DOI: https://doi.org/10.24144/2409-6857.2019.1(53).173-178
УДК 519.86

Маляр М.М., Поліщук В.В., Шаркаді М.М.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ

Розроблено нову багатокритеріальну модель вибору банківської установи суб'єктом господарюванням використовуючи цільові потреби. Для прикладу модель використовує цілі отримання кредитних коштів або внесення депозитних ресурсів. Модель базується на нечіткому логічному виводі з використанням функцій належності для вхідних оцінок. Вперше наведено моделі нечітких знань для вхідних експертних оцінок за критеріями оцінювання банківських установ за групами: активи і зобов'язання банків та стійкість банківської установи для безпечного вкладення депозитних коштів.

Ключові слова: *критерії, альтернативи, функція належності, прийняття рішень.*

Постановка проблеми. Пропонується модель багатокритеріального оцінювання банківської установи для вибору суб'єктом господарюванням, при отриманні кредитних коштів або внесення депозитних ресурсів, з використанням нечітких знань, на основі функцій належності для вхідних експертних оцінок за критеріями. Для цього необхідно розв'язати актуальну задачу оцінювання альтернативних варіантів, коли існує множина цілей, кожна з яких має власну множину груп критеріїв.

Сформулюємо задачу оцінювання об'єкту дослідження наступним чином. Нехай задано множину альтернатив (банківських установ) $X=\{x_1,x_2,\ldots,x_n\}$, які потрібно оцінити за деякими групами цілей $G=\{G_1,G_2,\ldots,G_g\}$ і упорядкувати за певним правилом. Кожна з цілей G має множину критеріїв оцінювання K, що згруповані певним чином. У такому випадку кожна ціль G може мати одну або більше матриць рішень оцінок альтернатив. Наприклад, для альтернатив $X=\{x_1,x_2,\ldots,x_n\}$ за двома групами показників G_1 (активи і зобов'язання банків), G_2 (стійкість банківської установи для безпечного вкладення депозитних коштів) необхідно оцінити та побудувати ранжувальний ряд для вибору найкращої банківської установи в залежності від цілей суб'єкта господарювання: отримання кредитних коштів, або внесення депозитних. Структурну схему розв'язання задачі можемо представити у вигляді рис. 1.

Модель отримання агрегованої оцінки може бути представлена у вигляді:

$$M_1(G_1(K_1,K_2,\ldots,K_{n_k});G_2(D_1,D_2,\ldots,D_{n_d}))\to X^*. \qquad (1)$$

В результаті для кожної альтернативи $X=\{x_1,x_2,\ldots,x_n\}$ знаходиться нормована оцінка, на основі якої визначається найкраща альтернатива X^*; $K_1,K_2,\ldots,K_{n_k}$ – матриці оцінок альтернатив $X=\{x_1,x_2,\ldots,x_n\}$ за кількістю груп критеріїв n_k для цілі G_1; $D_d, d=\overline{1,n_d}$ – відповідно матриці оцінок альтернатив для цілі G_2.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Моднлюванням задач багатокритеріального вибору займались і займаються багато вчених: Айзерман М.А., Бейко І.В., Волошин А.Ф., Зайченко Ю.П., Ларичев О.И., Лотов А.В., Маляр М.М., Микони С.В., Сегриенко И.В., Саати Т.Л. та інші. Різні підходи, методи і алгоритми розв'язування багатокритеріальних задач вибору описані у роботах [1-5].

Аналізуючи наукові джерела, загальні методи багатокритеріального вибору та використання апарату нечіткої математики наступні: методи, засновані на кількісних змінних, багатокритеріальна теорія корисності [1]; методи, засновані на якісних харак-

© **Маляр М.М.,** доцент, д.т.н., професор кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського національного університету, e-mail: malyarmm@gmail.com
Поліщук В.В., доцент, к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення систем Ужгородського національного університету, e-mail: v.polishchuk87@gmail.com
Шаркаді М.М., доцент, к.е.н., доцент кафедри кібернетики і прикладної математики Ужгородського національного університету, e-mail: marianna.sharkadi@uzhnu.edu.ua

теристиках, результати яких переводяться у кількісний вигляд (методи аналітичної ієрархії) [2]; методи засновані на теорії нечітких множин [3];

