

УДК 330.4:510.6

Яровенко Г.М.*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики
Сумського державного університету***Сковронська А.І.***студент
Сумського державного університету***ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ДЕПОЗИТНИХ ВКЛАДЕНЬ
НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ****EFFICIENCY ASSESSMENT OF DEPOSIT INVESTMENTS BASED
ON FUZZY INFERENCE ALGORITHMS****АНОТАЦІЯ**

Статтю присвячено можливостям застосування методів нечіткого виведення для оцінки ефективності депозитних вкладень. Автори запропонували прототип експертної системи на основі алгоритмів Мамдани, Сугено та Ларсена. Процес нечіткого виведення проводився в математичному пакеті MatLab. Результатом дослідження є визначення найбільш ефективного депозитного вкладу з урахуванням розміру, ставки, рівня довіри до банку та додаткових можливостей. Дослідження можна використати для формування депозитної політики банку.

Ключові слова: нечітке виведення, алгоритм Мамдани, алгоритм Сугено, алгоритм Ларсена, оцінка, ефективність, депозитне вкладення.

АННОТАЦІЯ

Статья посвящена возможностям применения методов нечеткого вывода для оценки эффективности депозитных вложений. Авторы предложили прототип экспертной системы с использованием алгоритмов Мамдани, Сугено и Ларсена. Процесс нечеткого вывода проводился в математическом пакете MatLab. Результатом исследования является определение наиболее эффективного депозитного вклада с учетом размера, ставки, уровня доверия к банку и дополнительных возможностей. Исследование можно использовать для формирования депозитной политики банка.

Ключевые слова: нечеткий вывод, алгоритм Мамдани, алгоритм Сугено, алгоритм Ларсена, оценка, эффективность, депозитный вклад.

ANNOTATION

The article dwells upon the possibilities of applying the methods of fuzzy inference for efficiency assessment of deposit investments. The authors proposed a prototype of the expert system based on the algorithms Mamdani, Sugeno and Larsen. The process of fuzzy inference was performed in mathematical package «MatLab». The research result is the determination of the most effective deposit investment taking into account the size, rate, trust level to the bank and auxiliary facilities. The research can be used to form the deposit policy of the bank.

Keywords: fuzzy inference, Mamdani algorithm, Sugeno algorithm, Larsen algorithm, assessment, efficiency, deposit investment.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день будь-яка людина зацікавлена в отриманні пасивного прибутку від вільних у сімейному бюджеті коштів. Для цього вона може покласти кошти на депозитний рахунок та отримувати цей прибуток у вигляді відсотків. Банківські установи пропонують різні види своєї продукції, у тому числі депозитної, тому пересічному громадянину дуже важко визначити, в який банк найефективніше покласти свої кошти.

З іншого боку, банки зацікавлені в залученні нових клієнтів, тому вони націлені на оптимізацію відсотків по депозитах з урахуванням умов, які диктує ринок банківських послуг. Тобто виникає дилема, як залучити нових клієнтів шляхом установавання вигідних умов по депозитах, отримати прибуток та втримати конкурентоздатні позиції на ринку.

Для вирішення цих проблем як для споживачів банківських послуг, так і для банківських установ пропонується використовувати алгоритми нечіткого логічного виведення, що дасть змогу отримати оцінку від ефективності депозитних вкладень, тому тема дослідження є вкрай актуальною.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Якщо мова йде про оцінку ефективності від депозитного вкладення, то керуватися тільки розміром відсотку недостатньо в такій ситуації, оскільки банки можуть залучати клієнтів шляхом установавання досить привабливих відсотків порівняно з конкурентами, а в подальшому не виконати свої зобов'язання. Тому треба враховувати й інші параметри, які можуть вплинути на ефективність, такі як розмір депозиту, рівень довіри до банку, його розміри, використання новітніх технологій, кредитна політика тощо. Всі ці параметри необхідно враховувати в процесі оцінки, причому деякі з них складно оцінити або можна оцінити тільки експертним шляхом. Для рішення подібних задач в умовах неповної чи неточної інформації й використовується нечітка логіка.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основи теорії нечітких множин та нечіткої логіки було закладено в 60-х роках ХХ ст. американським ученим Лютфі Заде, який у 1965 р. опублікував відому працю Fuzzy Sets у журналі Information and Control. Завдяки цьому дослідженню з'явилася нова наукова галузь fuzzy logic. Її розвитку сприяли праці багатьох зарубіжних учених, таких як: Arbib M.A., Asai K., Brown J.G., Chang S.K., Goguen J.A., Kitajima S., Lake J., Manes E.G., Negoita S.V., Ralescu D.A., Santos E.S., Sugeno M. та ін.

