

Лекція 6. ВИРІШУВАЧІ ПРОБЛЕМ, ЗАСНОВАНІ НА ЗНАННЯХ. СЕМАНТИЧНІ СІТКИ (СС), ФРЕЙМИ ТА НЕЧІТКА ЛОГІКА

- Основні поняття СС, типи СС, способи опису СС
- Основні поняття, структура фрейма
- Фреймові системи
- Нечітка логіка. Область застосування та базові поняття
- Лінгвістичні змінні
- Логічне виведення на СС.

В даний час в інтелектуальних системах використовуються чотири основні моделі знань:

- логічні моделі;
- продукційні моделі;
- **фреймові моделі;**
- **семантичні сітки.**

Слід відмітити, що серед засобів подання знання про світ в цілому жоден з них не має таких переваг, які б дозволили зовсім ігнорувати інші. Обрання того чи іншого засобу значною мірою залежить від конкретної предметної області задач, що розв'язуються, а також інших чинників.

1. Основні поняття СС, типи СС, способи опису СС

В основі моделі, найбільш близької до того, як представляються знання в текстах на природній мові, лежить ідея про те, що вся необхідна інформація може бути описана як сукупність трійки вигляду $(a \ r \ b)$, де a і b – два об'єкти або поняття, а r – двійкове відношення між ними. Така модель графічно може представлятися у вигляді мережі, в якій вершинам відповідають об'єкти або поняття, а дугам – відносини між ними. Дуги помічені іменами відповідних відносин. Ця модель носить назву семантичної сітки.

Семантична сітка – це граф, у вершинах якого фіксуються найменування даних, а ребрам відповідають відношення, що встановлюються між ними. Якщо деяку предметну область можна подати набором двомісних предикатів, що групуються у блоки, що є множиною тверджень про якийсь об'єкт або явище, то її можна подати також у вигляді семантичної сітки. Це можливо тому, що бінарні предикати припускають подання за допомогою графів, у яких ребрам відповідають предикати, а вершинам аргументи. При

цьому ребра спрямовані від першого аргументу до другого. Сукупність таких структур, що подані у вигляді графа, і утворюють сітку, що називається семантичною.

Семантичні сітки як засіб подання знань мають певні переваги перед декларативним та процедурним поданням. Вони забезпечують досить легке розуміння, оновлення та засвоєння знань у відносно однорідній структурі. Окрім того, вони мають досить простий доступ до знань, а це безпосередньо пов'язано з загальною ефективністю роботи систем. Тут істотно спрощується процедура виводу рішення. Однак, для подання таких простих логічних відношень, як логічні зв'язки, квантори загальності та існування, семантичні сітки поступаються декларативному поданню, а для відображення динамічних та паралельних процесів – процедурному.

Особливістю і в той же час недоліком семантичної мережі є її уявлення у вигляді такої цілісної структури, яка не дозволяє розділити базу знань і механізм виводів. Це означає, що процес виводу, як правило, пов'язаний із зміною структури мережі шляхом застосування мережових продукцій.

Класифікація семантичних мереж. Для всіх семантичних сіток справедливий поділ за арністю, кількістю типів відносин та розміром.

За арністю: типовими є мережі з бінарними відносинами (що зв'язують рівно два поняття). Бінарні відносини дуже прості і зручно зображуються на графі у вигляді стрілки між двох концептів. Крім того, вони відіграють виняткову роль в математиці.

На практиці, однак, можуть знадобитися відносини, що зв'язують більше двох об'єктів – N-арні. При цьому виникає складність – як зобразити подібний зв'язок на графі, щоб не заплутатися. Концептуальні графи знімають це утруднення, представляючи кожне відношення у вигляді окремого вузла.

За кількістю типів відносин мережі можуть бути:

- однорідними;
- неоднорідними.

Однорідні мережі володіють тільки одним типом відносин (стрілок), наприклад, такою є класифікація біологічних видів.