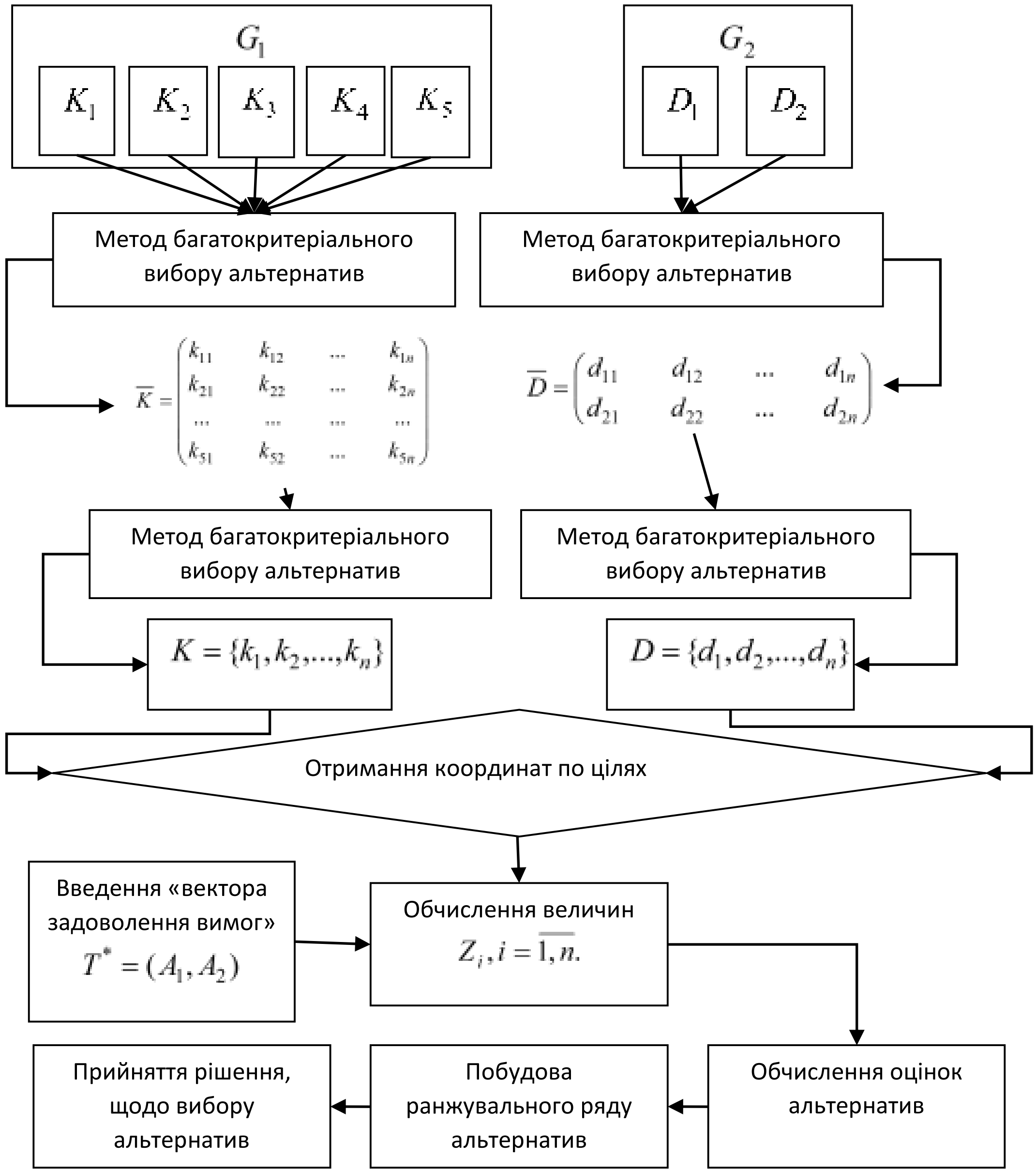

Рис. 1. Структурна схема вибору банківської установи по групі показників G_1 та G_2

методи, засновані на кількісних змінних, але використовують кілька індикаторів при порівнянні альтернатив (група методів Електра) [4]; в роботах [5-6] розглянуті загальні ідеї і переваги, на яких базуються сучасні погляди на використання нечіткої логіки в системах підтримки прийняття рішень; в [7] наведені обчислювальні алгоритми та процедури вирішення практичних завдань системного аналізу в різних сферах діяльності людини.

