

П. А. Новікова, асистент кафедри
автоматизованих систем обробки інформації
та управління Національного технічного
університету України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”

**ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ
ПСИХОЛОГІЧНОГО СТАНУ КАНДИДАТА
ПІД ЧАС НАЙМУ НА РОБОТУ**

Розглянуто метод формування психологічного тесту під час прийому кандидата на роботу. Тест базується на одній із загальновизнаних методик тестування. Визначено послідовність кроків, необхідних для організації оцінювання кваліфікацій та психологічного стану кандидатів. Для аналізу результатів тестів запропоновано застосування нечітких множин, що дає змогу використовувати лінгвістичний опис показників оцінювання та узгодити між собою характеристики, взаємний вплив яких не піддається чіткій формалізації. Для психологічного оцінювання кандидатів застосовано fuzzy-контролер, де для опису кожного психологічного показника визначено окрему нечітку змінну із власними функціями належності.

Ключові слова: нечітка логіка; метод Мамдані; fuzzy-контролер.

The usage of fuzzy logic in expert and other complex systems provides a convenient tool to analyze and evaluate data, without going into mathematical techniques that offer artificial intelligence systems. Using fuzzy sets during analyzing the results of psychological test when hiring candidate for the job allows to apply expert knowledge in specific field without formalizing it in a classical mathematical models. The method proposed in the article allows the flexibility of evaluation of the test results, also allows not to expel candidates whose evaluations were controversial, to analyze and forecast estimations based on the description of fuzzy rules of decision making.

In this paper the basis of the test is MMPI – the well-known method of testing. The sequence of steps needed for the assessment of qualifications and psychological state of candidates is defined. For psychological evaluation of candidates is used fuzzy-controller, where for the description of each psychological indicator is used individual variable with its own fuzzy membership functions. The procedure of fuzzy resolution is described, the selected way is Mamdani method. Particular attention is given to describing the linguistic variables representing various indicators of psychological evaluation of the candidate.

Key words: fuzzy logic; Mamdani method; fuzzy-controller.

Постановка проблеми. Оцінювання готовності людини до виконання деяких робіт потребує особливої уваги, зокрема коли роботи пов’язані з ризиком для життя і здоров’я. У таких випадках необхідно оцінювати поточний психологічний, емоційний та фізичний стан людини. Застосування такого роду контролю може

© П. А. Новікова, 2016

значно знизити ризики та підвищити загальну ефективність роботи колективу, проте потребує, по-перше, витрат на розробку та впровадження методу оцінювання стану, а по-друге, додаткового часу на навчання та регулярне проходження тестів. У більшості випадків застосування таких методів визначення психофізіологічного стану просто неможливе через брак не тільки коштів, але й часу та спеціалістів для розробки і підтримки систем тестування. Методи оцінювання мають бути не лише створеними, випробуваними, стандартизованими та впровадженими, але й гнучкими, тобто застосовувати механізм досить швидкої модифікації тесту без втрати його репрезентативності. Також види тестів повинні регулярно змінюватись для підтримання достовірності оцінки, адже, тестуючись за одними й тими запитаннями, людина формує набір стандартних відповідей, які в подальших тестах можуть просто повторюватись. Водночас розробка нового тесту викликає необхідність випробування, стандартизації та впровадження. Спростити ці проблеми можна на стадії набору персоналу. Крім співбесіди та визначення необхідних навичок для обіймання тієї чи іншої посади, перевірка психофізіологічного стану кандидата на роботу допоможе значно скоротити ризики найму людини, котра не відповідає загальним вимогам організації або конкретної професії.

Подібна психологічна перевірка у будь-якому випадку зводиться до оцінювання людини за одним або кількома показниками, такими як:

- емоційна рівноваженість;
- самоконтроль;
- витримка;
- зосередженість, концентрація уваги;
- обсяг та розподіл уваги;
- здатність переключатися з одного виду діяльності на інший;
- здатність до самооцінювання;
- чесність;
- справедливість;
- комунікативні здібності;
- психічна стійкість;
- моральні властивості;
- внутрішня вмотивованість;
- самовпевненість;
- нейротизм;
- екстраверсія;
- добросовісність;
- відкритість;
- доброзичливість тощо.

Незважаючи на те, що психологічне оцінювання має рекомендаційний характер, воно має бути офіційно затверджено та не суперечити чинним нормам і законодавству. Однією з основних умов релевантності психофізіологічного оцінювання є факт її базування на одній із загальноновизнаних методик, серед яких можна виділити тест Айзенка (IQ-тест), тест Люшера, Міннесотське багатofакторне особистісне опитування (далі – MMPI – Minnesota Multiphasic Personality Inventory) [1]. Останній тест найпридатніший для професійного оцінювання кандидатів на посаду.

