



Отримано: 24 лютого 2024 р.

Прорецензовано: 17 березня 2024 р.

Прийнято до друку: 22 березня 2024 р.

e-mail: hrabarev_andrii@kneu.edu.ua

ORCID-ідентифікатор: <https://orcid.org/0000-0001-6165-0996>

DOI: 10.25264/2311-5149-2024-32(60)-122-127

Грабарев А. В., Мозгаллі О. П., Баранюк М. Р. Математичні методи та інформаційні технології у банках. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»* : науковий журнал. Острог : Вид-во НаУОА, березень 2024. № 32(60). С. 122–127.

УДК: 330.4+004.89:005.53J:336.71

JEL-класифікація: C65, C87, G21

Грабарев Андрій Володимирович,

*кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформатики та системології
Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана*

Мозгаллі Ольга Петрівна,

*доктор економічних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем в економіці
Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана*

Баранюк Михайло Романович,

*студент 1-го курсу магістратури спеціальності «Менеджмент» освітньої програми «Бізнес-адміністрування»
Державного торговельно-економічного університету, Інституту вищої кваліфікації*

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У БАНКАХ

У статті досліджено інформаційні технології ухвалення рішень у банках із використанням математичних методів. Проаналізовано задачі вибору оптимального управлінського рішення. Подано класифікацію методів підтримки ухвалення рішень у банківській сфері. Розглянуто методи з теорії нечіткої логіки та індуктивного моделювання, підходи до лінгвістичних термів і формування множин нечітких знань, щоб розв'язати задачі вибору та ухвалювати рішення у банківській галузі.

Ключові слова: банківська система, інформаційні технології, неймережеві методи, інтелектуальні підходи до аналізу даних, задачі підтримки банківської діяльності.

Andrii Hrabarev,

*Ph.D. in economics, associate professor, associate professor of the Department of Informatics and Systemology
Vadym Hetman Kyiv National University of Economics*

Olga Mozgalli,

*doctor of economic sciences, professor, professor of the Department of Information Systems in Economics
Vadym Hetman Kyiv National University of Economics*

Mykhailo Baraniuk,

*student of the 1st year of the master's degree in «Management» of the educational program «Business Administration»,
State University of Trade and Economics, Institute of Higher Qualifications*

MATHEMATICAL METHODS AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN BANKING

The article explores decision-making information technologies in the banking sector utilizing mathematical methods. It delves into the optimal management decision-making tasks and presents a classification of decision support methods used within the banking industry. The study considers methods from fuzzy logic theory and inductive modeling, along with approaches to linguistic terms and the creation of fuzzy knowledge sets for decision-making and choice problems in banking. To simplify complex decision-making problems, strategies such as problem decomposition into simpler subsets, altering the model's structural hierarchy, aggregation, and identifying reference situations with predetermined solutions are employed.

A fuzzy model of the subject matter is developed, focusing on the phasization of variables—identifying linguistic assessments of variables and the membership functions necessary for their formalization. The introduction of rule weights in the fuzzy knowledge base reflects varying levels of confidence in the data, emphasizing the expert's trust in each selected rule for decision-making. The formation of a general fuzzy knowledge base is detailed.

The study validates the efficiency of utilizing neural network learning methods to adjust the parameters of a fuzzy model based on real data. This approach automates the process, significantly reducing both development time and costs while optimizing system parameters. This feature is particularly critical for economic problem-solving, notably in banking support activities, where the rapid pace of changes necessitates constant adaptation of membership functions to the dynamic conditions of the banking system.

Keywords: banking system, information technologies, neural network methods, intelligent approaches to data analysis, banking support tasks.



