

Олена ГЕЙДАРОВА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7253-893x>e-mail: geydarova@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ КРИЗИ

Розглянуто можливість прогнозування результатів прийняття управлінських рішень, використовуючи методи лінгвістичних векторних оцінок, нечіткого логічного висновку, нечіткого відношення переваг, максимінної згортки. Методика застосування методів методи лінгвістичних векторних оцінок, нечіткого логічного висновку, нечіткого відношення переваги, максимінної згортки оцінювання можливих значень управлінських рішень в умовах невизначеності (кризи). Визначено, що застосування даного методу, при більш простому математичному апараті, дозволяє оцінити можливі варіанти значень управлінських рішень при якісних вхідних параметрах в умовах кризи.

Ключові слова: управлінські рішення, невизначеність, оптимізація, нечіткі множини, методи лінгвістичних векторних оцінок, нечіткого логічного висновку, нечіткого відношення переваги, максимінної згортки.

Olena HEIDAROVA

Khmelnitskyi National University

APPLICATION OF FUZZY SET METHODS FOR MAKING MANAGEMENT DECISIONS IN CRISIS CONDITIONS

The possibility of forecasting the results of management decision-making using the methods of linguistic vector evaluations, fuzzy logical conclusion, fuzzy relation of preferences, maximin convolution is considered. The method of applying the methods of linguistic vector evaluations, fuzzy logical conclusion, fuzzy relation of advantages, maximum convolution evaluation of possible values of management decisions in conditions of uncertainty (crisis). It was determined that the application of this method, with a simpler mathematical apparatus, allows to evaluate the possible variants of the values of management decisions with quality input parameters in crisis conditions.

The technology of applying the maximin convolution method, the method of fuzzy preference ratio was studied, and a comparison of the method of fuzzy logical inference and linguistic vector estimates was made. The main advantages of using each of the above methods in making management decisions have been revealed. Disadvantages (limitations) regarding the use of the specified methods are identified.

Keywords: management decision-making, forecasting, managerial decisions, uncertainty, optimization, fuzzy sets, methods of linguistic vector estimation, fuzzy logical inference, fuzzy preference relation, maximin convolution.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В умовах масштабної економічної криз є актуальним вдосконалення механізму прийняття управлінських рішень. Сучасні підходи до управління організацією неможливо уявити без використання кількісних досліджень складних явищ та процесів, що відбуваються. Багато сучасних задач прийняття управлінських рішень характеризується наявністю невизначених факторів. Саме така ситуація відбиває об'єктивну недостатню інформованість особи, що приймає управлінські рішення, про можливі кількісні значення цих факторів. Крім того, вхідні параметри для прийняття управлінських рішень бувають як кількісні з допусками на відхилення, так і якісні. Класичні математичні методи, що традиційно застосовуються при прийнятті рішень, не дозволяють обробляти таку інформацію. Так, для прийняття рішень в умовах невизначеності Л. Заде запропонував підхід, заснований на теорії нечітких множин [1]. Тому в сучасних умовах використання теорії нечітких множин для прогнозування результатів прийняття управлінських рішень потребує деталізації.

Аналіз досліджень та публікацій

Одним із таких засобів з теорія нечітких множин, запропонована у Л. Заде. Дослідженням цього підходу займалися Б. Діаз, Р. Е. Беллман, А. Морілас, Д. Дюбуа, Р. Прад, Т. Л. Сааті, Ю. П. Зайченко, О. І. Ларічев, А. В. Матвійчук, С. О. Орловський, Д. О. Поспелов, О. П. Ротштейн та багато інших науковців.

Формулювання цілей статті

Метою цієї статті: є аналіз основних методів прийняття управлінських рішень теорії нечіткої логіки, що застосовуються управлінським персоналом у випадках кризових ситуації, а також в умовах обмеженості кількісної інформації та переважання якісних даних.

Виклад основного матеріалу

Управлінське рішення – це творчий процес вибору однієї або декількох альтернатив із безлічі можливих варіантів (стратегій) дій, спрямованих на досягнення поставлених цілей суб'єкта господарювання. Тобто рішення у сфері управління – це процес, що реалізується суб'єктом управління та визначає основні пріоритетні дії, спрямовані на вирішення поставленого завдання у фактичній чи спроектованій ситуації. Управлінське рішення в широкому значенні розглядається, як акт реалізації влади з вибором альтернативного способу дій у конкретній ситуації. На підставі управлінського рішення визначається, хто і як має здійснити, в які терміни, з якими витратами всіх видів ресурсів, в якій послідовності, при якому розподілі обов'язків, прав та відповідальності, які методи контролю, які результати та наслідки прогножуються.