У неоднорідних мережах кількість типів відносин більше двох. Класичні ілюстрації даної моделі подання знань представляють саме такі мережі. Неоднорідні мережі представляють більший інтерес для практичних цілей, але і велику складність для досліджен-

ня. Неоднорідні мережі можна представляти як переплетення деревовидних багатошарових структур. Прикладом такої мережі може бути Семантична мережа Вікіпедії.

За розміром мережі можуть бути галузевого масштабу та глобальні семантичні мережі.

Семантична мережа галузевого масштабу повинна служити базою для створення конкретних систем, не претендуючи на загальне значення.

Глобальна семантична мережа. Теоретично така мережа повинна існувати, оскільки все в світі взаємопов'язане. Можливо коли-небудь такою мережею стане Всесвітня павутина.

Крім концептуальних графів існують і інші модифікації семантичних мереж, це є ще однією основою для класифікації (по реалізації).

2. Основні поняття, структура фрейма

Термін фрейм (від англійського frame, що означає "каркас" або "рамка") був запропонований Марвіном Мінським, одним з піонерів ШІ, в 70-і роки для позначення структури знань для сприйняття просторових сцен.

Фрейм – це деяка структура, що містить відомості про певний об'єкт і є цілісною та відносно автономною одиницею знання. За уявленням М.Мінського, у довгостроковій пам'яті людини зберігається великий набір систем фреймів, що використовуються, наприклад, під час розпізнання людиною зорових образів. З цією метою в пам'яті активується такий фрейм (або система), який найбільше відповідає гіпотезі про об'єкт сприйняття, що й забезпечує високу швидкість його розпізнання та осмислення.

Структура фрейма включає три основних типи даних:

поняття (назва фрейма);

характеристика (назва терміналу - вершини нижнього рівня);

значення характеристики (заповнювач терміналу).

Термінологія включає такі поняття як "фрейми", "слоти", "термінали", "значення за замовчуванням".

Фрейм визначається як структура наступного вигляду:

$$\{ \langle \text{ім'я-фрейма} \rangle \langle \text{ім'я слота}_1 \rangle \langle \text{значення слота} \rangle_1 \dots, \\ \langle \text{ім'я слота}_n \rangle \langle \text{значення слота} \rangle_n \}$$

Так, визначимо фрейм для об'єкту "книга":

{<КНИГА>

<АВТОР> <Дюма>

<НАЗВА> <Граф Монте Крісто>

<ЖАНР> <Роман>}

Ми бачимо, що слоти відповідають атрибутам (характеристикам, властивостям) об'єкту.

Залежно від класу ситуацій розрізняють:

- Фрейми-структури, використовують для позначення об'єктів та понять (університет, школа, аудиторія);
- Фрейми-ролі (викладач, студент, декан);
- Фрейми-сценарії (лекція, іспит, захист диплому);
- Фрейми-ситуації (революція, раптова перевірка присутності студентів).

Основною процедурою над фреймами є пошук за зразком. Зразок, або прототип, це – фрейм, в якому заповнені не всі структурні одиниці, а тільки ті, по яких серед фреймів, що зберігаються в пам'яті ЕОМ, відшуковуються потрібні фрейми. Іншими процедурами, характерними для фреймових мов, є наповнення слотів даними, введення в систему нових фреймів-прототипів, а також зміни деякої множини фреймів, зчеплених по слотах (тобто що мають однакові значення для загальних слотів).

3. Фреймові системи

Для побудови фреймових систем використовуються спеціальні мови:

FRL (Frame Representation Language);

KRL (Knowledge Representation Language);

фреймова оболонка Карра;

PILOT / 2 і т.д.

Вони дозволяють моделювати складні і різномірні логіко-лінгвістичні системи, засновані на використанні фреймів для представлення знань про предметну область.

Відомі експертні системи: ANALYST, MODIS, TRISTAN, ALTERID.

