http://doi.org/10.35668/2520-6524-2022-2-06
УДК 51

**Є. І. КЛЮЄВ,** канд. техн. наук,
**С. В. ЗАСАНСЬКА,** канд. екон. наук, доц.
**Д. О. МІХАЙЛЕНКО,** студент
**К. Є. КЛЮЄВА,** аспірантка

# ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБ’ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

***Резюме.*** *Стаття присвячена визначенню належності певного об’єкта (елемента) до заданої множини. У статті розглянуто основні етапи обґрунтування вибору об’єктів дослідження ($O_n$), які залежать від поставленої мети (наприклад, претендентів на посаду, ($O_n$ — об’єкт n)), що відповідають вимогам організацій ($O_l$), ($O_l$ — об’єкт l). У процесі формування списку об’єктів $O_n$ використано апарат матриць, експертний метод і засоби теорії нечітких множин. У порівнянні з отримуваними в разі загальноприйнятих алгоритмів управління — нечітке управління в певних випадках дає кращі результати, що експериментально доведено багатьма науковими дослідженнями. Запропонований підхід можна використовувати під час оцінки ефективності різних об’єктів дослідження. Нечітке управління особливо корисне, коли технологічні процеси занадто складні для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів, або коли доступні джерела інформації інтерпретуються на якісному рівні неточно чи невиразно. Для автоматизації розрахунків запропоновано використовувати програмне забезпечення, яке має відповідати й бути написано на мові PHP з використанням бази даних My SQL.*

***Ключові слова:*** *модель, об’єкт, теорія нечітких множин, ознаки, функція приналежності, бінарне відношення, матриця, експертний метод, ефективність, алгоритм управління.*

## ВСТУП

У статті розглянуто основні етапи обґрунтування вибору об’єктів (наприклад, претендентів на посаду ($O_n$ — об’єкт $n$)), що задовольняють вимогам організацій ($O_l$), ($O_l$ — об’єкт $l$). Під час формування списку об’єктів *On* буде використано апарат матриць, експертний метод і засоби теорії нечітких множин.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У статті запропоновано один із можливих варіантів оцінки ефективності вибору об’єктів дослідження на підставі використання експертного методу й апарату теорії нечітких множин. Цей підхід може бути застосований для дослідження будь-яких об’єктів. Окрім того, розв’язано проблему спільного використання якісних і кількісних показників, а також вирішено питання використання програмного продукту в режимі онлайн.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Нині опубліковано достатньо літературних джерел, пов’язаних із проблемою використання апарату нечітких множин [1; 2; 5; 6].

Основоположником теорії нечітких множин і нечіткої логіки був відомий американський математик Лотфі Заде, який ще наприкінці 1960-х років у своїх працях (зокрема “Fuzzy Sets”) опублікував головні постулати нової математичної теорії. Ця галузь науки пояснювала нечіткі та наближені міркування, що використовувалися для опису людиною процесів, систем та об’єктів. Математична теорія нечітких множин і нечітка логіка є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки. Проте, питанням практичного використання апарату нечітких множин та експертного методу під час оцінки ефективності об’єктів дослідження приділено недостатньо уваги. Тому, спираючись на попередні дослідження [1; 2; 4; 6] у статті розглянуто метод щодо реалізації одного з можливих підходів розв’язання проблеми оцінки ефективності об’єктів дослідження на підставі нечітких множин і теорії можливостей відповідно до поставлених задач. Також розглянуто питання практичного використання цього підходу, які заплановано реалізувати в майбутньому.

**Мета** пропонованої увазі статті полягає в тому, щоб за допомогою засобів теорії нечітких множин показати на прикладі можливості вибору об'єктів дослідження та оцінку досліджуваних показників.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянемо модель — загальну модель оцінки можливостей об'єкта ($O_n$).

