

**ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО**

Факультет математики, фізики, комп'ютерних наук і технологій
Кафедра математики та інформатики

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**Використання системи підтримки прийняття
рішень на основі нечіткої логіки для оцінювання
якості підготовки майбутніх учителів**

Студента

Галузі знань 01 Освіта/педагогіка

Спеціальності 014 Середня освіта
(Інформатика)

Коріненко Богдана Валерійовича

Науковий керівник:

кандидат педагогічних наук Туржанська О. С.

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Оцінка ECTS _____

Голова комісії _____

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Члени комісії _____

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Вінниця – 2019 рік

АНОТАЦІЯ

Метою дипломної роботи є розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішення про якість підготовки майбутніх учителів на базі нечіткої логіки та її реалізація в програмі Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab. Розглянуто теоретичні положення теорії нечіткої логіки, класи аналітичних задач підтримки прийняття рішень. Проаналізовано етапи виконання логічного висновку на принципах нечітких множин за алгоритмами Мамдані, Цукамото, Ларсена, Сугено. Для інформаційної системи підтримки прийняття рішення про якість підготовки майбутніх фахівців обрано вхідні лінгвістичні змінні, їх універсальну множину, лінгвістичні терми, побудовано функції належності термів, базу знань.

Ключові слова: нечітка логіка, система підтримки прийняття рішення, якість підготовки майбутніх учителів математики, середовище Matlab.

ANNOTATION

The aim of the thesis is to develop an information system to support decision making on the quality of training of future teachers based on fuzzy logic and its implementation in the program Fuzzy Logic Toolbox environment Matlab. Theoretical provisions of the theory of fuzzy logic, classes of analytical problems of decision support are considered. The stages of execution of the logical conclusion on the principles of fuzzy sets by the algorithms of Mamdani, Tsukamoto, Larsen, Sugeno are analyzed. The input linguistic variables, their universal set, linguistic terms, the term membership functions, and the knowledge base were selected for the information system to support the decision on the quality of training of future specialists.

Keywords: fuzzy logic, decision support system, quality of training of future mathematics teachers, Matlab environment.

Зміст

ВСТУП.....	4
Розділ I. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.....	7
1.1. Основні поняття теорії нечітких множин.....	7
1.2. Операції над нечіткими множинами.....	16
1.3. Поняття нечіткого висловлювання.....	18
1.4. Основні логічні операції з нечіткими висловлюваннями.....	20
Висновки до розділу I.....	22
Розділ II. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У ЗАДАЧАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.....	23
2.1. Поняття процесу прийняття рішення та системи підтримки прийняття рішення.....	23
2.2. Аналітичні задачі підтримки прийняття рішень.....	30
2.3. Алгоритми виконання логічного висновку в задачах підтримки прийняття рішень на принципах нечіткої логіки.....	33
Висновки до розділу II.....	39
Розділ III. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ЩОДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ.....	41
3.1. Особливості використання нечіткої логіки для оцінювання якості підготовки майбутніх учителів.....	41
3.2. Розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішення щодо комплексної оцінки якості підготовки майбутніх учителів.....	45
3.3. Реалізація алгоритму виконання логічного висновку в програмному середовищі MATLAB.....	51
3.4. Оцінка ефективності роботи системи підтримки прийняття рішень.....	58
Висновки до розділу III.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
Додатки.....	65
Список використаних джерел.....	72

Вступ

Актуальність теми. В сучасних умовах заклад вищої освіти надає освітні послуги, замовниками яких є: особистість, яка здобуває вищу освіту, роботодавці, держава. На сьогодні актуальним є оцінка замовниками якості освітніх послуг. При цьому важливим кроком є створення системи, яка б комплексно оцінювала якість підготовки майбутніх фахівців, враховуючи єдність і взаємозв'язок її кількісних та якісних показників.

У цих інформаційних умовах виникає потреба в застосуванні не тільки статистичних підходів, а й методів аналізу, які базуються на отриманні якісних експертно-аналітичних оцінок даних. До таких методів відносять методи нечіткої логіки, які являють собою математичний апарат, що дозволяє математично обґрунтовувати задачі, для яких відсутня повноцінна статистика або вирішуються питання узгодження суперечливих критеріїв прийняття рішень або у випадку, коли серед інформативних факторів є лише якісні показники. Для використання нечіткої логіки не є обов'язковим дотримання нормального закону розподілу емпіричних даних, що є важливим для оцінювання деяких показників якості підготовки майбутніх фахівців, які враховуються неповно і суб'єктивно.

Одним із застосуванням теорії нечіткої логіки є побудова системи підтримки прийняття рішень. Такі системи на основі нечіткої логіки замість математичної моделі використовують інтегровані знання експертів, які за структурою наближаються до розмовної мови і описуються лінгвістичними змінними.

На етапі прийняття рішення системи на принципах нечіткої логіки потребують комп'ютерної підтримки, необхідність якої зумовлена:

- значним обсягом інформації, що надходить до керівників;

- необхідністю обробки і врахування великої кількості взаємопов'язаних факторів і вимог, які швидко змінюються;

- необхідністю зняття невизначеності, пов'язаної з неможливістю кількісного вимірювання окремих показників;

- збільшенням важливості наслідків рішень, що приймаються.

Мета дослідження: розробити інформаційну систему підтримки прийняття рішення про якість підготовки майбутніх учителів на базі нечіткої логіки та спроекувати її в програмі Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab.

Завдання:

- вивчити і систематизувати основні поняття теорії нечіткої логіки, систем підтримки прийняття рішення, класи задач підтримки прийняття рішення;

- з'ясувати основні етапи алгоритму виконання логічного висновку в задачах підтримки прийняття рішення на основі нечіткої логіки;

- розробити інформаційну систему підтримки прийняття рішення щодо комплексної оцінки якості підготовки майбутніх учителів на принципах нечітких множин;

- спроекувати систему підтримки прийняття рішення щодо оцінювання якості підготовки майбутніх фахівців в програмі Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab.

Об'єкт дослідження: процес обробки інформації у складних системах на принципах нечіткої логіки.

Предмет дослідження: розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішення про якість підготовки майбутніх учителів на основі нечітких множин, її програмна реалізація.

Методи дослідження: аналіз, узагальнення, систематизація, методи нечіткої логіки, методи проектування систем засобами Matlab.

Теоретичне значення дипломної роботи полягає в тому, що виділено особливості використання нечіткої логіки для оцінювання якості підготовки майбутніх учителів. Побудовано інформаційну систему підтримки прийняття

рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів на основі нечітких множин.

Практичне значення дипломної роботи полягає у створенні автоматизованої системи підтримки прийняття рішень щодо якості підготовки майбутніх учителів за допомогою програмного засобу Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab.

Апробація результатів дипломної роботи. Основні результати доповідались на звітній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми математики, фізики і технологій», II Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Математика та інформатика у вищій школі: виклики сучасності», які проходили на базі факультету математики, фізики і технологій Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.

Публікації. Робота відображена у трьох статтях, які ввійшли в збірник наукових праць «Актуальні проблеми математики, фізики і технологій», випуск 16, науково-популярний альманах «Математика та інформатика навколо нас», випуск 3, матеріалів II Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Математика та інформатика у вищій школі: виклики сучасності».

Структура дипломної роботи. Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі розглядаються основні поняття, операції нечіткої логіки. Другий розділ присвячений класифікації задач підтримки прийняття рішення, основним етапам алгоритму виконання логічного висновку на основі нечіткої логіки. У третьому розділі розглядається інформаційна система підтримки прийняття рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів та її реалізація у системі Matlab.

РОЗДІЛ I

ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

1.1. Основні поняття теорії нечітких множин

Поняття нечіткої логіки або фазі-логіки з'явилося у 1965 році, коли професор Каліфорнійського університету (Берклі) Лотфі А. Заде (Lotfi A. Zadeh) опублікував основоположну статтю «Fuzzy Sets» у журналі «Information and Control». Його робота стала поштовхом до розробки нового математичного апарату та його застосування для інтелектуальної діяльності людини.

Прикметник «fuzzy», який перекладається на українську мову як «ворсистий», «нечіткий», введено в назву теорії нечіткої логіки, щоб дистанціювати її від Аристотелевої логіки, що оперує з чіткими поняттями «належить – не належить», «істина - хиба». Концепція нечіткої логіки зародилася у Заде «як незадоволеність математичними методами класичної теорії систем, яка змушена доводити штучну точність, яка є недоречною в багатьох системах реального світу, в так званих складних системах, що включають судження людей» [9].

Нечітка логіка дає можливість широко використовувати експертні знання у підтримці прийняття рішень. На основі апарату нечіткої логіки вдається проектувати системи підтримки прийняття рішень, що здатні ефективно функціонувати в умовах наявності інформації про об'єкт вивчення, який має якісний характер.

У класичному понятті чіткої бінарної множини існує функція, яка надає системі лише два значення: 1 або 0. Л. Заде запропонував оперування нескінченною кількістю значень з інтервалу $[0; 1]$ за допомогою так званих функцій приналежності. Такі множини й були названі нечіткими (fuzzy).

Л. Заде визначив ряд властивостей, операцій, які можна виконувати над нечіткими множинами, і запропонував узагальнення відомих методів логічного виведення *modus ponens* (той, що підтверджує) та *modus tollens* (метод від супротивного) в контексті нечітких множин [9].

Одними з основних понять апарату нечіткої логіки є поняття «нечітка множина» та «лінгвістична змінна». Поняття нечіткої множини – це спроба формалізації лінгвістичної (словесної) інформації для побудови математичних моделей. При такому підході висловлювання типу «деякий елемент належить даній множині» втрачає сенс, оскільки необхідно вказати з яким ступенем або з якою мірою елемент задовольняє властивостям множини [39].

Відповідно до класичного визначення, лінгвістична змінна представляється як кортеж:

$$\langle \beta, T, X, G, M \rangle, \quad (1.1.1)$$

де β – назва лінгвістичної змінної;

T – базова терм-множина лінгвістичної змінної;

X – універсальна множина або універсум, що охоплює всю проблемну область;

G – синтаксична процедура, що визначає формування нових термів;

M – семантична процедура, що задає функції належності для нових термів.

Кожна лінгвістична змінна має свою терм-множину значень.

Означення 1.1.1. Терм-множиною називається множина всіх можливих значень лінгвістичної змінної.

Означення 1.1.2. Термом називається будь-який елемент терм-множини.

Кожна лінгвістична змінна має свою терм-множину значень.

Терм лінгвістичної змінної характеризується функцією приналежності (membership function) $\mu_A(x) : X \rightarrow [0; 1]$, яка кожному елементу x універсальної множини X ставить у відповідність значення упевненості про належність його до деякого значення з інтервалу $[0; 1]$.

Означення 1.1.3. Нечітка множина визначається як множина впорядкованих пар виду: $\langle x, \mu_A(x) \rangle$, де x – елемент деякої універсальної множини або універсуму, $\mu_A(x)$ – функція приналежності.

Нечіткі множини позначають великими латинськими літерами: A, B, C, D....

Нечіткі множини можуть бути задані двома основними способами [5]:

I. У формі списку з перерахуванням усіх елементів і відповідних їм значень функції належності: $A = \langle x_1, \mu_A(x_1), x_2, \mu_A(x_2), \dots, x_n, \mu_A(x_n) \rangle$, де n – число елементів нечіткої множини A. При цьому, як правило, елементи з нульовими значеннями функції приналежності не вказуються в даному списку.

Приклад 1.1. Розглянемо універсум $X = 1, 2, 3, 4, \dots$ - множина натуральних чисел. Тоді нечітку множину в деякому контексті «натуральне число, яке наближено дорівнює 3» можна задати таким чином:

$$A = \langle 1, 0.4, 2, 0.8, 3, 1.0, 4, 0.8, 5, 0.4, 6, 0.2, 7, 0.1 \rangle.$$

При цьому елементи, для яких $\mu_A(x) = 0$, відсутні в цьому списку.

Приклад 1.2. Нехай N - множина натуральних чисел: $N = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots\}$.

Розглянемо нечітку множину «невеликих» натуральних чисел:

$$A = \{(0|1), (1|0.8), (2|0.6), (3|0.4), (4|0.2), (5|0), (6|0), \dots\}$$

Тут значення $\mu_A(x)$ де $x=0, 1, 2, 3, \dots$ задаються, звичайно, суб'єктивно.

II. Аналітично у формі математичного виразу для відповідної функції приналежності. У цьому випадку нечітку множину записують у вигляді:

$A = \langle x, \mu_A(x) \rangle$, де функція належності $\mu_A(x)$ задана аналітично у формі математичного виразу або графічно у формі деякої кривої.

Для формальної строгості при заданні нечітких множин необхідно вказувати універсум X. У загальному випадку ніяких припущень щодо елементів цієї множини не робиться. Проте на практиці доцільно обмежити універсум елементами предметної області.

Над нечіткими множинами можна виконувати операції перетину, об'єднання, різниці, симетричної різниці, алгебраїчного перетину та об'єднання, граничного перетину та об'єднання, драстичного перетину та об'єднання.

Серед додаткових операцій, які використовуються для побудови нечітких моделей досліджуваних систем, слід відмітити операцію множення нечіткої множини на число, піднесення нечіткої множини до степеню, концентрування та розтягування нечіткої множини.

Функція належності $\mu_A(x)$ визначає суб'єктивну міру впевненості експерта про те, що задане конкретне значення універсальної шкали відповідає нечіткій множині. Цю функцію не слід ототожнювати з ймовірністю, яка має об'єктивний характер і підпорядкована іншим математичним законам.

Методи побудови функцій належності поділяють на дві групи [39]:

I група. Прямі методи

- А) пряме задання функцій приналежності: налаштування поточкове; апроксимації;
- Б) параметричне налаштування функцій: дзвоноподібні функції; трапецієподібні функції; сукупність функцій «складні міркування»; перетворення функцій «розтяг-стиск»; випуклі оболонки функцій.

II група. Скісні методи

- А) попарні порівняння;
- Б) множинні порівняння.

У свою чергу, прямі і скісні методи поділяють для одного та групи експертів, тобто функція належності може відображати як думку одного експерта, так і думку групи експертів.

Прямі методи визначаються тим, що експерт чи група експертів безпосередньо призначають значення функції належності для досліджуваних об'єктів або задають правила визначення цих значень. На відміну від прямих методів, скісні методи передбачають попарне порівняння об'єктів системи

згідно їхніх рангів, попарні порівняння представляють матрицею відносин $A=\{a_{ij}\}$, де $a_{ij}=w_i/w_j$ (операція ділення). Скісні методи вважаються більш трудомісткими, ніж прямі, але їх перевага – це стійкість за відношенням до спотворень у відповіді [40].

Існує понад десяток типових кривих для задання функцій належності. Найбільшого поширення набули: трапецевидна, трикутна функції та функція Гауса.

Трикутна функція належності (рис. 1.1) визначається трійкою чисел (а, b, c) і її аналітичний вираз має вигляд:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

При $(b-a)=(c-b)$ маємо випадок симетричної трикутної функції належності, яка може бути однозначно задана двома параметрами з трійки (а, b, c).

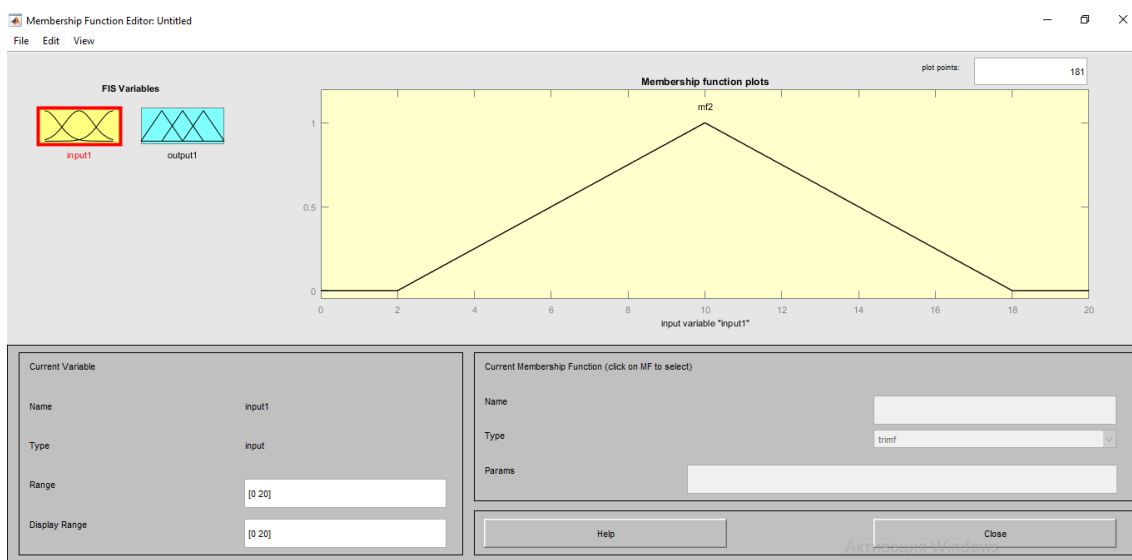


Рис. 1.1. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка трикутної функції належності при $a=2$, $b=10$, $c=18$

Для задання трапецевидної функції належності (рис. 1.2) необхідне задання чотирьох параметрів (а, b, c, d):

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

При $(b-a)=(d-c)$ трапецевидна функція належності приймає симетричний вигляд.

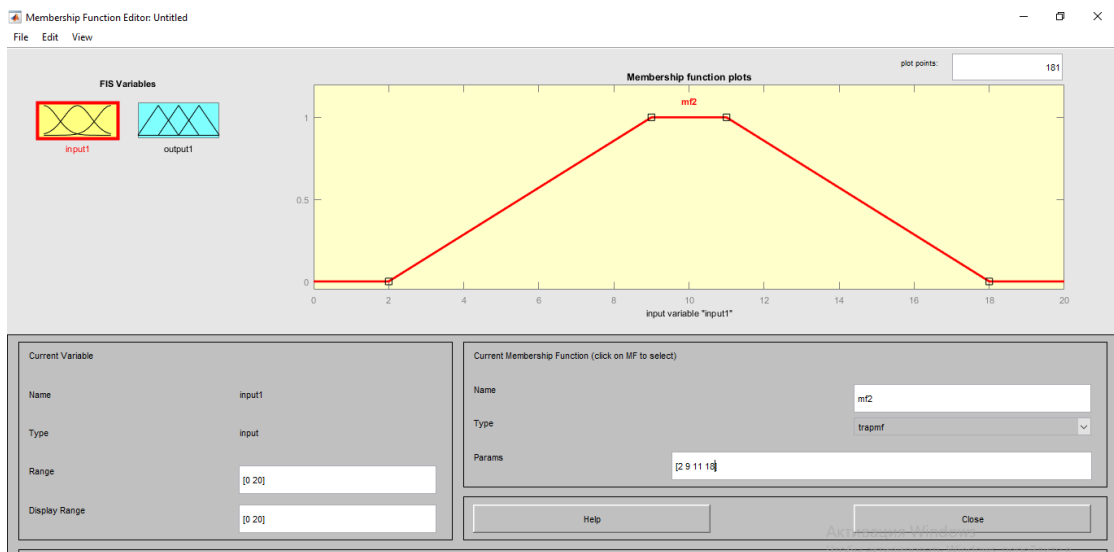


Рис. 1.2. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка трапецевидної функції належності при $a=2, b=9, c=11, d=18$

Функція приналежності гаусового типу (рис. 1.3) описується аналітичним виразом:

$$F(x) = \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{\sigma^2}\right).$$

Параметр c позначає центр нечіткої множини, а параметр σ відповідає за крутизну функції.