В останні роки термін «фреймовий» часто замінюють терміном «об'єктно-орієнтований». Цей підхід є розвитком фреймового подання. Шаблон фрейма можна розглядати як клас, екземпляр фрейму – як об'єкт. Мови об'єктно-орієнтованого програмування

(ООП) надають засоби створення класів і об'єктів, а також засоби для опису процедур обробки об'єктів (методи). Мови ООП, що не містять засобів реалізації приєднаних процедур, не дозволяють організувати гнучкий механізм логічного висновку, тому розроблені на них програми або представляють собою об'єктно-орієнтовані бази даних, або вимагають інтеграції з іншими засобами обробки знань (наприклад, з мовою PROLOG).

4. Нечітка логіка. Область застосування та базові поняття

Концепція нечіткої множини зародилася у професора Каліфорнійського університету Лотфі А. Заде “як незадоволення математичними методами класичної теорії систем, яка змушувала добиватися штучної точності, недоречної в багатьох системах реального світу, особливо в так званих гуманітарних системах, що включають людей”. Він відмічав, що “зайве прагнення до точності ... зводить нанівець теорію управління і теорію систем, оскільки воно приводить до того, що дослідження в цій області зосереджуються на тих і лише тих проблемах, які піддаються точному вирішенню. В результаті багато класів важливих проблем, в яких дані, цілі і обмеження є дуже складними або погано визначеними для того, щоб застосувати точний математичний аналіз, залишалися і залишаються осторонь з тієї причини, що вони не піддаються математичному трактуванню. Для того, щоб сказати що-небудь істотне для проблем подібного роду, ми повинні відмовитися від наших вимог точності і допустити результати, які є дещо розмитими або невизначеними».

Л. Заде розширив класичне поняття множини, допустивши, що характеристична функція (функція належності елемента множині) може приймати будь-які значення в інтервалі $[0; 1]$, а не тільки значення 0 або 1. Такі множини були названі ним нечіткими (fuzzy). Він визначив також ряд операцій над нечіткими множинами і запропонував узагальнення відомих методів логічного виводу.

Ввівши потім поняття лінгвістичної змінної і допустивши, що як її значення (термів) виступають нечіткі множини, Л. Заде створив апарат для опису процесів інтелектуальної діяльності, включаючи нечіткість і невизначеність виразів.

Подальші роботи професора Л. Заде і його послідовників заклали міцний фундамент нової теорії і створили передумови для впровадження методів нечіткого управління в інженерну практику.

Початком практичного застосування теорії нечітких множин можна вважати нечіткий контролер для управління простим паровим двигуном, який побудували Мамдані і Ассиліан у 1975 р.

Згодом Бартом Коско у 1993 р. була доведена теорема FAT (Fuzzy Approximation Theorem) про нечітку апроксимацію, згідно з якою будь-яка математична система може бути апроксимована системою на нечіткій логіці, тобто за допомогою правил “якщо - то” з подальшою їх формалізацією засобами теорії нечітких множин можна скільки завгодно точно відобразити довільний взаємозв'язок без використання складного апарату диференціального і інтегрального числення.

Загалом системи, засновані на використанні нечіткої логіки, є найбільш простими представниками систем штучного інтелекту. Дані системи прийнято називати також терміном *«нечіткі» системи*.

Системи з нечіткою логікою доцільно застосовувати в наступних випадках:

- для складних процесів, коли немає простої математичної моделі;
- якщо експертні знання про об'єкт або про процес можна сформулювати тільки в лінгвістичній, тобто в словесній формі.

Так нечіткі системи можна використовувати:

- а) у об'єктах побутової техніки: пральних машинах, мікрохвильових печах, холодильниках і так далі;
- б) у промислових і господарських об'єктах: системах управління паровими і водяними казанами, будівельними кранами, пристроями транспортування вантажів і так далі;
- в) у експертних системах: керування процесом прийому на роботу, видачі довгострокових кредитів на будівництво, прогнозування результатів футбольних матчів, оцінювання ефективності фінансування інноваційного проекту тощо;
- в) у комп'ютерних іграх для формування інтелекту комп'ютера і ін.