Останні наукові дослідження свідчать про необхідність розроблення нових моделей оцінювання альтернативних варіантів за неповних або нечітких умов та коли існує множина цілей, кожна з яких має власну множину критеріїв. Про актуальність даних моделей свідчить потреба у розв'язанні задачі вибору банківської установи суб'єктом господарюванням при отриманні кредитних коштів або внесення депозитних ресурсів.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи побудова моделі вибору банківських установ суб'єктами господарювання за групами цілей для отримання кредитних коштів або внесення депозитних.

Для досягнення мети наукового дослідження необхідно вирішити наступні завдання:

– вперше навести модель

багатокритеріального оцінювання банківських установ за групами критеріїв: активи і зобов'язання банків та стійкість банківської установи для безпечного вкладення депозитних коштів;

– навести математичну модель розв'язання задачі оцінювання альтернатив відносно груп цілей та груп критеріїв у цілях;

– запропонувати модель розв'язку задачі багатокритеріального вибору альтернатив використовуючи «вектор задоволення вимог», що дозволить будувати ранжувальний ряд альтернатив представлених векторами оцінок.

Опис основного матеріалу досліджень. Розв'яжемо сформульовану задачу для цілі G_1. Нехай маємо нормовані матриці $K_k, k=\overline{1,n_k}$ оцінок альтернатив за декількома групами критеріїв ***K*** представлені у вигляді функцій належності для групи цілі G_1:

$$K_k = \begin{pmatrix} \mu_{11}^k(x_1) & \mu_{12}^k(x_2) & \dots & \mu_{1n}^k(x_n) \\ \mu_{21}^k(x_1) & \mu_{22}^k(x_2) & \dots & \mu_{2n}^k(x_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{m1}^k(x_1) & \mu_{m2}^k(x_2) & \dots & \mu_{mn}^k(x_n) \end{pmatrix}, \qquad (2)$$

де $\mu_{ij}^k(x_j)$ – функція належності *i*-го критерію по *j*-ій альтернативі матриці рішень ***K***, $i=\overline{1,m_k}$; $j=\overline{1,n}$; $k=\overline{1,n_k}$.

По кожній матриці рішень $K_1, K_2, \dots, K_{n_k}$ оцінимо альтернативи використовуючи моделі та методи задач багатокритеріального вибору альтернатив та отримаємо вектори оцінок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{kn}), k=\overline{1,n_k}$. Для цього можемо використати, наприклад, метод аналізу ієрархій, метод «TOPSIS», метод «VIKOR», метод множення матриць і т.д. [8-9].

Оскільки маємо n_k матриць, тоді запропонуємо дворівневий підхід. На першому рівні від різних груп критеріїв *к* перейдемо до однієї матриці рішень. На другому рівні за отриманою матрицею рішень побудуємо агрегований вектор оцінок альтернатив.

Розглянемо перший рівень. Перехід до матриці рішень здійснимо одним із методів багатокритеріального вибору альтернатив та отримаємо вектори оцінок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{kn}), k=\overline{1,n_k}$ за групами критеріїв *к*.

Вектори оцінок альтернатив $(k_{k1}, k_{k2}, \dots, k_{kn}), k=\overline{1,n_k}$ представимо у вигляді наступної матриці:

$$\overline{K} = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{n_k 1} & k_{n_k 2} & \dots & k_{n_k n} \end{pmatrix}, \qquad (3)$$

де k_{kj} – агрегована оцінка *j*-ї альтернативи по матриці рішень K_k, $j=\overline{1,n}$; $k=\overline{1,n_k}$.

На другому рівні для отримання агрегованого вектору оцінок альтернатив $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ за групою цілей G_1 потрібно знову розв'язати задачу з матрицею рішень (3) за допомогою одного із методів багатокритеріального вибору. В результаті отримаємо вектор оцінок альтернатив: $K=\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ за ціллю G_1.