Постановка проблеми. Банківська система функціонує в економічному середовищі, яке швидко змінюється і якому характерні стохастичність, брак стабільності та визначеності, непрозорість ведення справ. З цих причин окремі банки як агенти економічного середовища не спроможні дотримуватися встановлених стратегій і досягти цілей, що не забезпечує ефективного розвитку банківської системи загалом і національної економіки зокрема. Звідси постає потреба застосовувати прогресивні методи та інноваційні технології, завдяки введенню яких потенційно забезпечується цілком відповідний аналіз великих масивів інформації, з'ясовуються обставини появи конфлікту інтересів, що дасть належну підтримку в ухваленні ефективних рішень, дозволить проконтролювати їхнє впровадження, промоніторити банківську систему загалом. Сьогодні активно розгортаються в банках інтелектуальні методології, які застосовують в аналізі даних, вводиться ІТ-підтримка, провадиться прогнозування з подальшим моделюванням. Для розв'язання задач вибору оптимальної стратегії розвитку банківського сектору, прогнозування розвитку банківської системи, управління банківськими портфелями, аналізу нових банківських продуктів і попиту на них останнім часом досить активно застосовуються методи, які мають базисом концепцію нечіткої логіки. Це дозволяє глибоко вивчити обставини і ситуації, що склалися, для вирішення яких бракує інструментарію булевої логіки. До цих методів зараховують алгоритми нейромережеві, генетичні, нечіткі, що тотожні широкій групі завдань банків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці математичних методів та інформаційних технологій, а саме: методів теорії нечіткої логіки та індуктивного моделювання, підходів до лінгвістичних термів і формування множин нечітких знань для розв'язання задач вибору й ухвалення рішень у банківській сфері – присвятили за останні роки дослідження такі науковці: В. S. Ahn [1], Ashish K. Srivastava [6], A. H. Báez [2], М. Р. Баранюк [3; 4], V. Bezkorovainyi [5], S. S. Cho [1], В. Н. Debrayan [2], V. Derbentsev [5], A. Hrabariev [3; 4; 5], С. Y. Kim [1], S. Kumar [6], Manish K. Srivastava [6], O. Pomazun [5], M. Silchenko [5], R. Singh [6], А. В. Матвійчук [7], О. П. Мозгаллі [8]. Утім лишається недостатньо дослідженими ситуації, які неможливо розв'язати за допомогою апарату булевої логіки, зокрема, нейромережеві, нечіткі алгоритми, які тотожні великій групі завдань банківської діяльності.

Мета дослідження: проаналізувати математичні методи та інформаційні технології інтелектуальної підтримки ухвалення рішень у банківській сфері.

Виклад основного матеріалу. Задачу альтернативи оптимального управлінського рішення можна визначити у такий спосіб: за заданими зовнішніми умовами $\{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ встановити такі стани $\{s_1, s_2, \dots, s_k\}$ й управлінські впливи $\{u_1, u_2, \dots, u_N\}$, що забезпечували б певному критерію $\varphi(\chi, s, u)$ найкраще мінімальне або максимальне значення.

Щоб відшукати розв'язок для цієї задачі, скористаємося широким колом методів. Використання певного підходу залежить насамперед від вихідних умов задачі, а також від вимог до результуючого рішення. З метою ранжирування альтернативних рішень, з урахуванням їхніх переваг доречно провадити підхід до з'єднання множини цільових функцій в єдину агреговану. Це дозволить упорядкувати множину альтернатив. Одночасно з дослідженням припустимої множини альтернатив слід послідовно з'ясовувати переваги цільових функцій. Пошук часткового упорядкування множини наявних альтернатив має бути інформативнішим за просте об'єднання несуперечливих переваг, що встановлюються для кожної з цільових функцій. Доцільно максимально знижувати рівень невизначеності і непорівнянності, щоб вилучити інформацію про діапазон зміни параметрів та ін.

Щоб спростити задачі ухвалення рішення, застосовують такі підходи: декомпозиція задачі на сукупність простіших задач із перетворенням структури підпорядкування моделей [7]; агрегування, коли найбільш ефективне вирішення перебуває не на вихідній множині, а поміж набагато меншого числа виділеної кількості подання [2]; розрізнення ситуацій-еталонів, вирішення яких відомо заздалегідь [6]; репрезентація задачі у формі чітких і нечітких графіків, вершини яких віддзеркалюють складні ситуації та розв'язок яких лежить на графах [8].