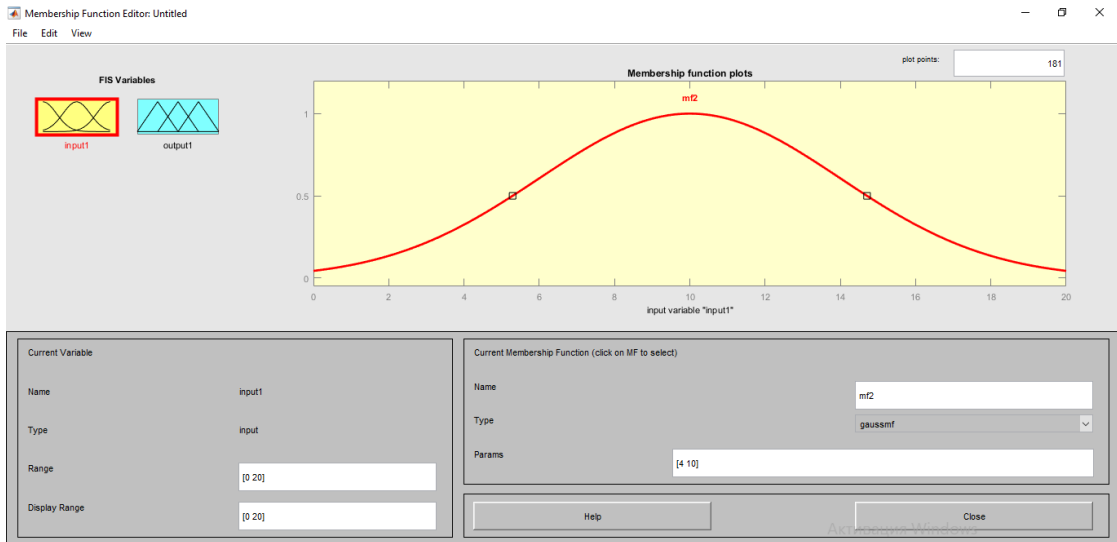


Рис. 1.3. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка гаусової функції належності

Аналітично квазідзвоноподібна функція (рис. 1.4) задається виразом:

$$F(x) = \frac{1}{1 + \frac{(x-b)^2}{c}}$$

де c – коефіцієнт концентрації-розтягування функції;

b – координата максимуму функції.

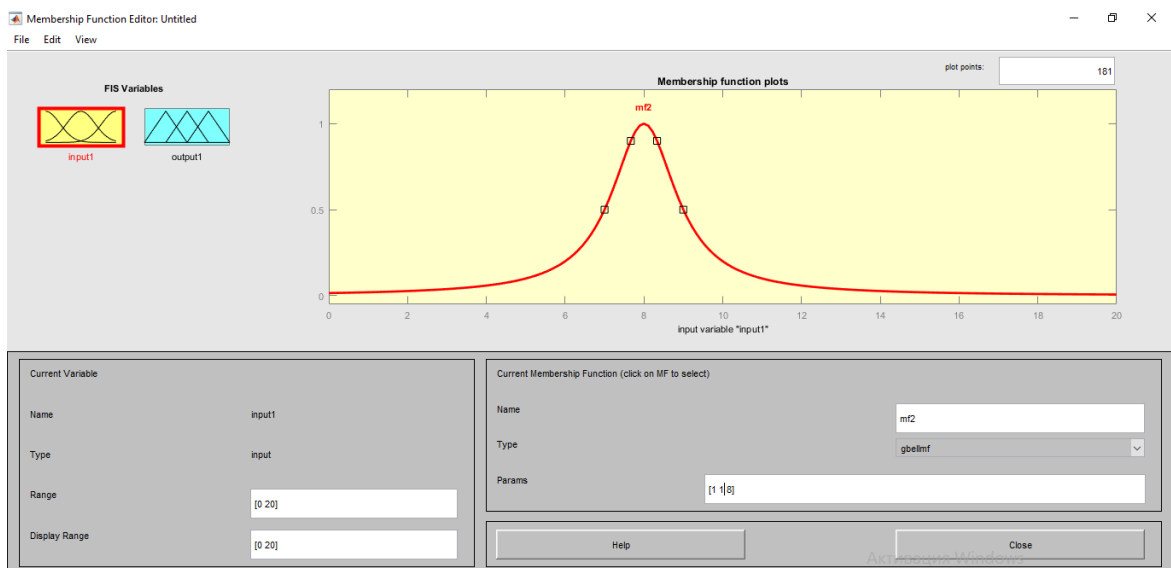


Рис. 1.4. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка квазідзвоноподібної функції належності

S-образна крива задається аналітично таким виразом:

$$F_S x = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \frac{x-a}{b-a} \pi, & a \leq x \leq b, \\ 1, & x > b, \end{cases}$$

де a, b – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a < b$. Графік цієї функції для деякої нечіткої множини і універсуму $X=[0, 20]$ зображений на рис. 1.5.

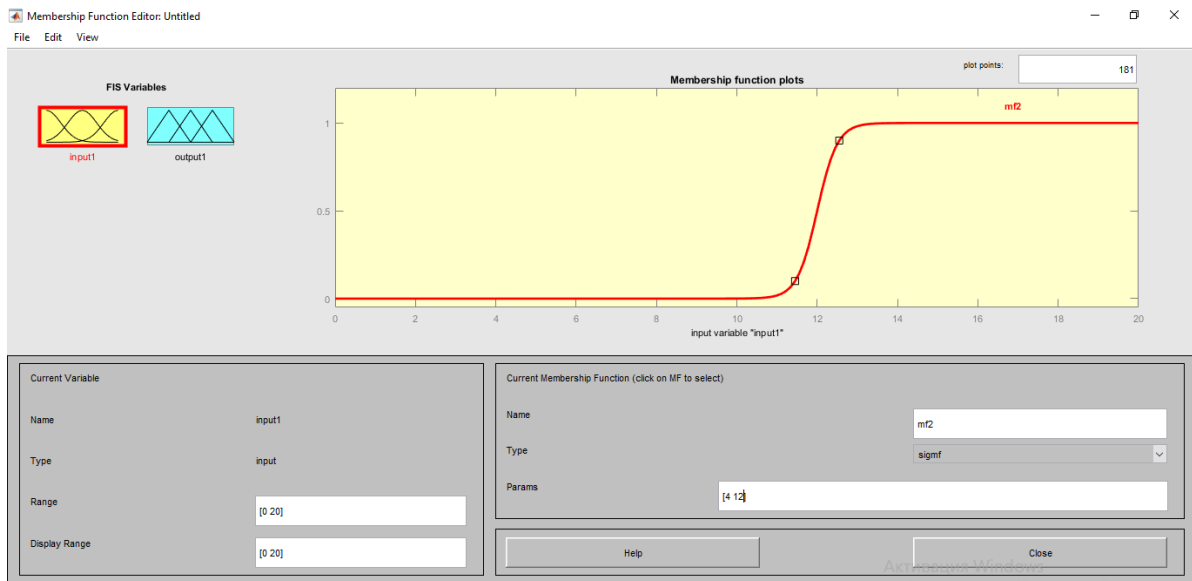


Рис. 1.5. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка S-образної функції належності з параметрами $a=4, b=12$

Z-образна крива визначається виразом:

$$F_Z x = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \frac{x-a}{b-a} \pi, & a \leq x \leq b, \\ 0, & x > b, \end{cases}$$

де a, b – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a < b$. Графік цієї функції для деякої нечіткої множини і універсуму $X=[0, 20]$ зображений на рис. 1.6.

До П-образних функцій приналежності можна віднести клас кривих, які за своєю формою нагадують згладжену трапецію або букву «П» (рис. 1.7) і задаються аналітично таким виразом:

$$F_{\Pi}(x, a, b, c, d) = F_S(x, a, b) \cdot F_Z(x, c, d),$$

де a, b, c, d – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a \leq b \leq c \leq d$, а знак « \cdot » означає арифметичний добуток значень відповідних функцій.

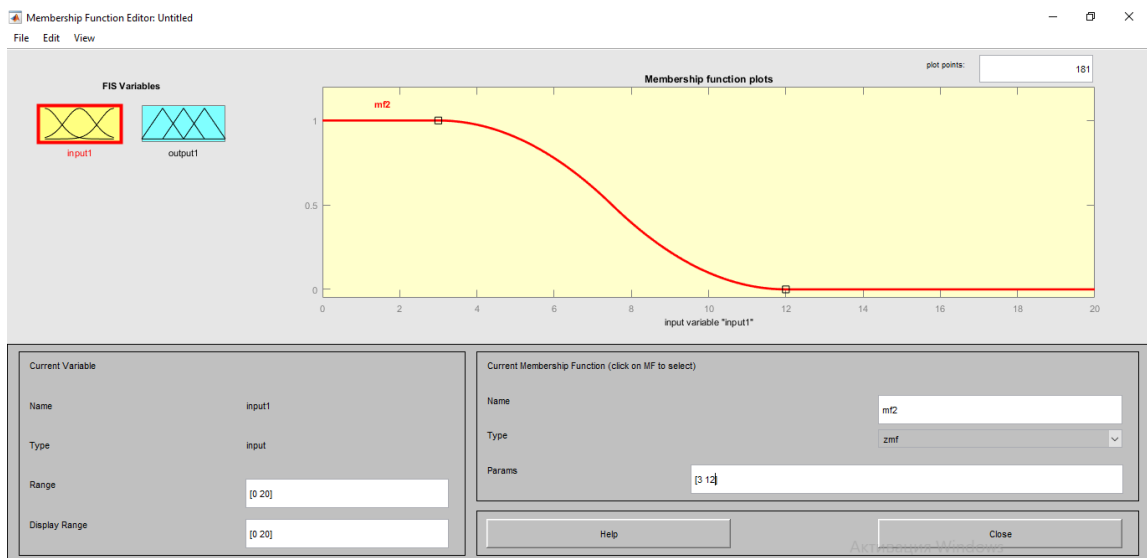


Рис. 1.6. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка Z-образної функції належності з параметрами $a=3, b=12$

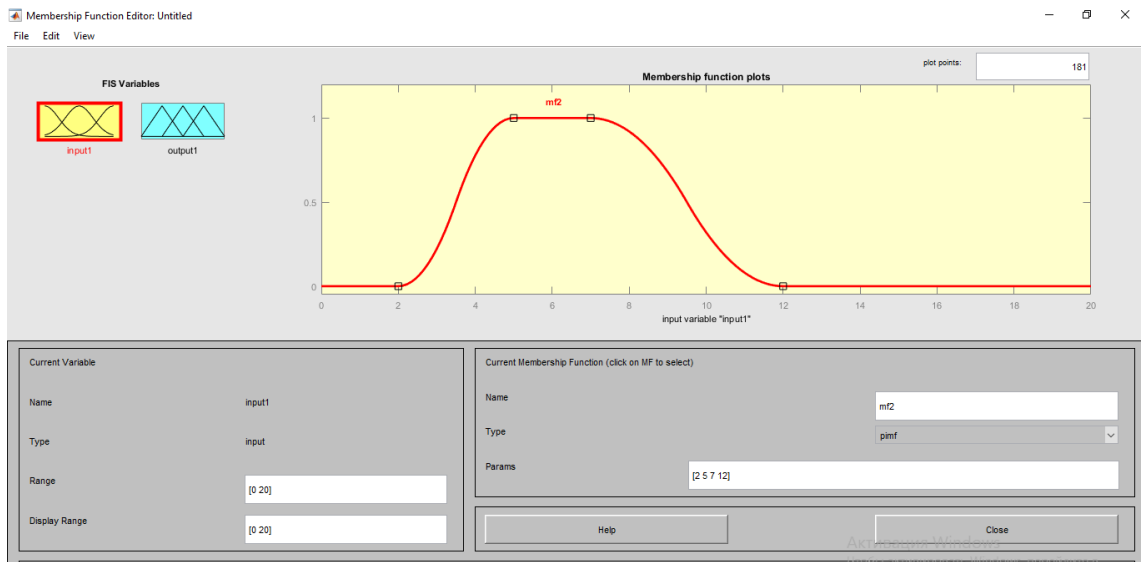


Рис. 1.7. Копія екрана програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab побудови графіка П-образної функції належності з параметрами $a=2$, $b=5$, $c=7$, $d=11$

До П-образних функцій належності відносять так звану дзвоноподібну функцію.

1.2. Операції над нечіткими множинами

Перш ніж розглянути операції над нечіткими множинами необхідно знати, що виконання над ними різних операцій можливе у випадку, якщо відповідні нечіткі множини визначені на одному і тому ж універсумі. Кожна нечітка множина цілком визначається своєю функцією належності. При цьому слід пам'ятати, що в загальному випадку одна й та ж функція належності може описувати різні нечіткі множини.

Нехай A і B - довільні нечіткі множини, які задані на одній універсальній множині X .

Насамперед, визначимо два найпростіших відношення для довільних нечітких множин A і B , заданих на одному і тому ж універсумі X .

Означення 1.2.1. Нечіткі множини $A = x, \mu_A(x)$, $B = x, \mu_B(x)$ називаються рівними, якщо їх функції належності приймають рівні значення на універсумі X :

$$\mu_A x = \mu_B x, \forall x \in X. \quad (1.2.1)$$

І символічно позначається: $A = B$.

Означення 1.2.2. Нечітка множина $A = x, \mu_A(x)$ є нечіткою підмножиною нечіткої множини $B = x, \mu_B(x)$ тоді і тільки тоді, коли виконується умова:

$$\mu_A x \leq \mu_B x, \forall x \in X. \quad (1.2.2)$$

Символічно позначається: $A \subseteq B$. При цьому говорять, що нечітка множина B домінує нечіткій множині A , а нечітка множина A міститься в нечіткій множині B .

Приклад 1.3. Нехай $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}, M = [0,1]$.

$$A = \{(x_1 | 0,4), (x_2 | 0,2), (x_3 | 0), (x_4 | 1)\}, B = \{(x_1 | 0,3), (x_2 | 0), (x_3 | 0), (x_4 | 0)\}.$$

Маємо $B \subset A$ оскільки $0,3 < 0,4$, $0 < 0,2$, $0 = 0$, $0 < 1$.

Означення 1.2.3. Нехай X - універсальна множина, A і B - дві нечіткі множини; говорять, що A і B доповнюють одна одну, якщо

$$\forall x \in X : \mu_B(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (1.2.3)$$

Символічно позначається: $B = \bar{A}$ або $\bar{A} = B$.

Приклад 1.4. $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}, M = [0,1]$,

$$A = \{(x_1 | 0,13), (x_2 | 0,61), (x_3 | 0), (x_4 | 0), (x_5 | 1), (x_6 | 0,03)\},$$

$$B = \{(x_1 | 0,87), (x_2 | 0,39), (x_3 | 1), (x_4 | 1), (x_5 | 0), (x_6 | 0,97)\}.$$

Тоді очевидно, що $\bar{A} = B$.

Означення 1.2.4. Перетином двох нечітких множин A і B називають нечітку множину C , яка визначена на множині X , функція належності якої визначається формулою:

$$\forall x \in E : \mu_{\underline{A} \cap \underline{B}}(x) = \min(\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)) \quad (1.2.4)$$

Символічно позначається: $C = A \cap B$.

Приклад 1.6. $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$,

$$A = \{(x_1 | 0,2), (x_2 | 0,7), (x_3 | 1), (x_4 | 0), (x_5 | 0,5)\},$$

$$B = \{(x_1 | 0,5), (x_2 | 0,3), (x_3 | 1), (x_4 | 0,1), (x_5 | 0,5)\},$$

$$A \cap B = \{(x_1 | 0,2), (x_2 | 0,3), (x_3 | 1), (x_4 | 0), (x_5 | 0,5)\}.$$

Приклад 1.7. Якщо A - нечітка множина дійсних чисел дуже близьких до 3, B - нечітка множина дійсних чисел дуже близьких до 12, то $A \cap B$ - нечітка множина дійсних чисел дуже близьких до 3 і 12.

Означення 1.2.5. Об'єднанням двох нечітких множин A і B називають нечітку множину C , яка визначена на множині X , функція приналежності якої визначається формулою:

$$\forall x \in E : \mu_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \max(\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)) \quad (1.2.5)$$

Символічно позначається: $C = A \cup B$.

Розглянемо приклад 1.6 для виконання операції об'єднання, отримаємо:

$$A \cup B = \{(x_1 | 0,5), (x_2 | 0,7), (x_3 | 1), (x_4 | 0,1), (x_5 | 0,5)\}.$$

Означення 1.2.6. Різницею двох нечітких множин A і B називають нечітку множину C , яка визначена на множині X , функція належності якої визначається формулою:

$$\forall x \in E : \mu_{\underline{A} \setminus \underline{B}}(x) = \max(\mu_{\underline{A}}(x) - \mu_{\underline{B}}(x), 0) \quad (1.2.6)$$

Символічно позначається: $C = A \setminus B$.

Приклад 1.9. Розглянемо нечітку множину A «невелике натуральне число»: $A = 1,1.0, 2,0.9, 3,0.8, 4,0.6, 5,0.4, 6,0.2, 7,0.1$

і нечітку множину B «натуральне число, яке наближено дорівнює чотирьом»

$$B = 1,0, 2,0.3, 3,0.9, 4,1.0, 5,0.9, 6,0.1, 7,0.$$

Тоді, $C = A \setminus B = \{1, 1.0, 2, 0.6, 3, 0, 4, 0, 5, 0, 6, 0.1, 7, 0.1\}$,

C «невелике натуральне число, яке наближено не дорівнює чотирьом».

Розглянуті основні операції над нечіткими множинами набули найбільшого поширення для вирішення практичних завдань нечіткого моделювання.

1.3. Поняття нечіткого висловлювання

В теорії нечіткої логіки множина істинних висловлювань узагальнюється до інтервалу дійсних значень $[0,1]$, що дозволяє висловлюванню приймати будь-яке істині значення з цього інтервалу. Це значення є кількісною оцінкою ступеня істинності висловлювання, про яке не можна з впевненістю зробити висновок чи воно істинне чи хибне. Використання інтервалу $[0,1]$ в якості множини значень істинності висловлювань дозволяє побудувати логічну систему, в межах якої можливі міркування з невизначеністю та оцінювання істинності таких висловлювань, як: «Кава занадто гаряча», «Тиск у системі досить значний», «Достатній рівень підготовки випускника закладу вищої освіти» тощо [24].