5. Лінгвістичні змінні

Практичне використання теорії нечітких множин припускає наявність функцій належності, яким описуються лінгвістичні терми "низький", "середній", "високий" і тому подібне. Завдання побудови функцій належності ставиться таким чином: визначити ступені належності термів до елементів деякої множини.

Розглянемо два методи побудови функцій належності:

- Перший метод заснований на статистичній обробці думок групи експертів.
- Другий метод базується на парних порівняннях, що виконуються одним експертом.

5.1. Метод статистичної обробки експертної інформації

Побудувати функції належності термів "низький", "середній", "високий", що використовуються для лінгвістичної оцінки змінної "ріст людини". Результати опиту п'яти експертів приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати опиту експертів

k	терми	[160,165)	[165,170)	[170,175)	[175,180)	[180,185)	[185,190)	[190,195)	[195,200)
Експерт 1	низький	1	1	1	0	0	0	0	0
	середній	0	0	1	1	1	0	0	0
	високий	0	0	0	0	0	1	1	1
Експерт 2	низький	1	1	1	0	0	0	0	0
	середній	0	0	1	1	0	0	0	0
	високий	0	0	0	0	1	1	1	1
Експерт 3	низький	1	0	0	0	0	0	0	0
	середній	0	1	1	1	1	1	0	0
	високий	0	0	0	0	0	1	1	1
Експерт 4	низький	1	1	1	0	0	0	0	0
	середній	0	0	0	1	1	1	0	0
	високий	0	0	0	0	0	0	1	1
Експерт 5	низький	1	1	0	0	0	0	0	0
	середній	0	1	1	1	0	0	0	0
	високий	0	0	0	1	1	1	1	1

Результати обробки експертних думок представлені в табл. 2 – це кількість голосів, відданих експертами за належність нечіткій множині відповідного елементу універсальної множини.

Таблиця 2. Результати обробки думок експертів

терми	[160,165)	[165,170)	[170,175)	[175,180)	[180,185)	[185,190)	[190,195)	[195,200)
низький	5	4	3	0	0	0	0	0
середній	0	2	4	5	3	2	0	0
високий	0	0	0	1	2	4	5	5

У табл. 3. наведено нормалізовані значення результатів обробки думок експертів, розрахованих за формулою (1):

$$\mu_{ik} = \frac{1}{k} \sum b_{kj}, \quad (1)$$

де μ – ступінь належності, k – кількість експертів, j – кількість діапазонів.

Таблиця 3. Нормалізовані значення результатів обробки думок експертів

терми	[160,165)	[165,170)	[170,175)	[175,180)	[180,185)	[185,190)	[190,195)	[195,200)
низький	1	0.8	0.6	0	0	0	0	0
середній	0	0.4	0.8	1	0.6	0.4	0	0
високий	0	0	0	0.2	0.4	0.8	1	1

Графіки функцій належності лінгвістичної змінної «ріст людини» показано на рис. 1.

