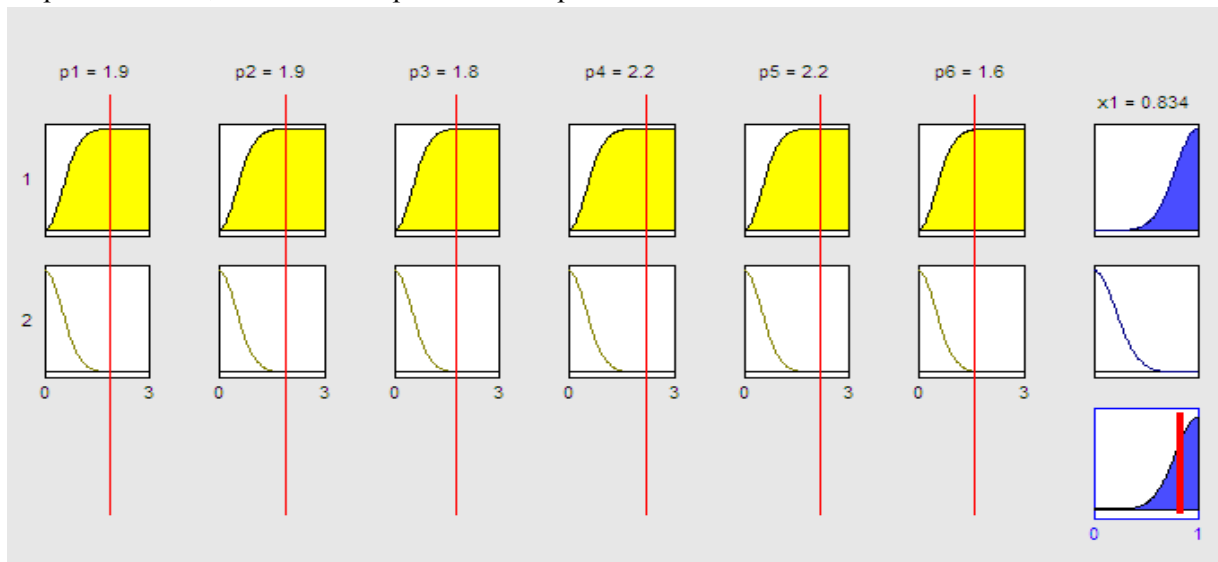


Рис. 5. Оцінка рівня адаптації підприємства ( $x_1$ )

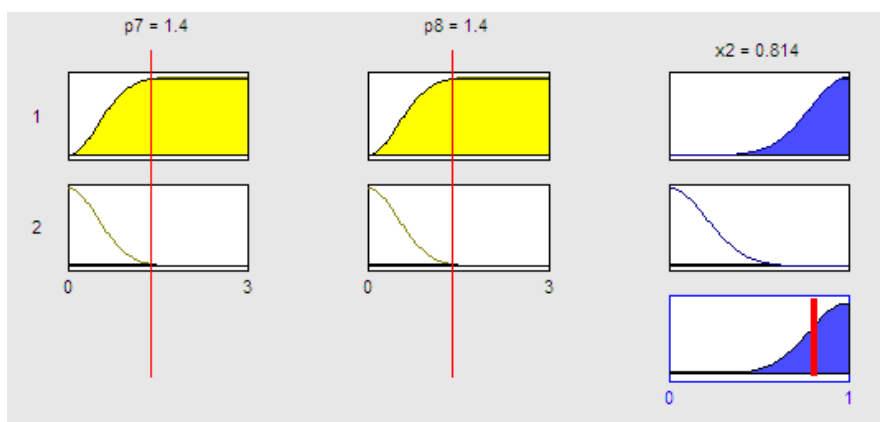


Рис. 6. Оцінка рівня інновації підприємства ( $x_2$ )

Межі областей значень вихідної змінної стану підприємства є також нечіткими, що обумовлено можливістю перетворення одного типу стану на інший. Побудову оцінки кінцевої вершини ієрархічної моделі стану підприємства здійснено на підставі двох типів: задовільний та незадовільний. Для зручності введено таку шкалу значень характеристики стану підприємства: від 0 до 1 – стан незадовільний, від 1 до 2 – задовільний. Базу правил нечіткої системи виводу сформовано так: правило №1: якщо «адаптація підприємства не достатня» та «інновація підприємства не достатня», або «адаптація підприємства не достатня» та «інновація підприємства достатня», або «адаптація підприємства достатня» та «інновація підприємства не достатня», то «стан підприємства незадовільний»; №2: якщо «адаптація підприємства достатня» та «інновація підприємства достатня», то «стан підприємства задовільний».