Послідовність необхідних дій для психологічного оцінювання кандидатів передбачає такі етапи:

1. Структурно-функціональний аналіз професійної діяльності, яка аналізується з предметного боку і з боку психічних процесів і якостей, необхідних для її предметної реалізації. Структурний аналіз включає ієрархічне структурування діяльності, під час якого розкривається структура професійно важливих якостей як частина психологічної системи діяльності.

2. Розробка анкети, в якій експертам пропонується оцінити виділені властивості або якості як необхідні для успішної роботи, включаючи бажані або нейтральні. Під час обробки анкети запитання групуються за певними критеріями відповідно до класифікації психічних процесів.

3. Математична обробка даних, яка включає визначення коефіцієнтів вагомості професійно значущих характеристик, що розглядаються як ключові для кваліфікації.

4. Добір комплексу діагностичних засобів, адекватних завданням оцінювання персоналу.

5. Обробка отриманих даних, статистичне подання у вигляді графіків і таблиць.

6. Формулювання висновку щодо відповідності кандидата на посаду та рекомендацій стосовно його професійного зростання і кар'єри.

Аналогічна послідовність дій застосовується для оцінювання ключових кваліфікацій, що відповідають кожній окремій посаді. Персонал оцінюється не тільки для вивчення ступеня підготовленості працівника до виконання саме того виду діяльності, який він виконує або збирається виконувати, але й з метою виявлення рівня його потенційних можливостей для визначення перспектив професійного зростання.

Психологічний тест – найзагальніший для всіх спеціальностей, вимоги щодо його складання майже не різняться залежно від посади, на яку претендує кандидат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування нечіткої логіки для опису складних і багатокритеріальних процесів часто доцільне з огляду на наявність складників, що не можуть бути описані формально або визначені за допомогою конкретних числових значень. Методи нечітких множин особливо корисні за відсутності точної математичної моделі функціонування досліджуваної системи. Теорія нечітких множин дає можливість застосувати для прийняття рішень експертні знання щодо предметної області без формалізації їх у вигляді традиційних математичних моделей. Психологічне оцінювання людини на основі тесту належить саме до такого роду систем.

Серед переваг застосування теорії нечітких множин можна також виділити те, що з її використанням вирішуються питання узгодження суперечливих критеріїв прийняття рішень і створення логічних регуляторів систем. Нечіткі множини дають змогу застосовувати лінгвістичний опис складних процесів, установлювати нечіткі відношення між поняттями, прогнозувати поведінку системи, формувати множину альтернативних дій, виконувати формальний опис нечітких правил прийняття рішень [2]. Методи теорії нечітких множин є зручним засобом проектування інтерфейсів у людино-машинних системах. Базуючись на нечіткому логічному виведенні, будуються системи керування, подання знань, підтримки прийняття рішень, ап-

роксимації, структурної та параметричної ідентифікації, розпізнавання образів та оптимізації. Нечітка логіка знаходить застосування у побутовій електроніці, діагностиці, різноманітних експертних системах. Нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень широко застосовуються у військовій справі, медицині та економіці. З їх допомогою здійснюють бізнес-прогнозування, оцінювання ризиків і прибутковості інвестиційних проектів. На основі нечіткої логіки досліджують глобальні політичні рішення та моделюють кризові ситуації.

Важливим застосуванням теорії нечітких множин є контролери нечіткої логіки, які використовуються в різноманітних системах керування. Замість математичної моделі для опису системи такі контролери використовують інтегровані знання експертів, які за структурою подання наближаються до розмовної мови й описуються за допомогою лінгвістичних змінних і нечітких множин [2].

Поставлена задача психологічного оцінювання особистості може бути розв'язана за допомогою такого контролера, що базується на системі нечіткого виведення (Fuzzy Inference System). Загальна структура fuzzy-контролера показана на рис. 1.