Основним поняттям нечіткої логіки є поняття елементарного нечіткого висловлювання.

Елементарним нечітким висловлюванням називається розповідне речення, що виражає закінчену думку, про яке можна стверджувати істинне воно чи хибне лише з деяким ступенем впевненості. Елементарні нечіткі висловлювання позначають: A, B, C, D, \dots . [40]

Надалі, замість словосполучення «елементарне нечітке висловлювання» будемо вживати – «нечітке висловлювання».

Отже, основною відмінністю нечіткого висловлювання від висловлювань класичної математичної логіки є той факт, що значення істинності висловлювань класичної математичної логіки складається лише з двох елементів: {«істина», «хиба»} або $\{1, 0\}$. А ступінь істинності нечіткого

висловлювання приймає значення з інтервалу $[0,1]$, при цьому значенню «0» відповідає «хиба», значенню «1» - «істина».

Наведемо приклади нечітких висловлювань:

- 1) Дмитро має високий зріст;
- 2) завтра буде сонячна погода;
- 3) 5 – мале число;
- 4) можливо нас пригостять теплим чаєм.

Невизначеність нечітких висловлювань може мати різну природу. Наприклад, невизначеність оцінки істинності у висловлюванні 1) пов'язана з нечіткістю визначення поняття «високий зріст», яке є нечіткою змінною. Аналогічний характер невизначеності має висловлювання 3), яке пов'язано з нечіткою змінною «мале число». Що стосується висловлювань 2), 4) то для них окрім визначення нечітких змінних «сонячна погода», «теплий чай», необхідно оцінити їх істинність відносно деякого моменту часу в майбутньому. Спільним для всіх висловлювань є те, що про їх істинність ми можемо судити лише з деяким ступенем у вигляді дійсного числа з інтервалу $[0,1]$.

Для оцінки ступеня істинності довільного нечіткого висловлювання вводять відображення T , яке діє на множині нечітких висловлювань U і набуває значень з інтервалу $[0,1]$, тобто $T: U \rightarrow [0,1]$. Дане відображення називають відображенням істинності нечітких висловлювань. Значення істинності деякого нечіткого висловлювання $A \in U$ позначають через $T(A)$ [49].

1.4. Основні логічні операції з нечіткими висловлюваннями

Нехай U – деяка множина елементарних нечітких висловлювань, а $T: U \rightarrow [0,1]$ – відображення істинності висловлювань.

Означення 1.4.1. Запереченням нечіткого висловлювання $A \in U$ (позначається: \bar{A}) називається логічна операція, результатом якої є нечітке висловлювання, істинність якого визначається формулою:

$$T \bar{A} = 1 - T(A) \quad (1.4.1)$$

Наприклад, результатом застосування операції логічного заперечення до нечіткого висловлювання $A = \text{«Дмитро має високий зріст»}$ є висловлювання $\bar{A} = \text{«Невірно, що Дмитро має високий зріст»}$. І якщо, припустити, що $T(A) = 0,7$, то $T \bar{A} = 0,3$. Запереченням висловлювання $A = \text{«завтра буде сонячна погода»}$ є висловлювання $\bar{A} = \text{«Завтра буде не сонячна погода»}$. І якщо $T(A) = 0,9$, то $T \bar{A} = 0,1$.

Означення 1.4.2. Кон'юнкцією нечітких висловлювань A і B (позначається: $A \wedge B$) називається бінарна логічна операція, результатом якої є нечітке висловлювання, істинність якого визначається формулою:

$$T A \wedge B = \min T A, T(B) . \quad (1.4.2)$$

Як приклад, розглянемо складне нечітке висловлювання, яке складається з двох елементарних: «Людина похилого віку та артеріальний тиск людини низький». Припустимо, що істинність першого з них дорівнює $T(A) = 0,6$, а другого $T(B) = 0,2$. Тоді істинність кон'юнкції цих двох нечітких елементарних висловлювань дорівнює: $T A \wedge B = 0,2$.

Означення 1.4.3. Диз'юнкцією нечітких висловлювань A і B (позначається: $A \vee B$) називається бінарна логічна операція, результатом якої є нечітке висловлювання, істинність якого визначається формулою:

$$T A \vee B = \max T A, T(B) . \quad (1.4.3)$$

Розглянемо складне нечітке висловлювання «Людина похилого віку або артеріальний тиск людини низький», його істинність $T A \vee B = 0,6$.

Означення 1.4.4. Нечіткою імплікацією висловлювань A і B (позначається: $A \rightarrow B$) називається бінарна логічна операція, результатом

якої є нечітке висловлювання, істинність якого визначається за однією з відповідних формул.

Для обчислення операції нечіткої імплікації використовують формули [5]:

1. Нечітка імплікація Заде:

$$T A \rightarrow B = \max \min T A, T(B), 1 - T(A) . \quad (1.4.4)$$

2. Класична нечітка імплікація для випадку $T(A) \geq T(B)$:

$$T A \rightarrow B = \max 1 - T A, T(B) . \quad (1.4.5.)$$

3. Нечітка імплікація Мамдані:

$$T A \rightarrow B = \min T A, T(B) . \quad (1.4.6)$$

4. Нечітка імплікація Лукасевича:

$$T A \rightarrow B = \min 1, 1 - T A + T(B) . \quad (1.4.7)$$

5. Нечітка імплікація Гогена (для випадку $T(A) > 0$):

$$T A \rightarrow B = \min 1, T(B)/T(A) . \quad (1.4.8)$$

Нечітка імплікація відіграє важливу роль у прикладних задачах моделювання. Найбільшого застосування знаходить класична нечітка імплікація, яка обчислюється за формулою (1.4.4). Використання тієї чи іншої формули залежить від методу виконання логічного висновку. Розглянемо складне нечітке висловлювання у формі нечіткої імплікації «Якщо людина похилого віку, то артеріальний тиск людини низький». Їх істинність першого з них дорівнює $T(A)=0,6$, а другого $T(B)=0,2$. Нечітка імплікація за формулою (1.4.4) $T A \rightarrow B = 0,4$, за формулою (1.4.5) $T A \rightarrow B = 0,4$, за формулою (1.4.6) $T A \rightarrow B = 0,2$, за формулою (1.4.7) $T A \rightarrow B = 0,6$, за формулою (1.4.8) $T A \rightarrow B = 0,3$.

Означення 1.4.5. Еквівалентністю нечітких висловлювань A і B (позначається: $A \equiv B$) називається бінарна логічна операція, результатом якої є нечітке висловлювання, істинність якого визначається формулою:

$$T A \equiv B = \min \max T A, T(B), \max T A, T(B) . \quad (1.4.9)$$

Висновки до першого розділу

1. Поняття нечіткої множини розглядається як спроба формалізації лінгвістичної (словесної) інформації для побудови математичних моделей. Теорія нечітких множин враховує експертні знання у прийнятті рішень, що дозволяє забезпечити формалізацію якісних понять та зв'язків.

2. Над нечіткими множинами виконують операції перетину, об'єднання, різниці, алгебраїчного перетину та об'єднання, граничного перетину та об'єднання.

3. Одним із основних понять нечіткої множини є поняття «функції належності». Функція належності визначає суб'єктивну міру впевненості експерта про те, що задане конкретне значення універсальної шкали належить нечіткій множині. Існує понад десяток типових кривих для задання функцій належності. Найбільшого поширення набули: трапецевидна, трикутна, Z-образна, S-образна та функція Гауса.

4. Основним поняттям нечіткої логіки є поняття елементарного нечіткого висловлювання. Основною відмінністю нечіткого висловлювання від висловлювання класичної математичної логіки є те, що ступінь істинності нечіткого висловлювання приймає значення з інтервалу $[0; 1]$.

РОЗДІЛ II

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ У ЗАДАЧАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

2.1. Поняття процесу прийняття рішення та системи підтримки прийняття рішення

Термін «Прийняття рішення» використовується в різних наукових галузях. Так, одним із напрямів прикладної математики є прийняття рішень в задачах щодо властивостей функції корисності в залежності від заданих умов. В економіці приймаються рішення щодо проблеми раціонального використання обмежених ресурсів споживачем і виробником. У політології одним із головних об'єктів вивчення є механізм прийняття політичних рішень лідерами. У психології вивчають особливості людини щодо перероблення інформації, прагнуть визначити межі людських можливостей в задачах вибору. В зоології також використовують термін «Прийняття рішення», коли мова йде про те, як живі організми вирішують проблеми вибору. Також цей термін використовують для штучного інтелекту, коли створюють комп'ютерні системи, що імітують поведінку людей при розв'язанні тих або інших завдань [37].

Прийняття рішення – це процес людської діяльності над множиною альтернатив, внаслідок якої спочатку одержують підмножину заздалегідь відібраних альтернатив, а на завершальному етапі – одну альтернативу, яка є найкращою згідно з прийнятим критерієм оцінки якості досягнення поставленої мети. Вибрана альтернатива є ухвалене рішення або обґрунтований претендент на рішення [7].

Отже, для постановки завдання щодо прийняття рішення необхідно мати хоча б дві альтернативи.

Альтернативи поділяють на залежні та незалежні. Незалежними є альтернативи, будь-які дії (прийняття її найкращою, видалення з аналізу) з якими не впливають на якість інших альтернатив. У випадку залежних альтернатив - аналіз одних з них впливає на якість інших.

Задачі прийняття рішень класифікують залежно від наявності альтернатив на момент прийняття рішення. Існують задачі, коли всі альтернативи вже визначені і необхідно обрати серед них найкращу.

Наприклад, ми розв'язуємо задачу відшукування кращого університету, магазину, ефективну фірму тощо. Особливістю цих задач є замкнена множина альтернатив. Але існують задачі, де значна частина або всі альтернативи з'являються після прийняття основних рішень. Наприклад, необхідно розробити правило відкриття кредиту в банку для організацій. В даному випадку альтернативи (конкретні організації) з'являються лише після вироблення правил надання кредиту [37].

У випадку великої кількості альтернатив (сотні, тисячі) зростає потреба в залученні експертів, чітких правилах вибору.

Розглянемо організаційні форми генерування альтернатив [44]:

- 1) мозковий штурм - формується група фахівців з тієї чи іншої проблемної області, які висувають різні альтернативи вирішення проблеми;
- 2) синектика – генерування ідей шляхом асоціативного мислення. Серед вирішених відомих задач, знаходять аналоги досліджуваній проблемі;
- 3) розробка сценаріїв – проводиться опис можливого перебігу процесу за різних альтернатив з врахуванням однакових початкових умов. При цьому враховують всі істотні чинники, що впливають на процес;
- 4) морфологічний аналіз – визначаються всі можливі значення основних змінних і розглядаються можливі комбінації значень цих змінних;
- 5) ділові ігри – створюються імітаційні людино-машинні системи для аналізу перебігу процесів при різних рішеннях учасників гри – осіб, які будуть ухвалювати рішення в реальній ситуації.

У задачах прийняття рішення варіанти рішень характеризуються різними показниками їх привабливості для особи, що приймає рішення. Ці показники називають критеріями. Наприклад, для оцінки обрання навчального закладу, можна використовувати два критерії – вартість навчання і престиж майбутньої професії. У професійній діяльності вибір критеріїв часто визначається багаторічним досвідом.

Використання критеріїв для оцінки альтернатив вимагає визначення градацій якості. Тобто існують шкали оцінок за критеріями. У задачах

прийняття рішень розрізняють шкали безперервних і дискретних, кількісних і якісних оцінок. Так, для критерію «бал студента» може бути використана кількісна шкала оцінок, а для критерію «наявність письмової роботи у студента» - якісна шкала: є або немає.

При проведенні дослідження необхідно обрати вимірювальну шкалу для оцінки спостережуваних величин.

У науковій літературі поняття «Вимірювання» визначають, як операцію, яка ставить у відповідність спостережуваному об'єкту деякі позначення: номери, числа, інтервали чисел, символи, якісні характеристики [23].

Залежно від характеру вимірюваного об'єкта використовують такі шкали [37]:

- Шкала найменувань.

Визначають скінченну кількість класів еквівалентності об'єктів. Вимірювання полягає у визначенні класу до якого може належити об'єкт. Єдина допустима операція – перевірка збігу.

- Порядкові (рангові) шкали.

Використовуються для порівняння об'єктів або їх класів за якостями, ознаками. У рангових шкалах оцінки впорядковані за зменшенням або збільшенням якості об'єкта. Для порівняння вводиться ранг і-го об'єкта.

- Шкали інтервалів.

У цьому випадку об'єкти впорядковуються з точністю до інтервалів між ними. Для інтервальної шкали початок відліку і крок шкали обирається довільно.

- Шкали нечітких множин.

Нечітка множина визначається як множина впорядкованих пар виду: $\langle x, \mu_A(x) \rangle$, де x – елемент деякої універсальної множини або універсуму, $\mu_A(x)$ – функція належності.

У загальному випадку вибір може бути неоднозначним, що визначається такими умовами:

- наявністю різнорідних критеріїв або безлічі критеріїв;

- нечіткістю описування різних альтернатив, результатів рішення;
- труднощами подолання суперечностей;
- труднощами узгодження рішення.

Прийняття рішення може проводитись за умовами: визначеності (задачі оптимального рішення, впорядкування альтернатив), невизначеності (задачі стохастичного характеру, розпливчата інформація, повна невизначеність).

Прийняття рішення в конкретній задачі проводять згідно певної послідовності дій, а саме: визначення мети, ідентифікація (визначення) альтернатив (варіантів) досягнення мети, ідентифікація критеріїв, за якими порівнюються альтернативи, аналіз альтернатив та їх вибір, зворотній зв'язок.

Розглянемо кожний з етапів [36]:

1. Визначення мети.

Мета, згідно з якою приймається рішення в тій чи іншій задачі, має бути чіткою, вимірною, реальною, без тимчасової залежності.

2. Ідентифікація альтернатив досягнення мети.

На даному етапі ідентифікують альтернативи, які мають значення для досягнення мети. Далі придатні альтернативи вимагають докладного розроблення. На даному етапі важливим є зворотній зв'язок від усіх подальших етапів оцінки.

3. Ідентифікація критеріїв.

На даному етапі вибираються критерії, які відобразатимуть ефективність досягнення мети. Кожен критерій повинен бути вимірним.

Можливе використання якісних оцінок, які показують, наскільки окрема альтернатива є здійсненою за даним критерієм.

4. Аналіз альтернатив.

На даному етапі використовують якісний або кількісний математичний, екологічний, педагогічний, фінансовий або інший аналіз. Будують відповідну модель.

5. Вибір.

На даному етапі відбувається вибір альтернативи. Але не завжди цей вибір задовольняє всі думки, тому на цьому етапі може бути вирішено, що альтернативи або альтернатива повинні бути обґрунтовані, а аналіз перероблений.

6. Зворотній зв'язок.

Прийняття рішення вимагає безперервного перегляду вибору, зробленого у минулому.

В інформатиці останнім часом приділяється велика увага побудові систем підтримки прийняття рішень, які допомагають користувачеві в задачах вибору.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) (DSS-Decision Support System) з'явилися у 70-х роках з метою забезпечувати менеджерів інтерактивною підтримкою процесів прийняття рішень у динамічному інформаційному середовищі.

На сьогодні, існує декілька підходів щодо визначення СППР.

СППР – це інтерактивна автоматизована система, яка забезпечує особам, що приймають рішення, зручний доступ до даних і моделей для розв'язання напівструктурованих і неструктурованих задач з різних галузей людської діяльності [37].

СППР – це система, яка ґрунтується на використанні моделей і процедур з оброблення даних та думок експертів, що допомагають керівникові приймати рішення [22].

СППР – це діалогова автоматизована система, що використовує правила прийняття рішень і відповідні моделі з базами даних, інтерактивний комп'ютерний процес моделювання [30].

СППР – це система, що має засоби введення, зберігання й аналізу даних, які стосуються певної проблеми з метою прийняття рішень [42].

Нечіткі системи – це системи, засновані на нечітких базах знань, або реляційні системи, що використовують нечіткі відношення. Функціонування

цих систем описується двома правилами нечіткого виводу, в основі яких лежать класичні *modus ponens* і *modus tollens*. Завданням метода оберненого нечіткого логічного висновку, яке використовує правило *modus ponens*, є визначення при відомих значеннях вихідних змінних відповідні значення вхідних змінних. Застосування правила *modus tollens* призводить до необхідності розв'язку системи рівнянь для визначення значень функцій належності вхідних змінних, а потім для них підбираються відповідні значення вхідних змінних [24].

Системи підтримки прийняття рішень на основі інтелектуальних інформаційних технологій включають такі складові: інтерактивну базу знань про вхідну та вихідну інформацію, шаблони для базових моделей оцінки рішень, методи ранжирування альтернатив, критеріїв та цілей, методи вибору рішень, методи інтерпретації знань.

Зауважимо, що СППР не продукує рішення, а забезпечує інформацією користувача, щоб прийняти рішення.

За метою призначення СППР поділяють на корпоративні і настільні. Корпоративні СППР сполучені з великими сховищами даних і можуть використовуватися багатьма менеджерами в різних компаніях, а настільні являють собою невеликі системи, які розраховані на одного користувача.

Найважливішими цілями СППР є [42]:

- удосконалення рішень;
- збільшення продуктивності праці творців рішень;
- полегшення виконання одного або більше етапів прийняття рішень;
- упорядкування і полегшення аналізу можливих шляхів розв'язування проблем;
- допомога особам, що приймають рішення у розв'язанні неструктурованих та напівструктурованих проблем;
- підвищення компетентності осіб, що приймають рішення.

Основними перевагами реалізації цілей СППР є такі [30]:

- підвищення здатності осіб, що приймають рішення щодо оброблення знань та інформації;

- особа, що приймає рішення за допомогою СППР може розв'язувати такі завдання або проблеми, які одна особа неспроможна розв'язати;

- отримання розв'язку проблеми швидше та ефективніше, ніж це може зробити особа, що приймає рішення;

- конкурентна перевага для організації.

До проблем особи, що приймає рішення, при використанні СППР відносять [34]:

1) СППР неспроможна повторити притаманну конкретній людині здатності управління знаннями;

2) СППР може мати специфічні особливості, які орієнтовані лише на певний тип проблеми;

3) СППР не може виправляти помилки, допущені особою, що приймає рішення, у процесі роботи з системою;

4) СППР обмежується лише введеними в неї знаннями, тобто вона «не знає, чого вона не знає».

У сучасних СППР використовуються останні досягнення в галузі інформаційних технологій: сховища даних, добування знань, генетичні алгоритми, інтернет-технології, нейромережі тощо.

Сучасні системи підтримки прийняття рішень включають такі інструменти [30]: багатокритерійний аналіз рішень, складні ієрархічні моделі вибору альтернатив, операції з лінгвістичними змінними, нечіткі моделі і системи вибору альтернатив, м'які системні моделі (системно розглядається процес вивчення об'єкта), інтерактивні режими підтримки пошуку рішень користувачами, ефективні алгоритми когнітивних обчислень, що здешевлюють і прискорюють пошук рішень.