У сучасних умовах нечітка логіка використовується під час побудови нейронних мереж, генетичних алгоритмів, проектуванні нечітких систем. Її аспекти розкривають у своїх дослідженнях українські та російські вчені: Борисов В.В., Голунов Р.Ю., Длі М.І., Круглов В.В., Кузьмін А.В., Кутковецький В.Я., Наконечний С.І., Новак В., Мочкрож І., Перфильєва І., Пилиньский М., Рутковська Д., Рутковський Л., Усков А.А., Федулов А.С., Штовба С.Д. та ін.

Мета статті полягає у розробці прототипу експертної системи для оцінки ефективності від депозитних вкладень на основі алгоритмів нечіткого виведення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Моделі статичних і динамічних систем, побудова, використання та аналіз яких базується на положеннях теорії нечітких множин і нечіткої логіки, називають нечіткими моделями, або нечіткими системами. Алгоритми нечіткого виведення розрізняються видом правил, логічних операцій і методами дефазифікації. Нами для дослідження було обрано алгоритми нечіткого виведення Мамдані, Сугено та Ларсена.

Механізм нечіткого логічного висновку (inference) ґрунтується на знаннях, сформованих спеціалістами цієї предметної галузі у вигляді сукупності нечітких породжувальних правил (правил логічного висновку) (формула 1) [3, с.180–190; 5]:

if x_1 is A_1 and x_2 is A_2 and ... x_n is A_n then y is B . (1)

Частина правила перед ключовим словом then («то») називають умовою або передумовою (antecedent), а завершальну частину « y є B » – наслідком або висновком (consequent).

Проілюструємо механізм нечіткого логічного висновку на прикладі обчислень значень функції $y=f(x_1, x_2)$. Припустимо, що маємо базу знань, яка складається з двох правил (формули 2–3) [3, с. 180–190; 5]:

R1: if x_1 is A_{11} and x_2 is A_{21} then y is B_1 , (2)

R2: if x_1 is A_{12} and x_2 is A_{22} then y is B_2 , (3)

де A_{ij} та B_i – це нечіткі множини, визначені для відповідних нечітких змінних, які мають функції належностей $\mu_{A_{ij}}(x)$ та $\mu_{B_i}(y)$.

Тепер за наданими значеннями $x_1=x_{10}$ та $x_2=x_{20}$ знайдемо конкретне y_0 . Слід зазначити, що даний приклад легко узагальнити для довільної кількості вхідних (x) і вихідних (y) змінних.

Для формування нечіткого логічного висновку за методом Мамдані необхідно виконати такі кроки [1, с. 62; 2, с. 307–309; 5]:

1. Введення нечіткості (fuzzification). Для чітко заданих вихідних значень розраховують ступені належності до окремих множин. Для розглядуваного прикладу визначають числові значення $\mu_{A_{1j}}(x_{10})$ та $\mu_{A_{2j}}(x_{20})$.

2. Нечітка імплікація. Знаходять функції належності передумов кожного окремого правила за конкретних вхідних сигналів (формули 4–5):

$\alpha_1 = \mu_{A_{1j}}(x_{10}) \cap \mu_{A_{2j}}(x_{20})$ – для оператора and; (4)

$\alpha_2 = \mu_{A_{1j}}(x_{10}) \cup \mu_{A_{2j}}(x_{20})$ – для оператора or. (5)

Потім знаходять вислідні функції належності кожного правила (формула 6):

$$\mu_j(y) = \alpha_j \cap \mu_{B_j}(y). \quad (6)$$

3. Нечітка композиція (aggregation). Знаходять вислідну функцію належності всієї сукупності правил за вхідних сигналів x_{10} та x_{20} (формула 7):

$$\mu_\Sigma(y) = \mu_1(y) \cup \mu_2(y), \quad (7)$$

4. Зведення до чіткості (defuzzification). Використовують, коли потрібно перетворити вихідну функцію належності у конкретне значення y_0 . Найбільш поширений центроїдний метод.