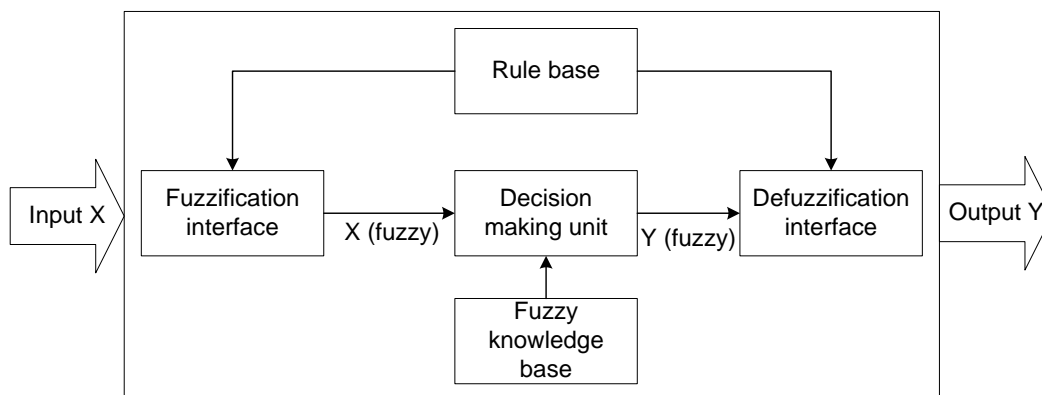


Рис. 1. Конфігурація fuzzy-контролера

До складу fuzzy-контролера входять такі елементи:

X – вхідний чіткий вектор;

Fuzzification interface – блок фазифікації (фазифікації, ф’юзифікації, введення нечіткості), що перетворює чіткі величини, виміряні на виході об’єкта керування, на нечіткі величини, описані лінгвістичними змінними у базі правил;

$X(\text{fuzzy})$ – вектор нечітких множин, що відповідає вхідному вектору X ;

Decision making unit – блок прийняття рішень, який використовує нечіткі умовні (if – then) правила, закладені у базі знань, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керівні впливи, що мають також нечіткий характер;

$Y(\text{fuzzy})$ – результат логічного виведення у вигляді вектора нечітких множин;

Fuzzy knowledge base – нечітка база знань;

Rule base – визначає множину функцій належності лінгвістичних змінних;

Defuzzification interface – блок дефазифікації, що перетворює нечіткі дані з ви-

ходу блоку рішень на чітку величину, яка подається на виконавчий пристрій для керування об'єктом;

Y – вихідний чіткий вектор.

Мета статті – аналіз та вибір ефективного методу оцінювання кандидатів під час найму на роботу з урахуванням об'єктивності отриманих результатів. У статті розглянуто застосування методу оцінювання психологічного тесту кандидатів, що базується на загально визнаній методиці ММРІ, та аналіз результатів з використанням теорії нечітких множин.

Виклад основного матеріалу. Розробка інформаційної технології психологічного оцінювання кандидатів базується на методиці ММРІ. Визначимо такі показники професійно-психологічного оцінювання:

- достовірність інформації;
- адаптивні здібності;
- комунікативні здібності;
- нервово-психічна стійкість;
- моральна нормативність.

Оцінка кожного показника виставляється в балах, які потім, як у багатьох психологічних тестах, переводяться до стенів (від англ. standard ten – стандартна десятка), тобто нормованих і центрованих оцінок, які отримують шляхом стандартизації психофізіологічних оцінок, переводячи їх у 10-бальну рівноінтервальну шкалу.

Загальна формула переведення “сирої” бальної оцінки до певної шкали:

$$Y = S_s \times Z + M, \quad (1)$$

де Z – початкове значення бальної оцінки за показником;

S_s – стандартне відхилення шкали;

M – середній бал за шкалою.

Для шкали стенів середнє значення, або центр, дорівнює 5,5, а стандартне відхилення – 2. Для переведення до шкали стенів остаточно бальна оцінка розраховуватиметься таким чином:

$$Y_{sten} = 2 \times (Z - m) / \sigma + 5,5, \quad (2)$$

де Z – початкове значення бальної оцінки;

σ – стандартне відхилення досліджуваної вибірки,

m – середнє арифметичне досліджуваної вибірки.

Значення Z може бути як “сирою” бальною оцінкою (точною кількістю отриманих балів за досліджуваним критерієм), так і стандартизованим тестовим балом, що обчислюється за формулою:

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}, \quad (3)$$

де X – “сиря” бальна оцінка показника;
 \bar{X} – середній бал за вибіркою;
 σ – стандартне відхилення досліджуваної вибірки.

Анкета, за якою оцінюють кандидата на посаду, складається із запитань, кожне з яких оцінює один або декілька показників. Відповіддю на запитання може бути тільки “так” або “ні”. Такий набір запитань становить базу тесту (табл. 1).