2.2. Аналітичні задачі підтримки прийняття рішень

До інформаційних задач математичних моделей відносять задачі, які безпосередньо пов'язані із збором, зберіганням, відображенням масивів інформації. Розв'язання цих задач є досить важливим для забезпечення ефективного прийняття рішення. Однак, головне призначення математичних моделей - забезпечення оптимізації прийнятих рішень, підвищення їхньої обґрунтованості, що здійснюється шляхом розв'язання сукупності аналітичних задач оцінки, прогнозування, оптимізації тощо [32].

У розробці програмного забезпечення для розв'язання прикладних задач вирішальним є обґрунтування й вибір ефективних математичних підходів, методів і алгоритмів, що забезпечують прийнятну формалізацію і адекватну обробку інформації. Не обґрунтований, не правильний вибір математичних методів, алгоритмів, як правило, приводить до низької ефективності математичних моделей, їхньої неадекватності реальним процесам, не правильно прийнятим рішенням. Забезпечення оптимізації, оперативності й обґрунтованості рішень, що приймаються на основі математичних моделей можна розглядати як ключовий результат мети функціонування автоматизованої системи підтримки прийняття рішень. Виходячи із цього, програмний комплекс і технологію його використання для розв'язання задач підтримки прийняття рішень можна розглядати як деяку функціональну систему, спрямовану на досягнення певного результату [10].

Об'єкт, який підлягає аналізу, як об'єкт керування, для задач підтримки прийняття рішень може бути формально описаний у вигляді кортежу [15]:

$$\langle \Omega, X, U, T, Y, \rho, \gamma, \xi \rangle \quad (2.2.1)$$

де Ω - простір станів (об'єктів, результатів тощо), X - множина характеристик ознак, що описують стани об'єкта керування і приймають своє значення кожний у своїй множині $\{V_j\}$, U - простір керувань (рішень, проектів, планів.), T - час (дискретний або неперервний), Y - простір вихідних значень (спостережуваних проявів, оцінок тощо), ρ - відображення, що описує динаміку зміни

предметної області, стану об'єкта, реакцію динамічної системи в конкретному стані на керовані впливи, γ - вихідне відображення, що описує процес спостереження об'єкта керування (одержання думок, оцінок тощо), ξ - деякі зовнішні некеровані фактори, умови, що впливають на динаміку об'єкта керування.

Аналітичні задачі підтримки прийняття рішення формально класифікують у вигляді таких загальних постановок завдань [33]:

1. Задачі оцінки стану об'єкта:

а) Задача оцінки поточного стану об'єкта (задача фільтрації).

Нехай об'єкт описується у вигляді (2.2.1). Необхідно на основі спостереження динаміки стану об'єкта й наявної його моделі в умовах впливу перешкод ξ знайти таке відображення $\gamma: \Omega \times T \rightarrow \Omega'$, $\Omega \equiv \Omega'$ при якому оцінений стан об'єкта $\omega' \in \Omega'$ за критеріями $\{K\}$ максимально збігається із істинним станом.

б) Задача розбиття множини станів Ω на класи станів (задача кластеризації).

Нехай об'єкт описується кортежем (2.2.1). Кожному стану $\omega \in \Omega$ відповідають значення характеристик з множини X . Множина може бути розбита на деяку множину класів $\{K\}$. Необхідно визначити цю множину класів $\{K\}$ і знайти відображення $\varphi: \Omega \rightarrow \{K\}$, що розбиває множину станів об'єкта Ω на класи $\{K\}$.

в) Задача віднесення довільного стану $\omega \in \Omega$ в один із класів станів $\{K\}$ (задача класифікації).

Нехай об'єкт описується у вигляді (2.2.1) і нехай визначена множина класів $\{K\}$ станів. Кожному класу станів відповідають значення характеристик з множини X . Необхідно знайти відображення $\alpha: \Omega \rightarrow \{K\}$, що дозволяє віднести довільний стан $\omega \in \Omega$, що описується характеристиками X , в один із заданих класів станів $\{K\}$.

г) Задача прогнозування стану $\omega \in \Omega$ (задача екстраполяції).

Нехай динаміка об'єкта описується кортежем (2.2.1). Необхідно на основі спостереження й наявної моделі об'єкта керування знайти таке відображення, яке дозволяє визначити прогнозований стан об'єкта, що оптимально співпадає з справжнім станом об'єкта після прогнозу з врахуванням критеріїв оптимізації $\{K\}$.

2. Задачі ідентифікації математичної моделі об'єкта керування.

Нехай об'єкт описується кортежем (2.2.1). У результаті спостереження є інформація про значення вхідних і вихідних станів об'єкта керування протягом певного проміжку часу. Необхідно за наявною інформацією про динаміку об'єкта керування визначити таку його модель $\rho : (\Omega \times T) \times U \times T \rightarrow \Omega$ (дискретну або неперервну), що забезпечує максимальне співпадання за деякими критеріями $\{K\}$ вихідних станів моделі й станів істинного процесу на фіксованому наборі вхідних впливів.

3. Задача формування керування й вибору рішень.

а) *Задача формування оптимального керування.*

Нехай об'єкт описується у вигляді (2.2.1) і перехід об'єкта в новий стан оцінюється з погляду сукупності критеріїв $\{K\}$. На множини $\{K\}$ визначена система переваг $P : K \times K \rightarrow L$ де L - решітка. Необхідно знайти таке керування $u \in U$, що забезпечить перехід об'єкта в новий стан з максимальною оцінкою переваги в решітці L .

б) *Задачі ранжирування альтернатив і вибору рішень.*

Нехай об'єкт описується кортежем (2.2.1) і нехай як альтернативи виступають елементи множини U , які приводять до висновків з Ω . Висновки з Ω , оцінюються з погляду множини критеріїв $\{K\}$, на якій визначена система переваг $P : K \times K \rightarrow L$ де L - решітка. Необхідно знайти відображення $\psi : U \rightarrow L$, що дозволяє ранжувати елементи множини U (альтернативи) з точки зору системи переваг P і здійснити вибір прийняттого рішення з множини U .

Отже, розглянуті вище формальні постановки математичних задач дозволяють визначити коло реальних математичних підзадач, які повинні

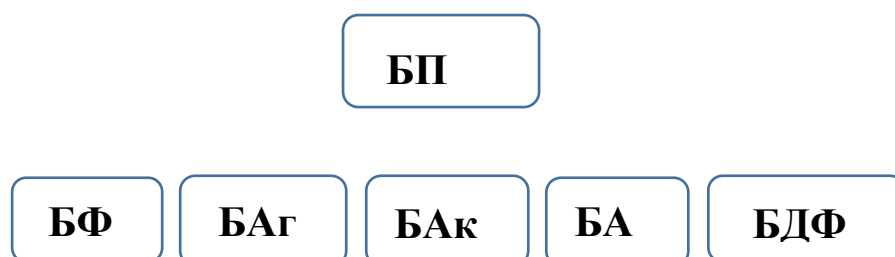
вирішуватися прикладним програмним забезпеченням автоматизованої системи підтримки прийняття в рамках відповідної технології. Однак на практиці розв'язання зазначених математичних задач зазнає реальних труднощів, які пов'язані в першу чергу з особливостями досліджуваних об'єктів, складністю їхньої математичної формалізації, відсутністю чіткої, достовірної інформації про їхнє функціонування.

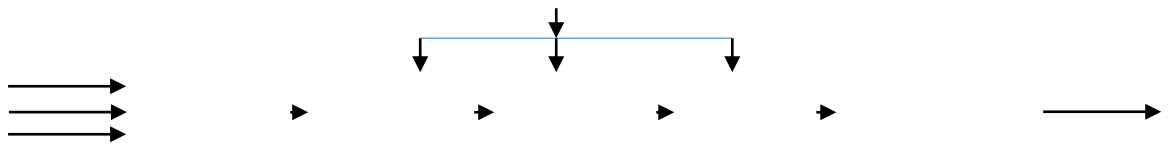
2.3. Алгоритми виконання логічного висновку в задачах підтримки прийняття рішень на принципах нечіткої логіки

Існуючі інформаційні технології нечіткого моделювання базуються на нечіткій логіці, в якій всі операції виконуються над відповідними функціями належності та охоплюють кілька керуючих змінних. Апарат, який дозволяє працювати із нечіткою логікою – це апарат Fuzzy-технологій. Ця технологія виявилась найбільш близькою до потреб максимального врахування знань експертів, які часто є єдино можливими при розв'язанні практичних задач.

Основи нечіткого моделювання закладені в роботах Л. Заде, А. Кофмана, А. Леоненкова, Е. Мамдані, М. Сугено. Основою роботи системи підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки є нечіткий логічний висновок. Значення керуючої змінної визначається на основі логічного висновку з використанням бази знань. Нечіткий логічний висновок – це апроксимація залежності $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на основі нечітких логічних рівнянь, реалізованих з використанням нечіткої бази знань та операцій над нечіткими множинами.

Етапи виконання нечіткого логічного висновку можна представити у вигляді такої схеми:





Вхідні змінні

Вихідна змінна

Рис. 2.1. Загальна структура виконання нечіткого логічного висновку

На рис. 1.8 прийнято такі позначення [7]:

БП – блок правил нечіткої бази знань, який призначений для формального представлення знань експертів в тій чи іншій проблемній області. Нечітка база знань складається з скінченної кількості правил щодо лінгвістичних змінних. Базу знань записують у вигляді:

Правило_1: Якщо «Умова_1», то «Висновок_1» (w_1)

Правило_2: Якщо «Умова_2», то «Висновок_2» (w_2) (2.3.1)

.....

Правило_n: Якщо «Умова_n», то «Висновок_n» (w_n)

де w_i , $i = 1, n$ – вагові коефіцієнти відповідних правил, які приймають значення з інтервалу $[0, 1]$.

При формуванні бази знань необхідно визначити множини вхідних $A = a_1, a_2, \dots, a_m$ та вихідних $B = b_1, b_2, \dots, b_k$ лінгвістичних змінних.

Вхідна $a_i \in A$ та вихідна $b_j \in B$ лінгвістичні змінні вважаються заданими, якщо для них визначено терм-множину з відповідними функціями належності.

БФ – блок фазифікації (введення нечіткості) полягає у встановленні відповідності між конкретним значенням вхідної змінної та значенням функції належності відповідного їй терма вхідної змінної.

Етап фазифікації виконується таким чином. Нехай $V = \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ множина значень вхідних змінних, $\alpha_i \in X_i$, де X_i – універсум лінгвістичної змінної a_i . Розглянемо кожну з умов вигляду " $a_i \in r'$ " правил системи нечіткого висновку, де r' - терм з функцією належності $\mu(x)$. Значення $b'_i = \mu(\alpha_i)$ є результатом виконання етапу фазифікації для умови " $a_i \in r'$ ".

Етап фазифікації вважається завершеним, коли знайдуться всі значення $b'_i = \mu(\alpha_i)$ для кожної з умов усіх правил нечіткої бази знань.

БА_г – блок агрегування умов правил нечіткої бази знань, визначає ступені істинності умов згідно кожного правила на основі нечіткої кон'юнкції та диз'юнкції. Для обчислення нечіткої кон'юнкції використовують формулу (1.4.2), нечіткої диз'юнкції: (1.4.3). Позначимо множину отриманих значень через $B'' = b''_1, b''_2, \dots, b''_n$.

БА_к – блок активізації, який передбачає знаходження ступені істинності значень для кожного правила з нечіткої бази знань. Якщо умова правила складається з декількох підумов, то ступінь істинності підумов дорівнює алгебраїчному добутку відповідного значення b''_i на ваговий коефіцієнт w_i . Позначимо цю множину значень через $C = c_1, c_2, \dots, c_q$, де q – загальна кількість підумов бази правил. Наступним кроком є визначення функції належності кожної з підумов для вихідних лінгвістичних змінних. Для цього використовується один із методів:

- min-активізація: $\mu' y = \min(c_i, \mu(y));$ (2.3.2)

- prod-активізація: $\mu' y = c_i \cdot \mu(y);$ (2.3.3)

- average-активізація: $\mu' y = 0,5 \cdot (c_i + \mu(y)),$ (2.3.4)

де $\mu(y)$ – функція належності терма, який є значенням деякої вихідної змінної b_i , заданої на універсумі Y . Таким чином, отримуємо сукупність нечітких множин C_1, C_2, \dots, C_q , де q – загальна кількість підумов у базі знань.

БА – блок акумуляції, що передбачає обчислення значень функцій належності термів вихідної змінної. Послідовно розглядаються кожна вихідна лінгвістична змінна $b_i \in B$ та відповідні їй нечіткі множини: $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}$. Результат акумуляції для вихідної лінгвістичної змінної b_i визначається як об'єднання нечітких множин $C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}$.

БДФ – блок дефазифікації (зведення до чіткості) полягає в отриманні звичайного кількісного значення вихідної змінної. На даному етапі розглядаються кожна вихідна лінгвістична змінна $b_i \in B$ та відповідна їй

нечітка множина. Використовуючи один із методів дефазифікації отримують кількісне значення $y_i \in \mathbb{R}$.

Автоматизувати етапи виконання нечіткого логічного висновку надає можливість програмний модуль Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab, який працює з нечіткою логікою.

В програмному модулі Fuzzy Logic Toolbox вбудовані такі методи дефазифікації:

- 1) Centroid – центр ваги;
- 2) Bisector – медіана;
- 3) LOM (Largest Of Maximums) – найбільший з максимумів;
- 4) SOM (Smallest Of Maximums) – найменший з максимумів;
- 5) Mom (Mean Of Maximums) – центр максимумів.

На сьогодні, існує декілька алгоритмів нечіткого висновку, серед яких алгоритм Мамдані, Цукамото, Ларсена, Сугено.

Алгоритм Мамдані (Mamdani) [10, 24, 33] є найбільш поширеним методом логічного висновку в сучасних нечітких системах. Модель нечіткого висновку Мамдані включає в себе нечітку базу знань та етапи виконання логічного висновку. В алгоритмі Мамдані етапи фазифікації, агрегування виконуються згідно описаного вище алгоритму. На етапі активізації використовується формула (2.3.2). Акумуляція виконується за формулою (1.2.5). Згідно алгоритму Мамдані на етапі дефазифікації використовується метод центра ваги, де значення вихідної змінної обчислюється за формулою:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}, \quad (2.3.5)$$

де n – кількість нечітких множин, які характеризують єдине значення вихідної лінгвістичної змінної.

Модель Цукамото (Tsukamoto) [10, 24, 33] ідентична моделі Мамдані на етапах фазифікації і агрегування. На етапі активізації, аналогічно до алгоритму Мамдані, використовується формула (2.3.2). Але на відміну від методу Мамдані, значення вихідної лінгвістичної змінної b_i для кожної

умови правила знаходиться як розв'язок рівняння: $c_i = \mu b_i$, $i = 1, q$, де q – загальна кількість правил у базі знань. Результатом за окремим правилом i є, замість нечіткої множини з функцією приналежності, одне дійсне число. Етапи акумуляції і дефазифікації об'єднані. Дефазифікація виконується згідно модифікованого методу центра ваги:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n c_i}, \quad (2.3.6)$$

де n – загальна кількість активних правил нечіткої бази знань.

Модель Ларсена (Larsen) [10, 24, 33] ідентична алгоритму Мамдані на етапах формування бази знань, фазифікації, агрегування, акумуляції. Активізація виконується з використанням формули (2.3.3). На етапі дефазифікації використовують будь-який її метод.

Особливості *моделі Сугено (Sugeno)* [10, 24, 33] впливають із специфіки формування правил бази знань. Правила в алгоритмі Сугено мають такий вигляд:

$$\text{Пі: ЯКЩО } "\beta_1 \in \alpha" \text{ І } "\beta_2 \in \alpha" \text{ ТО } "\omega = \varepsilon_1 \cdot a_1 + \varepsilon_2 \cdot a_2" \quad (2.3.7)$$

де β_1, β_2 – вхідні лінгвістичні змінні; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – вагові коефіцієнти; a_1, a_2 – конкретні значення вхідних змінних, i – номер нечіткого продукційного правила, $i = 0, n$.

Етап фазифікації ідентичний етапу фазифікації алгоритму Мамдані. Акумуляція висновків правил бази знань відсутня, оскільки обчислення стосуються дійсних чисел.

На відміну від результату висновку Мамдані, результуюче значення вихідної змінної в алгоритмі Сугено визначається як суперпозиція лінійних залежностей.

На сьогодні відомо значна кількість досліджень щодо використання систем підтримки прийняття рішень на принципах нечіткої логіки.

Автори [41] моделюють складні соціальні та економічні системи на основі нечіткого логічного виведення за алгоритмами Мамдані, Ларсена та Сугено. Спроектовані ними системи забезпечують врахування

індивідуальних вагових коефіцієнтів критеріїв оцінювання об'єктів для кожного експерта при роботі експертного комітету з єдиною базою правил типу «ЯКЩО-ТО».

В дослідженні [28] запропонована інформаційна система підтримки прийняття рішення про стан пацієнта на базі нечіткої логіки, з використанням нечіткої бази «IF-THEN» та нечіткого логічного висновку за алгоритмом Мамдані на основі даних аналізу крові та симптомів захворювань.

У роботі [20] розглянуто методи проектування мобільного робота. Розроблений алгоритм обминання перешкоди та програмне забезпечення на мові програмування Processing дозволяє задавати опорні точки маршруту та записувати їх в пам'ять робота. Система руху робота розроблена на базі нечіткої логіки з використанням алгоритму Мамдані.

В дослідженні [6] розглянуто модель комплексної оцінки організаційного забезпечення активізації інноваційної діяльності промислового підприємства на основі апарату нечіткої логіки. Використано нечітке логічне виведення Мамдані.

У Харківському національному педагогічному університеті імені Г. С. Сковороди у межах науково-дослідної роботи з теми «Розробка науково-теоретичних і технологічних засад побудови автоматизованої системи педагогічної діагностики в навчальному закладі» [5] створена система на базі нечіткої логіки для підтримки рішення щодо класифікації результатів діагностування індивідуальних особливостей студентів.

Автори у роботі [25] розглядають адаптивну модель тестування з використанням апарату нечіткої логіки.

У роботі [13] розглядають інформаційну систему «Управління якістю навчального процесу. Облік успішності і відвідуваності». Система призначена для надання порівняльної та аналітичної інформації щодо якості навчального процесу університету, проведення процесу планування та прийняття рішень керівництвом, підвищення оперативності отримання

інформації та її достовірності. Функціональні можливості системи: облік, аналіз успішності і відвідуваності студентів; формування та ведення списку спеціальностей і дисциплін університету; оперативне отримання інформації в автоматичному режимі; сортування успішності як за 5-ти бальною, так і в 100 бальною шкалою; формування груп користувачів з присвоєнням кожному користувачеві певних прав доступу до інформації; створення різноманітних статистичних та аналітичних звітів для всіх груп користувачів; контроль роботи користувачів в системі.

До теперішнього часу в програмному середовищі Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab запропоновано алгоритми Mamdani та Sugeno для виконання нечіткого висновку.