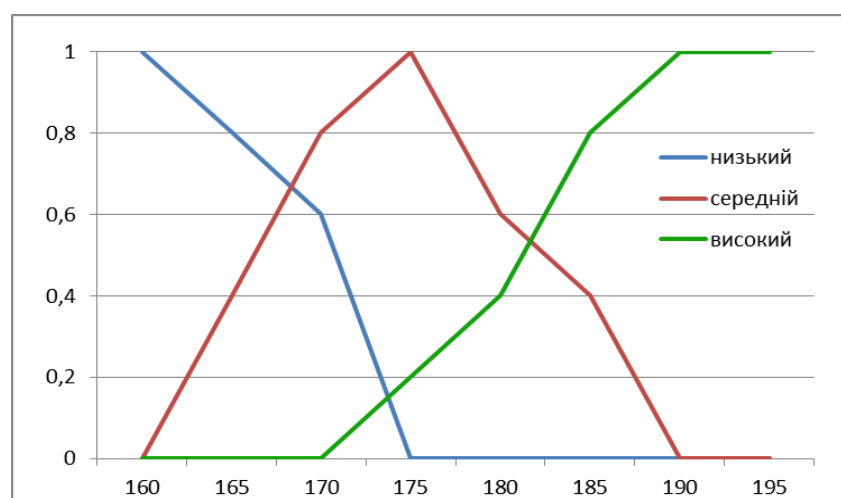


Рис. 1. Функції належності нечітких множин

5.2. Побудова функцій належності на основі парних порівнянь

Початковою інформацією для побудови функцій належності є експертні парні порівняння. Для кожної пари елементів універсальної множини експерт оцінює перевагу одного елементу над іншим по відношенню до властивості нечіткої множини. Парні порівняння зручно представляти наступною матрицею:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} u_1 & u_2 & \dots & u_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (2)$$

де a_{ij} – рівень переваги елемента над u_j , що визначається за дев'ятибальною шкалою Сааті:

1 - якщо відсутня перевага елемента над елементом u_j ;

3 - якщо є слабка перевага над u_j ;

5 - якщо є істотна перевага над u_j ;

7 - якщо є явна перевага над u_j ;

9 - якщо є абсолютна перевага над u_j ;

2,4,6,8 - проміжні порівняльні оцінки.

Матриця парних порівнянь є діагональною ($a_{ii} = 1, i = \overline{1, n}$) і обернено симетричною ($a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, i, j = \overline{1, n}$).

Ступені належності приймаються рівними відповідним координатам власного вектора матриці парних порівнянь:

$$\mu(u_i) = w_i, i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Власний вектор знаходиться з наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} A \cdot W = \lambda_{\max} \cdot W, \\ w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1, \end{cases} \quad (4)$$

де λ_{\max} – максимальне власне значення матриці A .

Приклад побудови функції належності нечіткої множини "високий чоловік" на універсальній множині $\{170, 175, 180, 185, 190, 195\}$.

Парні порівняння задамо наступною матрицею:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 170 & 175 & 180 & 185 & 190 & 195 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 170 \\ 175 \\ 180 \\ 185 \\ 190 \\ 195 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccc} 1 & 1/2 & 1/4 & 1/6 & 1/8 & 1/9 \\ 2 & 1 & 1/3 & 1/5 & 1/7 & 1/8 \\ 4 & 3 & 1 & 1/4 & 1/4 & 1/5 \\ 6 & 5 & 4 & 1 & 1/3 & 1/3 \\ 8 & 7 & 4 & 3 & 1 & 1 \\ 9 & 8 & 5 & 3 & 1 & 1 \end{array} \right] \end{matrix}. \quad (5)$$

Власні значення цієї матриці парних порівнянь рівні:

6.2494;

$0.0318 + 1.2230i$;

$0.0318 - 1.2230i$;
 $- 0.1567 + 0.2392i$;
 $- 0.1567 - 0.2392i$;
 0.0004 .

Отже $\lambda_{\max} = 6.2494$. Ступені належності, знайдене за формулами (3) і (4), приведено в табл. 4. Нечітка множина вийшла субнормальною. Для нормалізації розділимо всі ступені належності на максимальне значення, тобто на 0.3494. Графіки функцій належності субнормальної і нормальної нечіткої множини "високий чоловік" приведені на рис. 2.

