

Державний вищий навчальний заклад
«Українська академія банківської справи Національного банку України»

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ОЦІНКИ
КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА
НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Конкурсна робота Всеукраїнського
конкурсу студентських наукових робіт з
природничих, технічних та гуманітарних наук у 2010/2011 навчальному році
за напрямком «Кількісні методи в економіці (статистика, економіко-
математичне моделювання)»

Автор

студент групи МЕК-02
спеціальності 8.050102 «Економічна
кібернетика»
Ткаченко Є.П.

Науковий керівник

в.о. завідувача кафедри
економічної кібернетики
Гриценко К.Г.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 МОДЕЛЬ ОЦІНКИ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА	5
2 СТВОРЕННЯ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАНЬ ТИПУ МАМДАНІ	11
3 СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ БАЗИ ЗНАНЬ ТИПУ СУГЕНО	19
4 НЕЧІТКЕ ЛОГІЧНЕ ВИВЕДЕННЯ	24
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	29

ВСТУП

Метою конкурсної роботи є розробка експертної системи на основі нечіткої логіки для оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства.

Значний вплив на конкурентоспроможність продукції підприємства здійснюють не лише показники якості і ціни, але і міра інформованості покупця, доступність покупки в просторі та часі, рівень сервісу, соціальні, економічні, психологічні та інші чинники. Для оцінки таких чинників застосовують лінгвістичні експертні оцінки. Невизначеність вихідних даних пов'язана з неможливістю повномасштабних маркетингових досліджень, а також з обмеженим доступом до правдивої фінансової звітності конкурентів.

У вказаних умовах за допомогою традиційних підходів важко отримувати адекватні моделі конкурентоспроможності, що враховують доступні експертні знання. Досвідчені бренд-менеджери часто діють на основі лінгвістичних правил, в яких сконцентровані теоретичні знання і особистий досвід управління. Перетворювати такі експертні правила в математичну модель оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства зручно за допомогою теорії нечіткої логіки.

1 МОДЕЛЬ ОЦІНКИ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

Розглянемо задачу оцінки конкурентоспроможності підприємства з використанням пакету прикладних програм Matlab. При вирішенні поставленої задачі, по-перше, виберемо чинники, що впливають на конкурентоспроможність продукції підприємства: ціна, якість, імідж, сервіс продукції та ефективність роботи підприємства.

Значення чинників конкурентоспроможності представимо як відхилення (у відсотках) від усереднених показників по аналогічних товарах конкуруючих підприємств на товарному ринку, що аналізується.

При моделюванні конкурентоспроможності товару зазвичай використовують різні модифікації методу зваженої суми часткових техніко-економічних показників (або їх відхилення від показників ідеального товару). При цьому неявно передбачається, що недолік одних показників можна компенсувати надлишком інших. Пропорції таких «взаємозаліків» постійні на всьому факторному просторі – вони задаються ваговими коефіцієнтами функції згортки. Проте, на ринку продаються товари, показники яких відрізняються у декілька разів. При такому розкиді показників чутливість конкурентоспроможності не може бути постійною на всьому факторному просторі.

Значимий вклад до конкурентоспроможності продукції підприємства вносять не лише показники якості і ціни товару, але і міра інформованості покупця, географічна і часова доступність покупки, рівень сервісу, соціальні, економічні, психологічні та інші бонуси, які стають доступними споживачеві. Для оцінки таких показників часто застосовують експертні оцінки типу: “дешевий товар”, “слабенький імідж”, “відмінний сервіс”. Така невизначеність вихідних даних пов’язана з неможливістю дорогих

повномасштабних маркетингових досліджень, а також з обмеженим доступом до правдивої фінансової звітності конкурентів.