ВИСНОВКИ ДО ДРУГОГО РОЗДІЛУ

1. У науковій літературі під прийняттям рішення розуміють процес людської діяльності, направлений на вибір найкращої альтернативи з множини альтернатив згідно з прийнятим критерієм. Прийняття рішення може проводитись в умовах визначеності або невизначеності.

2. Системи підтримки прийняття рішень на основі інтелектуальних інформаційних технологій допомагають користувачеві у задачах вибору. Системи підтримки прийняття рішень не продукують рішення, а забезпечують інформацією користувача. Сучасні системи підтримки прийняття рішень включають такі інструменти: багатокритерійний аналіз рішень, операції з лінгвістичними змінними, системи вибору альтернатив, інтерактивні режими підтримки пошуку рішень користувачами, нечіткі моделі, м'які системні моделі.

3. Задачі підтримки прийняття рішення класифікують у вигляді таких загальних постановок завдань: задачі оцінки стану об'єкта, ідентифікації математичної моделі об'єкта, ранжирування альтернатив і вибору рішення.

4. Апарат, який дозволяє працювати із нечіткою логікою – це апарат Fuzzy-технологій. Ця технологія є найбільш близькою до потреб

максимального врахування знань експертів, які часто є єдино можливими для розв'язання задачі.

5. Основою роботи системи підтримки прийняття рішення на основі нечіткої логіки є виконання логічного висновку. Основними етапами виконання логічного висновку є: фазифікація, агрегування, активізація, акумуляція, дефазифікація. На сьогодні, існує декілька алгоритмів виконання логічного висновку, серед яких алгоритм Мамдані, Цукамото, Ларсена, Сугено.

РОЗДІЛ III

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ЩОДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ

3.1. Особливості використання нечіткої логіки для оцінювання якості підготовки майбутніх учителів

В сучасних умовах заклад вищої освіти надає різноманітні послуги, замовниками яких є: особистість, яка здобуває освіту, роботодавці, держава, яка виступає як гарант освітнього процесу. На сьогодні актуальним є оцінка замовниками якості наданих закладом вищої освіти послуг.

Під якістю підготовки фахівця ми розуміємо сукупність компетенцій та компетентностей, особистісних якостей, рівень яких формується в процесі навчання у закладі вищої освіти і повинен відповідати вимогам споживачів (самої особистості, суспільства, роботодавців, ринку праці).

У світлі реалізацій положень нового Закону України «Про вищу освіту» [14] серед основних доказів, що свідчать про належну якість вищої освіти є: достатній рівень працевлаштування випускників вищих навчальних закладів, позитивні відгуки роботодавців, результати державних іспитів, ректорських контрольних робіт, досконала внутрішня система моніторингу якості освіти тощо.

Важливим кроком є створення закладом вищої освіти власної системи, яка б дала можливість оцінити якість підготовки випускників комплексно, враховуючи єдність і взаємозв'язок її кількісних та якісних показників.

У цих інформаційних умовах виникає потреба в застосуванні не тільки статистичних підходів, а й методів аналізу, які базуються на отриманні якісних експертно-аналітичних оцінок даних і здійснення відповідного

аналізу на основі цих оцінок. За цих умов доцільним є застосування методів нечіткої логіки, яка являє собою математичний апарат, що надає можливість математично обґрунтовувати навіть такі задачі, для яких відсутня повноцінна статистика, або у випадку, коли серед інформативних факторів є лише якісні показники. Для застосування моделей нечіткої логіки не є обов'язковим дотримання гіпотези про нормальний закон розподілу емпіричних даних, що особливо важливо при врахуванні цілої низки показників якості підготовки майбутніх фахівців, які враховуються неповно і суб'єктивно. Замість математичної моделі системи підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки використовують інтегровані знання експертів, які за структурою подання наближаються до розмовної мови і описуються за допомогою лінгвістичних змінних.

Враховуючи вище зазначені викладки, в оцінюванні якості підготовки майбутніх учителів ми враховуємо декілька основних показників: показник атестації здобувачів вищої освіти, показник якості залишкових знань за результатами ректорського контролю, показник оцінки роботодавцями якості підготовки випускника, показник особистісних якостей та самооцінки випускника.

При оцінці сформованості загальних і фахових компетентностей здобувачів вищої освіти за обраною спеціальністю визначальне значення має показник їх атестації. Для системного вивчення якості підготовки фахівців і формування комплексу дій з керування якістю навчального процесу в університеті необхідно врахування результатів ректорського контролю залишкових знань студентів з фундаментальних, професійно-орієнтованих та фахових дисциплін.

Особливістю оцінки роботодавцями якості підготовки фахівців, особистісних якостей та самооцінки випускника, є багатоаспектна свідомість. Це означає, що людина-роботодавець комплексно аналізує багато показників таких як рівень професійних знань і навичок, здатність працювати в колективі, націленість на кар'єрне зростання і професійний розвиток,

загальна культура, комунікабельність тощо. При цьому людина-роботодавець не оперує чіткими числовими значеннями, а використовує лінгвістичні параметри типу «низький рівень», «достатній рівень», «не достатня підготовка», «посередній рівень знань», «вище середнього» тощо. В оцінці особистісних якостей таких наприклад, як спрямованість, мислення, пам'ять, сприйняття, наполегливість

людина, як правило, оперує такими висловлюваннями як «виявляється рідко», «виявляється певною мірою», «виявляється достатньо», «проявляється чітко», «проявляється завжди» тощо. В самооцінці випускник, як правило, оперує поняттями «низька», «висока», «достатня».

Зрозуміло, що для математичної моделі, яка базується на чітких значеннях, ці лінгвістичні формулювання є неприйнятними. Крім того, показники якості підготовки майбутніх фахівців оцінюються за різними шкалами. Більшість науковців використовує інтегральний показник з урахуванням вагових коефіцієнтів (вагові коефіцієнти визначаються із залученням експертів та відображають важливість окремого часткового показника, його вклад в інтегральний показник), проте у разі застосування цього підходу виникають складнощі під час визначення вагових коефіцієнтів в одній системі між кількісними та якісними показниками. Саме тому в контексті задачі комплексного оцінювання якості підготовки випускників доцільним є застосування нечіткої логіки, яка забезпечить для людини поєднання якісних і кількісних показників, а для технічної системи – зрозумілий чіткий алгоритм функціонування. Використання нечіткої логіки для вирішення завдань оцінки якості підготовки майбутніх учителів дає змогу максимально наблизити математичну модель оцінки якості до логіки міркувань кваліфікованих спеціалістів, які приймають рішення.

Запропонована методика оцінювання якості підготовки майбутніх учителів побудована на основі нечітких множин і включає такі етапи:

I. Визначення показників інтегральної оцінки якості підготовки майбутніх учителів та побудова дерева логічного виведення.

Для комплексної оцінки необхідно розробити інтегральний показник, який синтезує часткові показники. Розроблена модель комплексної оцінки повинна бути пристосована для використання експертної інформації про об'єкт дослідження у вигляді логічних правил.

Для моделювання багатомірних залежностей «входи-вихід» доцільно використовувати ієрархічні системи нечіткого висновку. У таких системах вихід однієї бази знань подається на вхід іншої, більш високого рівня ієрархії. Таким чином експерт невеликою кількістю нечітких правил може адекватно описати багатомірні залежності «входи-вихід» [49].

II. Опис лінгвістичних змінних.

На даному етапі задається універсальна множина, терми лінгвістичних змінних.

III. Визначення функцій належності.

Існують певні методи побудови функцій належності: прямі і скісні. У своєму дослідженні ми використовували прямі методи для одного експерта, а саме параметричне налаштування функцій належності. У таких випадках використовують типові форми функцій належності (в параметричній формі), і задача зводиться до визначення її параметрів. Найбільшого поширення отримали трикутна, гаусова, трапецієвидна, дзвоно-подібна, сигмоїдальна функції належності. Конкретний вигляд функції належності визначається особливістю досліджуваної предметної сфери.

IV. Формування нечіткої бази знань.

Логічний висновок на основі обраного алгоритму виконується на базі знань. Відзначимо, що чим більше правил задано, тим точніший висновок на виході. Вага правила – число в діапазоні $[0, 1]$, що характеризує суб'єктивну міру впевненості експерта щодо правила у базі знань.

Система виконання логічного висновку щодо якості підготовки майбутніх фахівців містить такі типові модулі:

- фазифікатор, який перетворює фіксований вектор вхідних змінних у вектор нечітких множин;

- нечітка база знань. Відповідно до кількості вхідних змінних та модуля фазифікації в системі, в базі знань внесено умови, завдяки наявності яких в модулі дій здійснюється обробка фазифікованих значень;

- машина нечіткого логічного висновку, яка на основі правил бази знань визначає значення вихідної змінної у вигляді нечіткої множини, яке відповідає нечітким значенням вхідних змінних;

- дефазифікатор, який перетворює вихідну нечітку множину в чітке число. Отримане чітке число є результатом у підтримці прийнятті відповідних рішень.

3.2. Розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішення щодо комплексної оцінки якості підготовки майбутніх учителів

Розглянемо кожен етап розробки інформаційної системи підтримки прийняття рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів на основі нечітких множин.

I. Визначення показників інтегральної оцінки якості підготовки майбутніх учителів та побудова дерева логічного виведення.

Позначимо через R – інтегральний показник якості підготовки майбутніх учителів. Складовими даного показника є такі частинні показники: $f_{ат}$ – показник атестації здобувачів вищої освіти, $f_{яз}$ – показник якості залишкових знань студентів за результатами ректорського контролю; $f_{ор}$ – показник якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці; $f_{оя}$ – показник особистісних якостей випускника; $f_{см}$ – показник самооцінки особистості випускника.

Показник атестації здобувачів вищої освіти являє собою результат комплексної оцінки та представлений такою залежністю:

$$f_{ат} = f(a_1, a_2, a_3), \quad (3.2.1)$$

де a_1, a_2 – результати комплексного екзамену;

a_3 – результат захисту дипломної роботи.

Показник якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці (f_{op}) залежить від таких лінгвістичних змінних:

$$f_{op} = f(a_4, a_5, a_6), \quad (3.2.2)$$

де a_4 – оцінка ВДПУ, як закладу вищої освіти;

a_5 – оцінка основних компетенцій випускників ВДПУ;

a_6 – оцінка зацікавленості в прийомі на роботу випускників ВДПУ.

Анкета для обчислення показника якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці представлена у додатку А.

Показник особистісних якостей випускника ($f_{оя}$) є функцією виду:

$$f_{op} = f(f_{спр}, f_{мо}, f_{скп}), \quad (3.2.3)$$

де $f_{спр} = f(a_7, a_8, a_9)$ – оцінка спрямованості особистості, яка включає:

a_7 – мотиви і потреби; a_8 – почуття (емоції); a_9 – інтереси.

$f_{мо} = f(a_{10}, a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15})$ – оцінка можливостей особистості:

a_{10} – сприйняття; a_{11} – пам'ять; a_{12} – мислення; a_{13} – мовлення; a_{14} – воля;

a_{15} – здібності.

$f_{скп} = f(a_{16})$ – показник ставлення до колективу та праці:

a_{16} – ставлення до колективу та праці.

Особистісні якості майбутніх фахівців оцінюються за допомогою методики, яка представлена у додатку Б.

Вивчення самооцінки особистості здійснюється за методикою, яка представлена у додатку В.

Взаємозв'язок між показниками, які визначають рівень інтегрального показника якості підготовки майбутніх учителів, представлено у вигляді ієрархічного дерева логічного виведення (рис. 3.1). Зв'язок між показниками має тип «один до багатьох».

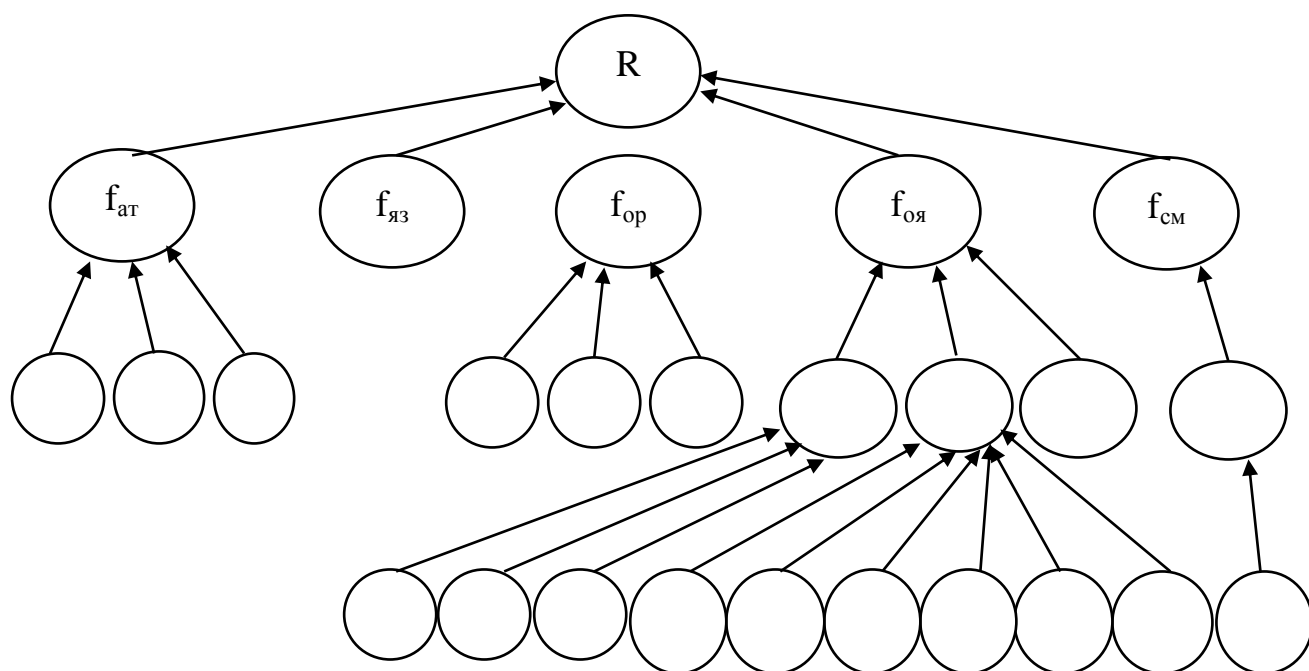


Рис. 3.1. Ієрархічне дерево логічного виведення щодо якості підготовки майбутніх учителів

Зазначимо, що інтегральний показник якості підготовки майбутніх учителів (R) є вихідною лінгвістичною змінною. Показник атестації здобувачів вищої освіти ($f_{ат}$), якості залишкових знань студентів за результатами ректорського контролю ($f_{яз}$); якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці ($f_{ор}$); особистісних якостей випускника ($f_{оя}$); самооцінки особистості випускника ($f_{см}$) є вхідними лінгвістичними змінними.

У межах нашого дослідження, вибір основних показників, які є вхідними змінними, ґрунтувався на попередньо здійсненому аналізі найважливіших чинників та сучасних тенденцій, які необхідно враховувати при оцінювання якості підготовки майбутніх учителів. Проте розглянута система показників є одним із можливих варіантів і може формуватися індивідуально залежно від специфіки спеціальності, факультету, закладу вищої освіти.

II. Опис лінгвістичних змінних.

На етапі формування лінгвістичних змінних та їх функції належності можливі такі випадки:

- експерт самостійно визначає терми лінгвістичних змінних та їх функції належності;

- експерт визначає лише терми лінгвістичних змінних, але для побудови функцій належності необхідно застосування методів інформаційних технологій;

- експерт не зміг самостійно сформувавши множину термів та відповідні функції належності.

У першому випадку експерт виконує процедури визначення термів, обирає конкретний вид функції належності та вносить значення її параметрів.

Якщо експерт лише зміг визначити множину термів лінгвістичної змінної, то для побудови функцій належності використовують експериментальні дані або залучають групу інших експертів.

У випадку, коли експерт не може визначити множину термів лінгвістичної змінної, то, як правило, застосовується метод нечіткої кластеризації експериментальних даних.

У межах нашого дослідження, ми використовували перший випадок, коли експерт самостійно визначає терми та відповідні їх функції належності.

У таблиці 3.1 наведено вихідна, вхідні лінгвістичні змінні та їх терми, вказано універсальну множину.

Таблиця 3.1

Значення лінгвістичних змінних нечіткої моделі комплексної оцінки якості підготовки майбутніх учителів

<i>Назва лінгвістичної змінної</i>	<i>Універсальна множина</i>	<i>Лінгвістичні терми</i>
інтегральний показник (R)	1-34 35-49 50-59 60-74 75-79 80-89	F (дуже низький) FX (низький) E (нижче середнього) D (середній) C (вище середнього) B (високий)

	90-100	A (дуже високий)
показник атестації здобувачів вищої освіти ($f_{ат}$)	1-34	F (дуже низький)
	35-49	FX (низький)
	50-59	E (нижче середнього)
	60-74	D (середній)
	75-79	C (вище середнього)
	80-89	B (високий)
	90-100	A (дуже високий)
показник якості залишкових знань студентів за результатами ректорського контролю ($f_{яз}$)	1-34	F (дуже низький)
	35-49	FX (низький)
	50-59	E (нижче середнього)
	60-74	D (середній)
	75-79	C (вище середнього)
	80-89	B (високий)
	90-100	A (дуже високий)
показник якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці ($f_{оп}$)	0-62	N (низький)
	63-88	S (середній)
	89-109	D (достатній)
	110-125	V (високий)
показник особистісних якостей випускника ($f_{оя}$)	0-0,29	N (низький)
	0,3-0,49	S (середній)
	0,5-0,69	D (достатній)
	0,7-1	V (високий)
показник самооцінки особистості випускника ($f_{см}$)	-1-0,39	N (низький)
	0,4-0,59	No (нормальний)
	0,6-1	V (високий)

III. Визначення функцій належності лінгвістичних термів

Як вже зазначалося, функція належності відображає елементи з універсальної множини певної лінгвістичної змінної на відрізок $[0, 1]$, які вказують ступінь належності кожного елемента до нечіткої множини. Дуже часто використовують типові функції належності, серед яких: трикутна, трапецієвидна, гаусова, сигмоїдальна. Конкретний вигляд функції визначається потребами досліджуваної предметної сфери.

Для зображення функцій належності нечітких термів ми дотримувались рекомендацій, що відображені у роботах О. Леоненкова [24], С. Штовби [48]. Так, для зображення функцій належності нечітких термів, що

характеризуються як: «високий рівень», «висока якість», «велике значення» використовують S-образні функції; «низький рівень», «низька якість», «незначна величина» - Z-образні функції, «середній рівень», «достатній рівень», «середнє значення» - трикутну і трапецієвиду функції належності.