Якщо в наведеному алгоритмі логічна операція перетину реалізується як функція «мінімум», а об'єднання – як «максимум», то це алгоритм Мамдані (або Мамдані-Заде).

На практиці широко застосовують алгоритм нечіткого логічного висновку Сугено (Sugeno), відомий також як алгоритм Такагі-Сугено-Канга (TSK). Відмінною рисою даного алгоритму є простота обчислень. Породжувальні правила в алгоритмі Сугено мають такий вигляд (формула 8) [1, с. 68–71; 2, с. 307–309; 5]:

if x_1 is A_1 and x_2 is A_2 and ... x_n is A_n then $y = f_r(x_1, \dots, x_n)$, (8)

де f_r – звичайна чітка функція;

r – номер правила.

Принципова відмінність від алгоритму Мамдані полягає в тому, що висновок подають у формі функціональної залежності.

Реалізація алгоритму Сугено складається із трьох кроків [1, с. 68–71; 2, с. 307–309; 5]:

1. Введення. Цілком аналогічне алгоритму Мамдані.

2. Нечітка імплікація. Знаходять функції належності передумов кожного окремого правила за конкретних вхідних сигналів x_{10} (формула 9):

$$\alpha_r, r = \overline{1, m}, \quad (9)$$

де m – кількість породжувальних правил.

У класичному алгоритмі Сугено логічна операція перетину реалізується як min.

3. Зведення до чіткості (defuzzification). Визначається чітке значення вихідної змінної (формула 10):

$$y_0 = \frac{\sum_{r=1}^m \alpha_r f_r(\bar{x}_0)}{\sum_{r=1}^m \alpha_r}, \quad (10)$$

Як функцію f_r часто використовують поліноми нульового порядку (формула 11):

$$f_r(\bar{x}) = w_r, \quad (11)$$

або першого порядку (формула 12):

$$f_r(\bar{x}) = w_r + \sum_{j=1}^n p_{rj} x_j, \quad (12)$$

де w_r та p_{rj} – деякі сталі.

Формально алгоритм Ларсена може бути визначений такими кроками: формування бази

правил систем нечіткого виводу; фазифікації вхідних змінних; агрегація підумови в нечітких правилах продукції. Використовуються парні нечіткі логічні операції для знаходження ступеня істинності умов всіх правил нечітких продукцій (як правило, \max -диз'юнкція і \min -кон'юнкція). Ті правила, ступінь істинності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними і використовуються для подальших розрахунків [1, с. 65–66; 2, с. 307–309; 5]:

1) активізація підзаключень в нечітких правилах продукції. Здійснюється з використанням формули (13):

$$\mu'(y) = c_i \cdot \mu(y), \quad (13)$$

за допомогою чого знаходиться сукупність нечітких множин: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, де q – загальна кількість підзаключень у базі правил;

2) акумуляція висновків нечітких правил продукції. Здійснюється за формулою (14):

$$\mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in X, \quad (14)$$

для об'єднання нечітких множин, відповідних термам підзаключень, що належать до одних і тих же вихідних лінгвістичних змінних;

3) дефазифікація вихідних змінних. Може використовуватися будь-який із методів дефазифікації.

Дані алгоритми використаємо для створення прототипу експертної системи, яка була б реалізована у вигляді системи нечіткого висновку і давала б змогу визначити максимальну ефективність від вкладу депозиту. Для прикладу оберемо суму депозиту в розмірі 100 000 грн. Візьмемо дані для чотирьох різних банків. Головними параметрами для отримання максимальної ефективності від вкладу депозиту будуть: розмір депозиту, відсоткова ставка, рівень довіри до банку та додаткові можливості.