У моделі прийнято такі припущення:

1. Існує ринок працевлаштування;
2. Нехай на ринку присутня деяка кількість конкуруючих організацій $z_1,z_2,\dots,z_m$;
3. Конкурентні організації випускають однакову продукцію (проєкт);
4. Об'єкти $O_n$ і $O_l$ характеризуються певним набором ознак;
5. Ступені важливості ознак об'єктів дослідження ($O_n$ і $O_l$) формуються за допомогою експертного методу й апарату теорії нечітких множин;
6. Одна організація має перевагу перед іншою, якщо її ознаки ($O_l$) за ступенем важливості більш значущі щодо іншої організації (наприклад, $O_{l-1}$) або комплексний показник ($O_{n-1}$) задовольняє відповідні вимоги організації (наприклад, $O_{l-1}$).

Нехай $X=(x_1,x_2,\dots,x_k)$ безліч претендентів посаду в організації. $Y=(y_1,y_2,\dots,y_p)$ безліч ознак, що визначають вимоги організації ($z_m$) до претендентів на посаду в організації. $Z=(z_1,z_2,\dots,z_m)$ — множина організацій.

Нехай $\Phi_R:X\cdot Y\to[0,1]$ є функція приналежності нечіткого бінарного відношення $R$. Для всіх $X=(x_1,x_2,\dots,x_k)$ і всіх $Y=(y_1,y_2,\dots,y_p)$ функція $\Phi_R(x,y)$ — визначає ступінь відповідності ознаці $y_p$, претендента (наприклад, претендента $x_k$) на посаду в організації $Z$. Відношення $R$ можна представити в матричній формі:

$$\begin{array}{cc} & \begin{matrix} y_1 & y_2 & \cdots & y_p; \end{matrix} \\ R=\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \Phi_R(x_1,y_1) & \Phi_R(x_1,y_2) & \cdots & \Phi_R(x_1,y_p) \\ \Phi_R(x_1,y_1) & \Phi_R(x_2,y_2) & \cdots & \Phi_R(x_2,y_p) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \Phi_R(x_n,y_1) & \Phi_R(x_n,y_2) & \cdots & \Phi_R(x_n,y_p) \end{bmatrix}. \end{array} \quad (1)$$

Нехай $\pi:Y\cdot Z\to[0,1]$ є функція приналежності нечіткого бінарного відношення $S$. Для всіх $Y=(y_1,y_2,\dots,y_p)$ та всіх $Z=(z_1,z_2,\dots,z_m)$, де $\pi_S(y,z)$ ступінь сумісності організації з ознакою (наприклад) у матричній формі має такий вигляд:

$$\begin{array}{cc} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & \cdots & z_m; \end{matrix} \\ S=\begin{matrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} \pi_S(y_1,z_1) & \pi_S(y_1,z_2) & \cdots & \pi_S(y_1,z_m) \\ \pi_S(y_2,z_1) & \pi_S(y_2,z_2) & \cdots & \pi_S(y_2,z_m) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \pi_S(y_p,z_1) & \pi_S(y_p,z_2) & \cdots & \pi_S(y_p,z_m) \end{bmatrix}. \end{array} \quad (2)$$

Тепер можна отримати матрицю $T$:

$$\begin{array}{cc} & \begin{matrix} z_1 & z_2 & \cdots & z_m; \end{matrix} \\ T=\begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu_{A_1}(x_1,z_1) & \mu_{A_2}(x_1,z_2) & \cdots & \mu_{A_m}(x_1,z_m) \\ \mu_{A_1}(x_2,z_1) & \mu_{A_2}(x_2,z_2) & \cdots & \mu_{A_m}(x_2,z_m) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \mu_{A_2}(x_n,z_1) & \mu_{A_2}(x_n,x_2) & \cdots & \mu_{A_m}(x_n,z_m) \end{bmatrix}. \end{array} \quad (3)$$

Її елементи визначаються за допомогою такої функції приналежності:

$$\mu_{A_i}(x,z_i)=\frac{\sum_y \Phi_R(x,y)*\pi_S(y,z_i)}{\sum_y \Phi_R(x,y)} \text{ для всіх } x\in X, \text{ и } z\in Z. \quad (4)$$

Сума $\sum_y \Phi_R(x,y)$ дорівнює ступеню нечіткої підмножини [1; 4; 5], що вказує на перелік ознак $y$, які використовуються для оцінки вимог організації до претендента, а $\mu_{A_i}(x,z_i)$ можна інтерпретувати як ступень уподобання організації $z_i$ до претендента на посаду $x$ в організації $z_i$. Функція уподобання, що описується рівнянням (4), задовольняє визначення опуклої нечіткої підмножини $\mu_{A_i}[\lambda(x_1,z_i)+(1-\lambda)(x_2,z_i)\geq\min[\mu_{A_i}(x_1,z_i),\mu_{A_i}(x_2,z_i)]$ для всіх $x_1$ $\mu_{A_i}(x_1,z_i)$ та $x_2$ всіх $z_1\in Z$ та всіх $\lambda\in[0,1]$ (5).