Таблиця 1

База запитань тесту

№ з/п	Текст запитання	Показники оцінки				
		достовірність	адаптивні здібності	комунікативні здібності	нервово-психічна стійкість	моральна нормативність
1	Буває, що я серджуся	ні				
2	Часом мені дуже хотілося полишити свій дім		так		так	
3	Вважаю, якщо мені хтось спричинив зло, то маю відповісти йому тим же		так	так		
4	У дитинстві я певний час вдавався до дрібних крадіжок		так			так
5	У мене не було неприємностей через мою поведінку		ні			ні

За цими запитаннями формується ключ тесту, що визначає для кожного з показників оцінки перелік “відповідних” запитань і відповідей на них. За допомогою ключа обчислюється кількість нарахованих балів кандидата за кожним із показників. Кандидат отримує +1 бал до показника, якщо його відповідь збігається з ключем. Більшість запитань оцінюють два показники. Виняток становить лише шкала

достовірності, для оцінювання якої використовуються спеціальні запитання. Аналіз результатів за даною шкалою не здійснюється стандартним підрахунком балів і перетворенням їх до стенів. Отримана шляхом зіставлення із ключем кількість балів X_R порівнюється із загальною кількістю білів у ключі за показником X_R^{\max} . За умови, що X_R становить більш ніж 75 % від максимуму X_R^{\max} , робиться висновок, що результати тесту недостовірні, оскільки кандидат на запитання відповідав неширо. У цьому випадку буде запропоновано пройти тест повторно. Що ж стосується чотирьох інших показників, то для них обчислюються значення балів у стенах для спрощення подальшого аналізу.

Отже, безпосереднім результатом психологічного тесту буде множина X бальних оцінок кандидата за п'ятьма показниками:

$$X = \langle X_R, X_A, X_C, X_N, X_M \rangle, \quad (4)$$

де X_R – бальна оцінка достовірності;
 X_A – бальна оцінка адаптивних здібностей;
 X_C – бальна оцінка комунікативних здібностей;
 X_N – бальна оцінка нервово-психічної стійкості;
 X_M – бальна оцінка моральної нормативності.

У подальшому необхідно провести стандартизацію оцінок відповідно до середніх значень вибірки, що розраховується за формулою (3). Для тестів на рівень знань це виправдано, оскільки дає можливість показати результати щодо групи та внести деякі коригування оцінок. У даному випадку, оскільки тест оцінює психологічні характеристики особистості, він має бути об'єктивним та оцінювати незалежно кожного конкретного кандидата. Враховуючи те, що запитання складаються фахівцями та загальна анкета пройшла апробацію і має дозвіл на запровадження, експертну оцінку запитань і бальну оцінку показників можна вважати оптимальною для будь-якої вибірки результатів тесту.

Після цього здійснюється переведення балів до шкали стенів за формулою (2). В результаті отримуємо вектор Y відкоригованих оцінок у стенах:

$$Y = \langle Y_R, Y_A, Y_C, Y_N, Y_M \rangle. \quad (5)$$

У цьому випадку оцінка $Y_R = X_R$, оскільки обробка результату за показником достовірності має свої особливості, описані вище, що не потребує зайвого перетворення.

Останній крок – це аналіз значень отриманих оцінок і прийняття рішення щодо них. Для розв'язку цієї задачі застосуємо підхід, що базується на методах теорії нечітких множин.

Алгоритм нечіткого виведення

Процес нечіткого виведення в такому контролері складається з таких етапів [3]:

-
1. Визначення вхідних змінних (інформація про стан об'єкта і зовнішні впливи).
 2. Формування бази правил (формального подання емпіричних знань експертів предметної області у формі нечітких продукційних правил).

Нечітке продукційне правило – це вираз, що має вигляд:

$$(i) : Q; P; A \Rightarrow B; S, F, N, \quad (6)$$

де (i) – назва нечіткої продукції;

Q – сфера застосування нечіткої продукції;

P – умова застосовності ядра нечіткої продукції;

$A \Rightarrow B$ – ядро нечіткої продукції, в якому A – умова ядра (або антецедент);

B – висновок ядра (або консеквент);

\Rightarrow – знак логічного слідування;

S – метод або спосіб визначення кількісного значення ступеня істинності виведення ядра;

F – коефіцієнт визначеності або впевненості нечіткої продукції;

N – постумови продукції.

Сфера застосування нечіткої продукції Q описує явно або неявно предметну область знання, яку представляє окрема продукція.

Умова застосовності ядра продукції P являє собою логічний вираз, як правило, предикат. Якщо воно наявне в продукції, то активізація ядра продукції стає можливою тільки в разі істинності цієї умови. У багатьох випадках цей елемент продукції може бути опущений або введений в ядро продукції.