На рис. 7 подано нечітку модель оцінки стану підприємства.

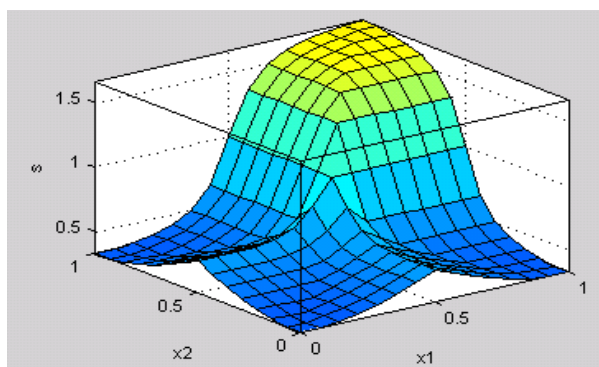


Рис. 7. Нечітка модель оцінки стану підприємства (  $s$  )

На рис. 8 представлено результат роботи побудованої нечіткої системи виводу на прикладі підприємства №1, що вказує на його задовільний стан.

На підставі аналогічних міркувань оцінено стан досліджуваних підприємств як задовільний з різним ступенем приналежності до термальної множини.

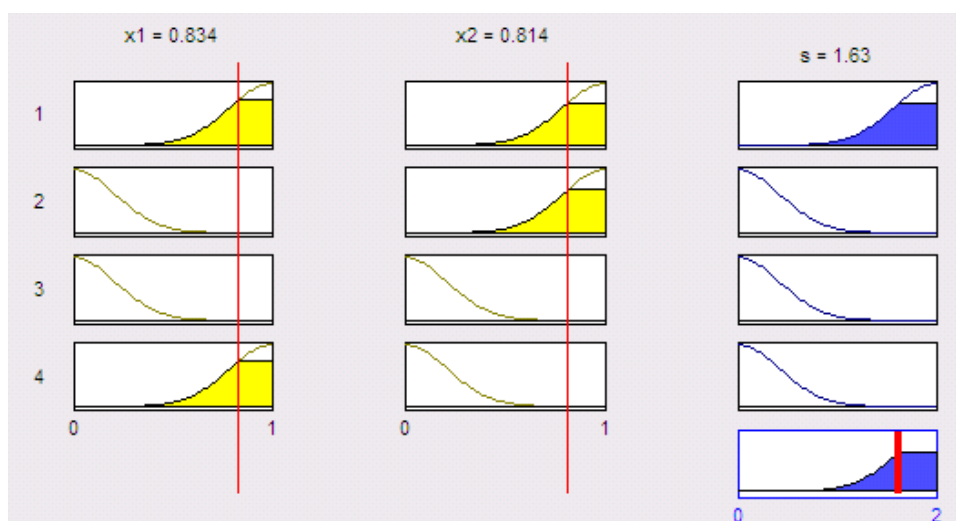


Рис. 8. Оцінка характеристики стану підприємства (  $s$  )

Отже, представлена модель оцінки стану підприємства доволі зручна і наочна у практичному використанні та дає змогу побудувати прогнозну модель стану, що надасть змогу обґрунтувати прийняття управлінського рішення за всією сукупністю оцінок факторів впливу на стан об'єкта.