Для задач пошуку й ухвалення рішень у банківській системі зіставлення можливих варіантів рішень має виконуватись не лише за умови врахування інтересів інших агентів економічної системи, а й з урахуванням різних наслідків, які настають від таких рішень. За ймовірнісного характеру управлінських впливів, кожний з яких характеризується вектором імовірностей усіх можливих альтернатив, слід вводити функції ймовірнісної корисності. Для вирішення багатокритеріальних задач, що є задачами наближення вектор-функції, аргумент якої покладено на деякій допустимій множині з дійсного n -вимірного простору, до вектора цілей раціонально застосовувати апарат багатоцільового програмування. При цьому наближення відбувається за рахунок мінімізації відстані між досліджуваною вектор-функцією і вектором цілей.

Узагальнюючи результати вивчення підходів до ухвалення рішень і беручи до уваги специфіку функціонування банківської системи, подамо класифікацію методів підтримки ухвалення рішень у банках (табл. 1).



Таблиця 1

Класифікація методів підтримки ухвалення рішень у банківській сфері

1. Методи аналізу результативності діяльності банківської системи		
1.1. Аналіз показників діяльності банківської системи	1.2. Методи інтелектуального аналізу даних	
– фінансові результати діяльності банківської системи; – аналіз фінансового стану банківської системи; – оцінювання ефективності процесів функціонування банківської системи	– штучні нейронні мережі; – дерева рішень, символічні правила; – метод найближчого сусіда і k -найближчого сусіда; – метод опорних векторів; – бассовські мережі; – лінійна регресія; – кореляційно-регресійний аналіз; – ієрархічні методи кластерного аналізу; – неієрархічні методи кластерного аналізу, а саме алгоритми k -середніх і k -медіани; – метод пошуку асоціативних правил; – метод обмеженого перебору; – еволюційне програмування і генетичні алгоритми; – метод візуалізації даних	
2. Методи підтримки ухвалення рішень у банківській системі за активного впливу агентів економічної системи		
2.1. Моделі та методи теорії ігор (максимінні, мінімаксні, змішані; ігри скінченні з нульовою / ненульовою сумами, множинні коаліційні, диференційні). 2.2. Індуктивні моделі і методи. 2.3. Моделі системної структурної динаміки, теорії катастроф, синергетики. 2.4. Моделі еволюційного розвитку, хвильової економічної динаміки. 2.5. Моделі соціально-економічних криз. 2.6. Моделі трансформаційних процесів		
3. Методи підтримки ухвалення рішень у банківській системі		
3.1. Методи підтримки ухвалення рішень за умов визначеності	3.2. Методи підтримки ухвалення рішень при ризику	3.3. Методи підтримки ухвалення рішень за невизначеності
– одна цільова функція, одиничні розв'язки (статистичні і динамічні моделі); – багатоцільова функція, багато рішень (класичні методи, технологічні методи, компенсаторні методи, некомпенсаторні методи); – багатоцільові функції багатьох об'єктів (методи векторної оптимізації)	– правило Лапласа; – правило Баєса; – критерій середнього значення і стандартного відхилення; – правило Бернуллі (максимум соціальних очікувань)	– критерій Севіджа (величина втрат агента); – критерій оптимізму / песимізму Гурвіца

Джерело: складено авторами на основі [7].

Детальніше проаналізуємо методи, базисом яких є концепції нечіткої логіки і підходи індуктивного моделювання. Базис теорії нечіткої логіки пояснює лінгвістичну змінну, значеннями якої є слова і вислови природної чи штучної мов, подані термами [8], методи формування нечітких множин і правил виведення. Опишемо підходи до визначення лінгвістичних термів і формування множин нечітких знань для вирішення задач вибору й ухвалення рішень у банках.