Ядро $A \Rightarrow B$ є центральним компонентом нечіткої продукції. Воно може бути подано в одній із найпоширеніших форм: “ЯКЩО A ТО B ”, або “IF A THEN B ”, де A і B – деякі вирази нечіткої логіки, які найчастіше подаються у формі нечітких висловлювань. Виразом може бути складене логічне нечітке висловлювання, тобто елементарні нечіткі висловлювання, з'єднані нечіткими логічними зв'язками, такими як нечітке заперечення, нечітка кон'юнкція, нечітка диз'юнкція.

Позначення S – це метод або спосіб визначення кількісного значення ступеня істинності висновку B на основі відомого значення ступеня істинності умови A . Цей спосіб визначає схему або алгоритм нечіткого виведення в продукційних нечітких системах і називається методом композиції або методом активації.

Коефіцієнт впевненості F містить кількісну оцінку ступеня істинності або відносну вагу нечіткої продукції, що набуває значення з інтервалу $[0; 1]$ і часто називається ваговим коефіцієнтом нечіткого правила продукції.

Постумова нечіткої продукції N описує дії та процедури, які необхідно виконати в разі реалізації ядра продукції, тобто отримання інформації про істинність B . Характер цих дій може бути різним і відображати обчислювальний або інший аспект системи.

3. Фазифікація вхідних змінних – установлення відповідності між числовим значенням вхідної змінної системи нечіткого виведення і значенням функції належності відповідного їй терму лінгвістичної змінної.

4. Агрегування підумов – це процедура визначення істинності умов за кожним правилом системи нечіткого виведення. Для цього використовуються отримані на етапі фазифікації значення функцій належності термів лінгвістичних змінних, що становлять антецеденти ядер нечітких продуктивних правил.

5. Активізація складових консеквентів – процедура пошуку ступеня істинності кожного з елементарних логічних висловлювань, що становлять консеквент ядер усіх нечітких продукційних правил. Оскільки висновки робляться щодо вихідних лінгвістичних змінних, то ступеням істинності складових консеквентів під час активізації ставляться у відповідність елементарні функції належності.

Функції належності $\mu(u)$ кожного з елементарних складових консеквента всіх продукційних правил обчислюються за допомогою одного з методів нечіткої композиції:

- min-активізація – $\mu(u) = \min\{c, \mu(x)\}$;
- prod-активізація – $\mu(u) = c \times \mu(x)$;
- average-активізація – $\mu(u) = 0,5 \times (c + \mu(x))$,

де $\mu(x)$ – функції належності термів лінгвістичних змінних;

c – ступінь істинності нечітких висловлювань, які утворюють відповідні консеквенти ядер нечітких продукційних правил.

6. Акумуляція висновків – обчислення функцій належності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних.

Результат акумуляції для кожної вихідної лінгвістичної змінної визначається як об'єднання нечітких множин усіх складових консеквентів нечіткої бази правил щодо відповідної лінгвістичної змінної. Поєднання функцій належності всіх складових може проводитись за допомогою:

- max-об'єднання $\forall x \in X \mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$;
- алгебричного об'єднання $\forall x \in X \mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \times \mu_B(x)$;
- граничного об'єднання $\forall x \in X \mu_{AB}(x) = \min\{\mu_A(x) \times \mu_B(x), 1\}$;
- драстичного об'єднання $\forall x \in X \mu_{A \nabla B}(x) = \begin{cases} \mu_B(x), & \text{якщо } \mu_A(x) = 0 \\ \mu_A(x), & \text{якщо } \mu_B(x) = 0 \\ 1, & \text{в інших випадках} \end{cases}$;
- λ -суми $\forall x \in X \mu_{(A+B)}(x) = \lambda \mu_A(x) + (1 + \lambda) \mu_B(x), \lambda \in [0; 1]$

7. Дефазифікація вихідних змінних – процес переходу від функції належності вихідної лінгвістичної змінної до її чіткого значення. Цей перехід здійснюється одним із таких методів:

- центра ваги (Centre of Gravity) $y = \frac{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} x \mu(x) dx}{\int_{x_{\min}}^{x_{\max}} \mu(x) dx}, de [x_{\min}; x_{\max}]$ –

- універсальна множина вихідної лінгвістичної змінної;
- центра площі (Centre of Area) – розрахунок абсциси y , що ділить площу, обмежену кривою належності $\mu(x)$, тобто обчислення так званої бісектриси площі:

$$\int_{x_{\min}}^y \mu(x)dx = \int_y^{x_{\max}} \mu(x)dx;$$

- лівого модального значення $y = x_{\min}$;
- правого модального значення $y = x_{\max}$.

8. Організація керівних впливів на керівні механізми, органи керування на основі вихідних змінних.