Оскільки всі $\mu_{A_i}(x_2,z_i)$ випуклі, їх перетин також випуклі функції. Таким чином, можна побудувати матриці $W$:

$$W=\begin{vmatrix} \mu_{A_i}(x_1,z_1)\wedge\mu_{A_i}(x_1,z_2)\wedge\dots\wedge\mu_{A_{m-1}}(x_1,z_{m-1})\wedge\mu_{A_m}(x_1,z_m) \\ \mu_{A_i}(x_2,z_1)\wedge\mu_{A_i}(x_2,z_2)\wedge\dots\wedge\mu_{A_{m-1}}(x_2,z_{m-1})\wedge\mu_{A_m}(x_2,z_m) \\ \dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots\;\dots \\ \mu_{A_i}(x_n,z_1)\wedge\mu_{A_i}(x_n,z_2)\wedge\dots\wedge\mu_{A_{m\,x-1}}(x_n,z_{m-1})\wedge\mu_{A_m}(x_n,z_m) \end{vmatrix}. \quad (6)$$

Поріг, що поділяє приналежність об'єкта $O_n$ до об'єкта $O_l$ може бути обмежений умовою:

$$l<\min_{ij}\max_x \min[\mu_{A_i}(x,z_i),\mu_{A_i}(x,z_j)]. \quad (7)$$

Якщо поріг $l$ обраний, то $M_i$, $i=1,2\dots m$, приналежність об'єкта $O_n$ до об'єкта $O_l$ може бути описана такою рівневою множиною:

$$M_i=\{(x \mid \mu_{A_i}(x)\geq\min_{ij}\max_x \min[\mu_{A_i}(x,z_i),\ \mu_{A_i}(x,z_j)]\} \quad (8)$$

для всіх $x\in M_i$.

*Приклад.*

Нехай $x=\{x_1,x_2,\dots x_{12},\}$ множина претендентів, які оголосили про своє бажання працювати у відповідній організації, $z=\{z_1,z_2,z_3,z_4,\}$ множина організацій, які оголосили конкурс на роботу в організації, $y=\{y_1,y_2,y_3,y_4,\}$ множина ознак, що визначає вимоги організацій до претендентів на посаду в організації. Кожне значення в матриці змінюється в інтервалі [0, 1]. Чим ближче значення до одиниці, тим більш значуще значення в матриці *R* чи *S*. Під час формування чисельних значень матриць *R* та *S* використовують експертний метод та апарат теорії нечітких множин [1; 2; 3; 6].

Нехай матриця *R* нечіткого бінарного відношення має такий вигляд:

$$R = \begin{array}{cc} \cdot & \begin{matrix} y1 & y2 & y3 & y4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \\ x6 \\ x7 \\ x8 \\ x9 \\ x10 \\ x11 \\ x12 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.8 & 0.4 & 0.5 & 0.9 \\ 0.7 & 0.3 & 0.4 & 0.8 \\ 0.5 & 0.8 & 0.8 & 0.2 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.6 & 0.7 & 0.8 & 0.5 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{array}. \qquad (9)$$

У цій матриці елементи кожного рядка виражають відносні ступені значущості ознак претендентів на посаду в організації. Значення для матриці *R* і *S* формуються за допомогою експертного методу й апарату теорії нечітких множин [1; 2; 3; 5; 6].

Чим вище значення показника, тим більш істотною є ознака.