Отже, U – універсальна множина проблемної площини, а її нечітка підмножина F , $F \subset U$ визначається через функцію належності $\mu^F(u)$, де $u \in U$ – елемент множини U . Функція $\mu^F(u)$ відображає елементи з множини U на множину чисел у діапазоні $[0,1]$, які характеризують рівень належності кожного елемента $u \in U$ до нечіткої підмножини $F \subset U$. Носієм підмножини F є множина таких точок у U , для яких величина $\mu^F(u)$ позитивна [7].

Для розв'язку задачі вважатимемо, що множина U охоплює кінцеву кількість множин, елементів u_i , $i = 1, \dots, n$, а нечітку множину F можна подати як

$$F = \mu^F(u_1)/u_1 + \mu^F(u_2)/u_2 + \dots + \mu^F(u_n)/u_n = \sum_{i=1}^n \mu^F(u_i)/u_i \quad (1)$$

Далі проаналізуємо об'єкт із дискретним виходом і n входом:

$$y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

де x_i , $i = 1, \dots, n$, – вхідні змінні; y – значення вихідної змінної.

Змінні x_i , $i = 1, \dots, n$, y – якісна і кількісна змінні. Змінні якісні – x_i , $i = 1, \dots, n$, y – характеризуються множиною всіх можливих значень



$$U_i = \{v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{q_i}\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$Y = \{y^1, y^2, \dots, y^{q_m}\}, \quad (4)$$

де $v_i^s(v_i^{q_i})$ – бал найменшому / найбільшому значенню вхідної змінної x_i ; $y^l(y^{q_m})$ – бал найменшому / найбільшому значенню вихідної змінної y .

Задача пошуку оптимальних рішень у визначенні умов, коли фіксованому вектору вхідних змінних $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle$, $x_i^* \in U_i$ закономірно відповідає розв'язок $y^* \in Y$ для об'єкта з дискретним виходом.

Формальний розв'язок такої задачі передбачає наявність залежності (1). Для з'ясування цієї умови розглянемо змінні x_i , $i = 1, \dots, n$, y – лінгвістичні змінні, задані на універсальних множинах (2–3). Для оцінювання лінгвістичних змінних x_i , $i = 1, \dots, n$, у використаємо якісні терми з терм-множин: $A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{k_i}\}$ – терм-множина вхідної змінної x_i , $i = 1, \dots, n$; $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – терм-множина вихідної змінної y . У цих множинах a_i^p – p -й лінгвістичний терм змінної x_i , $p = \overline{1, k_i}$, $i = \overline{1, n}$; d_j – j -й лінгвістичний терм змінної y [8].

Для випадку якісних змінних x_i , $i = \overline{1, n}$ і у нечіткі множини a_i^p і d_j визначатимуться як

$$a_i^p = \sum_{s=1}^{q_i} \mu^{a_i^p}(v_i^s) / v_i^s, \quad (5)$$

$$d_j = \sum_{r=1}^{q_m} \mu^{d_j}(y^r) / y^r, \quad (6)$$

де $\mu^{a_i^p}(v_i^s)$ – рівень належності елемента $v_i^s \in U_i$ до терму $a_i^p \in A_i$, $i = \overline{1, n}$, $p = \overline{1, k_i}$, $s = \overline{1, q_i}$; $\mu^{d_j}(y^r)$ – рівень належності елемента $y^r \in Y$ до терму $d_j \in D$, $j = \overline{1, m}$.

Першим етапом створення нечіткої моделі досліджуваного об'єкта є фазифікація змінних, тобто пошук лінгвістичного оцінювання змінних і функцій належності, потрібних для їхньої формалізації [7].