Кожен з етапів нечіткого виведення може виконуватись по-різному, вибір конкретних способів реалізації того або іншого етапу визначає алгоритм виведення для конкретної задачі. Критерії даного вибору нині чітко не визначені, і для кожної реалізації може бути обрано свій варіант. Сучасні найпопулярніші алгоритми: Мамдані, Цукамото, Ларсена та Сугено. Зупинимось на методі Мамдані як найбільш інтуїтивному, широко вживаному та інтегрованому до багатьох засобів побудови fuzzy-контролерів.

Застосування алгоритму нечіткого виведення Мамдані для розв'язку поставленої задачі

Особливості алгоритму Мамдані описано в праці [4].

1. Формування бази правил системи нечіткого виведення здійснюється як упорядкований узгоджений список нечітких продукційних правил у вигляді “IF A THEN B”, де антецеденти ядер правил нечіткої продукції побудовані за допомогою логічних зв'язків “І” чи “АБО”, а консеквенти ядер правил нечіткої продукції прості.

2. Агрегування підумов правил нечіткої продукції здійснюється за допомогою класичної нечіткої логічної операції “І” двох елементарних висловлювань $A, B: T(A \cap B) = \min \{T(A), T(B)\}$.

3. Активізація складових консеквентів правил нечіткої продукції здійснюється методом \min -активізації.

4. Акумуляція складових консеквентів правил нечіткої продукції проводиться за допомогою класичного для нечіткої логіки \max -об'єднання функцій належності.

5. Дефазифікація проводиться методом центра ваги або центра площі.

Визначимо лінгвістичні змінні для досліджуваної моделі. Під лінгвістичною змінною, описаною у праці [5], розуміється п'ятірка $\langle x, T, U, G, M \rangle$,

де x – назва змінної;

T – терм-множина, кожен елемент якої подається як нечітка множина термів на універсальній множині U ;

G – синтаксичні правила, часто у вигляді граматики, що породжують назви термів;

M – семантичні правила, які визначають функції належності нечітких термів, породжених синтаксичними правилами.

Визначимо першу лінгвістичну змінну x_1 як “адаптивні здібності”, задамо універсальну множину $U = [1; 10]$, терм-множину T як {низька адаптація, задовільна адаптація, висока адаптація}.

Для кожного елемента терм-множини визначимо функції належності, які можуть бути трикутними, трапецієподібними, гауссівськими, двосторонніми гауссівськими, “узагальненим дзвоном”, сигмоїдальними або поліноміальними.

Для терму “низька адаптація” визначимо двосторонню гауссівську функцію належності:

$$\begin{aligned} \text{якщо } c_1 < c_2, \text{ то } \mu_{\text{низька адаптація}}(u) &= \begin{cases} \exp\left(\frac{(u-c_1)^2}{-2a_1^2}\right), & u < c_1 \\ 1, & c_1 \leq u \leq c_2 \\ \exp\left(\frac{(u-c_2)^2}{-2a_2^2}\right), & u > c_2 \end{cases} \\ \text{якщо } c_1 > c_2, \text{ то } \mu_{\text{низька адаптація}}(u) &= \begin{cases} \exp\left(\frac{(u-c_1)^2}{-2a_1^2}\right), & u < c_1 \\ 1, & c_1 \leq u \leq c_2 \\ \exp\left(\frac{(u-c_2)^2}{-2a_2^2}\right), & u > c_2 \end{cases}, \end{aligned} \quad (7)$$

де $c_1(c_2)$ – мінімальне (максимальне) значення ядра нечіткої множини;
 $a_1(a_2)$ – коефіцієнт концентрації лівої (правої) частини функції належності.
 Графічно така функція виглядає як показано на рис. 2.

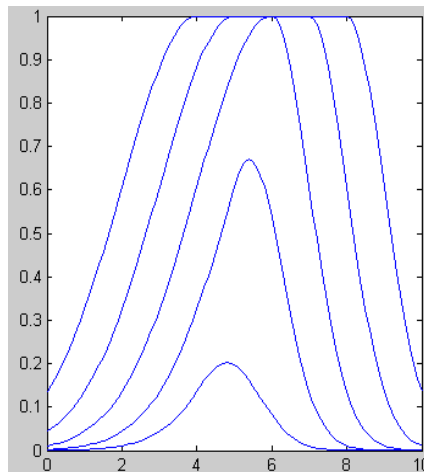


Рис. 2. Приклади графіків двосторонньої гауссівської функції належності

Перевагами застосування вказаного варіанта кривої може бути можливість зазначити ділянку, на якій функція завжди набуватиме значення 1, яка обмежується величинами c_1 та c_2 , а також можливість задати поступову зміну функції на ділянках ліворуч та праворуч ядра нечіткої множини.