Актуальність дослідження всіх груп методів прийняття управлінських рішень в умовах кризової ситуації обумовлена наступними особливостями:

- ✓ загальною характеристикою всієї сукупності наукових методів прийняття управлінських рішень;
- ✓ визначенням кращої області застосування кожної групи методів (окремого методу) у залежності від типу управлінського рішення та досвіду керівника;
- ✓ умов, у яких приймаються управлінські рішення.

Вибір кожної групи методів для обґрунтування управлінських рішень повинен включати: аналіз управлінської ситуації щодо її змісту, можливості формалізації та структурування проблемної ситуації; вибір групи методів для пошуку оптимального (ефективного) варіанта вирішення проблеми; визначення правил і умов, за яких застосовуються обрані групи методів прийняття управлінських рішень. Згідно з сучасною класифікацією управлінської науки, проблеми, що виникають в системі управління (особливо в умовах кризи) суб'єктами господарювання досить часто належать до слабоструктурованих та неструктурованих. Обираючи ту чи іншу групу методів прийняття управлінських рішень, доцільно враховувати як тип проблемної ситуації, так і умови прийняття управлінських рішень (таблиця 1) [3].

Таблиця 1

Типізація проблем у суспільних системах та методи їх вирішення

Тип проблеми	Характеристика проблеми	Основні методичні підходи	Аналітичні методи
Добре структуровані	Залежності між елементами проблеми (які є суттєвими) можуть бути відображені у кількісній формі	- програмовані рішення; - нормативна теорія прийняття рішень; - модель поведінки «економічної людини» в сучасному світі	Дослідження операцій Сітьові методи Графічні методи Лінійне програмування Нелінійне програмування Динамічне моделювання Математичне моделювання Методи теорії масового обслуговування
Слабо структуровані	Проблема містить елементи як кількісного, так і якісного характеру	Системний аналіз: - не програмовані рішення; - моделювання; - моделі поведінки як «економічної людини», так і «адміністративної людини»	Евристичні методи Системний аналіз Математичне моделювання Методи оптимізації Методи теорії ігор Імітаційне моделювання Аналіз «витрати-випуск» Експертні методи Метод дерева цілей Методи стратегічного аналізу
Неструктуровані	Проблема містить тільки якісний опис найважливіших елементів, кількісні залежності між якими не визначені	Аналіз політики: - непрограмовані рішення; - програмний аналіз; - модель поведінки «адміністративної людини»	Евристичні методи Системний аналіз Статистичні методи аналізу Аналіз чутливості Метод сценаріїв Соціальні експерименти Метод дерева цілей Методи соціології та соціальної психології Експертні методи

Отже, прийняття кожного управлінського рішення можна визначити як процес, початок якого настає з моменту виникнення проблеми, яку потрібно вирішити та завершується вибором рішення (дії), спрямованої на вирішення ситуацій в проблемних ситуаціях. Оскільки в умовах кризи суб'єкт господарювання в основному володіє нечіткою, переважно кількісною, інформацією, доцільно залучити теорію нечіткої логіки (нечітких множин).

Першим серйозним кроком в цьому напрямку була теорія нечітких множин, розроблена доктором Лотфі Заде. Його робота «Fuzzy Sets» з'явилася в 1965 році в журналі «Information and Control». Вона

заклала основи моделювання інтелектуальної діяльності людини і стала поштовхом до розвитку нової області науки – «fuzzy logic» (fuzzy – нечіткий, розмитий, м'який).

В умовах мінливого стану зовнішнього середовища снують різні способи математичної обробки нечіткої інформації [2]: метод максимінної згортки, метод адитивної згортки, метод нечіткого відношення переваги, метод нечіткого логічного висновку, метод лінгвістичних векторних оцінок та ін.

Метод максимінної згортки та метод адитивної згортки відносяться до методів оптимізації, застосування яких вимагає наступної послідовності:

- 1) вибір та визначення критерію оптимізації;
- 2) визначення проектних параметрів;
- 3) побудова цільової функції;
- 4) визначення обмежень;
- 5) вибір методу розв'язання оптимізаційної задачі.

