

УДК 371:004

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Н. Гарматій

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
46001 м. Тернопіль вул. Руська 56*

В статті досліджено можливість застосування сучасних економіко-математичних методів у складних соціально-економічних процесах, де до уваги беруться не лише кількісні параметри, а значну увагу приділяється якісним параметрам. Застосовуючи теорію нечітких множин визначено кількісні та якісні чинники, які на вибір робочого місця з множини можливих, які найкраще корелюють з потребами респондентів..

Ключові слова: переважання суб'єктів соціально-економічних систем, нечіткі множини, база знань, терм-множини, апроксимація залежностей.

Ефективне функціонування економічних систем на сучасному етапі розвитку міжнародного співробітництва вимагає використання найбільш перспективних методів та напрямів дослідження в області моделювання складних систем, до яких належать насамперед процеси у соціально-економічних системах. Останнім часом одним з основних напрямів прикладних досліджень у цій галузі є нечітке моделювання.

Під час розв'язування задач ринкової економіки з метою визначення ефективних управлінських рішень щодо об'єкта управління респонденти керуються власною системою переважань. Тобто якщо навіть по результатах кількісних та статистичних досліджень про об'єкт чи систему респонденти приймають рішення, до деякої міри це рішення буде суб'єктивним, оскільки управлінці мають певну систему переважань, на основі якої відбувається вибір рішення задачі, навіть якщо керування системою власних переважань не завжди чітко усвідомлюється. Іноді система переважань тільки формується у процесі дослідження конкретної задачі.

Загалом система переважань та інформація про неї під час дослідження задачі уточнюється або змінюється з надходженням додаткових зведень про властивості задачі. Тому важливо мати засоби, аби належно формалізувати переважання респондента або експерта або принаймні апроксимувати їх.

Нехай маємо n об'єктів економічної чи соціально-економічної системи A_1, \dots, A_n і нехай $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_n)$ - вектор відносних ваг цінностей цих об'єктів, при

$$\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$$

(1)

Побудова ваг переважань суб'єкта економічної або соціально - економічної системи на базі нечітких множин може здійснюватись зокрема методом Сааті та Мамдані, програмну реалізацію яких можливо здійснювати в програмному середовищі Matlab, модулі Fuzzylogic.

У сучасних тенденціях розвитку економіко-соціальних процесів загалом та на ринку праці в тому числі колишні чіткі мотивації при виборі місця роботи, коли людина була в переважній більшості штатним працівником, та була соціально захищена з чітко визначеним заробітком, місцем роботи з додержанням охорони праці та безпеки та гарантованим пенсійним забезпеченням суттєво змінилися. Тому коли людина вибирає місце роботи, то керується системою своїх переважань, яку можливо продемонструвати використовуючи нечітку логіку.

Нехай людині необхідно зупинити свій вибір на одному із запропонованих місць роботи А,Б,С. Ми пропонуємо оцінювати переваги робочого місця для респондентів за такими ознаками:

Y_1 - матеріальні вигоди(м.в.)

Y_2 - колектив(к)

Y_3 - чи відповідає робота спеціальності (р.с)

Y_4 - можливість росту(м.р.)

Y_5 - місцеположення(м.п.)

Y_6 - соціальний пакет підприємства(с.п.п.)

Загальна функція переваг у виборі робочого місця набуде вигляду:

$$R = f(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6) \quad (2)$$

де R- вихідна змінна(інтегральний показник) оцінювання переваги вибору робочого місця респондентом, Y_1, Y_2, Y_3 - класи вхідних змінних, при чому кожна вхідна змінна може мати множину термів для оцінювання, $Y_1 = \varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$.

Потужності всіх множин, тобто кількості термів, які використовують для оцінювання лінгвістичних змінних, можуть бути різними.