У межах нашого дослідження, наприклад, терм F (дуже низький) заданий z-образною функцією належності, яка задається таким аналітичним виразом:

$$F_Z x = \begin{cases} 1, & x < 28 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \frac{x - 28}{9} \pi, & 28 \leq x \leq 37, \\ 0, & x > 37. \end{cases}$$

Терм E (нижче середнього) заданий трапецієвидною функцією належності:

$$F x = \begin{cases} 1 - \frac{51 - x}{3}, & 48 \leq x \leq 51, \\ 1, & 51 \leq x \leq 53, \\ 1 - \frac{x - 53}{8}, & 53 \leq x \leq 61, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Терм A (дуже високий) заданий s-образною функцією належності:

$$F_S x = \begin{cases} 0, & x < 88 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \frac{x - 88}{5} \pi, & 88 \leq x \leq 93, \\ 1, & x > 93. \end{cases}$$

Терм N (низький) заданий z-образною функцією належності:

$$F_Z x = \begin{cases} 1, & x < 58 \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos \frac{x - 58}{6} \pi, & 58 \leq x \leq 64, \\ 0, & x > 64. \end{cases}$$

Терм S (середній) заданий трикутною функцією належності:

$$F x = \begin{cases} 1 - \frac{0,4 - x}{0,12}, & 0,28 \leq x \leq 0,4, \\ 1 - \frac{x - 0,4}{0,11}, & 0,4 \leq x \leq 0,51, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

Терм No (нормальний) заданий функцією гаусового типу:

$$F(x) = \exp\left(-\frac{x-3,28}{2,68}\right)^2.$$

IV. Формування нечіткої бази знань.

У дослідженні, користуючись нечіткими термами, сформовані нечіткі бази знань. Кожний рядок бази знань відображає умовні висловлювання, що пов'язують вхідні та вихідні змінні. Наприклад, умовою дуже високої якості підготовки майбутніх учителів є висловлювання: «якщо ($f_{ат}=A$) і ($f_{яз}=B$) і ($f_{ор}=V$) і ($f_{оя}=D$) і ($f_{см}=V$), то ($R=A$)», умовою вище середнього рівня є висловлювання: «якщо ($f_{ат}=C$) і ($f_{яз}=D$) і ($f_{ор}=D$) і ($f_{оя}=S$) і ($f_{см}=No$), то ($R=C$)». Зауважимо, що чим більше правил у нечіткій базі знань задано, тим точніший висновок одержимо на виході.

Оскільки у правилах бази знань вхідним та вихідній змінній надається конкретне значення (лінгвістичний терм), то виконання логічного висновку реалізовано на основі алгоритму Мамдані. Етапи отримання логічного висновку за алгоритмом Мамдані розглянуто у п.2.3.

3.3. Реалізація алгоритму виконання логічного висновку в програмному середовищі MATLAB

Для автоматизованої підтримки прийняття рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів всі етапи алгоритма Мамдані реалізовані за допомогою програмного модуля Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB R2017a. Програмний пакет Fuzzy Logic Toolbox призначений для проектування систем на основі нечітких множин.

До основних критеріїв ефективності інтерфейса «СППР – користувач» у програмному модулі Fuzzy Logic Toolbox відносимо: простий у користуванні інтерфейс, прозорість (розуміння користувача), збереження експертних оцінок в СППР, автоматизація обчислень, графіка, можливість отримання детального звіту.

Робота з програмою Fuzzy Logic Toolbox відбувається через графічний користувацький інтерфейс GUI (Graphic User Interface). Убудовані GUI-

модулі пакета створюють програмне середовище, що забезпечує перехід від однієї команди до іншої під час проектування нечітких систем.

Програмний пакет Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB містить наступні GUI-модулі [24, 48]:

1) Fuzzy Inference System Editor – редактор загальних властивостей системи логічного висновку. Дозволяє вибрати необхідну кількість вхідних та вихідних змінних, вибрати тип системи (Мамдані чи Сугено), метод дефаззіфікації, методи реалізації логічних операцій.

2) Membership Function Editor – редактор функцій належності. Редактор виводить на екран графіки функцій належності вхідних і вихідних змінних. Дозволяє вибрати кількість лінгвістичних термів для змінних, задати тип і параметри функцій належності окремого терма.

3) Rule Editor – редактор бази знань. Дозволяє задавати і редагувати лінгвістичні правила.

4) Rule Viewer – браузер нечіткого висновку. Візуалізує виконання логічного висновку за окремим правилом, отримання результуючої нечіткої множини та її дефаззіфікацію.

5) Surface Viewer – браузер поверхні «вхід - вихід» системи. Відображає графіки залежностей вихідної лінгвістичної змінної від будь-яких двох вхідних змінних.

GUI-модулі динамічно обмінюються даними та можуть бути активовані один з іншого.

Головне вікно програми Fuzzy Logic Toolbox містить: рядок меню; назву, тип системи, вхідні та вихідну змінні, методи реалізації логічних операцій, кількість правил у базі знань, методи дефаззіфікації, акумуляції, агрегування.

Для побудови системи підтримки прийняття рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів ми виконали такі етапи у пакеті розширення Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB:

- 1). Задали ім'я системи за допомогою команди меню File>Export>To file редактора FIS.
- 2). Ввели параметри системи у головному вікні FIS – редактора.
- 3). Ввели у графічне вікно вхідні та вихідну змінні, виконавши команду меню Edit>Add Variable>Input редактора FIS. На рис. 3.2 наведено головне вікно системи.

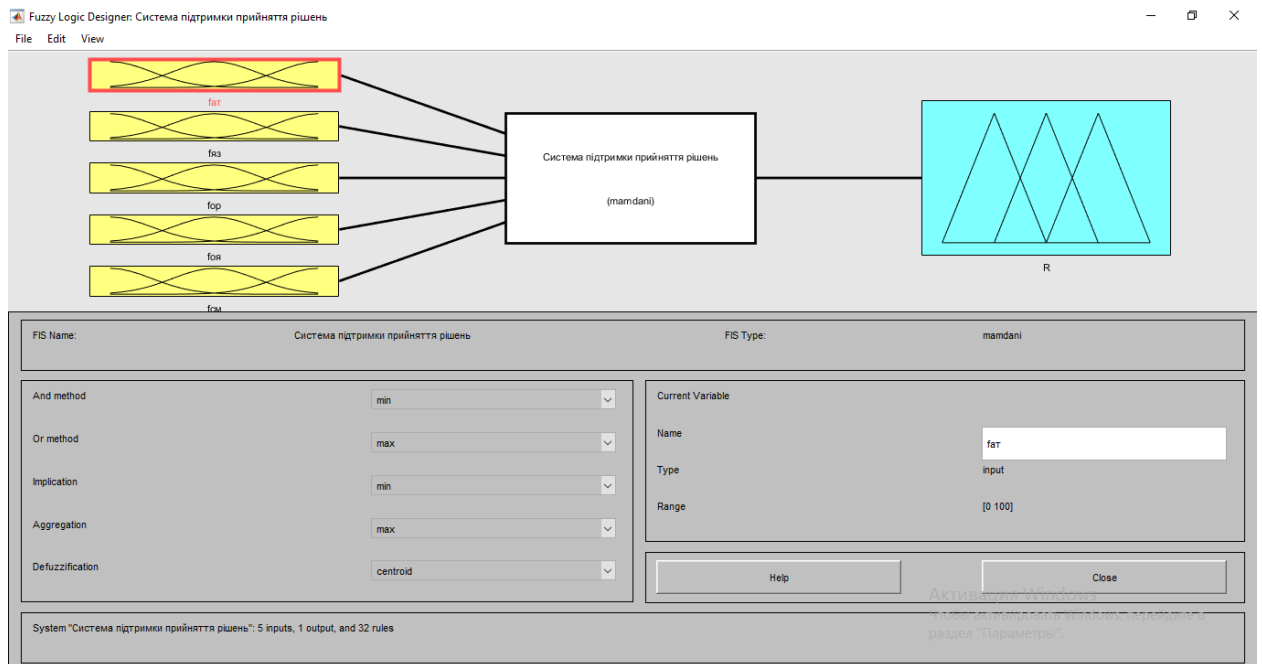


Рис. 3.2. Головне вікно системи підтримки прийняття рішень щодо якості підготовки майбутніх учителів

- 4). Задали ім'я кожної змінної за допомогою поля Name редактора FIS.
- 5). Ввели назви термів вхідних та вихідної змінних за допомогою поля Name редактора функцій належності.
- 6). Перейшли у редактор функцій належності виконавши команду меню Edit>Membership Functions редактора FIS. За допомогою команди Edit>Membership Functions вибрали тип функцій належності для окремого терма кожної вхідної та вихідної змінних, ввели параметри функцій та діапазон значень змінних за допомогою поля Params та Range. На рисунках 3.3-3.8 наведено графіки функцій належності термів для вхідних і вихідної змінної.

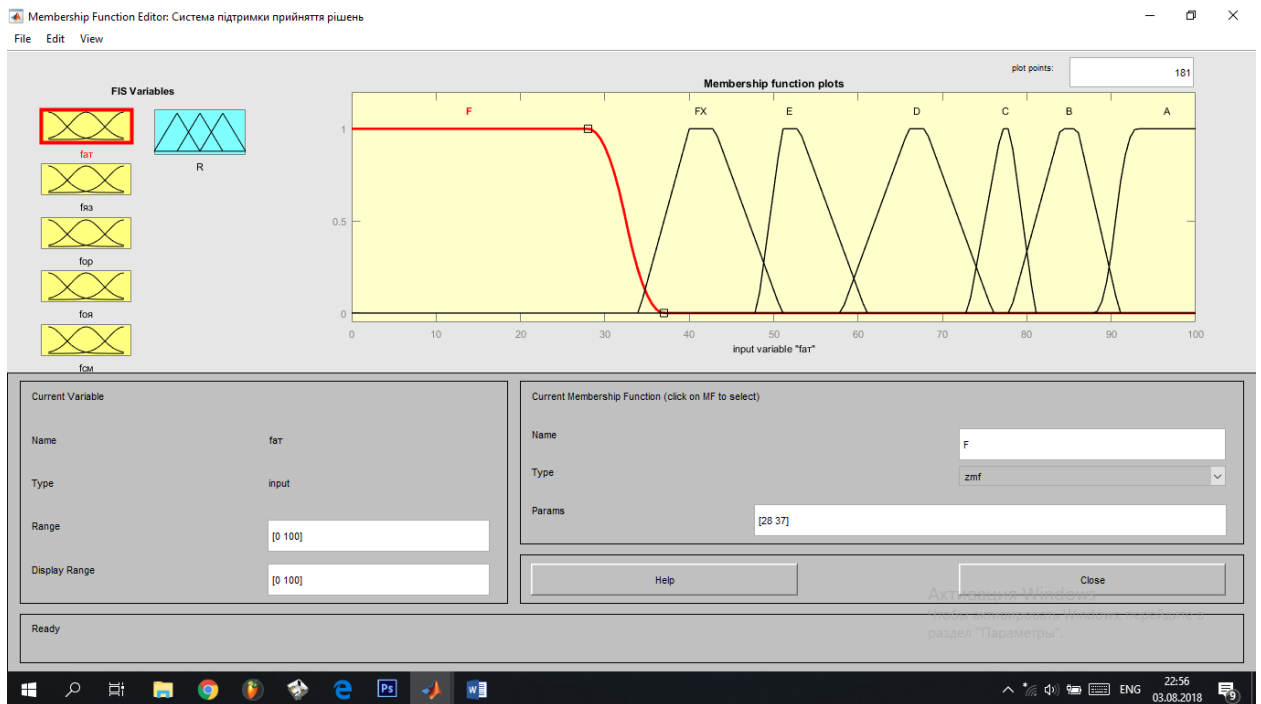


Рис. 3.3. Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «показник атестації здобувачів вищої освіти»

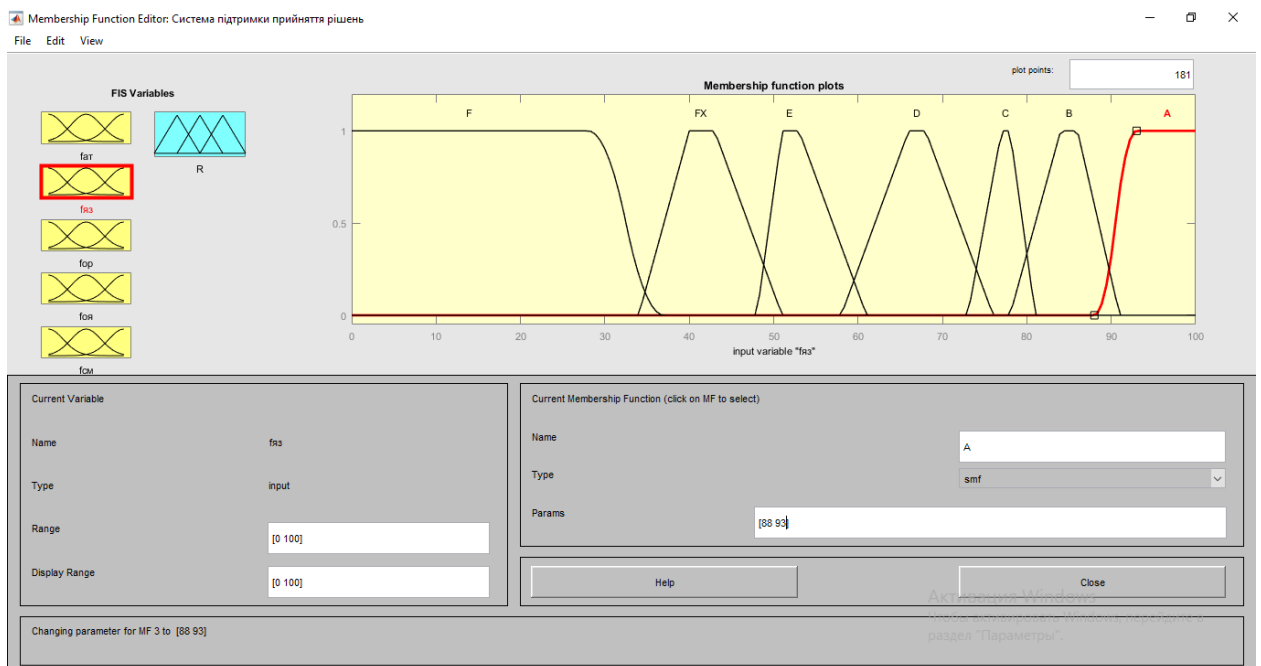


Рис. 3.4. Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «показник якості залишкових знань»

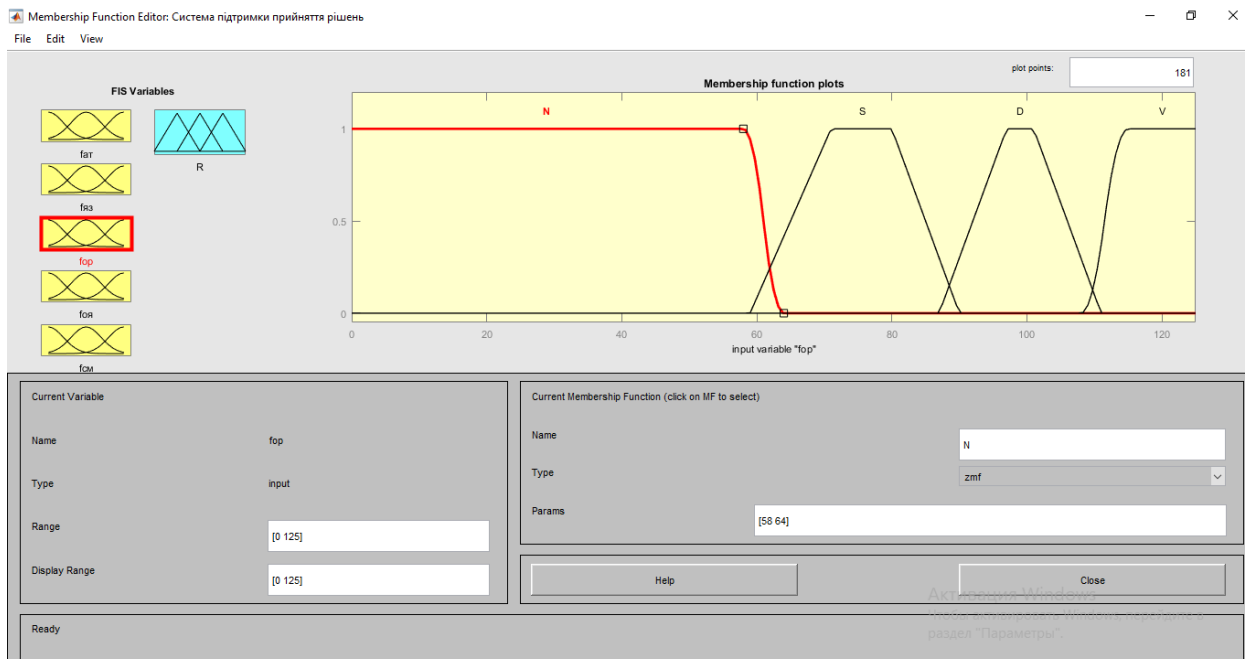


Рис. 3.5. Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «показник якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці»

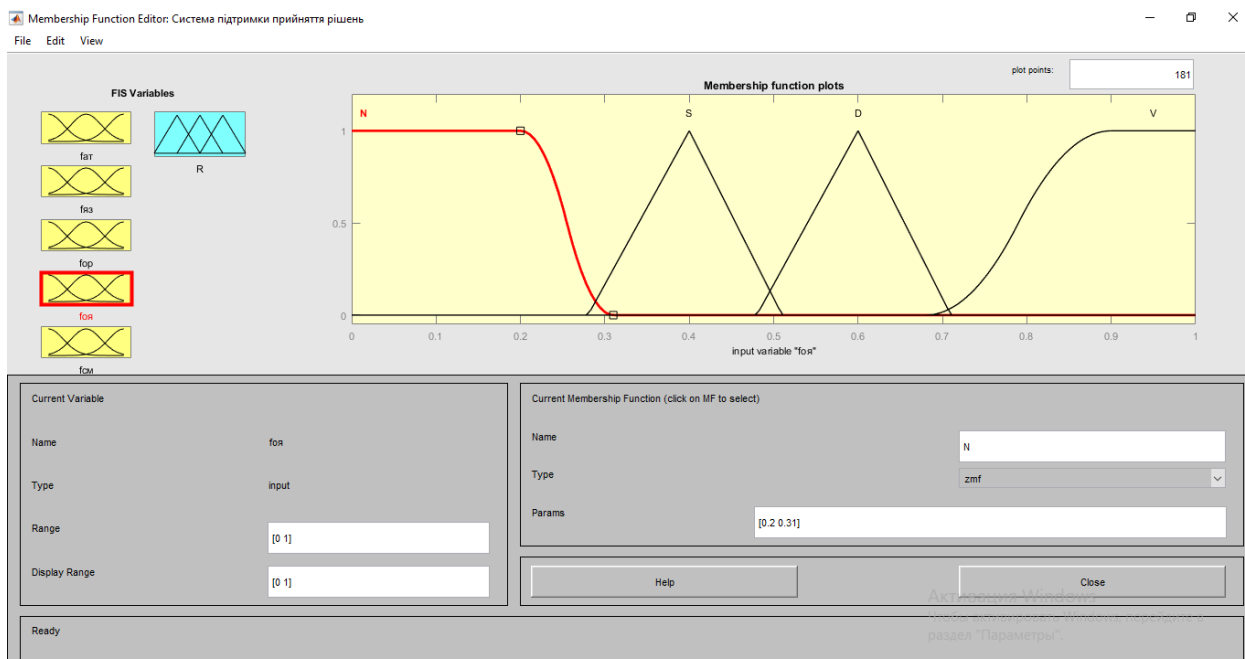


Рис. 3.6. Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «показник особистісних якостей»