В залежності від того, як поєднуються критерії в узагальненій критерії оптимізації, можна виділити наступні види: адитивний критерій, максимінний (мінімаксний) критерій та мультиплікативний критерій. Вибір методу оптимізації залежить від виду цільової функції, яка залежить від об'єкту оптимізації, його структури, математичних описом, а також наявністю вхідної кількісної та якісної інформації. Також враховується складність проблеми, що розв'язується, і тому задача в більшості випадків є багатокритеріальною. При цьому критерії можуть бути взаємно нейтральними, ті, які кооперуються для досягнення визначеної мети, або навіть суперечити один одному. Саме останнім приділяється найбільша увага.

В цьому методі експертні переваги представлені за допомогою нечітких чисел, що мають функції належності трикутного вигляду (рис. 1).

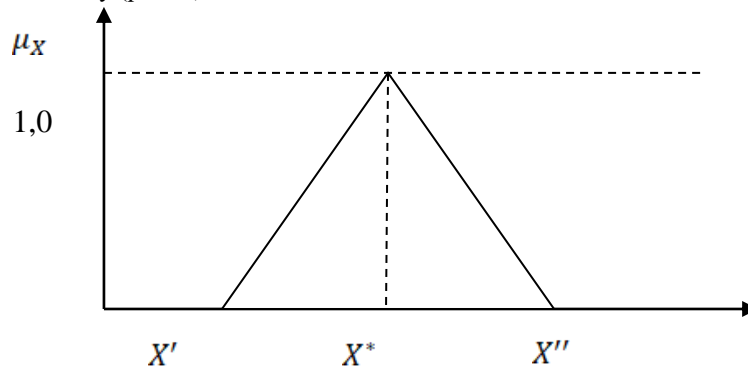


Рис. 1. Функції належностей термів рівня критеріїв трикутного виду:
 X' – нижче середнього; X^* – середнє значення; X'' – вище середнього

При багатокритеріальній оптимізації є безліч альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ і безліч критеріїв $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, при цьому оцінка j -ї альтернативи за i -м критерієм представлена нечітким числом R_{ij} , а відносна важливість i -го критерію задається коефіцієнтом $i = 1, 2, \dots, n$. Якщо коефіцієнти a нормовані, то зважена оцінка j -ї альтернативи обчислюється за формулою

$$R_i = \sum_{j=1}^n a_j R_{ij}. \quad (1)$$

Якщо функції приналежності $\mu_{R_{ij}}(r_{ij})$ і $\mu_{a_i}(a_i)$ мають трикутний вигляд, то для них, як і для нечіткого числа X , вершина X^* , а також ліва X' та права X'' межі визначаються такими співвідношеннями:

$$\forall \delta: \mu(X) = 0; \mu(X - \delta) = 0; \mu(X + \delta) \neq 0 \quad (2)$$

$$\forall \delta: \mu(X) = 0; \mu(X - \delta) \neq 0; \mu(X + \delta) \neq 0; \leq \mu(X^*) = 1. \quad (3)$$

Зважена оцінка j -ї альтернативи R_j є результатом лінійної комбінації нечітких чисел і матиме функцію приналежності трикутного виду. Вершину та межі нечіткого числа $Z = X \times Y$, отриманого в результаті операцій складання або множення (символ \times позначає узагальнену операцію), можна обчислити наступним чином:

$$Z' = X' \times Y'; Z'' = X'' \times Y''; Z^* = X^* \times Y^*. \quad (4)$$

Ранжування альтернатив з використанням отриманих зважених оцінок можливе на основі їх нечіткої композиції:

$$\mu_j(j) \sup \min \mu_{R_j}(r_j) \quad (5)$$

Тут $\mu_j(j)$ – нечітка множина альтернатив, що відповідають поняттю «найкраща альтернатива». Кращою вважають альтернатива, що має найбільше значення $\mu_j(j)$.

Пріоритет кожної альтернативи обчислюється шляхом вибору мінімуму серед точок перетину правого кордону відповідного їй нечіткого числа R_j з межами нечітких чисел, що представляють зважені оцінки альтернатив, розташованих правіше на числовій осі (що задовольняють умові $r_k > r_j$). При цьому передбачається, що правий кордон області визначення нечітких чисел відповідає найкращим оцінкам, а лівий – найгіршим.