Користуючись поняттям універсальної множини і функції належності, кожен із термів можна представити у вигляді нечіткої множини:

$$R_i = \int_w \mu^{R_i}(\omega) / \omega_n, \quad (3)$$

Універсальна множина U_{Y_n} для наших вхідних термів ,буде мати п'ять рівнів, діапазон від 0 до 100%, тоді:

низький (Н 0-25%);

вище середнього(ВС 26-45%);

середній(С 46-60%);

вище середнього(ВС 61-80%);

та високий(В 81-100%);

Крім того для ознак запропонованої нами моделі встановлюємо коефіцієнти важливості(1-5), тоді за методикою Сааті попарного порівняння ознак одна з одною за важливістю буде мати такий матричний вигляд:

м. в ; к; р. с ; м. р; м. п; с. п. п

1	1	1	4	1	$\frac{1}{2}$
1	1	2	4	1	$\frac{1}{2}$
1	$\frac{1}{2}$	1	5	3	$\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
1	1	$\frac{1}{3}$	3	1	1
2	2	1	3	3	1

Після цього попарно порівнюємо за важливістю місць роботи А,В,С, згідно з кожною ознакою окремо за таким же матричним методом. Місце роботи, яке буде мати більшу вагу, вважатиметься кращим, тобто розподіл ваг місць роботи для заданої ознаки буде розглядатись як функція мети, що відповідає цій ознаці.

Використання методу Мамдані, застосовується для визначення кінцевого інтегрального показника, при вказаних вхідних та вихідних параметрах та діапазонах визначенням центру ваг кожної ознаки, для спрощення математичних розрахунків доцільно застосовувати програмне середовище Matlab, модуль Fuzzylogic. При введенні вхідних параметрів, та побудові функцій належності для кожної вхідної та вихідної змінної, для оптимального вибору місця роботи респондента всі розрахункові дані будуть у зручному інтерфейсному режимі виведені у програмному вікні.

Графічно відобразити структуру впливу чинників γ на параметр R, що відповідає співвідношенням можна таким чином (рис. 1).

У моделі переваг у виборі робочого місця використовуються параметри у якісному та кількісному вимірі. будемо визначати в таких діапазонах: γ_1 - високий(від 80% до 100%); γ_2 - вище за середній (від 60% до 80%); γ_3 - середній (від 40% до 60%); γ_4 - нижче за середній (від 20% до 40%); γ_5 - низький (від 0% до 20%). Вказані параметри $\gamma_1, \dots, \gamma_5$ будемо називати рівнями переваг робочого місця, а результатом модельних експериментів буде відсоткова зміна (від 0% до 100%).

Нечіткі множини у спеціальній літературі задають як пару $\bar{A} = \{x \in X, \mu_{\bar{A}}(x)\}$, де $\mu_{\bar{A}}(x)$ – функція, що визначає ступінь належності x до \bar{A} . Формально, функція належності є відображенням: $\mu_{\bar{A}}(x): X[0,1]$, де X називається носієм нечіткої множини та за умови $\sup \mu_{\bar{A}}(x) = 1$ – відповідна нечітка множина називається нормальною. Також у теорії нечітких множин часто використовують метод опису нечітких множин за допомогою α -рівневих множин, які є підмножинами базової множини X та описуються так: $\bar{A}[a] = \{x | \mu_{\bar{A}}(x) \geq a\}$ для всіх значень $a \in [0,1]$. Функція належності, у загальному випадку, є формалізованим описом ступеня присутньої нечіткості на деякій множині, яка, у свою чергу, являє собою носій нечіткої величини.

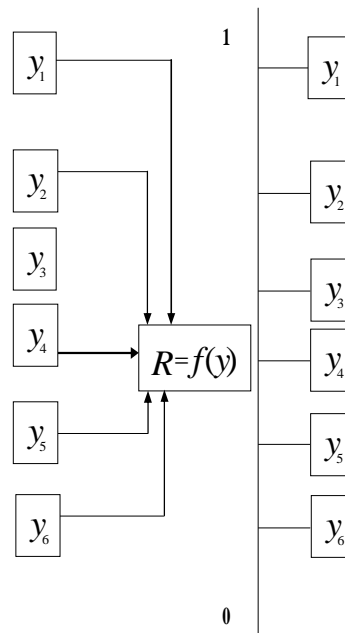


Рис. 1. Структура моделі вибору місця роботи респондентом з множини запропонованих