У вказаних умовах за допомогою традиційних підходів важко отримувати адекватні моделі конкурентоспроможності, що враховують доступні експертні знання. Відмітимо, що досвідчені бренд-менеджери часто діють на основі лінгвістичних правил типу “Якщо ціна – низька, і якість – висока, і імідж бренду – високий, тоді конкурентоспроможність – дуже висока”, в яких сконцентровані теоретичні знання і особистий досвід управління. Перетворювати такі експертні правила на математичну модель зручно за допомогою теорії нечіткої логіки.

Основними шляхами підвищення конкурентоспроможності є:

- 1) виробнича конкурентоспроможність (покращення маркетингу підприємства, аналіз ринку). Підприємство повинно мати виробничий потенціал, до якого відносяться виробнича потужність(кадри), ефективне використання машин та техніки;
- 2) нові технології;
- 3) система управління (правильна організаційна структура).

Чим вища оцінка конкурентоспроможності продукції підприємства $Q \in [0, 100]$, тим більше шансів у продукції підприємства бути вибраною покупцями, тим більше сегмент ринку, що займає підприємство. На конкурентоспроможність продукції підприємства впливає багато виробничих, психологічних, соціальних, політичних і інших чинників. Позначимо їх через x_1, x_2, \dots, x_n , тоді модель оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства можна подати у вигляді наступного функціонального відображення:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow Q \in [0, 100] \quad (1.1)$$

де X – вектор чинників, що впливають на конкурентоспроможність продукції.

При великій кількості чинників їх вплив зручно класифікувати в вигляді ієрархічного дерева логічного виведення, вигляд якого наведено на наступному рисунку (рис.1.1).