Таблиця 1

Перелік евристичних продукційних правил

№	Вхідні значення				Вихідне значення
	Розмір депозиту	Відсоткова ставка	Рівень довіри	Додаткові можливості	Ефективність від вкладу
1	Низький	Низька	Низький	Низькі	Низька
2	Середній	Низька	Низький	Низькі	Низька
3	Середній	Низька	Середній	Низькі	Низька
4	Середній	Висока	Середній	Низькі	Низька
5	Високий	Низька	Низький	Низькі	Низька
6	Високий	Висока	Високий	Високі	Висока
7	Високий	Висока	Середній	Високі	Висока
8	Середній	Висока	Середній	Високі	Висока
9	Середній	Висока	Високий	Високі	Висока
10	Високий	Висока	Середній	Високі	Висока

Таблиця 2

Розмір депозиту

№	Рівень	Шкала від 0 до 100
1	Низький	0-30
2	Середній	31-70
3	Високий	71-100

Таблиця 3

Відсоткова ставка

№	Рівень	Критерій	Шкала від 0 до 30
1	Низька	Депозит не є ефективним	0-15
2	Висока	Депозит у цілому є ефективним	15-30

Таблиця 4

Рівень довіри

№	Рівень	Критерій	Шкала від 0 до 1
1	Низький	Банк не є популярним, спостерігається відтік клієнтів	0,1-0,3
2	Середній	Населення у цілому банку довіряє, банк має хороші фінансові показники та перспективи розвитку	0,3-0,7
3	Високий	Великий банк, що давно завоював довіру клієнтів на ринку, має великий капітал, хорошу репутацію	0,7-1

Таблиця 5

Додаткові можливості

№	Рівень	Критерій	Шкала від 0 до 1
1	Низькі	Банк надає обмежені послуги, має вузьку систему банкоматів та відділень	0-0,5
2	Високі	Можливості Інтернет-банкінгу, прямі зв'язки з іноземними банками, надання послуг із використанням новітніх технологій	0,5-1

Емпіричні знання в даній проблемній сфері представимо у формі таких евристичних продукційних правил (табл. 1).

На першому етапі формується база нечітких лінгвістичних правил. Для всіх змінних визначаються відповідні лінгвістичні змінні (табл. 2–6). У нашому випадку таких лінгвістичних змінних чотири: розмір депозиту, відсоткова ставка, рівень довіри і додаткові можливості.

Таблиця 6

Ефективність від вкладу

№	Рівень	Шкала від 0 до 1
1	Низька	0-0,3
3	Висока	0,7-1

Для розроблення та дослідження системи нечіткого виводу було використано програмне середовище MatLab, а саме редактор функцій приналежності систем нечіткого виводу Membership Function Editor.

Для вхідної змінної «Розмір депозиту» було задано функцію приналежності gaussmf (рис. 1), яка формується з використанням гаусівського розподілу та дозволяє задавати асиметричні функції приналежності.

Для вхідних змінних «Відсоткова ставка», «Рівень довіри» було задано функцію приналежності trimf; для змінної «Додаткові можливості» – trapmf (рис. 1). Найпростіші функції приналежності трикутна (trimf) і трапецієподібна (trapmf) формуються з використанням кусочно-лінійної апроксимації.

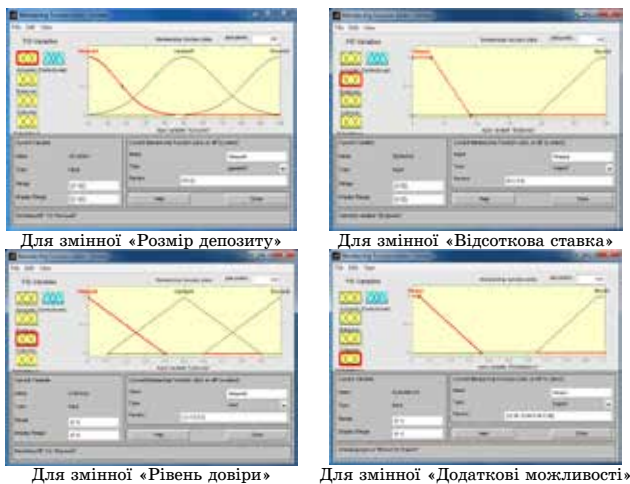


Рис. 1. Завдання функцій приналежності для змінних

Наступним кроком проводиться агрегація, тобто процедура визначення ступеня істинності умов по кожному з правил системи нечіткого виводу. До її початку задаються відомими значення істинності всіх підумов системи нечіткого виведення, тобто множина значень $B = \{b_i\}$. Далі розглядається кожне з умов правил системи нечіткого виводу. Якщо умова правила є нечітке висловлювання, то ступінь його істинності дорівнює відповідному значенню b_i . Якщо