Ще одним з методів багатокритеріального вибору найкращого варіанта рішення (альтернативи) є метод нечіткого відношення переваги. При цьому використовуються певні визначення:

1) Нечітким відношенням R на множині A є нечітка підмножина декартового добутку $A \times A$, який характеризується функцією належності $\mu_R: A \times A \rightarrow [0,1]$. Значення $\mu_R(a, b)$ цієї функції визначається як ступінь виконання відношення $a \wedge b$.

2) Нечітким відношенням переваги на A є будь-яке задане на цій множині рефлексивне нечітке відношення, функція належності якого обчислюється так:

3)

$$\mu_{R^s}(a, b) = \begin{cases} \mu_R(a, b) = \mu_R(b, a), & \text{якщо } \mu_R(a, b) \geq \mu_R(b, a) \\ 0 & \text{якщо } \mu_R(a, b) \leq \mu_R(b, a) \end{cases} \quad (6)$$

4) Нехай A - безліч альтернатив і μ_R - задане на ньому нечітке відношення переваги. Нечітке підмножина недовінованих альтернатив множини (A, μ_R) описується функцією приналежності:

5)

$$\mu_R^* = 1 - \sup (\mu_{R^s}(b, a) - \mu_{R^s}(a, b)), \quad a \in A. \quad (7)$$

6) Чітко недовінованими називаються альтернативи, для яких $\mu_R^* = 1$, а безліч таких альтернатив

$$A^* = \{a | a \in A, \mu_R^* = 1\}. \quad (8)$$

7) Носієм нечіткої множини B з функцією приналежності $\mu_B(a)$ є множина $\{a | a \in A, \mu_R > 0\}$. Послідовність застосування цього методу наступна.

1. Будується нечітке відношення Q_1 , яке є перетином вихідних відносин переваги:

$$\mu_{Q_1}(a, b) = \min(\mu_{R_1}(a, b), \dots, \mu_{R_m}(a, b)). \quad (9)$$

і визначається нечітке підмножина недовінованих альтернатив у множині (A, μ_{Q_1}) .

2. Будується нечітке відношення Q_2

$$\mu_{Q_2}(a, b) = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{R_j}(a, b). \quad (10)$$

і визначається нечітке підмножина недовінованих альтернатив у множині (A, μ_{Q_2})

$$\mu_{Q_2}^*(a) = 1 - \sup (\mu_{Q_2}(b, a) - \mu_{Q_2}(a, b)). \quad (11)$$

Ця функція впорядковує альтернативи за рівнем їхньої недовінованості. Числа w_j у наведеному вище згортці є коефіцієнтами відносної важливості аналізованих критеріїв, для яких виконуються такі умови:

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad w_j \geq 0, \quad j = \overline{1, m}. \quad (12)$$

3. Знаходиться перетин множин $\mu_{Q_1}^*$ та $\mu_{Q_2}^*$

$$\mu^*(a) = \min(\mu_{Q_1}^*(a), \mu_{Q_2}^*(a)). \quad (13)$$

4. Раціональним вважається вибір альтернатив з множини

$$A^* = \{a' | a' \in A, \mu^*(a') = \sup \mu^*(a)\}. \quad (14)$$

Найбільш раціональною альтернативою з множини A^* є та, яка має максимальний ступінь недомінованості.

Наступним розглянемо метод нечіткого логічного висновку. Сутність методу полягає в наступному. Нехай U - безліч елементів, A - його нечітка підмножина, ступінь належності елементів якого є число з одиничного інтервалу $[0, 1]$. Підмножини A_j є значеннями лінгвістичної змінної X .

Так, множина рішень характеризується набором критеріїв x_1, x_2, \dots, x_p , тобто. лінгвістичних змінних, заданих на базових множинах u_1, u_2, \dots, u_p відповідно. Наприклад, змінна x_1 «якість» може мати значення НИЗЬКА, а змінна x_2 «собівартість» - значення СЕРЕДНЯ і т. д. Набір з кількох критеріїв з відповідними значеннями характеризує уявлення особи, яка приймає рішення, про задовільність альтернативи. Змінна S «задовільність» також є лінгвістичною. Далі формується матриця знань, яка враховує всі можливі критерії, їх можливий стан, а також формується кінцевий діагноз d . Більш детально застосування даного методу наведено у роботі [5]. В кінцевому випадку особі, що приймає рішення, надається можливість побудувати дерево рішень на підставі проведених розрахунків (рис. 2).