Для дослідження банківської діяльності задано N правила, що пов'язують входи / вихід через вектори

$$V_k = \langle x_1, x_2, \dots, x_n, y \rangle, \quad k = \overline{1, N} \quad (7)$$

які розподіляються за принципом $N = k_1 + \dots + k_j + \dots + k_m$, (8)

де m – загальна кількість значень вихідної змінної; k_j – кількість правил у базі знань, які відповідають однаковому значенню d_j , $j = \overline{1, m}$, вихідної змінної y (у загальному випадку $k_1 \neq \dots \neq k_j \neq \dots \neq k_m$). Отже, кількість наявних експериментальних даних виявилася меншою від повного перебирання різних комбінацій імовірних значень вхідних змінних об'єкта l_i , $i = \overline{1, n}$, іншими словами, $N < l_1 \cdot l_2 \cdot \dots \cdot l_n$. Звідси база знань являтиме собою складену за такими правилами таблицю, в якій: 1) розмірність таблиці $(n + 2) \times N$, де $(n + 2)$;

N – кількість рядків (8); 2) кожен рядок матриці – це комбінація значень вхідних змінних, віднесена експертом до одного з імовірних значень вихідної змінної y (при цьому k_1 рядків відповідають значенню вихідної змінної $y = d_1$); k_2 рядків відповідають значенню $y = d_2$; k_m рядків відповідають значенню $y = d_m$; 3) перші n стовпчиків матриці відповідають вхідній змінній x_i , $i = \overline{1, n}$, $(n + 1)$ -й – кількісний вираз важливості правил w_{jp} , $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$; а $(n + 2)$ -й – значенням d_j вихідної змінної y , $j = \overline{1, m}$, що відповідають комбінації значень у перших $(n + 1)$ стовпчиках; 4) елемент a_i^p , який перебуває на перетині i -го стовпчика і jp -го рядка, тотожний лінгвістичному оцінюванню параметра x_i у рядку матриці знань із номером j_p [8].

Слід наголосити, що лінгвістичну оцінку a_i^p вибирають із терм-множини, що тотожна змінній x_i ; $a_i^p \in A_i$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$.

Коли експерт встановлює лінгвістичні правила на кшталт «IF-THEN», що складають базу нечітких знань про якийсь об'єкт банківської системи, переконаність експерта у правильності кожного правила може бути різною. Для відображення різних рівнів впевненості до бази нечітких знань (табл. 2) вводяться ваги правил – числа з інтервалу $[0, 1]$, що підтверджують впевненість експерта у кожному вибраному ним для ухвалення рішення конкретному правилі [8].

За алгоритмом, описаним у [8], спочатку всі ваги правил прирівнюються до 1. Після цього побудовану базу знань перевіряють на наявність протилежних за змістом рядків, де за однакових вхідних змінних правила мають різні вихідні значення. Така матриця знань визначає систему логічних висловлювань «IF-THEN, ELSE», що зв'язують значення вхідних змінних x_i , $i = 1, \dots, n$ з одним із імовірних значень виходу d_j , $j = \overline{1, m}$:

IF $(x_1 = a_1^{l_1})$ AND $(x_2 = a_2^{l_2})$ AND... AND $(x_n = a_n^{l_n})$ (з вагою w_{11})
 OR $(x_1 = a_1^{l_2})$ AND $(x_2 = a_2^{l_2})$ AND... AND $(x_n = a_n^{l_2})$ (з вагою w_{12})
 OR... OR $(x_1 = a_1^{l_{k_1}})$ AND $(x_2 = a_2^{l_{k_1}})$ AND... AND $(x_n = a_n^{l_{k_1}})$ (з вагою w_{1k_1}),
 THEN $y = d_j$, ELSE