Аналогічно, нехай маємо нормовані матриці $D_d, d=\overline{1,n_d}$ оцінок альтернатив за декількома групами критеріїв d представлені у вигляді функцій належності для групи цілі G_2:

$$D_d = \begin{pmatrix} \mu_{11}^d(x_1) & \mu_{12}^d(x_2) & \dots & \mu_{1n}^d(x_n) \\ \mu_{21}^d(x_1) & \mu_{22}^d(x_2) & \dots & \mu_{2n}^d(x_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{m1}^d(x_1) & \mu_{m2}^d(x_2) & \dots & \mu_{mn}^d(x_n) \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де $\mu_{ij}^d(x_j)$ – функція належності i-го критерію по j-ій альтернативі матриці рішень d, $i=\overline{1,m_d}$; $j=\overline{1,n}$; $d=\overline{1,n_d}$. Аналогічно використаємо дворівневий підхід описаний вище. На першому рівні від різних груп критеріїв d перейдемо до однієї матриці рішень:

$$\overline{D} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n_d 1} & d_{n_d 2} & \dots & d_{n_d n} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де d_{dj} – агрегована оцінка j-ї альтернативи по матриці рішень d, $j=\overline{1,n}$; $d=\overline{1,n_d}$.

На другому рівні для отримання агрегованого вектору оцінок альтернатив $X=\{x_1,x_2,\dots,x_n\}$ за групою цілі G_2 потрібно розв’язати задачу з матрицею рішень (5). В результаті отримаємо вектор оцінок альтернатив: $D=\{d_1,d_2,\dots,d_n\}$ за ціллю G_2.

Якщо в задачі є цілі $G_3,G_4,\dots$ то по них аналогічно від матриць оцінок альтернатив за критеріями, чи різних груп критеріїв переходимо до агрегованих векторів оцінок альтернатив. Не зменшуючи загальності обмежимось двома цілями G_1,G_2 задачі.

Оскільки маємо задачу оцінювання альтернатив, що складається з двох цілей, тоді отримані вектори $K=\{k_1,k_2,\dots,k_n\}$ та $D=\{d_1,d_2,\dots,d_n\}$ розглянемо на декартовій системі координат, де значення множини K – це значення, що нанесені на вісь x, а D – вісь y. Якщо кількість цілей g тоді подальші обчислення необхідно розширити на g – вимірну систему координат. По кожній альтернативі отримаємо координати за цілями G_1,G_2, що представимо у вигляді: (k_1,d_1), (k_2,d_2),…, (k_n,d_n).

Далі введемо в розгляд двовимірний «вектор задоволення» $T^*=(A_1,A_2)$ враховуючи побажання особи, що приймає рішення (ОПР) щодо значення альтернатив за цілями G_1,G_2.

Означення. «Вектор задоволення вимог» називається уявною альтернативою, в якій оцінки координат по цілях могли б задовольняти особу, що приймає рішення.

«Вектор задоволення вимог» опишемо наступним чином. Нехай аналізується об’єкт із 2 входами та одним виходом:

$$U=(A_1,A_2), \quad (6)$$

де U – вектор вихідної оцінки (u_1,u_2) компоненти якого приймають одне із значень {0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1}, A_1,A_2 – вхідні лінгвістичні змінні.

Щоб оцінити лінгвістичні змінні A_1,A_2, використовуємо якісні терми з таких терм-множин:

$$\begin{aligned} A_1 &= (a_{11},a_{12},\dots,a_{1t}), \\ A_2 &= (a_{21},a_{22},\dots,a_{2t}) \end{aligned}. \quad (7)$$

Знання «вектора задоволення вимог» $T=(t_1,t_2)$ визначає систему логічних висловлювань – “ Якщо – Тоді, Інакше ”, які пов’язують значення вхідних змінних A_1, A_2 з одним із можливих значень U.

$$\text{Якщо } A_1 = a_{1t} \text{ та } A_2 = a_{2t} \text{ Тоді } U=(u_1,u_2) \text{ Інакше…} \tag{8}$$

Таким чином, ОПР задає лінгвістичне побажання «вектору задоволення», яке переводимо у вектор вихідної кількісної та нормованої оцінки (u_1,u_2), яку позначимо $(u_1,u_2)=(t_1,t_2)$.