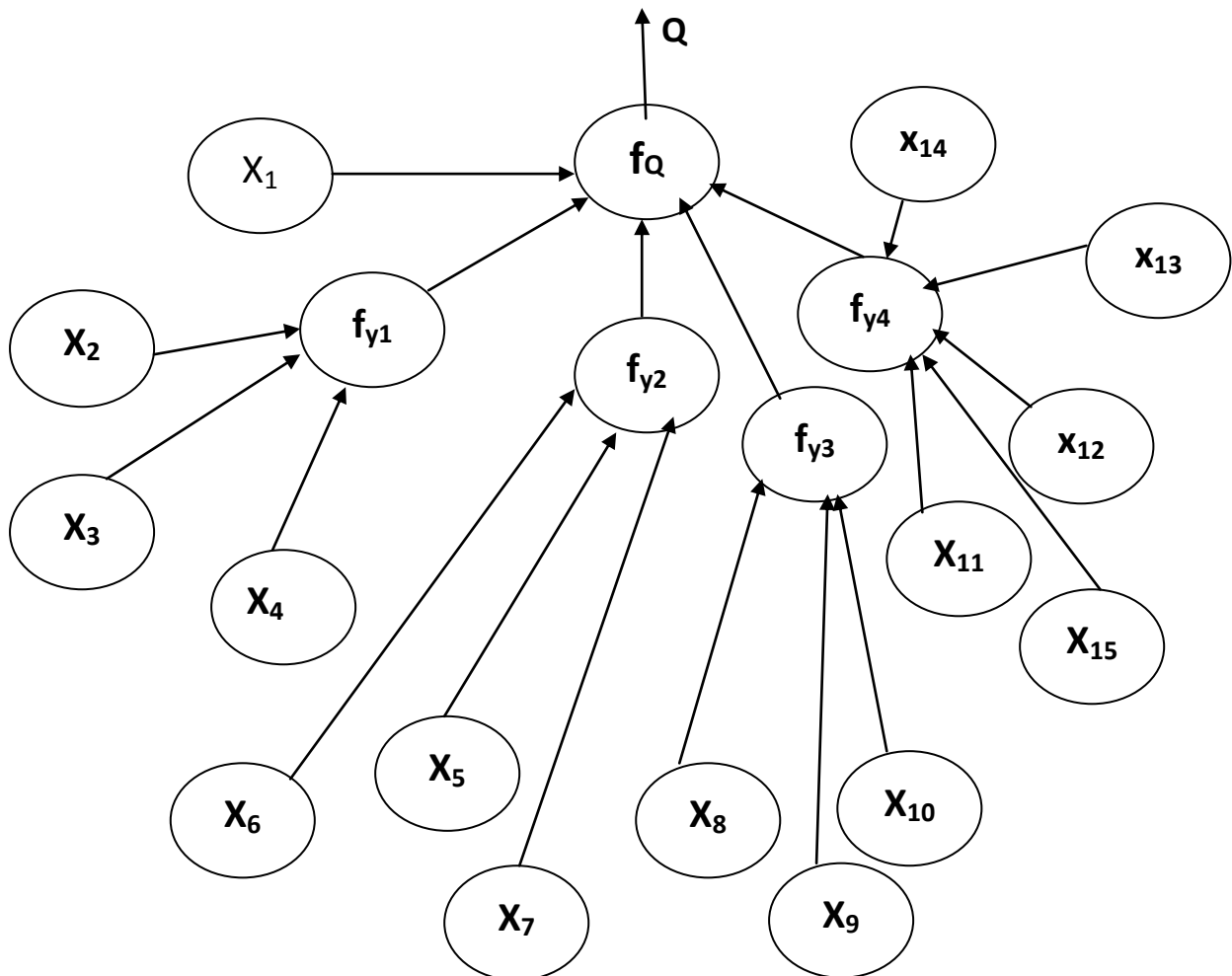


Рисунок 1.1 – Ієрархічна класифікація чинників, що впливають на конкурентоспроможність підприємства

Елементи дерева логічного виведення інтерпретуються наступним чином:

- корінь дерева – конкурентоспроможність продукції (Q);
- термінальні вершини – фактори впливу (x_1, x_2, \dots, x_n);
- нетермінальні вершини – згортки факторів впливу;
- дуги графа, що виходять з нетермінальних вершин – укрупнені фактори впливу (y_1, y_2, \dots, y_n).

Згортки f_{y1}, f_{y2}, f_{y3} виконуються за допомогою логічного виведення за нечіткими базами знань.

Опис чинників, що впливають на конкурентоспроможність підприємства, наведений в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Чинники, що впливають на конкурентоспроможність продукції підприємства

Найменування чиннику	Опис чиннику
y_1 – якість	Сукупність споживчих властивостей; здатність задовольняти потреби споживача.
y_2 – імідж	Цілісна сукупність асоціацій і вражень, що представляє торгівельну марку споживачу.
y_3 – сервіс	Множина послуг, знижок і пільг, що надаються споживачам марочного товару
y_4 - ефективність	Рівень відповідності результатів виробництва продукції поставленим задачам.
x_1 – ціна	Роздрібна ціна товару.
x_2 – якість проектних рішень	Потенційна якість, закладена в товар.
x_3 – якість виробничих технологій	Об’єктивні обмеження на рівень потенційної якості, які обумовлені технологічним процесом, засобами праці (обладнання) і предметами праці.
x_4 – кадрове забезпечення	Суб’єктивні обмеження на рівень потенційної якості, обумовлені кваліфікацією і мотивованістю персоналу.

Продовження табл.1.3

x_5 – ранг виробника	Міра довіри до виробника товару, що зазвичай визначається державними органами сертифікації.
x_6 – рекламне забезпечення	Інформація, що поширюється на користь виробника товару. Складається з рекламного забезпечення всього бренду і конкретного товару. Визначається ідентичностями бренду і товару, а також обсягом і якістю прямої та прихованої реклами.
x_7 – рівень рекламаций	Інформація, що поширюється не на користь виробника товару. Визначається кількістю і мірою претензій споживачів, а також контрпропагандою конкурентів.
x_8 – зручність покупки	Легкість здійснення покупки, визначається географічною і часовою доступністю точок продажу.
x_9 – сервіс при покупці	Додаткові послуги при покупці товару: упаковка, а також сервісне обслуговування при придбанні товару (консультації, доставка)
x_{10} – бонуси	Додаткові знижки і послуги, що стають доступними споживачам товару