Нехай елементи кожного стовпця матриці *S* є показниками значущості ознак (наприклад, знання методів прогнозування), тобто стовпці матриці визначають вимоги організацій до претендентів на посаду. Дані для матриці *S* також формуються за допомогою експертного методу й апарату теорії нечітких множин.

$$S = \begin{array}{cc} \cdot & \begin{matrix} z1 & z2 & z3 & z4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} y1 \\ y2 \\ y3 \\ y4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0.5 & 0.7 \\ 0.5 & 0.9 & 0.6 & 0.6 \\ 0.4 & 0.9 & 0.5 & 0.4 \\ 0.8 & 0.1 & 0.5 & 0.6 \end{bmatrix} \end{array}. \qquad (10)$$

Використовуючи вихідні дані матриць *R* і *S* формується матриця *T*, застосувавши при цьому рівняння (4).

$$T = \begin{array}{cc} \cdot & \begin{matrix} z1 & z2 & z3 & z4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \\ x6 \\ x7 \\ x8 \\ x9 \\ x10 \\ x11 \\ x12 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.9 & 0.1 & 0.5 & 0.7 \\ 0.5 & 0.9 & 0.6 & 0.6 \\ 0.4 & 0.9 & 0.5 & 0.4 \\ 0.8 & 0.1 & 0.5 & 0.6 \\ 0.65 & 0.5 & 0.525 & 0.575 \\ 0.708 & 0.377 & 0.515 & 0.592 \\ 0.718 & 0.355 & 0.514 & 0.595 \\ 0.578 & 0.657 & 0.535 & 0.552 \\ 0.65 & 0.5 & 0.525 & 0.575 \\ 0.619 & 0.562 & 0.527 & 0.562 \\ 0.65 & 0.5 & 0.525 & 0.575 \\ 0.6 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \end{array}. \qquad (11)$$

Таким чином, з матриці *T* отримуємо матрицю *W:*

$$W = \begin{array}{cc} \cdot & \begin{matrix} z1,2 & z1,3 & z1,4 & z2,3 & z2,4 & z3,4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \\ x6 \\ x7 \\ x8 \\ x9 \\ x10 \\ x11 \\ x12 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.7 & 0.1 & 0.1 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.6 & 0.6 & 0.6 \\ 0.4 & 0.4 & 0.4 & 0.5 & 0.4 & 0.4 \\ 0.1 & 0.5 & 0.6 & 0.1 & 0.1 & 0.5 \\ 0.5 & 0.525 & 0.575 & 0.5 & 0.5 & 0.525 \\ 0.377 & 0.515 & 0.592 & 0.377 & 0.377 & 0.515 \\ 0.355 & 0.514 & 0.595 & 0.355 & 0.355 & 0.514 \\ 0.578 & 0.535 & 0.552 & 0.535 & 0.552 & 0.535 \\ 0.5 & 0.525 & 0.575 & 0.5 & 0.5 & 0.525 \\ 0.562 & 0.527 & 0.562 & 0.527 & 0.562 & 0.527 \\ 0.5 & 0.525 & 0.575 & 0.5 & 0.5 & 0.525 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \end{array}. \qquad (12)$$

Спираючись на інформацію, що міститься в матриці *W*, отримуємо:

$\max_x \min [\mu A_1 (x, z_1), \mu A_2 (x, z_2)] = 0{,}578;$

$\max_x \min [\mu A_1 (x, z_1), \mu A_3 (x, z_3)] = 0{,}535;$

$\max_x \min [\mu A_1 (x, z_1), \mu A_4 (x, z_4)] = 0{,}7;$

$\max_x \min [\mu A_2 (x, z_2), \mu A_3 (x, z_3)] = 0{,}6;$

$\max_x \min [\mu A_2 (x, z_2), \mu A_4 (x, z_4)] = 0{,}6;$

$\max_x \min [\mu A_3(x, z_3), \mu A_4 (x, z_4)] = 0{,}6.$

Вочевидь, що 0,535 — мінімальна з підрахованих величин. Тепер із матриці *T* вибираємо *l* найбільше можливе значення, яке було б менше 0,535 і отримуємо, що *l* = 0,527. Застосовуємо це значення як поріг відмінності та визначаємо претендентів на посаду в організаціях.