ЯКЩО маємо цілі отримання від банку кредитних коштів (група показників G_1):

- a_{11} не має потреби отримання кредитних коштів тоді $u_1 = 0$;
- a_{12} можливо буде потреба отримання кредитних коштів тоді $u_1 = 0{,}2$;
- a_{13} є, але не значна потреба отримання кредитних коштів тоді $u_1 = 0{,}4$;
- a_{14} є потреба отримання кредитних коштів тоді $u_1 = 0{,}6$;
- a_{15} значна потреба отримання кредитних коштів тоді $u_1 = 0{,}8$;
- a_{16} пріоритетна потреба отримання кредитних коштів тоді $u_1 = 1$;

ТА внесення в банк депозитних коштів (група показників G_2):

- a_{21} не має потреби внесення депозитних коштів тоді $u_2 = 0$;
- a_{22} можливо буде потреба внесення депозитних коштів тоді $u_2 = 0{,}2$;
- a_{23} є, але не значна потреба внесення депозитних коштів тоді $u_2 = 0{,}4$;
- a_{24} є потреба внесення депозитних коштів тоді $u_2 = 0{,}6$;
- a_{25} значна потреба внесення депозитних коштів тоді $u_2 = 0{,}8$;
- a_{26} пріоритетна потреба внесення депозитних коштів тоді $u_2 = 1$;

ТОДІ логічне висловлювання можемо сформулювати наступним чином:

Якщо потреба в кредитних коштах A_1 та в депозитних коштах A_2 тоді $U=(u_1,u_2)$.

Далі знайдемо величини $Z_i=(z_{1i},z_{2i}), i=\overline{1,n}$ використовуючи наступний алгоритм.

На першому кроці знайдемо значення величин, що дозволить визначити найбільш близькі альтернативи до «вектора задоволення вимог»:

$$\mu(f_{1i}) = \frac{|t_1 - k_i|}{\max\{t_1 - \min_i k_i ; \min_i k_i - t_1\}},$$
$$\mu(f_{2i}) = \frac{|t_2 - d_i|}{\max\{t_2 - \min_i d_i ; \min_i d_i - t_2\}}, i=\overline{1,n}. \tag{9}$$

Далі обчислюємо величин $Z_i=(z_{1i},z_{2i}), i=\overline{1,n}$, що характеризують відносні оцінки близькості альтернатив до «вектора задоволення вимог» за кожною окремою ціллю G_1, G_2, що знімає питання різних шкал оцінювання:

$$Z_i = (1;1) - (\mu(f_{1i}); \mu(f_{2i})), i=\overline{1,n}. \tag{10}$$

В результаті, за отриманими оцінками вибираємо найкращу альтернативу:

$$X^* = \max_i Z_i^*, \quad Z_i^* = \sqrt{z_{1i}^2 + z_{2i}^2}, i=\overline{1,n}. \tag{11}$$

Отже, найкраще альтернативне рішення буде найближчим до «вектора задоволення вимог» за цілями G_1, G_2.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Проведено дослідження актуальної задачі розроблення багатокритеріальної моделі вибору банківської установи суб’єктом господарюванням при отриманні кредитних коштів, або внесення депозитних ресурсів з моделюванням нечітких знань на основі функцій належності для вхідних експертних оцінок за критеріями. При цьому отримано такі результати: вперше наведено модель багатокритеріальної задачі оцінювання та вибору альтернатив відносно груп цілей (активи і зобов'язання банків та стійкість банківської установи для безпечного вкладення депозитних коштів) та груп критеріїв у цілях; запропоновано модель розв'язку задачі багатокритеріального вибору альтернатив використовуючи «вектор задоволення вимог», що дозволить будувати ранжувальний ряд альтернатив представлених векторами оцінок.

До недоліків даних моделей можна віднести використання різних моделей згорток для отримання агрегованої оцінки, що може приводити до неоднозначності кінцевих результатів.