Продовження табл.1.3

x_{11} – аналіз ринку	Підприємство повинно аналізувати формування попиту та пропозиції на ринку, а також укладення перспективних та вигідних договорів зі споживачами та постачальниками
x_{12} – аналіз ритмічності продукції підприємства	Рівномірний випуск продукції у відповідності з графіком у об'ємі та асортименті, який передбачений планом
x_{13} – аналіз якості продукції підприємства-конкурента	Аналіз властивостей продукції підприємства-конкурента, які можуть задовольняти певні потреби в відповідності з її призначенням
x_{14} – аналіз організаційної структури підприємства	Аналіз системи управління підприємства
x_{15} – нові технології	Використання нового обладнання та машин для виробництва окремих деталей

2 СТВОРЕННЯ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАНЬ ТИПУ МАМДАНІ

Для моделювання укрупнених впливаючих чинників (ціни, якості, іміджу та сервісу) необхідно створити експертні нечіткі бази знань типу Мамдані, приклади яких наведені в табл.2.1–2.4. Елементи посилок (антецедентів) нечітких правил зв'язані логічною операцією ТА. Значення чинників зручно виражати як відхилення (у відсотках) від усереднених показників по аналогічних товарах конкуруючих брендів на аналізованому ринку.

Для цього у вікні команд середовища Matlab прописуємо `fuzzy`. З'явиться діалогове вікно у якому ми будемо створювати наші нечіткі бази знань.

Таблиця 2.1 – Нечітка база знань для оцінки якості продукції

x_2 – якість проектних рішень	x_3 – якість виробничих технологій	x_4 – кадрове забезпечення	y_1 - якість
Висока	Висока	Високе	Висока
Висока	Висока	Середнє	Висока
Висока	Середня	Високе	Висока
Середня	Висока	Високе	Висока
Середня	Висока	Середнє	Висока
Низька	Низька	Низьке	Низька
Низька	Низька	Середнє	Низька
Низька	Середня	Низьке	Низька
Середня	Низька	Низьке	Низька
Середня	Низька	Середнє	Низька
Висока	Низька	Середнє	Середня

Продовження таблиці 2.1

Висока	Середня	Низьке	Середня
Низька	Висока	Середнє	Середня
Низька	Середня	Високе	Середня
Середня	Висока	Низьке	Середня
Середня	Низька	Високе	Середня
Середня	Середня	Середнє	Середня

Таблиця 2.2 – Нечітка база знань для оцінки іміджу продукції

x_5 – ранг виробника	x_6 – рекламне забезпечення	x_7 – рівень рекламацій	y_2 – імідж
Високий	Високе	Середній	Високий
Високий	Середнє	Низький	Високий
Середній	Високе	Низький	Високий
Середній	Високе	Середній	Високий
Середній	Низьке	Високий	Низький
Низький	Низьке	Середній	Низький
Низький	Середнє	Високий	Низький
Середній	Низьке	Середній	Низький
Високий	Низьке	Середній	Середній
Високий	Середнє	Високий	Середній
Низький	Високе	Середній	Середній
Низький	Середнє	Низький	Середній
Середній	Високе	Високий	Середній
Середній	Низьке	Низький	Середній
Середній	Середнє	Середній	Середній

Таблиця 2.3 – Нечітка база знань для оцінки рівня сервісу продукції

x_8 – зручність покупки	x_9 – сервіс при експлуатації	x_{10} – бонуси	y_3 – сервіс
Висока	Високий	Високі	Високий
Висока	Високий	Середні	Високий
Висока	Середній	Високі	Високий
Висока	Середній	Середні	Високий
Середня	Високий	Високі	Високий
Низька	Низький	Низькі	Низький
Низька	Низький	Середні	Низький
Низька	Середній	Низькі	Низький
Низька	Середній	Середні	Низький
Середня	Низький	Низькі	Низький
Висока	Низький	Середні	Середній
Висока	Середній	Низькі	Середній
Низька	Високий	Середні	Середній
Низька	Середній	Високі	Середній
Середня	Високий	Низькі	Середній
Середня	Низький	Високі	Середній
Середня	Середній	Середні	Середній