Поріг поділу *l* = 0,527;

$Q_1 = \{x_1, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}\};$

$Q_2 = \{x_2, x_3, x_8, x_{10}\};$

$Q_3 = \{x_2, x_8, x_{10}\};$

$Q_4 = \{x_1, x_2, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}\}.$

На **рис. 1** представлено збільшену блок-схему, за допомогою якої можна в режимі онлайн розрахувати основні досліджувані показники та визначити претендентів на посаду, що відповідають вимогам організацій.

Робота алгоритму починається з формування множин *X, Y, Z.* Дані формуються за допомогою експертного методу й апарату нечітких множин. Для роботи алгоритму формуються матриці *R* і *S*. На підставі матриць *R, S* формується матриця *T* і проводяться обчислення, які заносяться в матрицю *W*, у якій формується граничне значення відмінності претендентів на посаду в організації. Використовуючи формулу (5), формуємо перелік претендентів, які відповідають вимогам організацій. Залежно від поставленої задачі дослідження об'єктів отримуємо результат, який може бути використано для прийняття відповідних управлінських рішень.

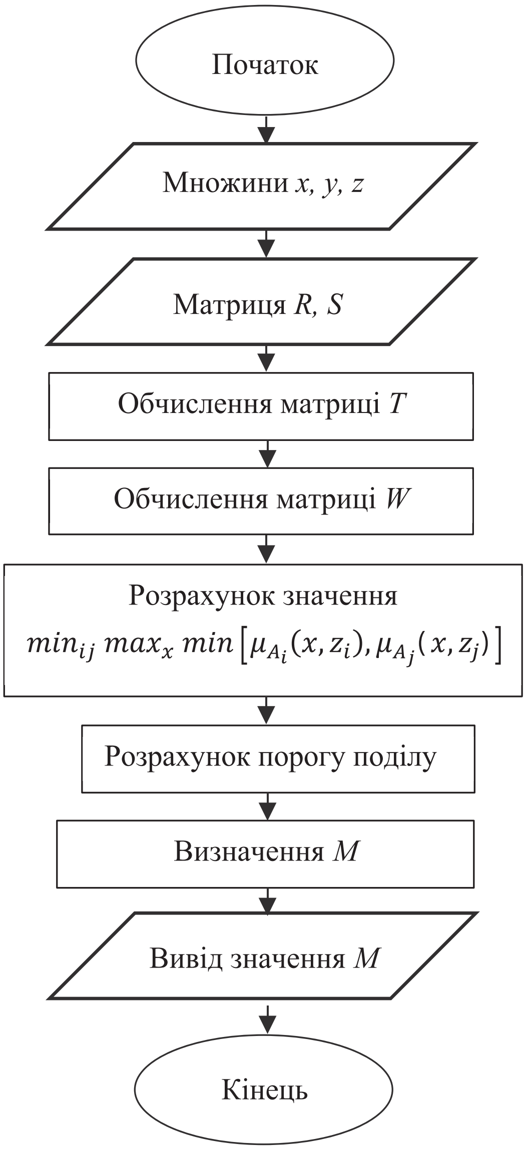


**Рис. 1.** Збільшена блок-схема проєкту

Запропонований метод можна використовувати для отримання найбільш точної, адекватної оцінки досліджуваних показників.

З огляду на складність розрахунків і значний обсяг досліджуваної інформації постає необхідність в їх автоматизації, а саме — в отриманні результатів досліджень арифметичних операції щодо вибору об'єктів засобами теорії нечітких множин. Для розв'язання такої задачі логічним є використання обчислювальної техніки з програмним забезпеченням, яке має відповідати і бути написано на мові *PHP* з використанням бази даних *My SQL.*

Спроба авторів розробити алгоритм й обґрунтувати вибір об'єктів дослідження засобами теорії нечітких множин доводить універсальність методу та можливості його застосування в різних галузях знань.