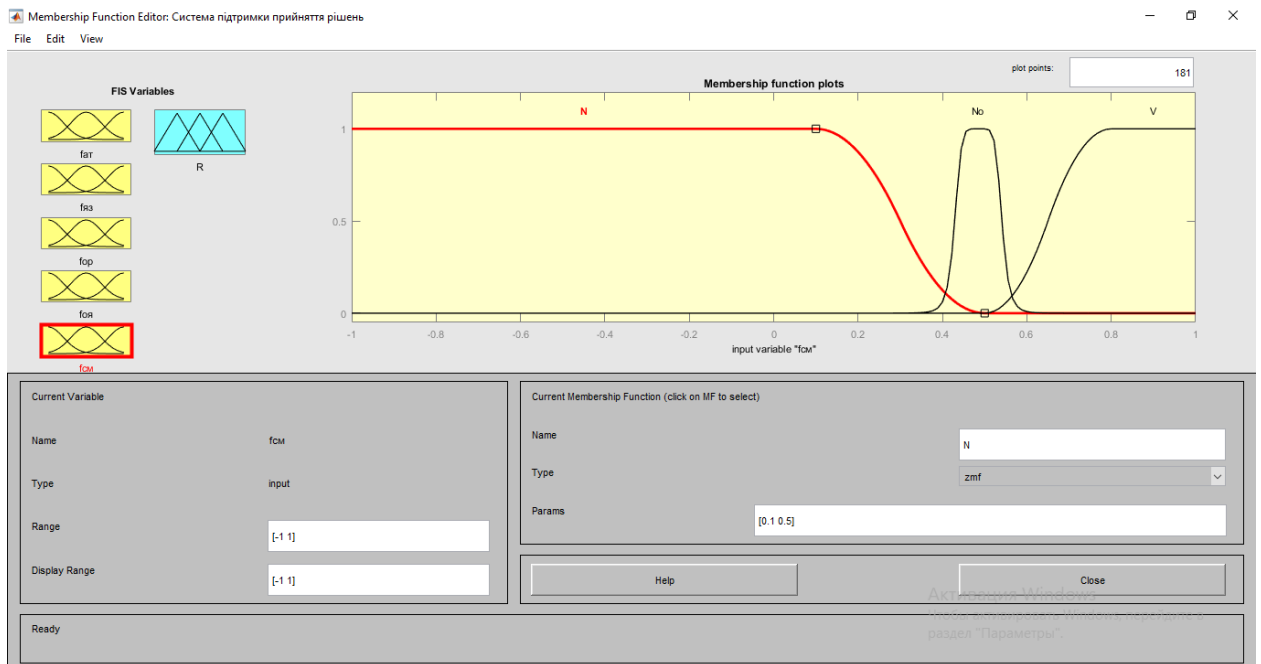


Рис. 3.7. Функції належності вхідної лінгвістичної змінної «показник самооцінки особистості»

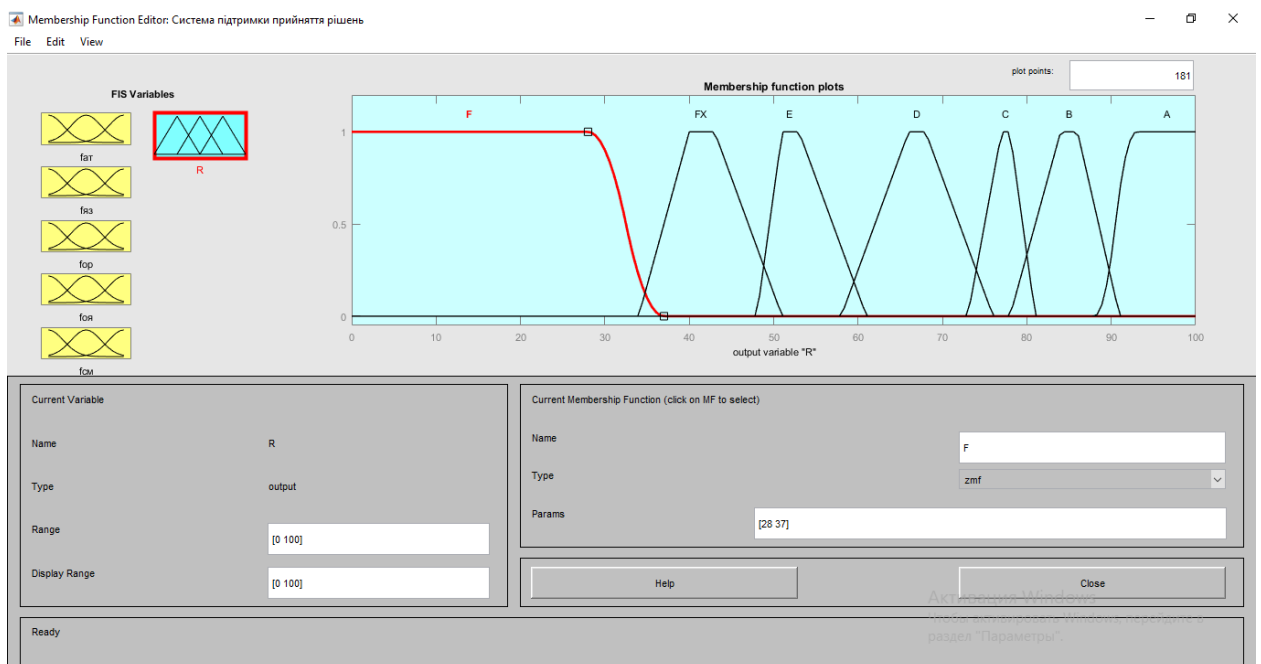


Рис. 3.8. Функції належності вихідної лінгвістичної змінної

7). Ввели базу правил «Якщо-то», використовуючи поля графічного інтерфейсу редактора правил: Connection, Weight та команди: Delete Rule, Add Rule, Change Rule (рис. 3.9).

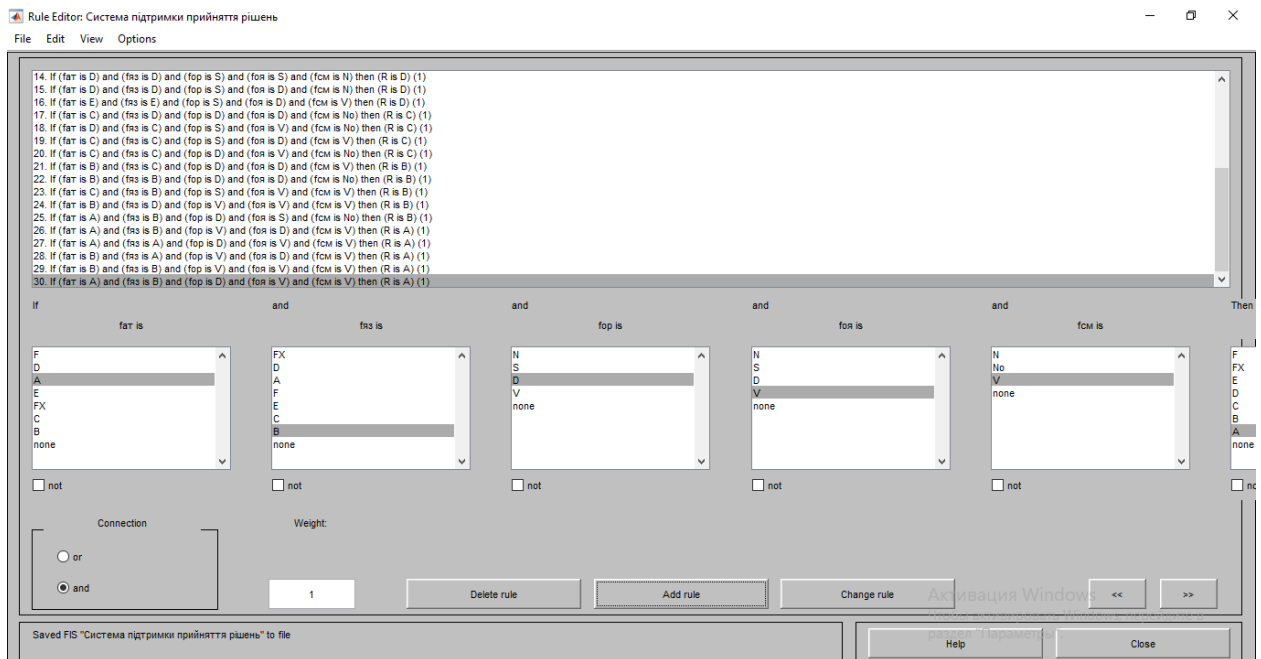


Рис. 3.9. База правил

8). Нечіткий логічний висновок виконують за допомогою команди меню View>Rules, вказавши у рядку Input необхідні значення вхідних змінних.

У межах нашого дослідження у системі обрано такі параметри: And method – «min», Or method – «max», Implication – метод «min», Aggregation – метод «max», Defuzzification – метод centroid.

Для аналізу розробленої системи може бути використана програма перегляду поверхні логічного висновку, яка відкривається командою меню View>Surface редактора FIS. Графічний інтерфейс програми перегляду поверхні логічного висновку для системи зображений на рис. 3.10.

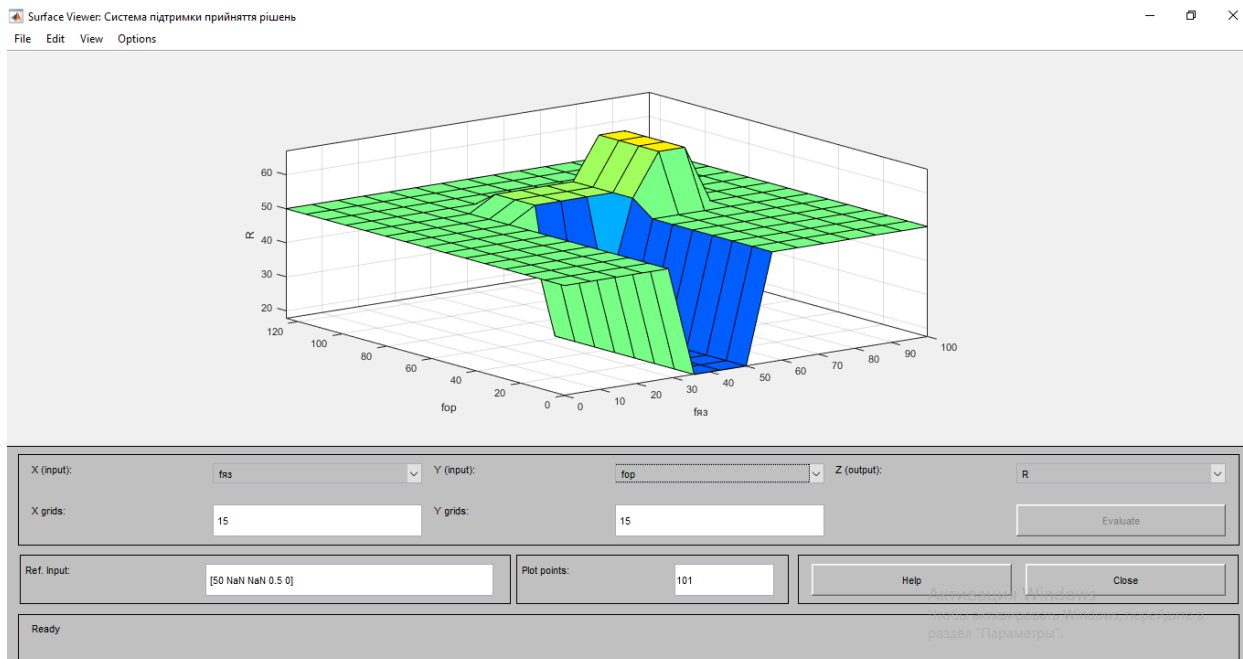


Рис. 3.10. Програма перегляду поверхні логічного висновку залежності вихідної змінної від вхідних змінних «показник якості залишкових знань» та «показник соціологічних опитувань ринку праці»

3.4. Оцінка ефективності роботи системи підтримки прийняття рішень

Ефективність роботи спроектованої системи підтримки прийняття рішень щодо якості підготовки майбутніх учителів математики оцінимо за допомогою введення конкретних значень вхідних лінгвістичних змінних: $f_{ат}=82$, $f_{яз}=78$, $f_{оп}=92$, $f_{оя}=0,62$, $f_{см}=0,63$. Система рекомендує прийняти рішення: високий рівень якості підготовки майбутнього фахівця, вихідна лінгвістична змінна дорівнює $R=84,6$ (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Реалізація логічного висновку для значень вхідних змінних $f_{ат}=82$, $f_{яз}=78$, $f_{оп}=92$, $f_{оя}=0,62$, $f_{см}=0,63$

Для значень вхідних змінних: $f_{ат}=63$, $f_{яз}=57$, $f_{оп}=80$, $f_{оя}=0,35$, $f_{см}=0,44$.

Система рекомендує прийняти рішення: середній рівень якості підготовки, $R=67$ (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Реалізація логічного висновку для значень вхідних змінних $f_{ат}=63$, $f_{яз}=57$, $f_{оп}=80$, $f_{оя}=0,35$, $f_{см}=0,44$

Для значень вхідних змінних: $f_{ат}=83$, $f_{яз}=79$, $f_{ор}=67$, $f_{оя}=0,36$, $f_{см}=0,48$.

Система рекомендує прийняти рішення: вище середнього рівень якості підготовки, $R=77,2$ (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Реалізація логічного висновку для значень вхідних змінних $f_{ат}=83$, $f_{яз}=79$, $f_{ор}=67$, $f_{оя}=0,36$, $f_{см}=0,48$

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

1. На сьогодні актуальним є оцінка замовниками (особистістю, яка здобуває вищу освіту, роботодавцями, державою) освітніх послуг якості освіти у закладі вищої освіти. Важливим кроком є створення системи, яка б дала можливість підтримки прийняття рішення про якість підготовки випускників, враховуючи єдність її кількісних та якісних показників.

2. Для оцінювання якості підготовки майбутніх учителів ми виділяємо такі основні показники: показник атестації здобувачів вищої освіти, якості залишкових знань студентів за результатами ректорського контролю, якості підготовки фахівців за результатами соціологічних опитувань ринку праці, особистісних якостей випускника, самооцінки особистості випускника. Для прийняття рішення за виділених показниках вирішується питання

узгодження суперечливих критеріїв. Тому оцінювання якості підготовки майбутніх учителів побудоване на принципах нечіткої логіки.

3. З використанням нечітких множин розроблена інформаційна система підтримки прийняття рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів, яка спроектована у системі Matlab R2017a за допомогою програмного засобу Fuzzy Logic Toolbox. Оцінена ефективність роботи системи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Відповідно до завдань дипломної роботи можна зробити такі висновки:

1. Проаналізовано сучасну вітчизняну і зарубіжну наукову літературу, що дало змогу систематизувати основні поняття, характеристики, властивості та операції теорії нечіткої логіки. Встановлено, що теорія нечіткої логіки являє собою математичний апарат, що надає можливість математично обґрунтовувати задачі, для яких відсутня повноцінна статистика або серед інформативних факторів є лише якісні показники. Аналітичні задачі підтримки прийняття рішень класифікують у вигляді таких загальних постановок завдань: задачі оцінки стану об'єкта, ідентифікації математичної моделі об'єкта керування, формування керування і вибору рішення, ранжирування альтернатив і вибору рішення.

2. З'ясовано основні етапи алгоритму виконання логічного висновку на принципах нечіткої логіки, серед яких: фазифікації, агрегування, активізації, акумуляції, дефазифікації. Встановлено, що існує декілька алгоритмів виконання логічного висновку на основі нечітких множин: алгоритм Мамдані, Цукамото, Ларсена, Сугено. Автоматизувати етапи алгоритму виконання логічного висновку дозволяє програмний модуль Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB, який працює з нечіткою логікою.

3. Розроблено інформаційну систему підтримки прийняття рішення щодо комплексної оцінки якості підготовки майбутніх учителів на основі нечітких множин, що дозволяє враховувати кількісні та якісні її показники. Виділені показники якості підготовки випускників, які є лінгвістичним змінними, для кожної з яких вказано універсальну множину та лінгвістичні терми, побудовані функції належності термів.

4. Для автоматизації обчислень систему підтримки прийняття рішення щодо якості підготовки майбутніх учителів спроектовано в програмі Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB R2017a. Програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішення має достатньо простий користувацький

інтерфейс, зберігає експертні оцінки, автоматизує виконання основних етапів алгоритму отримання логічного висновку, формує детальний звіт.

ДОДАТКИ

Додаток А

АНКЕТА

Шановні колеги, запрошуємо Вас взяти участь в експертному дослідженні сучасного стану й перспектив удосконалення кадрового забезпечення освітніх установ. Висловлені Вами побажання будуть використані для поліпшення якості освітніх послуг, що надаються Вінницьким державним педагогічним університетом імені Михайла Коцюбинського (далі - ВДПУ). Дякуємо за співпрацю! Просимо Вас висловити свою думку щодо всіх без винятку питань, оскільки вони мають цінність для вироблення рішень лише в сукупності.

1. Чи є Ви випускником ВДПУ, якщо «так», то якого року, вкажіть форму навчання

2. Кількість випускників ВДПУ, які працюють у Вашому навчальному закладі?

3. Які з наведених нижче чинників мають, на Вашу думку, найбільший вплив на ефективність професійної діяльності фахівця та його кар'єрне зростання. Дайте оцінку за п'ятибальною шкалою від 1 (низький рівень) до 5 (високий рівень).

1. Рівень загальнотеоретичної підготовки	1	2	3	4	5
2. Рівень базових (професійних) знань і навичок	1	2	3	4	5
3. Стратегічне мислення	1	2	3	4	5
4. Здатність працювати в колективі, команді	1	2	3	4	5
5. Здатність ефективно представляти себе й результати своєї праці	1	2	3	4	5
6. Націленість на кар'єрне зростання і професійний розвиток	1	2	3	4	5
7. Ерудованість, загальна культура, комунікабельність	1	2	3	4	5
8. Етика поведінки як вчителя	1	2	3	4	5
9. Володіння інформаційними та комунікаційними технологіями	1	2	3	4	5
10. Уміння та навички спілкування з учнями та їх батьками	1	2	3	4	5
11. Ведення ділової документації	1	2	3	4	5

4. Наскільки Ви задоволені рівнем професійної підготовки випускників ВДПУ, які працюють у Вас в закладі? Дайте оцінку за шкалою від 1 (низький рівень) до 5 (високий рівень).