Таблиця 2.4 – Нечітка база знань для оцінки рівня ефективності продукції підприємства

x_{11} – аналіз ринку	x_{12} – аналіз ритмічності продукції підпри- ємства	x_{13} – аналіз якості продукції підприєм- ства-конку- рента	x_{14} – аналіз організацій- ної струк- тури підпри- ємства	x_{15} – нові технології	y_4 – ефектив- ність
Високий	Високий	Високий	Високий	Високий	Високий
Середній	Високий	Високий	Високий	Високий	Високий
Високий	Середній	Високий	Високий	Високий	Високий
Середній	Середній	Високий	Високий	Середній	Середній
Середній	Середній	Високий	Високий	Високий	Середній
Високий	Високий	Середній	Середній	Високий	Високий
Середній	Середній	Середній	Середній	Середній	Середній
Низький	Високий	Високий	Високий	Високий	Середній
Низький	Низький	Середній	Середній	Середній	Низький
Низький	Низький	Низький	Низький	Низький	Низький

Пояснимо сутність нечіткого терму «Високий» для кожного з впливаючих чинників (табл.2.5). Відповідно терм «Низький» буде дуже різнитися від «Високого» в гірший бік, а терм «Середній» буде виступати проміжним між термами «Високий» та «Низький».

Таблиця 2.5 – Пояснення терму «Високий» для впливаючих чинників

Назва чиннику	Пояснення терму «Високий»
x_2 – якість проектних рішень	Потенційна якість, закладена в марочний товар. Наприклад, для відеокамер визначається складністю мікросхем, використанням в них дорогоцінних металів..
x_3 – якість виробничих технологій	Наявність у виробника найсучаснішого обладнання (станків, конвеєрів, комп'ютерного оснащення) та предметів праці для створення продукції.
x_4 – кадрове забезпечення	Дуже кваліфікований та мотивований персонал.
x_5 – ранг виробника	Виробник сертифікований за всіма відомими як світовими так і регіональними стандартами(ISO 9004, ДСТУ)
x_6 – рекламне забезпечення	Наявність як прямої так і прихованої реклами в off-line і on-line рекламі.
x_7 – рівень реклаमाцій	Нема жодних претензій до виробника, лише позитивні відгуки користувачів.
x_8 – зручність покупки	Цілодобова можливість покупки в усіх кутках світу, або країни.
x_9 – сервіс при експлуатації	Наявність сервісного центру в усіх містах та навіть селах, безкоштовні консультації
x_{10} – бонуси	Наявність знижок, реферальних програм на всі продукти модельного ряду

Продовження табл.2.5

x_{11} – аналіз ринку	Повний аналіз ринку та формування пропозиції товару відповідно до кон'юктури, що склалася на ньому.
x_{12} – аналіз ритмічності продукції підприємства	Повне та навіть передчасне виконання плану з виготовлення продукції.
x_{13} – аналіз якості продукції підприємства-конкурента	Повний аналіз підприємств-конкурентів, розроблення стратегії щодо боротьби за покупця, створення несприятливих умов для функціонування підприємства-конкурента.
x_{14} – аналіз організаційної структури підприємства	Дуже структурована схема роботи підприємства, де кожен знає що, де, як, і коли він повинен виконувати.
x_{15} – нові технології	Використання найновіших технологій у створенні нових моделей, патентування ідей.

Приклади графіків функцій належності нечітких термів “Низький” (Н), “Середній” (С) і “Високий” (В), реалізованих в Fuzzy Logic Toolbox в Matlab представлені на рис.2.1-2.3. Графіки представлені як гаусівські функції на проміжку від -100 до 100. Отже, функція належності нечіткого терму “Низький” буде відповідати значенням, які лежать на проміжку від -100 до 50, а функція належності нечіткого терму “Високий” – від 50 до 100. Середнє значення терму “Середній” – у межах значення рівного 50.