## ВИСНОВКИ

Нечітка логіка забезпечує ефективні засоби відображення невизначеностей і неточностей реального світу. Наявність математичних засобів відображення нечіткості вихідної інформації дає змогу побудувати модель, адекватну реальності. Такий підхід можна використовувати під час оцінки ефективності різних об'єктів дослідження. У рамках цього підходу використовуються як перевірені часом методики, так і досить сучасні механізми. Алгоритмізація цього процесу значно підвищує його ефективність. Пропонований алгоритм заснований на використанні експертного методу та апарату теорії нечітких множин. Алгоритмізація розрахунків суттєво підвищує ефективність запланованих задач та отримання чітких характеристик досліджуваних об'єктів. Розрахунки подібних досліджень у режимі онлайн забезпечують високу ефективність та оперативний доступ до пропонованої методики.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Заде Л. А.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. — М. : Мир, 1976.
2. *Кофман А.* Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман; пер. с франц. — М. : Радио и связь, 1982. — 432 с.
3. *Клюев Е. И.* Об одном подходе оценки качества программных средств / Е. И. Клюев, Е. А. Гриненко // Вісник Черкаського університету. – 2014. — № 38 (331). — С.108–120. — (Серія: «Прикладна математика. Інформатика»).
4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / пер. с англ.; под ред. Р. Р. Ягера. — М. : Радио и связь, 1986. — 408 с.
5. *Deluca A.* A definitionofnon-probalistic entropy inthesetting of fuzzyset / A. Deluca, S. Termini // Math. Analysis&Appl. — 1968. — No. 23. — P. 421–427.
6. *Клюев Е. И.* Лабораторний практикум / Е. И. Клюев, І. С. Ясенова-Берестюк, О. О. Гриненко. — Київ : НАУ-друк, 2014. — 48 с.
7. *Кирик В. В.* Математичний апарат штучного інтелекту в електроенергетичних системах: підручник / В. В. Кирик. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. — 224 с.
8. *Горбатюк К. В.* Математичні моделі в нормуванні праці на базі теорії нечітких множин: монографія / К. В. Горбатюк. — Хмельницький : ХНУ, 2013. — 158 с.
9. *Игумнов Б.Н.* Кибернетические основы построения экономических систем для предприятий: учеб. пособие / Б. Н. Игумнов. — Хмельницкий: ТУП, 2000. — 344 с.
10. *Штовба С. Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. — М. : «Горячая линия» — Телеком, 2007. — 288 с.
11. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения: монография / С. Л. Блюмин, И. А. Шуйкова, П. В. Сараев, И. В. Черпаков. — Липецк: ЛЭГИ, 2002. — 113 с.

## REFERENCES

1. Zade, L. A. (1976). *Ponyatie lingvisticheskoj peremennoj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennyh*

*reshenij* [The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Moscow. [in Russ.].
2. Kofman, A. (1982). *Vvedenie v teoriyu nechetkih mnozhestv* [Introduction to Fuzzy Set Theory]. Moscow, 432 p. [in Russ.].
3. Klyuev, E. I., & Grinenko, E. A. (2014). Ob odnom podhode ocenki kachestva programmnyh sredstv [On one approach to software quality assessment]. *Visnik Cherkas'kogo universitetu. Seriya Prikladna matematika. Informatika*[Bulletin of Cherkasy University. Applied Mathematics Series. Informatics], *38* (331), P. 108–120. [in Russ.].
4. Yager, R. R. (Eds.). (1986). *Nechetkie mnozhestva i teoriya vozmozhnostej. Poslednie dostizheniya* [Fuzzy sets and possibility theory. Latest Achievements]. Moscow, 408 p. [in Russ.].
5. Deluca, A., & Termini, S. (1968). A definitionofnonprobalistic entropy inthesetting of fuzzyset. *Math. Analysis&Appl, 23*. P. 421–427.
6. Klyuev, E. I., Yasenova-Berestyuk, I. S., & Grinenko, O. O. (2014). *Laboratornij praktikum* [Laboratory workshop]. Kyiv, 48 p. [in Russ.].
7. Kyryk, V. V. (2019). *Matematychnyi aparat shtuchnoho intelektu v elektroenerhetychnykh systemakh:* pidruchnyk [Mathematical apparatus of artificial intelligence in power systems: a textbook]. Kyiv, 224 p. [in Ukr.].
8. Horbatiuk, K. V. (2013). *Matematychni modeli v normuvanni pratsi na bazi teorii nechitkykh mnozhyn* [Mathematical models in labor rationing based on the theory of fuzzy sets]. Khmelnytskyi, 158 p. [in Ukr.].
9. Igumnov, B. N. (2000). *Kiberneticheskie osnovy postroeniya ekonomicheskih sistem dlya predpriyatij:* ucheb. posobie [Cybernetic foundations for building economic systems for enterprises: textbook. allowance]. Hmel'nickii, 344 p. [in Russ.].
10. Shtovba, S. D. (2007). *Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB* [Designing fuzzy systems using MATLAB]. Moscow, 288 p. [in Russ.].
11. Blyumin, S. L., Shujkova, I. A., Saraev, P. V, & Cherpakov, I. V. (2002). *Nechetkaya logika: algebraicheskie osnovy i prilozheniya:* monografiya [Fuzzy logic: algebraic foundations and applications: monograph]. Lipeck, 113 p. [in Russ.].