Математичне моделювання з використанням засад нечіткої логіки потребує здійснити вибір методу побудови функцій належності (ФН), які забезпечать формалізацію нечітких термів. Теорія нечітких множин дає можливість використовувати різні методи побудови функцій належності. Тому доцільно виділити ряд критеріїв, що допомогли б вирішити питання побудови функцій належності. Конкретний вид функцій належності визначається на основі різних додаткових припущень про властивості цих функцій (симетричність, монотонність, неперервність першої похідної тощо) з урахуванням специфіки наявної невизначеності та реальної ситуації. Зокрема, нечіткі числа з трикутною функцією належності $\mu(t)$ називаються трикутними нечіткими числами і позначаються $\bar{t} = (t_{\min}, t_c, t_{\max})$, де t_{\min}, t_{\max}, t_c – відповідно мінімальне, максимальне значення і деяка оцінка центрального значення (математичного сподівання, моди, медіани тощо) окремого параметра та мають функцію належності:

$$\mu(t) = \begin{cases} \frac{t - t_{\min}}{t_c - t_{\min}}, & \text{для } t_{\min} \leq t \leq t_c \\ \frac{t - t_{\max}}{t_c - t_{\max}}, & \text{для } t_c \leq t \leq t_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

Нечіткі числа з трапецієподібною функцією належності $\mu(t)$ окремого параметра, де a, c, d, t – відповідно вершини трапеції, мають такий математичний запис функції належності:

$$\mu(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t \leq a \\ \frac{t-a}{c-a}, & \text{якщо } a \leq t \leq c \\ 1, & \text{якщо } c \leq t \leq d \\ \frac{b-t}{b-d}, & \text{якщо } d \leq t \leq b \\ 0, & \text{якщо } t \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Крім трапецієвидної форми, є ще квазіподібна ФН, яка також може застосовуватись при будь-якій кількості термів і використовується у системах з налагодженням через навчальну вибірку. Кусково-лінійна апроксимація, як правило, найбільш точно описує реальну функцію належності, побудовану на статистичних показниках, але вона не дозволяє проводити налагодження. Успішно її можна використати у випадку, коли залучається велика кількість експертів і є максимально точна початкова інформація про лінгвістичні терми.

В нашій роботі при побудові функцій належності ми застосуємо трапецієвидну форму представлення ФН, оскільки представлення як вхідних даних, так і вихідних змінних є в певних діапазонах чисел, фрагмент представлення показника γ представлено на рис.2

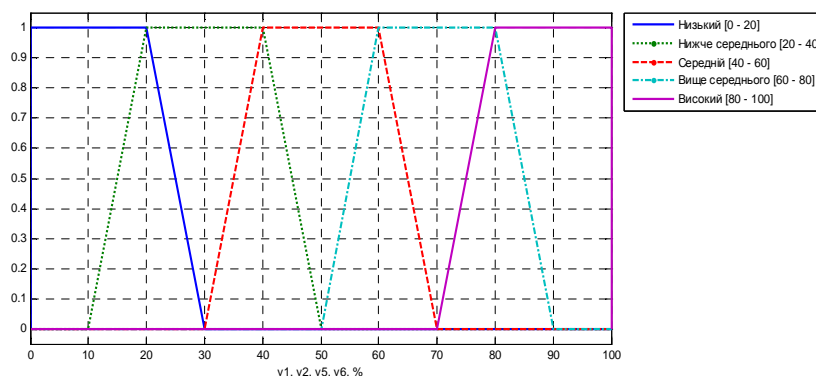


Рис.2 Функція належності показника γ трапецієвидної форми

Для реалізації запропонованої моделі в програмному середовищі потрібно створити базу знань моделі переваг у виборі робочого місця.