Для терму “задовільна адаптація” визначимо функцію належності $\mu_{\text{задовільна адаптація}}(u)$ типу “узагальнений дзвін”:

$$\mu_{\text{задовільна адаптація}}(u) = \frac{1}{1 + \left| \frac{u - c}{a} \right|^{2b}}, \quad (8)$$

де a – коефіцієнт концентрації функції належності;
 b – коефіцієнт крутизни функції належності;
 c – її координата максимуму.
Графічно така функція зображена на рис. 3.

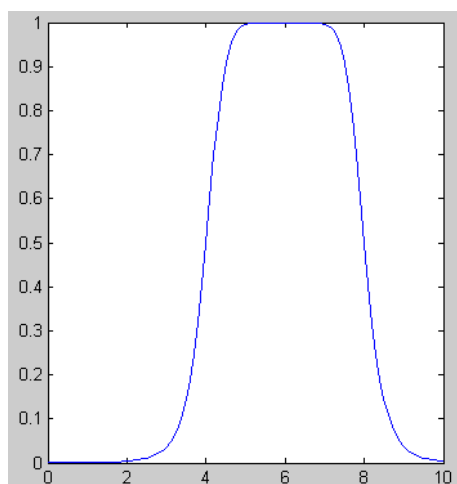


Рис. 3. Приклад графіка функції належності “узагальнений дзвін”

Перевагами застосування такого варіанта кривої може бути можливість зазначити ділянку, на якій функція завжди набуватиме значення 1, або можливість задати поступову зміну функції на ділянках ліворуч та праворуч максимуму.

Функції “узагальненого дзвону” та двостороння гауссівська – найзручніші, вони застосовуються у випадках необхідності задання симетричної функції належності та плавної її зміни. Якщо потрібно задати несиметричну залежність, використовуються сигмоїдальні функції.

Для терму “висока адаптація” визначимо функцію належності $\mu_{\text{висока адаптація}}(u)$ типу “узагальнений дзвін”.

Уведемо в модель синтаксичні правила $G = \{“не”, “дуже”, “більш-менш”\}$, що породжують такі терми: “невисока адаптація”, “не низька адаптація”, “незадовільна адаптація”, “дуже висока адаптація”, “дуже низька адаптація”, “більш-менш висока адаптація”, “більш-менш низька адаптація”, “більш-менш задовільна адаптація”.

Семантичні привила

Синтаксичне правило	Метод обчислення функції належності
Не t	$1 - \mu_t(u)$
Дуже t	$(\mu_t(u))^2$
Більш-менш t	$\sqrt{\mu_t(u)}$

Аналогічним чином визначимо лінгвістичні змінні “комунікативні здібності”, “нервово-психічна стійкість”, “моральна нормативність”, а також результат тестування як змінну “апробація”.

Для лінгвістичної змінної $x_2 =$ “комунікативні здібності” універсальна множина $U = [1; 10]$, терм-множина $T = \{$ “високий рівень”, “низький рівень” $\}$. Для кожного елемента терм-множини визначимо функції належності. Для терму “низький рівень” визначимо двосторонню гауссівську функцію належності $\mu_{\text{низький рівень}}(u)$, а для терму “високий рівень” – двосторонню гауссівську функцію належності $\mu_{\text{високий рівень}}(u)$. Синтаксичні правила G та семантичні правила M задамо аналогічно до попередньо визначеної змінної.

Для лінгвістичної змінної $x_3 =$ “нервово-психічна стійкість” універсальна множина $U = [1; 10]$, терм-множина $T = \{$ “високий рівень”, “низький рівень” $\}$. Для кожного елемента терм-множини визначимо функції належності. Для терму “низький рівень” визначимо двосторонню гауссівську функцію належності $\mu_{\text{низький рівень}}(u)$, а для терму “високий рівень” – двосторонню гауссівську функцію належності $\mu_{\text{високий рівень}}(u)$. Синтаксичні правила G та семантичні правила M задамо аналогічно до попередньо визначеної змінної.

Для лінгвістичної змінної з іменем $x_4 =$ “моральна нормативність” універсальна множина $U = [1; 10]$, терм-множина $T = \{$ “високий рівень”, “низький рівень” $\}$. Для кожного елемента терм-множини визначимо функції належності. Для терму “низький рівень” визначимо функцію належності $\mu_{\text{низький рівень}}(u)$ за допомогою симетричної гауссівської кривої:

$$\mu_{\text{низький рівень}}(u) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

де c – координата максимуму функції належності;
 σ – коефіцієнт концентрації функції належності.

Приклад графіка симетричної гауссівської кривої показано на рис. 4.