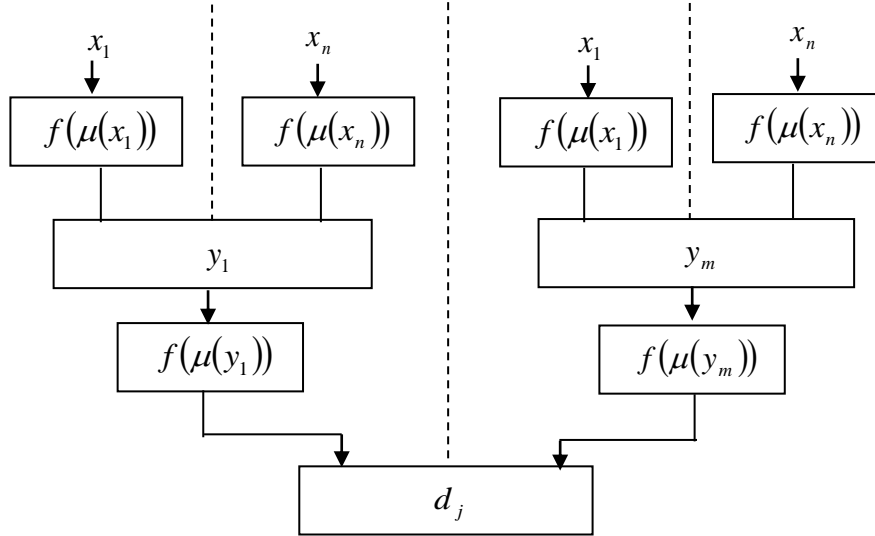


Рис. 2. Дерево рішень при багатокритеріальному виборі

Ще одним із методів теорії нечіткої логіки є метод лінгвістичних векторних оцінок, який також може бути використаний за наявності якісної вхідної інформації [6].

В цьому методі, як і в інших методах нечіткої логіки, задаються функції належності термів вхідних параметрів і складається матриця знань, в якій кожному набору термів вхідних параметрів відповідає свій результат (альтернатива, діагноз). Суть даного методу полягає в обчисленні оцінки переваги кожної альтернативи відносно інших.

Для цього спочатку визначаються функції належності $\mu_{<}$ з використанням формул:

$$\mu_{<}(s_j, s_k) = \sum_{i=1}^{n-1} (v_{x_j}(x_i)(1 - w_{s_k}(x_{i+1}))), \quad (15)$$

де $v_s(x)$ – ймовірність того, що в якості точного значення нечіткого числа S використовується величина x ;

$w_s(x)$ – ймовірність того, що в якості точного значення нечіткого числа S використовується величина $y < x$:

$$v_s(x) = \mu_s(x) / \sum_{y \in S} \mu_s(y); w_s(x) = \sum_{y \in S, y < x} v_s(y). \quad (16)$$

Далі обчислюється нечітке відношення порядку μ_{\geq} :

$$\mu_{\geq}(s_j, s_k) = 1 - \mu_{<}(s_j, s_k) \quad (17)$$

і здійснюється оптимізація.

Серед мінімальних значень μ_{\geq} кращою буде альтернатива, що має найбільше значення.

Математичний апарат цього методу більш простий порівняно з математичним апаратом методу нечіткого логічного висновку, тому є доцільним розглянути можливість його застосування для прогнозування результатів управлінських рішень за умови наявності якісних вхідних параметрів.

Таблиця 2

**Переваги та недоліки застосування методів теорії нечіткої логіки
в процесі прийняття управлінських рішень**

Метод	Переваги	Недоліки
Метод максимінної згортки	Можливість визначити єдиний оптимальний варіант вирішення проблеми Можливість дослідження слабоструктурованих рішень шляхом зміни вагових коефіцієнтів	Суб'єктивізм у визначенні вагових коефіцієнтів Складність у розрахунках Реалізація «песимістичного підходу» у прийнятті рішень
Методом нечіткого відношення переваги	Широко використовується в процесі прогнозування Введення нових альтернатив не змінює порядок ранжування результатів	Не використовується для вирішення однокритеріальних задач Складність у розрахунках «Нормування» вагових коефіцієнтів
Метод лінгвістичних векторних оцінок	Простіший математичний апарат у порівнянні з іншими методами Оцінка альтернатив за однокритеріальним підходом	Слабка стійкість результатів відносно вихідних даних Реалізація «песимістичного підходу» у прийнятті рішень
Метод нечіткого логічного висновку	Можливість побудови «дерева рішень» для обраних альтернатив Евристичний підхід	Залежність результатів від підходів до прийняття рішень Слабка стійкість результатів відносно вихідних даних

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В статті досліджено технологію застосування методу максимінної згортки, методу нечіткого відношення переваг, проведено порівняння методу нечіткого логічного висновку та лінгвістичних векторних оцінок. Розкрито основні переваги використання кожного з наведених методів у прийнятті управлінських рішень. Визначено недоліки (обмеження) щодо використання вказаних методів.