База знань представлена у вигляді висловлювань типу «якщо-то». Правила, що мають однаковий вихідний параметр, між собою поєднуються у рівняння висловом «або». Лінгвістичне висловлення формується у бази знань моделі ефективності вибору робочого місця таким чином.

Для реалізації чіткого логічного висновку необхідно здійснювати перехід від висловлювань до нечітких логічних рівнянь. Ці рівняння отримують через заміну значень x_{ij} на значення їх функцій належності $\mu_{x_{ij}}(x_i)$ параметра $x_i \in \underline{X}_i$,

x_i нечіткому терму x_{ij} «або» нечітко-логічним операціям « \cdot », « \vee ». Вага правил

враховується через добуток нечіткого виразу, який відповідає кожному рядку бази і відповідного значення ваги ω_1 .

Так, лінгвістичним висловлюванням бази знань відповідають такі нечіткі логічні рівняння:

$$\mu^{\gamma_1}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_6) = \omega_1 [\mu^B(y_1) \cdot \mu^B(y_2) \cdot \mu^B(y_3) \cdot \mu^B(y_4) \cdot \mu^B(y_5) \cdot \mu^B(y_6)] \vee$$

$$\omega_2 [\mu^{BC}(y_1) \cdot \mu^B(y_2) \cdot \mu^B(y_3) \cdot \mu^B(y_4) \cdot \mu^B(y_5) \cdot \mu^B(y_6)] \vee$$

$$\omega_3 [\mu^{BC}(y_1) \cdot \mu^{BC}(y_2) \cdot \mu^B(y_3) \cdot \mu^B(y_4) \cdot \mu^B(y_5) \cdot \mu^B(y_6)] \vee$$

$$\mu^{\gamma_2}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_6) = \omega_4 [\mu^B(y_1) \cdot \mu^{BC}(y_2) \cdot \mu^B(y_3) \cdot \mu^B(y_4) \cdot \mu^{BC}(y_5) \cdot \mu^{BC}(y_6)] \vee$$

$$\omega_5 [\mu^{BC}(y_1) \cdot \mu^B(y_2) \cdot \mu^B(y_3) \cdot \mu^B(y_4) \cdot \mu^{BC}(y_5) \cdot \mu^{BC}(y_6)] \vee$$

$$\omega_6 [\mu^B(y_1) \cdot \mu^{BC}(y_2) \cdot \mu^{BC}(y_3) \cdot \mu^{BC}(y_4) \cdot \mu^{BC}(y_5) \cdot \mu^{BC}(y_6)] \vee$$

$$\mu^{\gamma_3}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_6) = \omega_7 [\mu^C(y_1) \cdot \mu^{BC}(y_2) \cdot \mu^C(y_3) \cdot \mu^C(y_4) \cdot \mu^{BC}(y_5) \cdot \mu^C(y_6)] \vee$$

$$\omega_8 [\mu^{BC}(y_1) \cdot \mu^{BC}(y_2) \cdot \mu^C(y_3) \cdot \mu^C(y_4) \cdot \mu^C(y_5) \cdot \mu^{BC}(y_6)] \vee$$

$$\omega_9 [\mu^C(y_1) \cdot \mu^C(y_2) \cdot \mu^C(y_3) \cdot \mu^B(y_4) \cdot \mu^C(y_5) \cdot \mu^C(y_6)] \vee$$

$$\mu^{\gamma_4}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_6) = \omega_{10} [\mu^{HC}(y_1) \cdot \mu^{HC}(y_2) \cdot \mu^C(y_3) \cdot \mu^C(y_4) \cdot \mu^C(y_5) \cdot \mu^{HC}(y_6)] \vee$$

$$\omega_{11} [\mu^C(y_1) \cdot \mu^{HC}(y_2) \cdot \mu^{(C)}(y_3) \cdot \mu^{HC}(y_4) \cdot \mu^{HC}(y_5) \cdot \mu^{HC}(y_6)] \vee$$

$$\omega_{12} [\mu^C(y_1) \cdot \mu^{HC}(y_2) \cdot \mu^C(y_3) \cdot \mu^{HC}(y_4) \cdot \mu^{HC}(y_5) \cdot \mu^{HC}(y_6)] \vee$$