ж умова складається з декількох підумов, причому лінгвістичні змінні в підумові попарно не дорівнюють один одному, то визначається ступінь істинності складного висловлювання на основі відомих значень істинності підумови. Для визначення результату нечіткої кон'юнкції або зв'язки «І» може бути використано одну з формул 15–17 [4, с. 191–192; 5]:

$$T(\tilde{A} \wedge \tilde{B}) = \min\{T(\tilde{A}), T(\tilde{B})\}, \quad (15)$$

$$T(\tilde{A} \wedge \tilde{B}) = T(\tilde{A}) \cdot T(\tilde{B}), \quad (16)$$

$$T(\tilde{A} \wedge \tilde{B}) = \max\{T(\tilde{A}) + T(\tilde{B}) - 1, 0\}, \quad (17)$$

А для визначення результату нечіткої диз'юнкції або зв'язки «АБО» може бути використано одну з формул 18–20 [4, с. 191–192; 5]:

$$T(\tilde{A} \vee \tilde{B}) = \max\{T(\tilde{A}), T(\tilde{B})\}, \quad (18)$$

$$T(\tilde{A} \vee \tilde{B}) = T(\tilde{A}) + T(\tilde{B}) - T(\tilde{A}) \cdot T(\tilde{B}), \quad (19)$$

$$T(\tilde{A} \vee \tilde{B}) = \min\{T(\tilde{A}) + T(\tilde{B}), 1\}. \quad (20)$$

При цьому значення b_i використовуються як аргументи відповідних логічних операцій. Тим самим знаходяться кількісні значення істинності всіх умов правил системи нечіткого виводу. Етап агрегування вважається закінченим, коли будуть знайдені всі значення b_i для кожного з правил R_k , що входять у розглянуту базу правил P системи нечіткого виводу. Цю множину значень позначимо через $B'' = \{b_1'', b_2'', \dots, b_n''\}$.

На наступному кроці проводиться активізація для знаходження ступеня істинності кожного з підвисновків правил нечітких продукцій. До початку цього етапу передбачаються відомими значення істинності всіх умов системи нечіткого виведення, тобто множина значень $B'' = \{b_i''\}$, і значення вагових коефіцієнтів F_i для кожного правила. Далі розглядається кожен із висновків правил системи нечіткого виводу. Якщо висновок правила є нечітке висловлювання, то ступінь його істинності дорівнює алгебраїчному добутку відповідного значення b_i'' на ваговий коефіцієнт F_i . Якщо ж висновок складається з декількох підвисновків, причому лінгвістичні змінні в підвисновках попарно не дорівнюють один одному, то ступінь істинності кожного з підвисновків дорівнює алгебраїчному добутку відповідного значення b_i'' на ваговий коефіцієнт F_i . Таким чином, знаходяться всі значення c_k ступенів істинності підвисновків для кожного з правил R_k , що входять у розглянуту базу правил. Дану множину значень позначимо через $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, де q – загальна кількість підвисновків у базі правил [4, с. 192–195; 5].

Після знаходження множини $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$, визначаються функції належності кожного з підвисновків для розглянутих вихідних лінгвістичних змінних методом нечіткої композиції «min-активація» (формула 21) [4, с. 192–195; 5]:

$$\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}. \quad (21)$$

де $\mu(x)$ – функція приналежності терма, який є значенням деякої вихідної змінної w_j , заданої на універсумі Y .

Етап активізації вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначено функції приналежності нечітких множин їх значень, тобто сукупність нечітких множин: C_1, C_2, \dots, C_q .

Далі проводиться акумуляція з метою знаходження функції приналежності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини $W = \{w_1, w_2, \dots, w_s\}$. До початку даного етапу передбачаються відомими значення істинності всіх підвисновків для кожного з правил R_k , що входять у розглянуту базу правил P системи нечіткого виводу, у формі сукупності нечітких множин: C_1, C_2, \dots, C_q , де q – загальна кількість підвисновків у базі правил. Далі послідовно розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних $w_j \in W$ і пов'язані з нею нечіткі множини: $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jq}$. Результат акумуляції для вихідної лінгвістичної змінної w_j визначається як об'єднання нечітких множин $C_{j1}, C_{j2}, \dots, C_{jq}$ за однією з формул [4, с. 195–196; 5].