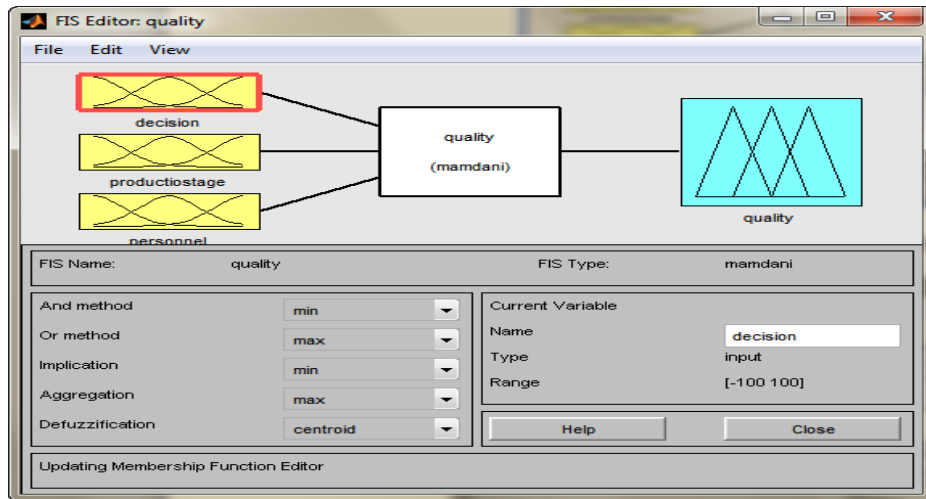


Рисунок 2.1 – Нечітка база знань типу Мамдані для оцінки якості продукції

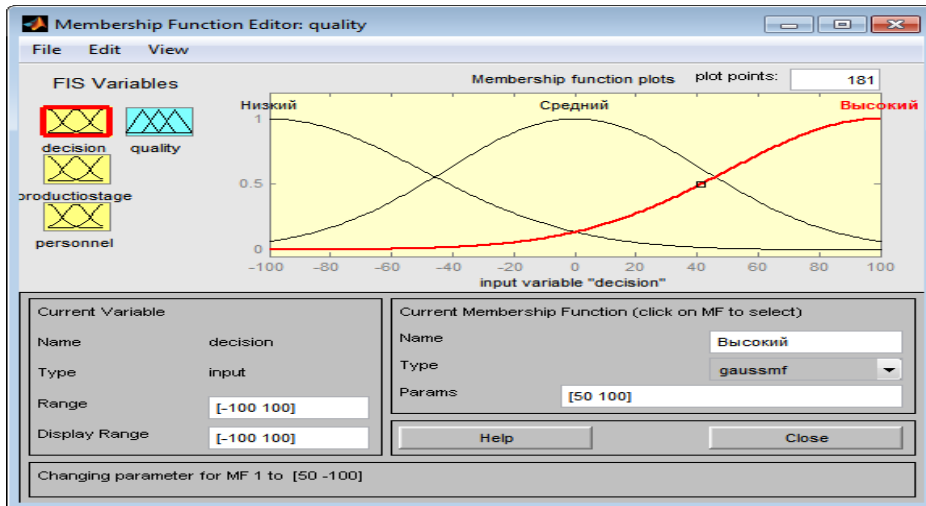


Рисунок 2.2 – Функція належності якості проектних рішень

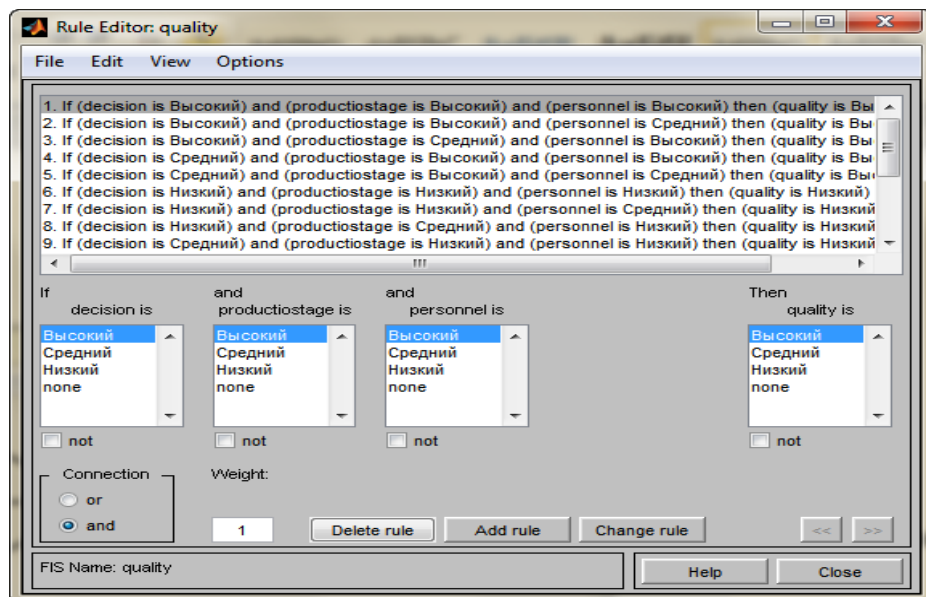


Рисунок 2.3 – Правила нечіткої бази знань для оцінки якості продукції

Правила нечіткої бази знань для оцінки якості продукції ми формуємо згідно таблиці 2.1. Графічний інтерфейс (рис.2.4) дає нам змогу переглянути роботу нечіткої бази знань і оцінити правильність формування її