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

5. Наскільки Ви зацікавлені в прийомі на роботу випускників ВДПУ?

Дайте оцінку за шкалою від 1 (не зацікавлений) до 5 (повністю зацікавлений).

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. Наведіть свою оцінку ВДПУ, як вищого навчального закладу, за наступними критеріями. Дайте оцінку за шкалою від 1 (незначний рівень) до 5 (дуже високий рівень).

1. Ділова репутація, імідж закладу	1	2	3	4	5
2. Конкурентоспроможність освітніх послуг	1	2	3	4	5
3. Професорсько-викладацький склад	1	2	3	4	5
4. Матеріально-технічна база	1	2	3	4	5
5. Система управління закладом	1	2	3	4	5
6. Налагоджена внутрішня інфраструктура	1	2	3	4	5
7. Якість освітніх послуг (магістерська підготовка)	1	2	3	4	5
8. Наукова діяльність	1	2	3	4	5
9. Співробітництво з іншими навчальними закладами міста	1	2	3	4	5
10. Регіональна та міжнародна співпраця	1	2	3	4	5
11. Зміст навчальних програм	1	2	3	4	5
12. Використання новітніх, інтерактивних методів навчання	1	2	3	4	5

7. Оцініть якості та навички випускників ВДПУ за п'ятибальною шкалою від 1 (низький рівень) до 5 (високий рівень)

1. Рівень загальнотеоретичної підготовки	1	2	3	4	5
2. Рівень базових (професійних) знань і навичок	1	2	3	4	5

3. Стратегічне мислення	1	2	3	4	5
4. Здатність працювати в колективі, команді	1	2	3	4	5
5. Здатність ефективно представляти себе й результати своєї праці	1	2	3	4	5
6. Націленість на кар'єрне зростання і професійний розвиток	1	2	3	4	5
7. Ерудованість, загальна культура, комунікабельність	1	2	3	4	5
8. Етика поведінки як вчителя	1	2	3	4	5
9. Володіння інформаційними та комунікаційними технологіями	1	2	3	4	5
10. Уміння та навички спілкування з учнями та їх батьками	1	2	3	4	5
11. Ведення ділової документації	1	2	3	4	5

8. Надайте свій коментар або побажання щодо основних компетенцій випускників, які формуються під час навчання у ВДПУ

Вкажіть назву Вашого навчального закладу

Для зворотного зв'язку вкажіть телефон, факс, e-mail

Додаток Б

Діагностика особистісних якостей майбутнього вчителя [26]

№	Діагностичні блоки	Складові діагностичних блоків	Діагностичні параметри	Бали
I	Спрямованість	1. Мотиви і потреби	1. Усвідомлення суспільних інтересів і своїх обов'язків щодо них. 2. Орієнтація в діяльності на мету і завдання школи. 3. Прагнення забезпечити розвиток особистості кожної дитини. 4. Бажання самовдосконалювати себе, свою діяльність і умови праці.	
		2. Почуття (емоції)	1. Спрямованість емоцій і почуттів на об'єкт педагогічних перебудов. 2. Інтенсивність емоцій. 3. Стійкість емоцій. 4. Глибина емоцій. 5. Наявність вольового контролю за своєю поведінкою. 6. Впевненість у своїх педагогічних діях.	
		3. Інтереси	1. Наявність інтересу, пов'язаного з предметом педагогічної діяльності. 2. Широта інтересів, в т.ч. професійних. 4. Стійкість інтересу, в т.ч. професійного.	
II	Можливості особистості	1. Сприйняття	1. Цілеспрямованість сприйняття. 2. Адекватність сприйняття мети і завдань педагогічної діяльності. 3. Зацікавленість.	
		2. Пам'ять	1. Цілеспрямованість уваги. 2. Швидкість і раціональність запам'ятовування. 3. Емоційне ставлення до запам'ятованого і відтвореного. 4. Повнота відтворення.	

		3. Мислення	<ol style="list-style-type: none"> 1. Самостійність мислення (вміння ставити нові завдання і самостійно знаходити потрібне рішення). 2. Інтелектуальні властивості (індуктивні, дедуктивні). 3. Всебічність і глибина знань. 4. Уміння вирішувати і розуміти сутнісні, складних питань. 5. Гнучкість розуму (вміння швидко змінювати свої дії за умови зміни ситуації, свобода думки від закріплених попередньо прийомів і способів вирішення педагогічних завдань). 6. Швидкість розуму (здатність швидко долати складні ситуації, обдумувати і приймати правильне рішення). 7. Критичність розуму (вміння об'єктивно оцінювати свої можливості та можливості інших, детально і всебічно перевіряти всі гіпотези і висновки). 	
		4. Мовлення	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цілеспрямованість мовлення. 2. Переконливий виклад. 3. Доступність і розгорнутість висловлювань. 4. Логічна чіткість і завершеність висловлювань. 5. Зрозумілість і чіткість форми викладу. 6. Виразність мовлення. 	
		5. Воля	<ol style="list-style-type: none"> 1. Самостійність поведінки, поглядів, переконань. 2. Рішучість (здатність своєчасно приймати виважені рішення і їх виконувати). 4. Наполегливість (здатність досягати поставленої мети). 5. Витримка (здатність контролювати свої дії). 6. Дисциплінованість (свідоме підпорядкування своєї поведінки суспільним 	

			нормам.	
		б. Здібності	1. Здатність до педагогічного перевтілення, артистизм. 2. Захопленість педагогічною діяльністю, її результатами.	
III	Стиль поведінки	1. Ставлення до колективу та праці	1. Ставлення до колективу: а) колективізм, активність у справах колективу; б) чесність, справедливість; в) комунікативність. 2. Ставлення до праці: а) працьовитість; б) результативність; в) відповідальність.	

Обробка результатів:

«0» балів виставляється тоді, коли показник не проявляється або недостатньо виявляється;

«1» бал виставляється тоді, коли показник виявляється рідко або виявляється певною мірою;

"2" бали виставляється тоді, коли показник проявляється часто і достатньо виявляється;

"3" бали виставляється тоді, коли показник виявляється завжди і чітко.

Розрахунок рівня всієї діяльності або поетапно:

$K = \frac{k}{K}$ (фактична кількість балів) / K (максимальна кількість балів)

Інтерпретація результатів:

$K < 0,29$ – низький рівень прояву особистісних якостей майбутнього вчителя;

$0,3 < K < 0,49$ – середній рівень;

$0,5 < K < 0,69$ – достатній рівень;

$K > 0,7$ – високий рівень.

Додаток В

Методика по вивченню самооцінки особистості [27]

Мета: Практична ілюстрація складності самооцінки.

Хід виконання: Досліджуваному дається список з 30 слів (за абеткою):

Текстовий матеріал:

Активність

Принциповість

<i>Акуратність</i>	<i>Рішучість</i>
<i>Вдумливість</i>	<i>Розсудливість</i>
<i>Гордість</i>	<i>Самокритичність</i>
<i>Доброта</i>	<i>Скромність</i>
<i>Емоційність</i>	<i>Совітність</i>
<i>Життєрадісність</i>	<i>Стриманість</i>
<i>Захопленість</i>	<i>Терплячість</i>
<i>Комунікабельність</i>	<i>Товариськість</i>
<i>Наполегливість</i>	<i>Увічливість</i>
<i>Ніжність</i>	<i>Хоробрість</i>
<i>Ощадливість</i>	<i>Цілеспрямованість</i>
<i>Поетичність</i>	<i>Чарівність</i>
<i>Працьовитість</i>	<i>Чуйність</i>
<i>Привітність</i>	<i>Щирість</i>

Інструкція №1: „Проставте слова в послідовності зменшення якостей, що характеризують для Вас ідеал людини”.

Інструкція №2: „Покладіть перед собою вихідний список. Тепер розташуйте всі слова цього списку так, щоб вони характеризували особисто Вас (теж у порядку зменшення)”.

Обробка результатів: Для визначення рівня самооцінки досліджуваному необхідно порівняти обидва списки за номерами (рангами), які привласнені кожній якості. Між рангами кожної якості визначається різниця (**d**), яка підноситься у квадрат (**d²**), потім підраховується сума квадратів (**Σd²**), і за формулою **Спірмена** вираховується коефіцієнт кореляції рангів:

$$\delta = 1 - \frac{6 \cdot d^2}{(n^3 - n)}$$

де **n** – кількість якостей.

Інтерпретація результатів: Отримане число повинно розташовуватися у межах від **-1** до **1**, що інтерпретується таким чином:

-1 ≤ δ ≤ 0,39 – низька самооцінка.

0,4 ≤ δ ≤ 0,59 – нормальна самооцінка.

0,6 ≤ δ ≤ 1 – висока самооцінка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабенко Н. И. Автоматизированная информационная система управления учебным процессом [Текст] : зб. наук. пр./ Н. И. Бабенко, С. А. Бабичев, А. В. Шарко // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. – 2004. – Т. 8. – С. 97–104.

2. Білощицький А. О. Створення інформаційної технології управління навчальним процесом у ВНЗ [Текст] / А. О. Білощицький, С. В. Білощицька, С. С. Білоконь // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 13. – С. 136–142.

3. Волошин О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. – К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.

4. Глибовець М. М.. Штучний інтелект : Підручник / М. М. Глибовець, О. В. Олецький – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.

5. Гризун Л. Е. Напрями застосування апарата нечіткої логіки для розв'язання завдань педагогічної діагностики [Електронний ресурс] / Л. Е. Гризун // Народна освіта : зб. наук. пр. – 2014. – Вип. 1 (22). – Режим доступу : http://narodnaosvita.kiev.ua/?page_id=2165.

6. Демченко Г. В. Застосування апарату нечіткої логіки у формуванні комплексної оцінки організаційного забезпечення активізації інноваційної діяльності промислового підприємства / Г. В. Демченко // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: «Економіка і менеджмент» – 2017. – №26. – С. 79 – 85.

7. Дубовой В. М. Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами. Монографія / В. М. Дубовой, О. О. Ковалюк. – Вінниця, 2008. – 185 с.

8. Дюк В. А. Data Mining – интеллектуальный анализ данных [Електронний ресурс] / В. А. Дюк. – Режим доступу : <http://www.olap.ru/basic/dm2.asp>.

9. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде // Математика сегодня. – М. : Знание, 1974. – С. 5-49.

10. Зайченко Ю. П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах / Ю. П. Зайченко. – К., 2010. – 344 с.

11. Загородня Т. М. Оптимізація параметрів навчальних занять за допомогою інформаційної технології підтримки прийняття рішень [Текст] / Т. М. Загородня // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 54 (1027). – С. 123–133.

12. Загородня Т. М. Структура бази даних для підготовки навчально-методичного матеріалу з метою формування загальних та спеціальних компетенцій [Текст] / Т. М. Загородня // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2013. – Т. 4., Вип. 2. – С. 36–41.

13. Загородня Т. М. Застосування інформаційних технологій підтримки прийняття рішень у інформаційних системах оптимізації параметрів / Т. М. Загородня, В. І. Романовський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 4, Вип. 70. – С. 18-23.

14. Закон України «Про вищу освіту». - Режим доступу: <https://zakon.help/law/1556-VII>.

15. Зафиевский А. В. Автоматизация управления учебным процессом в ВУЗЕ [Електронний ресурс] / А. В. Зафиевский Успехи современного естествознания. – 2010. – № 1 – С. 115–117. – Режим доступу: \www/ URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7784566.

16. Катренко А.В. Теорія прийняття рішень / А. В. Катренко, В. А. Пасічник, В. П. Пасько. – К., 2009. – 158 с.

17. Кисіль Т. М. Використання Fuzzy Logic Toolbox для моделювання рівня навчальної мотивації / Т. М. Кисіль, О. Я. Кучерук // Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація. - 2019 – Том 30 (69), ч. 1. – С. 50-54.

18. Ковальчук К. Ф. Моделі і методи прийняття управлінських рішень / К. Ф. Ковальчук, Л. І. Лозовська, Л. М. Савчук, І. Г. Аберніхіна. – Дніпропетровськ : Редакційно-видавничий відділ НМетАУ. – 2010. – 116 с.

19. Колпаков В. М. Теория и практика принятия управленческих решений [Текст]: Учеб. пособ. / В. М. Колпаков. – [изд. 2-е, перераб. и доп.]. – К.: МАУП, 2004. – 504 с.

20. Коріненко Б. В. Аналіз понятійного апарату систем підтримки прийняття рішень / Б. В. Коріненко // Актуальні проблеми математики, фізики і технологій: зб. наук. пр. / Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. – Вінниця: ТОВ «Твори», 2019. – Вип. 16. – С. 45-47.

21. Коріненко Б. В. Технології підтримки прийняття рішень щодо якості підготовки фахівців у вищому навчальному закладі // Т. І. Галецька, Б. В. Коріненко, О. С. Туржанська // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Математика та інформатика у вищій школі: виклики сучасності» (Вінниця, 15-16 травня 2019 р.) [Електронне наукове видання]: збірник матеріалів. – Вінниця, 2019. – С. 223-226.

22. Коріненко Б. В. Застосування апарату нечіткої логіки у формуванні комплексної оцінки якості підготовки майбутніх фахівців / Б. В. Коріненко // Науково-популярний альманах «Математика та інформатика навколо нас». – Вінниця, 2019. – Вип. 3. – С. 127-131.

23. Корнеев В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации [Текст] / В. В. Корнеев. – М. : Нолидж, 2000. – 352 с.

24. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб., 2005. – 736 с.

25. Масловський С. М. Модель адаптивного тестування з нечіткою логікою / П. І. Федорук, С. М. Масловський // Мат. машини і системи. — 2009. — № 1. — С. 131–137.

26. Мартиненко С.М. Основи діагностичної діяльності вчителя : навч.-метод. посібник / С. М. Мартиненко // К. : КУ імені Бориса Грінченка, 2010. – 264 с.

27. Мірошніченко О.А. Діагностика особистості майбутнього вчителя : Навчально-методичний посібник / О. А. Мірошніченко – Житомир, 2012 – 190 с.

28. Петренко А. Н. Информационная система экспресс-диагностики заболеваний печени / А. Н. Петренко, Б. И. Скорик, М. В. Чорненко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. - 2014. № 3. С. 89–94.

29. Принятие решений в системах мониторинга / укладачі: Т. Г. Емельяненко, А. В. Зберовский, А. Ф. Приставка, Б. Е. Собко. – Днепропетровск; 2005. – 224 с.

30. Пушкар О. І. Системи підтримки прийняття рішень : Навч. посіб./ О. І. Пушкар, В. М. Гіковатий, О. С. Євсєєв, Л. В. Потрашкова – Харків : Інжек, 2006. – 304с.

31. Развитие системы обеспечения качества высшего образования в Украине: информационно-аналитический обзор / Укладачі: Т. Добко, І. Золотарьова, С. Калашнікова, В. Ковтунець, С. Курбатов, І. Линьова, В. Луговой, І. Прохор, Ю. Рашкевич, І. Сікорська, Ж. Таланова, Т. Фініков, С. Шаров; за заг. ред. С. Калашнікової та В. Лугового. – Київ : ДП «НВЦ «Пріоритети», 2015. – 84 с.

32. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. – Винница : Універсум-Вінниця, 1999. – 320 с.

33. Ротштейн О.П. Моделирование та оптимізація надійності багатовимірних алгоритмічних процесів. / О. П. Ротштейн, С. Д. Штовба, О. М. Козачко . – [Монографія] Вінниця, 2007. – 211 с.

34. Системи підтримки прийняття рішень / [уклад.: С. М. Братушка, С. М. Новак, С. О. Хайлук]. – Суми : ДВНЗ «УАБС НБУ», 2010. – 265 с.

35. Ситник В. Ф. Імітаційне моделювання: Навч.-метод. посібник / В. Ф. Ситник, Н. С. Орленко — К.: КНЕУ, 1999. — 208 с.

36. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. / В.Ф. Ситник. — К. : КНЕУ, 2009. — 614 с.

37. Слепцов А. І. Прийняття рішень в складних системах. / А. І. Слепцов, М. А. Зоденкамп – К., 2007. – 182 с.

38. Стеценко І. В. Імітаційне моделювання системи управління навчальним процесом ВНЗ з використанням об'єктно-орієнтованого підходу [Електронний ресурс] / І. В. Стеценко // Математические машины и системы. – 2011. – № 2. – Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/imitatsiyne-modelyuvannya-sistemi-upravlinnya-navchalnim-protsesom-vnz-z-vikoristannyam-obektno-orientovanogo-pidhodu>.

39. Сявавко М. С. Математичне моделювання за умов невизначеності / М. С. Сявавко, О. М. Рибицька. – Львів : «Українські технології», 2000. – 319 с.

40. Сявавко М. С. Математика прихованих можливостей: навчальний посібник / М. С. Сявавко. – Острог : Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2011. – 396 с.

41. Теленик С. Ф. Метод формування нечіткого логічного висновку із залученням експертного комітету / С. Ф. Теленик, П. І. Бідюк, Л. О. Коршевнік, В. С. Хмелюк // Проблеми програмування. - 2008. - № 4. - С. 73–83.

42. Тоценко В. Г. Методы и системы поддержки принятия решений / Алгоритмический аспект. –К.: Наукова думка, 2002. – 382с.

43. Ус С. А. Теорія нечітких множин у системах прийняття рішень [Текст]: навч. посібник / С. А. Ус. – Д. : НГА України, 2001, – 86 с.

44. Ус С. А. Методи прийняття рішень [Текст]: навч. посібник / С.А. Ус., Л. С. Коряшкіна. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 212 с.

45. Фазі-логіка [Електронний ресурс] // Технічна енциклопедія TechTrend : сайт. — Режим доступу: <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=18969>.

46. Циганок В. В. Підхід до експертного оцінювання та розробка на його основі технології підтримки прийняття рішень [Текст] / В. В. Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової конференції 01-02 березня 2012 року // НАН України.

Інститут проблем реєстрації інформації. – К: ІПРІ НАН України, 2012. – С. 148–154.

47. Шоробура Н. Н. Решение задач многокритериальной оптимизации сложных объектов и систем / Н. Н. Шоробура. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2004/kita/shorobura/diss/index.htm>.

48. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия – Телеком. – 2007. – 288 с.

49. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С.Д. Штовба [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.nsu.ru/matlab/MatLab_RU/fuzzylogic/book1/index.asp.htm.

50. Эддоус М. Методы принятия решений [Текст] : Учеб.пособ. / М. Эддоус, Р. Стэнфилд, И. И. Елисеева. – М. : Аудит : ЮНИТИ, 1997. – 590 с.

51. Sharma D. Designing and Modeling Fuzzy Control Systems // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 16. No.1 February 2011 P. 46-53.

52. Radion O. Zautomatyzowany system sterowania ruchem robota na zadanej trajektorii z możliwością ominięcia przeszkód w oparciu o logikę rozmytą / O. Radion // Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska. - 2015. - Т. 1. - S.86–92.