Таблиця 4. Функції належності нечіткої множини "високий чоловік"

u_i	170	175	180	185	190	195
$\mu_{\text{високий чоловік}}(u_i)$ (субнормальна нечітка множина)	0.0399	0.0513	0.0718	0.1196	0.3588	0.3588
$\mu_{\text{високий чоловік}}(u_i)$ (нормалізована нечітка множина)	0.1111	0.1429	0.2000	0.3333	1.0000	1.0000

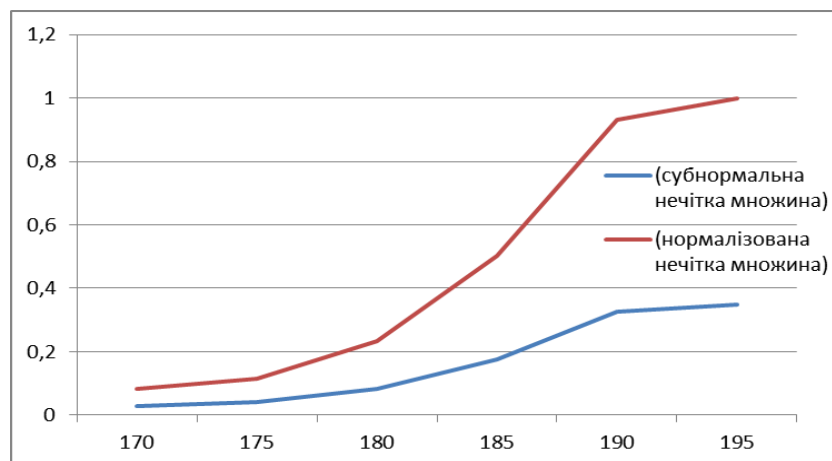


Рис. 2. Функції належності нечіткої множини "високий чоловік"

Відхилення від n може служити мірою неузгодженості парних порівнянь експерта. У прикладі 2 $n = 6$. Отже, міра неузгодженості рівна 0.2494. При узгоджених парних порівняннях процедура побудови функцій належності значно спрощується.

При узгоджених думках експерта матриця парних порівнянь володіє наступними властивостями:

- вона діагональна, тобто $a_{ii}=1$, $i=1..n$;
- вона назад симетрична, тобто елементи симетричні щодо головної діагоналі, зв'язані залежністю $a_{ij}=1/a_{ji}$, $i,j=1..n$;

- вона транзитивна, тобто $a_{ik}a_{kj}=a_{ij}$, $i,j,k=1..n$.

Наявність цих властивостей дозволяє визначити всі елементи матриці парних порівнянь, якщо відомі $(n-1)$ недіагональних елементів. Наприклад, якщо відома k -тий рядок, тобто елементи a_{kj} , $i,j=1..n$, тоді довільний елемент a_{ij} визначається так:

$$a_{ij} = \frac{a_{kj}}{a_{ki}}, \quad i, j, k = 1, n. \quad (6)$$

Після визначення всіх елементів матриці парних порівнянь, ступеня належності нечіткої множини обчислюються за формулою:

$$\mu(u_i) = \frac{1}{a_{1i} + a_{2i} + \dots + a_{ni}}. \quad (7)$$

Формула (7), на відміну від формул (3) - (4), не вимагає виконання трудомістких обчислювальних процедур, пов'язаних із знаходженням власного вектора матриці A .

Приклад 3. Побудувати функцію належності нечіткої множини "високий чоловік" на універсальній множині $\{170, 175, 180, 185, 190, 195\}$, якщо відомі такі експертні парні порівняння:

- абсолютна перевага 195 над 170;
- явна перевага 195 над 175;
- істотна перевага 195 над 180;
- слабка перевага 195 над 185;
- відсутня перевага 195 над 190.

Приведеним експертним висловам відповідає така матриця парних порівнянь (8):

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 170 & 175 & 180 & 185 & 190 & 195 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 170 \\ 175 \\ 180 \\ 185 \\ 190 \\ 195 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccc} 1 & 7/9 & 5/9 & 1/3 & 1/9 & 1/9 \\ 9/7 & 1 & 5/7 & 3/7 & 1/7 & 1/7 \\ 9/5 & 7/5 & 1 & 3/5 & 1/5 & 1/5 \\ 3 & 7/3 & 5/3 & 1 & 1/3 & 1/3 \\ 9 & 7 & 5 & 3 & 1 & 1 \\ \mathbf{9} & \mathbf{8} & \mathbf{5} & \mathbf{3} & \mathbf{1} & \mathbf{1} \end{array} \right] \end{matrix}. \quad (8)$$