Література

1. Заде Л. Поняття лінгвістичної змінної та її застосування до прийняття наближених рішень. https://platona.net/load/knigi_po_filosofii/logika/lotfi_zade_ponjatje_lingvisticheskoj_peremennoj_i_ego_primenenie_k_prinjatiju_priblizhennykh_reshenij/18-1-0-363
2. Андрійчиков А.В., Андрійчикова О.М. Аналіз, синтез, планування рішень в економіці. <http://elib.kstu.kz/fulltext/Skan/andreychikov%20a.v.,%20andreychikova%20o.n.%20-%20analiz,%20sintez,%20planirovanie%20resheniy%20v%20ekonomike%202000.pdf>
3. Гейдарова О.В. Методи прийняття управлінських рішень у публічній сфері. Матеріали I міжрегіональної науково-практичної конференції «Проблеми публічного управління та адміністрування на регіональному рівні» / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. ФОП Паляниця В. А., 2019. С. 67-69
4. Косенкова О.В. Прогнозування результатів діяльності підприємства на нечіткій логіці. Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. пр. Вип. 123. Дніпропетровськ : ДНУ, 2002. С. 63–72.
5. Гейдарова О.В. Особливості застосування теорії нечіткої логіки в процесі прийняття інноваційних рішень. Проблеми економіки. Дніпропетровськ. 2010, Т. 2. № 2. С. 1125–1129.
6. Гейдарова О.В. Застосування методу лінгвістичних векторних оцінок для прийняття інноваційних рішень. Вісник Хмельницького національного університету, № 3, Т. 2, 2011. С. 248–250.
7. Гейдарова О.В., Паук В.П. Інформаційні технології у моделюванні процесів прийняття рішень на підприємстві. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. – С. 228–230.

References

1. Zade L. Poniattia lnhvistychnoi zminnoi ta yii zastosuvannia do pryiniattia nablyzhenykh rishen. https://platona.net/load/knigi_po_filosofii/logika/lotfi_zade_ponjatje_lingvisticheskoj_peremennoj_i_ego_primenenie_k_prinjatiju_priblizhennykh_reshenij/18-1-0-363
2. Andriichikov A.V., Andreichikova O.M. Analiz, syntez, planuvannia rishen v ekonomitsi. <http://elib.kstu.kz/fulltext/Skan/andreychikov%20a.v.,%20andreychikova%20o.n.%20-%20analiz,%20sintez,%20planirovanie%20resheniy%20v%20ekonomike%202000.pdf>
3. Heidarova O.V. Metody pryiniattia upravlynskykh rishen u publichni sferi. Materialy I mizhrehionalnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Problemy publichnoho upravlinnia ta administruvannia na rehionalnomu rivni» / Ternopil'skyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Ivana Puliuia. FOP Palianytsia V. A., 2019. S. 67-69
4. Kosenkova O.V. Prohnozuvannia rezultativ diialnosti pidpryemstva na nechtikoi lohitsi. Ekonomika: problemy teorii ta praktyky : zb. nauk. pr. Vyp. 123. Dnipropetrovsk : DNU, 2002. S. 63-72.
5. Heidarova O.V. Osoblyvosti zastosuvannia teorii nechtikoi lohiky v protsesi pryiniattia innovatsiinykh rishen. Problemy ekonomiky. Dnipropetrovsk. 2010, T. 2. № 2. S. 1125-1129.
6. Heidarova O.V. Zastosuvannia metodu lnhvistychnykh vektornykh otsinok dlia pryiniattia innovatsiinykh rishen. Herald of Khmelnytskyi National University, № 3, T.2, 2011. S. 248–250
7. Heidarova O.V., Paiuk V.P. Informatsiini tekhnolohii u modeliuanni protsesiv pryiniattia rishen na pidpryemstvi. Herald of Khmelnytskyi National University. 2018. – S. 228–230