Розроблена модель буде корисним інструментом для обґрунтованого прийняття рішень та підвищення безпеки вибору альтернативного варіанту, використовуючи цільові потреби. Подальше дослідження проблематики вбачаємо у апробації розроблених моделей для інших прикладних задач.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кини Р. Принятие решения при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Кини., Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
4. Roy B. Multicriteria Methodology for Decision Aiding / B. Roy. – Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1996. – 320 p.
5. Кофман А. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями / А. Кофман, Х. Хил Алуха: Пер. с исп. - Мн.: Выш. шк., 1992. – 224 с.
6. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах: учеб. пособие / Ю.П. Зайченко. - К.: Слово, 2008. - 341с.
7. Згуровський М.З. Основи системного аналізу/ М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова. – К.: Видавнича група BHV, 2007. – 546 с.
8. Поліщук В.В. Нечіткі моделі і методи оцінювання кредитоспроможності підприємств та інвестиційних проектів: монографія / М.М. Маляр, В.В. Поліщук. – Ужгород : РА «АУТДОР-ШАРК», 2018. – 174 с.
9. Маляр М.М. Модель інформаційної технології оцінювання ризику фінансування проектів / М.М. Маляр, В.В. Поліщук, М.М. Шаркаді // РІУ. – Запоріжжя: ЗНТУ 2017. – 2017/2. – С. 44-52. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2017-2-5
10. Волошин О.Ф. Інформаційне моделювання нечітких знань / О.Ф. Волошин, М.М. Маляр, В.В. Поліщук, М.М. Шаркаді // РІУ. – Запоріжжя: ЗНТУ 2018. – 2018/4. – С. 84-95. https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-8
11. Мінфін. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://minfin.com.ua/banks/rating

REFERENCES

1. Kini, R. & Rayfa, KH. (1981). *Prinyatiye resheniya pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya [Decision making under many criteria: preferences and substitutions]*. M.: Radio i svyaz [in Russian].
2. Saati, T. (1993). *Prinyatiye resheniy. Metod analiza iyerarkhiy [Making decisions. The method of analysis of hierarchies]*. M.: Radio i svyaz [in Russian].
3. Zade, L. (1976). *Ponyatiye lingvisticheskoy peremennoy i yego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]*. M.: Mir [in Russian].
4. Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding.* Dordrecht: Kluwer Academic Publisher [in English].
5. Kofman, A. & Khil Alukha, KH. (1992). *Vvedeniye teorii nechetkikh mnozhestv v upravlenii predpriyatiyami [Introduction of the theory of fuzzy sets in enterprise management].* Mn.: Vysh. shk. [in Russian].
6. Zaychenko, Yu.P. (2008). *Nechetkiye modeli i metody v intellektualnykh sistemakh: ucheb. Posobiye [Fuzzy models and methods in intellectual systems: studies]*. K.: Slovo [in Ukrainian].
7. Zhurovskyy, M.Z. & Pankratova, M.Z. (2007). *Osnovy systemnoho analizu [Basics of system analysis].* K.: Vydavnycha hrupa VNV [in Ukrainian].
8. Polishchuk, V.V. & Malyar, M.M. (2018). *Nechitki modeli i metody otsinyuvannya kredytospromozhnosti pidpryyemstv ta investytsiynykh proektiv: monohrafiya [Fuzzy models and methods for assessing the creditworthiness of enterprises and investment projects: monograph]*. Uzhhorod: RA «AUTDOR-SHARK» [in Ukrainian].
9. Polishchuk ,V.V., Malyar, M.M. & Sharkadi, M.M. (2017). *Model informatsiynoyi tekhnolohiyi otsinky ryzyku finansuvannya proektiv [Model of information technology for risk assessment of project financing]*. RIU. – Zaporizhzhya: ZNTU., 2017/2, 44-52 [in Ukrainian].
10. Polishchuk, V.V., Malyar, M.M., Voloshyn, O.F. & Sharkadi, M.M. (2018). *Informatsiyne modelyuvannya nechitkykh znan [Information modeling of fuzzy knowledge].* RIU. – Zaporizhzhya: ZNTU., 2018/4, 84-95 [in Ukrainian].
11. Minfin [Minfin]. *minfin.com.* Retrieved from: https://minfin.com.ua/banks/rating/ [in Ukrainian].

Одержано 08.02.2019