Напівжирним шрифтом виділені елементи, відповідні парним порівнянням з умови прикладу. Решта елементів знайдена за формулою (6). Застосовуючи формули (7) знаходимо ступені належності (табл. 5). Для нормалізації нечіткої множини розділимо всі ступені належності на максимальне значення, тобто на 0.3588. Графіки функцій

належності субнормальної і нормальної нечіткої множини "високий чоловік" приведені на рис. 3.

Таблиця 5. Функції належності нечіткої множини "високий чоловік"

u_i	170	175	180	185	190	195
$\mu_{\text{високий чоловік}}(u_i)$ (субнормальна нечітка множина)	0.0399	0.0513	0.0718	0.1196	0.3588	0.3588
$\mu_{\text{високий чоловік}}(u_i)$ (нормалізована нечітка множина)	0.1111	0.1429	0.2000	0.3333	1.0000	1.0000

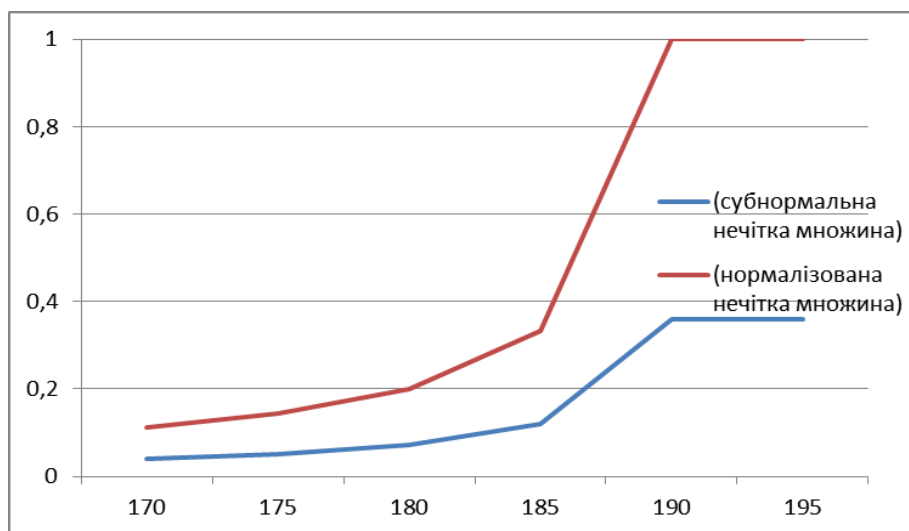


Рис. 3. Функції належності нечіткої множини "високий чоловік"

6. Логічне виведення на СС

Схематично логічне виведення за допомогою нечіткої логіки представлено на рис. 4, де: X – вхідний чіткий вектор; \tilde{X} – вектор нечітких множин, що відповідає вхідному вектору X ; \tilde{Y} – результат логічного виводу у вигляді вектора нечітких множин; Y – вихідний чіткий вектор.

Для того, щоб подати вхідний чіткий вектор значень на машину нечіткого логічного виведення, необхідно його перетворити у вектор нечітких множин, тобто функції належності, визначені на вхідних змінних, застосовуються до їх фактичних значень для визначення ступеня істинності кожної передумови кожного правила. Ця процедура називається фазифікацією (fuzzification).

Відповідно, для інтерпретації отриманих результатів необхідно здійснити приведення до чіткості дефазифікацію (defuzzification), яке використовується, коли корисно перетворити нечіткий набір виводів в чітке число.