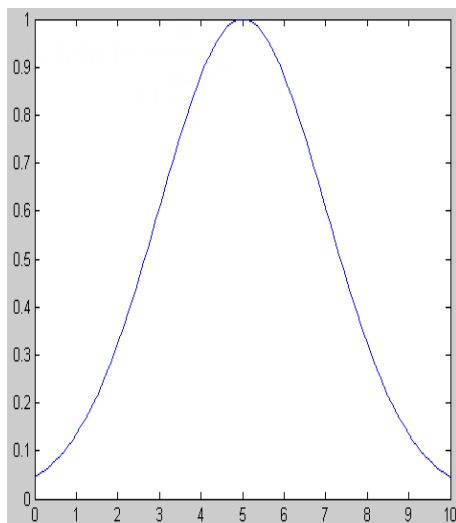


Рис. 4. Приклад графіка симетричної гауссівської кривої

Для терму “високий рівень” визначимо також симетричну гауссівську функцію належності $\mu_{\text{високий рівень}}(u)$. Синтаксичні правила G та семантичні правила M задамо аналогічно до попередньо визначеної змінної.

Результат або цільову функцію також визначимо як лінгвістичну змінну $x_5 =$ “апробація”. Для неї універсальна множина $U = [0; 1]$, терм-множина $T = \{$ “придатний”, “непридатний” $\}$. Для терму “придатний” визначимо функцію належності $\mu_{\text{придатний рівень}}(u)$ за допомогою симетричної гауссівської кривої, а для терму “непридатний” визначимо симетричну гауссівську функцію належності $\mu_{\text{непридатний рівень}}(u)$. Синтаксичні правила G та семантичні правила M задамо аналогічно до попередньо визначеної змінної.

Змінну $x_6 =$ “достовірність” визначимо дискретно. Для неї універсальна множина $U = [1; 13]$, терм-множина $T = \{$ достовірно, недостовірно $\}$, функція належності:

$$\mu_{\text{достовірно}}(u) = \begin{cases} 1, & u \leq 10 \\ 0, & u > 10 \end{cases}; \quad \mu_{\text{недостовірно}}(u) = \begin{cases} 0, & u \leq 10 \\ 1, & u > 10 \end{cases}.$$

Нечітка база знань складається з правил виведення, описаних у термінах лінгвістичних змінних, наприклад: “якщо достовірність дійсна, адаптивні здібності високі та нервово-психічна стійкість висока, то результат “придатний””.

Після визначення опису лінгвістичних змінних і нечіткої бази знань fuzzy-контролер може дати висновок щодо апробації кандидата шляхом застосування операцій над нечіткими множинами та виведень на основі продукційних правил з нечіткої бази знань. Для цього використовується композиційне правило виведення.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Для розв'язання поставленої задачі перевагою застосування нечіткої логіки є можливість її використання у вигляді лінгвістичних висловлювань, які подаються нечіткою базою правил: “якщо <вхід>, тоді <вихід>”. Інструментарій нечіткої логіки дає змогу будувати моделі, які здатні працювати навіть без налаштування на реальні дані, лише базуючись на закладених у них наборах логічних правил і встановлених параметрах функцій належності.

Упровадження нечітких множин для оцінювання кандидата дає змогу відійти від чітких критеріїв відсіву персоналу під час найму на роботу, замінивши їх функціями належності, надаючи можливість більш гнучко ставитись до оцінювання людини. Зокрема, це важливо у психологічному тестуванні для врахування випадків, коли кандидат відповів неправильно лише на одне запитання, але ця відповідь за умови суворого оцінювання коштуватиме йому бажаної посади та роботи. Проте модель із застосуванням нечіткої логіки оцінює людину за низкою властивостей, передбачених множиною термів і правилами їх визначення. Крім того, враховується вплив інших показників оцінювання, закладених у нечітку базу знань.

Список використаних джерел:

1. Framingham J. Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI) [Електронний ресурс] / Framingham J. – Режим доступу : <https://psychcentral.com/lib/minnesota-multiphasic-personality-inventory-mmpi>
2. Кравець П. Системи прийняття рішень з нечіткою логікою / П. Кравець, Р. Киркало // Вісник національного університету “Львівська політехніка”. – 2009. – № 650. – С. 115–123.
3. Рубанов В. Г. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах [Электронный ресурс] / Рубанов В. Г., Филатов А. Г., Рыбин И. А. – Режим доступа : <http://nrsu.bstu.ru>
4. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс] / Штовба С. Д. – Режим доступа : <http://www.twirpx.com/file/1528166>
5. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Заде Л. А. – М. : Мир, 1976. – 165 с.