**Висновки.** Обґрунтування управлінських рішень на підставі результатів діагностики дає можливість проаналізувати тенденції змін характеристик адаптації та інноваційного підходу до управління на підприємстві, забезпечити умови їх взаємодії, уникнути ризику планування та істотно покращити точність прогнозування. Процес формування діагнозу передбачає вирішення таких завдань: опис реального та бажаного стану об'єкта; встановлення наявності узгодження їх рівнів; визначення характеру та типу відхилень; передбачення моменту часу, в який діагностичні показники мають набути відповідного або критичного значення.

Використання теорії нечітких множин дає змогу подолати недоліки ймовірнісного та мінімаксного підходів та узгодити різні нечіткі рішення за умови наявності нечітких цілей, обмежень, коефіцієнтів та початкових умов. На основі застосування теорії нечітких множин розроблено підхід до оцінювання стану підприємства, яка характеризується функцією

приналежності відповідного нечіткого числа, та сформовано повний спектр можливих сценаріїв стану підприємства. Перевагою поєднання системи нечіткого виходу з аналітичною системою управління є можливість використання єдиного інформаційного простору: вихідних даних для нечіткого опису та результатів візуалізації у вигляді діаграм та таблиць даних.

**Перспективи подальших досліджень.** Необхідність удосконалення системи обліково-аналітичного забезпечення менеджменту підприємства обумовлює застосування технічних засобів. Вирішення проблем, пов'язаних з характеристикою стану об'єкта в економіці на підставі нечітких множин, є можливим за допомогою програмного середовища MATLAB з використанням пакета нечіткої логіки Fuzzy Logic Toolbox. У майбутньому це дасть змогу спеціалістам предметної галузі розглядати групи показників для комплексного подання стану об'єкта дослідження та цілеспрямовано розподілити існуючі ресурси для вирішення пріоритетних проблем.

1. *Діагностика стану підприємства: Теорія і практика: Монографія / За заг. ред. А. Е. Воронкової. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2006. – 448 с.* 2. *Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.* 3. *Иванов Ю. Б. Конкурентоспособность предприятия: оценка, диагностика, стратегия: Научн. изд. / Ю. Б. Иванов, А. Н. Тищенко, Н. А. Дробитько, О. С. Абрамова. – Х.: Изд-во ХНЭУ, 2004. – 256 с.* 4. *Кизим М. О. Оцінка і діагностика фінансової стійкості підприємства: Монографія / М. О. Кизим, В. А. Забродський, В. А. Зінченко, Ю. С. Копчак. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2003. – 144 с.* 5. *Клебанова Т. С. Моделі оцінки ефективності санації підприємств на основі нечітких множин / Т. С. Клебанова, О. В. Панасенко // Актуальні проблеми економіки. – 2007. – №7. – С.158–165.* 6. *Кофман А. Введение теории нечетких множеств в управление предприятиями / А. Кофман, Хил Алука. – М.: Высшая школа, 1992. – 168 с.* 7. *Манойленко О. Особливості ранньої діагностики та оцінки ефективності управлінських впливів щодо попередження кризових явищ // Підприємництво, господарство і право. – 2007. – №3. – С. 75–78.* 8. *Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.* 9. *Нападковська Л. Управлінський облік: суть, значення та рекомендації щодо його використання в практичній діяльності вітчизняних підприємств // Бухгалтерський облік і аудит. – 2005. – №8–9. – С.50–62.* 10. *Норік Л. О. Теоретичне обґрунтування етапів діагностики в економіці // Вісник Криворізького економічного інституту КНЕУ: Наук. зб. – Кривий Ріг: КП «Жовтнева районна друкарня». – 2006. – № 7. – С. 21–28.* 11. *Чередниченко Ю. В. Організація обліку та аналізу з метою забезпечення ефективного управління // Актуальні проблеми економіки. – 2008. – №1. – С. 215–219.* 12. *Щербина В. В. Социолого-диагностические технологии в управлении: методологические аспекты развития и применения // Социологические исследования. – 2007. – №3. – С.30–42.* 13. *Экономический потенциал региона: анализ, оценка, диагностика: Монография / А. Н. Тищенко, Н. А. Кизим, А. И. Кубах, Е. В. Давыскиба. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2005. – 176 с.*