$$\mu^{\gamma_5}(y_1, y_2, y_3, \dots, y_6) = \omega_{13} [\mu^H(y_1) \cdot \mu^C(y_2) \cdot \mu^C(y_3) \cdot \mu^{HC}(y_4) \cdot \mu^{HC}(y_5) \cdot \mu^H(y_6)] \vee$$

$$\omega_{14} [\mu^{HC}(y_1) \cdot \mu^{HC}(y_2) \cdot \mu^H(y_3) \cdot \mu^{HC}(y_4) \cdot \mu^{HC}(y_5) \cdot \mu^H(y_6)] \vee$$

$$\omega_{15} [\mu^H(y_1) \cdot \mu^{(H)}(y_2) \cdot \mu^H(y_3) \cdot \mu^H(y_4) \cdot \mu^H(y_5) \cdot \mu^H(y_6)] \vee$$

Реалізація моделі вхідних параметрів $\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$ у програмному середовищі Matlab, модуль Мамдані представлено на рис 3.

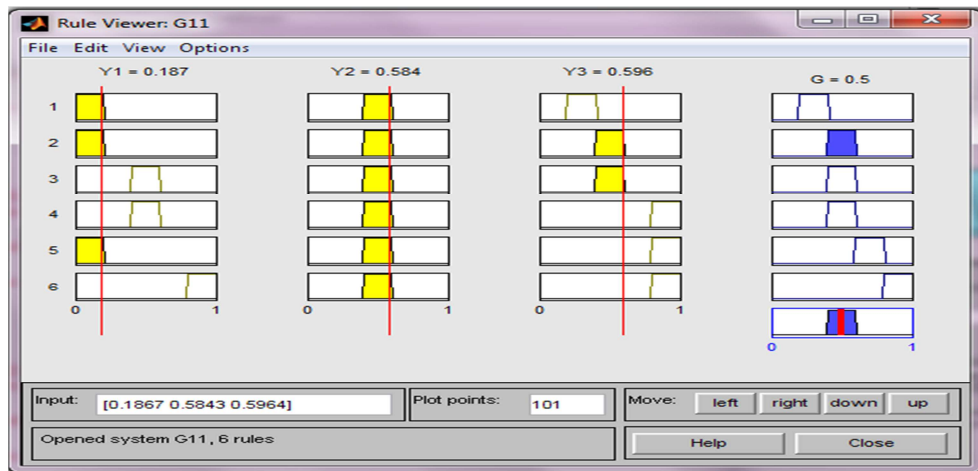


Рис.3 Фрагмент реалізації моделі переваг у виборі робочого місця, реалізованому у програмному середовищі Matlab, метод Мамдані.

Запропонована методика може бути використана у сучасних центрах зайнятості та кадрових агенціях.

1. Сявавко М.С. Інтелектуалізована інформаційна система «Нечіткий експерт»./М.В.Сявавко– Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 320 с.
2. . Mamdani, E.H. Application of fuzzy algorithms for the control of a simple dynamic plant / E.H. Mamdani // Proc. IEEE 121, 1974. – P. 1585-1588.

DESIGN OF SOCIO-ECONOMIC PROCESSES ON BASE OF FUZZY LOGIC

N. Garmatiy

*Ternopol Ivan Pul'uj national university
46001. Ternopil, st.Ruska*

In the article investigational possibility of application of modern ekonomiko mathematical methods in difficult socio-economic processes, where into account quantitative parameters undertake not only, and considerable attention spared high-quality parameters. Applying the theory of unclear plurals quantitative and high-quality factors, which at choice workplace from the plural of possible which better in all correlate with the necessities of respondentiv, are certain.

Keywords: predominance of subjects of the socio-economic systems, unclear plurals, base of knowledges, plural of therm, approximation of dependences

*Стаття надійшла до редколегії 13.11.2013,
прийнята до друку 02.12.2013*