№ вхідної комбінації	Змінні вхідні				Вага	Змінна вихідна
	x_1	x_2	... x_i ...	x_n	W	y
11	a_1^{11}	a_2^{11}	a_i^{11}	a_n^{11}	w_{11}	d_1
12	a_1^{12}	a_2^{12}	a_i^{12}	a_n^{12}	w_{12}	
...	
$1k_1$	$a_1^{1k_1}$	$a_2^{1k_1}$	$a_i^{1k_1}$	$a_n^{1k_1}$	w_{1k_1}	...
...	
j^1	a_1^{j1}	a_2^{j1}	a_i^{j1}	a_n^{j1}	w_{j1}	
j^2	a_1^{j2}	a_2^{j2}	a_i^{j2}	a_n^{j2}	w_{j2}	
...
jk_j	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$a_i^{jk_j}$	$a_n^{jk_j}$	w_{jk_j}	...
...	
m_1	a_1^{m1}	a_2^{m1}	a_i^{m1}	a_n^{m1}	w_{m1}	
m_2	a_1^{m2}	a_2^{m2}	a_i^{m2}	a_n^{m2}	w_{m2}	
...	
mk_m	$a_1^{mk_m}$	$a_2^{mk_m}$	$a_i^{mk_m}$	$a_n^{mk_m}$	w_{mk_m}	

Джерело: [7].

IF $(x_1 = a_1^{21})$ AND $(x_1 = a_2^{21})$ AND... AND $(x_n = a_n^{21})$ (з вагою w_{21})
 OR $(x_1 = a_1^{22})$ AND $(x_2 = a_2^{22})$ AND... AND $(x_n = a_n^{22})$ (з вагою w_{22}) OR...
 OR $(x_1 = a_1^{2k_2})$ AND $(x_2 = a_2^{2k_2})$ AND... AND $(x_n = a_n^{2k_2})$ (з вагою w_{2k_2}),
 THEN $y = d_2$, ELSE...
 IF $(x_1 = a_1^{m1})$ AND $(x_n = a_n^{m1})$ AND... AND $(x_n = a_n^{m1})$ (з вагою w_{m1})
 OR $(x_1 = a_1^{m2})$ AND $(x_2 = a_2^{m2})$ AND... AND $(x_n = a_n^{m2})$ (з вагою w_{m2}) OR...
 OR $(x_1 = a_1^{mk_m})$ AND $(x_2 = a_2^{mk_m})$ AND... AND $(x_n = a_n^{mk_m})$ (з вагою w_{mk_m}),
 THEN $y = d_m$. (9)

Нечітку базу знань (9) можна записати як

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^p) \right] \longrightarrow y = d_j, \quad \mathcal{U}_i^{\sim} \quad (10)$$

Для побудови системи нечітких логічних рівнянь було запропоновано метод [7], в основу якого покладено спосіб використання нечітких логічних рівнянь на базисі матриці знань чи ізоморфної до неї системи логічних висловлювань (10). Це дозволяє врахувати значення функцій належності вихідної змінної за умови фіксованих значень входів банківської системи.

Отже, лінгвістичні оцінки a_i^p змінних x_1, \dots, x_n , які входять до логічних висловлювань (10), – це визначені на універсальних множинах (2) нечіткі множини.

Щоб налаштувати параметри нечіткої моделі на базисі реальних даних, доцільно застосувати нейромережеві методи навчання. Такі нейромережеві методи автоматизують процес і помітно скорочують строки розробки і знижують витрати, оптимізуючи параметри системи. Ця характеристика важлива у розв'язанні економічних задач, а саме задач підтримки ухвалення рішень, оскільки через високу динаміку перетворень функції належності мають постійно адаптуватися до безперервно змінюваних умов банківської системи.

Висновки. Для підвищення результативності моделювання процесів функціонування і розвитку банківської системи доцільно використовувати нейронні нечіткі системи – системи, в яких для визначення параметрів нечітких моделей використовують нейронні мережі. Найважливішою властивістю цих систем є можливість їхньої інтерпретації у термінах нечітких правил «IF-THEN». У сучасних гібридних нейронних нечітких системах нейронні мережі та нечіткі моделі комбінуються в єдину гомогенну архітектуру. Такі системи можуть інтерпретуватися чи як нейронні мережі з нечіткими параметрами, чи як паралельні розподілені нечіткі системи. Звідси налаштування параметрів математичної моделі ідентифікації



та прогнозування процесів розвитку банківської системи полягає у підборі таких параметрів функцій залежності усіх термів для кожної змінної, які мінімізують встановлений критерій якості.