Етап акумуляції вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних буде визначено функції приналежності нечітких множин їх значень, тобто сукупність нечітких множин: C_1', C_2', \dots, C_s' де s – загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних у базі правил системи нечіткого виводу [4, с. 195–196; 5].

Наступним етапом є дефазифікація, тобто знаходження звичайного (не нечіткого) значення для кожної з вихідних лінгвістичних змінних множини $W = \{w_1, w_2, \dots, w_s\}$. До початку цього етапу передбачаються відомими функції приналежності всіх вихідних лінгвістичних змінних у формі нечітких множин: C_1', C_2', \dots, C_s' , де s – загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних у базі правил системи нечіткого виводу. Далі послідовно розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних

$w_j \in W$, до якої належить нечітка множина C_j' . Результат дефазифікації для вихідної лінгвістичної змінної w_j визначається у вигляді кількісного значення $y_i \in R$. Дефазифікація вважається закінченою, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних буде визначено кількісні значення у формі деякого дійсного числа, тобто у вигляді y_1, y_2, \dots, y_s , де s – загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних у базі правил системи нечіткого виводу [4, с. 197–201; 5].

Визначаємо ефективність від депозитних вкладень для чотирьох банків за алгоритмом Мамдані (рис. 2).

Результуючу нечітку множину, що відповідає логічному виведенню за всіма правилами, показано в нижньому прямокутнику останнього стовпця графічного вікна. У цьому ж прямокутнику червона вертикальна лінія відповідає чіткому значенню логічного виведення, отриманого в результаті дефазифікації. Таким чином, ефективність для першого банку дорівнює 0,497, для другого – 0,5, для третього – 0,501, для четвертого – 0,5 (рис. 2).

Далі проводимо нечітке логічне виведення за алгоритмом Ларсена і визначимо ефективність для всіх банків (рис. 3).

За алгоритмом Ларсена отримано однакове значення ефективності для чотирьох банків, яке дорівнює 0,496 (рис. 3).

Визначаємо ефективність за алгоритмом Сугено (рис. 3). Для цього проводимо відповідні налаштування в системі MatLab.

Значення оцінок для всіх проектів узагальнимо в табл. 7.

На останньому етапі знайдемо остаточну узагальнену оцінку кожного проекту. Для цього розрахуємо ступені привабливості як середні значення агрегованих експертних оцінок проектів за формулою (22) [5]:

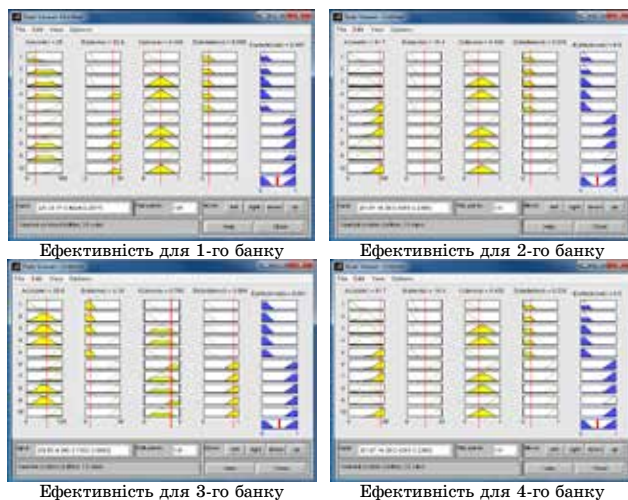


Рис. 2. Значення ефективностей для банків за алгоритмом Мамдані

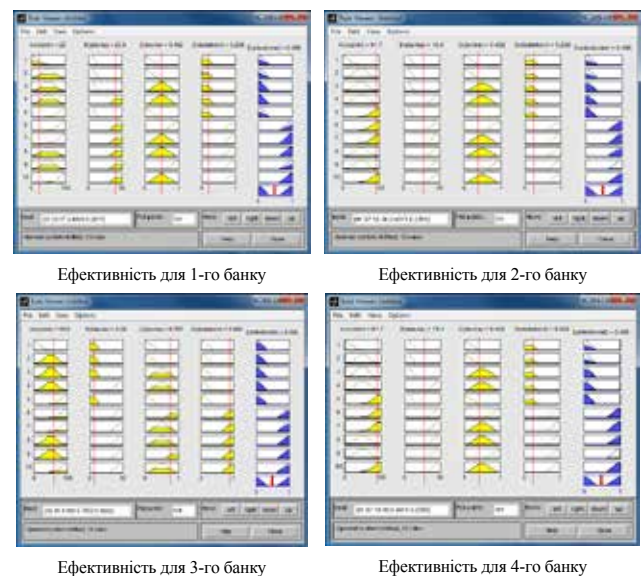


Рис. 3. Значення ефективностей для банків за алгоритмом Ларсена

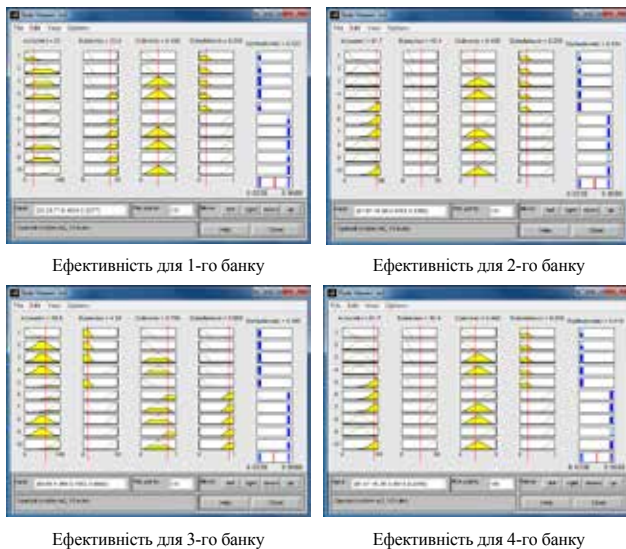


Рис. 4. Значення ефективностей для 1–4-го банків за алгоритмом Сугено

Таблиця 7
Експертні оцінки ефективності від вкладу депозиту в чотирьох банках

Експерти	Досвідченість	Банки			
		P1	P2	P3	P4
D1	0,9	0,497	0,5	0,501	0,5
D2	0,85	0,496	0,496	0,496	0,496
D3	0,95	0,523	0,514	0,485	0,514

$$A_i = \frac{\sum_{t=1}^k V_t \cdot A_{it}^D}{\sum_{t=1}^k V_t} \quad (22)$$

Результати розрахунків наведені в табл. 8.

Таблиця 8
Остаточні оцінки ефективності від вкладу депозиту в чотирьох банках

A _i	Банки			
	P1	P2	P3	P4
Розраховане значення	0,506	0,504	0,494	0,504
Нормоване значення	0,252	0,251	0,246	0,251

Відповідно до знайдених нормованих значень ступенів ефективності, на пропорційній основі визначимо значення інвестування для кожного банку виходячи з наявного бюджету 100 000 грн. (табл. 9).

Таблиця 9
Значення обсягів вкладення

	Банки			
	P1	P2	P3	P4
Розмір вкладів	25204	25096	24604	25096

Таким чином, найбільш ефективним буде вкладення до першого банку.

Висновки. Таким чином, алгоритми нечіткого виводу дають змогу приймати рішення в умовах відсутності або неповної інформації, що уможливило їх застосування, наприклад, у банківській діяльності. Вони сприяють зваженому, обґрунтованому вибору та оцінці ефективності депозитних вкладень. Їх використання дасть змогу включати в аналіз не тільки кількісні, але й якісні змінні, оперувати лінгвістичними критеріями та нечіткими вхідними даними. За допомогою нечіткої логіки можна швидко моделювати складні динамічні системи і порівнювати їх із заданим ступенем точності.

Для банків система нечіткого висновку дасть змогу якісно провести аналіз ситуації на ринку банківських послуг, виробити управлінські рішення щодо підвищення якості депозитних послуг для своїх клієнтів, зберегти конкурентоздатність. Пересічному громадянину дана система дасть змогу прийняти зважене рішення щодо вибору банку. При цьому враховується не тільки депозитна ставка, але й розмір депозиту, рівень довіри до банку, його розмір, інноваційні можливості тощо.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федюлов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 247 с.
2. Дьяконов В.П. Математические пакеты расширения MATLAB: Специальный справочник / В.П. Дьяконов, В.В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 488 с.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Хофман. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб. : БХВ Петербург, 2005. – 736 с.
5. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>.