**Ye. I. KLIUIEV,** PhD in Engineering, Associate Professor
**S. V. ZASANSKA,** PhD in Economics, Associate Professor
**D. O. MIKHAILENKO,** Student
**K. Ye. KLIUIEVA,** Postgraduate Student

## JUSTIFICATION OF THE STUDY OBJECT CHOICE BY MEANS OF THE THEORY OF FUZZY SETS

***Abstract.*** *The article is devoted to determining the affiliation of a certain object (element) to a given set. The main stages of substantiation of the choice of research objects are considered in the article (On), which depend on the goal (for example, applicants for the position, (On - object n)), which meet the requirements of organizations (Ol), (Ol — object l). The matrix apparatus, expert method and means of fuzzy set theory were used in the formation of the list of On objects. Compared with those obtained in the case of generally accepted control algorithms — fuzzy control in some cases gives better results, which has been experimentally proven by many scientific studies. The proposed approach can be used to evaluate the effectiveness of various research objects. Fuzzy management is especially useful when technological processes are too complex to analyze using conventional quantitative methods, or when available sources of information are interpreted at a qualitative level inaccurately or vaguely. To automate the calculations, it is recommended to use software that must match and be written in PHP using the My SQL database.*

***Keywords:*** *model, object, fuzzy set theory, features, membership function, binary relation, matrix, expert method, efficiency, control algorithm.*

**ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ**

**Клюєв Євгеній Іванович** — канд. техн. наук, доцент кафедри Національного авіаційного університету; просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, Україна, 03058; +38 (099) 319-72-51; jij_@ukr.net; ORCID: 0000-0001-7572-1142

**Засанська Світлана Володимирівна** — канд. екон. наук, доц., завідувачка відділу ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації»; вул. Антоновича, 180, Київ, Україна, 02000; +38 (044) 521-00-10; zasanski@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3819-0404

**Михайленко Денис Олександрович** — студент Національного авіаційного університету, просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, Україна, 03058; +38 (099) 627-26-06; f0x3n73@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6280-6016

**Клюєва Катерина Євгеніївна** — аспірантка Національного авіаційного університету, просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, Україна, 03058; +38 (067) 787-50-20; klyuyeva_kateryna@ukr.net

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Kliuiev Ye. I.** — PhD in Engineering, Associate Professor of the National Aviation University, Cosmonaut Komarov Avenue, 1, Kyiv, Ukraine, 03058; +38 (099)319-72-51; jij_@ukr.net; ORCID: 0000-0001-7572-1142

**Zasanska S. V.** — PhD in Economics, Associate professor, Head of Department at Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information, Antonovich Str., 180, 02000; Kyiv, Ukraine; +38 (044) 521-00-10; zasanski@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3819-0404

**Mikhailenko D. O.** — Student of the National Aviation University, Cosmonaut Komarov Avenue 1, Kyiv, Ukraine,03058; +38 (099) 627-26-06; f0x3n73@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6280-6016

**Kliuieva K. Ye.** — Postgraduate Student of the National Aviation University, Cosmonaut Komarov Avenue1, Kyiv, Ukraine, 03058; +380 (067) 787-50-20; klyuyeva_kateryna@ukr.net