Отже, невизначеність обумовлює появу ситуацій, які не мають однозначного розв'язку і потребують вирішення задач пошуку закономірностей, які зв'язують основні залежності між показниками діяльності банківської системи і дають змогу вибудувати відповідні функції залежності для проведення модельних досліджень.

Література:

1. Ahn B.S., Cho S.S., & Kim C.Y. The integrated methodology of rough set theory and artificial neural networks for business failure prediction. *Expert Systems with Applications*. 2020. № 18(2). P. 65-74 (дата звернення 12.02.2024).
2. Báez Alexander Hernández, Debrayan Bravo Hidalgo. Fuzzy Logic in Business, Management and Accounting. *Journal of Business and Management*. 2020. Vol.08. No.06. URL: Article ID:104159,21 pages10.4236/ojbm.2020.86157 (дата звернення 15.02.2024).
3. Грабарев А. В., Баранюк М. Р. Розвиток інформаційних систем і технологій в банках. *Наукові інновації та передові технології* (Серія «Управління та адміністрування». Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Психологія», Серія «Педагогіка»). 2024. № 2 (30) С. 773–782 (Фахова) [in Ukrainian].
4. Hrabariev A.V., Baraniuk M.R. Rozvytok informatsiinykh system i tekhnologii v bankakh [Development of information systems and technologies in banks]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii* (Serii «Upravlinnia ta administruvannia»). Serii «Pravo», Serii «Ekonomika», Serii «Psihologhiiia», Serii «Pedahohika»). 2024. № 2(30) 2024. S. 773-782. (Fakhova) [in Ukrainian].
5. Грабарев А. В., Мозгаллі О. П., Баранюк М. Р. Модифікація концептуальної моделі банківської системи у контексті сталого розвитку. *Наука і техніка сьогодні* (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»). 2024. № 2 (30). С. 292–303. (Фахова) [in Ukrainian].
6. Hrabariev A.V., Mozghalli O.P., Baraniuk M.R. Modyfikatsiia kontseptualnoi modeli bankivskoi systemy u konteksti staloho rozvytku [Modification of the conceptual model of the banking system in the context of sustainable development]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii* (Serii «Upravlinnia ta administruvannia»). Serii «Pravo», Serii «Ekonomika», Serii «Psihologhiiia», Serii «Pedahohika»). 2024. № 2(30) 2024. S. 773-782. (Fakhova) [in Ukrainian].
7. Derbentsev V., Bezkorovainyi V., Silchenko M., Hrabariev A., Pomazun O. Deep Learning Approach for Short-Term Forecasting Trend Movement of Stock Indices. In 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T). 2021. pp. 607-612. URL: IEEE. <https://doi.org/10.1109/PICST54195.2021.9772235> (дата звернення: 20.02.2024).
8. Fuzzy Logic based Model to Calculate the Economic Level of any Country / S. Kumar, Rashmi Singh, Manish K. Srivastava, Ashish K. Srivastava. URL: <https://www.ijbsac.org/wp-content/uploads/papers/v1i12/L00570311216.pdf> (дата звернення 11.01.2024).
9. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки : монографія. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe (дата звернення: 12.02.2024).
10. Matviichuk A.V. Modeliuvannia ekonomichnykh protsesiv iz zastosuvanniam metodiv nechitkoi lohiky [Modeling of economic processes using fuzzy logic methods]. Monohrafiia. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe [in Ukrainian].
11. Степаненко О. П. Моделі, методи та інформаційні технології підтримки процесів діяльності банківської системи : монографія. 2-ге вид. Київ, 2020. 491 с. (дата звернення: 1.03.2024) [in Ukrainian].
12. Stepanenko O.P. Modeli, metody ta informatsiini tekhnologii pidtrymky protsesiv diialnosti bankivskoi systemy [Models, methods and information technologies for supporting banking system activity processes]. Monohrafiia. 2-he vyd. Kyiv, 2020. 491 s. [in Ukrainian].