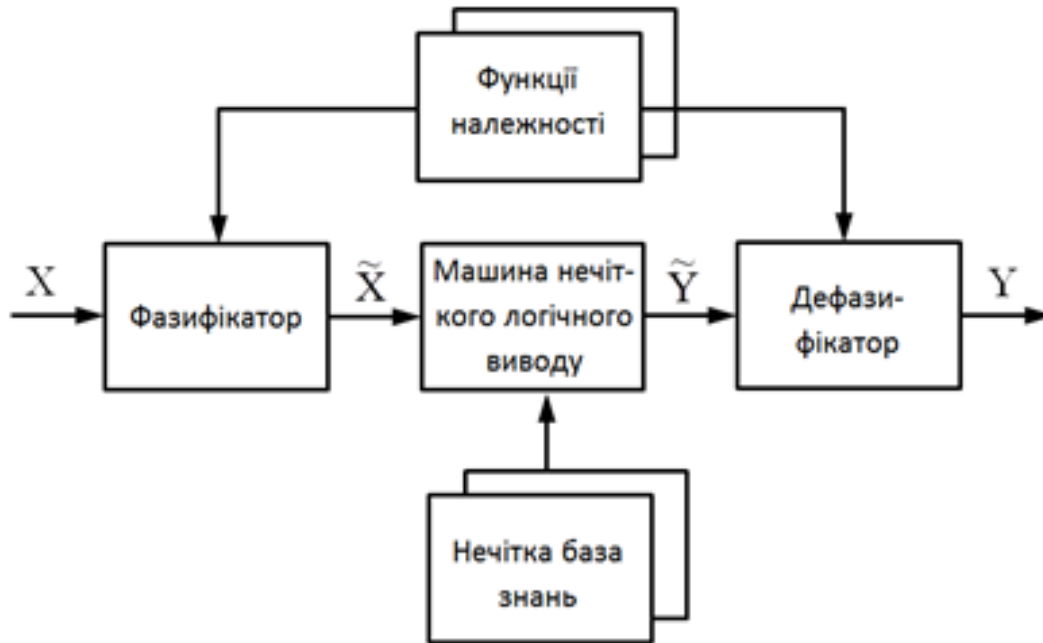


Рис. 4. Нечіткий логічний вивід

Під час логічного виводу обчислене значення істинності для передумов кожного правила застосовується до висновків кожного правила. Це приводить до однієї нечіткої підмножини, яка буде призначена кожній змінній виводу для кожного правила. Як правила логічного виводу зазвичай використовуються тільки операції *min* (МІНІМУМ) або *prod* (МНОЖЕННЯ). У логічному виведенні МІНІМУМУ функція належності виводу «відсікається» за висотою, відповідно обчисленому ступеню істинності передумови правила (нечітка логіка «I»). У логічному виведенні МНОЖЕННЯ функція належності виводу масштабується за допомогою обчисленого ступеня істинності передумови правила.

Всі нечіткі підмножини, призначені до кожної змінної виводу (у всіх правилах), об'єднуються разом, щоб формувати одну нечітку підмножину для кожної змінної виводу. При подібному об'єднанні зазвичай використовуються операції *max* (МАКСИМУМ) або *sum* (СУМА).

Апаратом, який дозволяє працювати із нечіткою логікою, «розмивати» параметри моделей є апарат **Fuzzy-технологій**. Тут англійське слово «*fuzzy*» означає розпливчастий, розмитий, нечіткий.

Fuzzy-технологія – це технологія обробки даних та розв'язання аналітичних задач за умов невизначеності. Це новий підхід у системі підтримки прийняття рішень.

Пакет ***Fuzzy Logic Toolbox*** (пакет нечіткої логіки) – це сукупність прикладних програм MatLab, що відносяться до теорії *розмитих* або *нечітких* множин і дозволяють будувати нечіткі експертні системи і/або системи керування.

Основні можливості пакету:

- побудова систем нечіткого виводу (експертних систем, регуляторів, апроксимацій залежностей) – FIS-редактор;
- ***побудова адаптивних нечітких систем (гібридних нейронних мереж) – ANFIS-редактор;***
- інтерактивне динамічне моделювання в Simulink.