правил, проаналізувати оцінку якості продукції при різних значеннях впливаючих чинників. Наприклад, при підвищенні якості проектних рішень та виробничих технологій якість продукції підприємства також буде зростати.

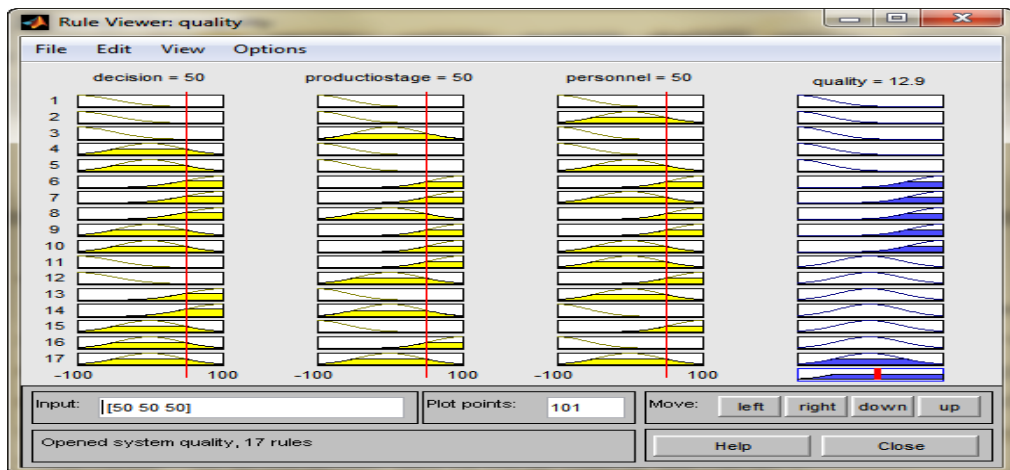


Рисунок 2.4 – Графічний вигляд правил нечіткої бази знань типу Мамдані

На рис.2.5 представлена залежність якості продукції підприємства від впливових факторів. Аналогічно формуються нечіткі бази знань типу Мамдані для оцінки іміджу та сервісу продукції, ефективності роботи підприємства.

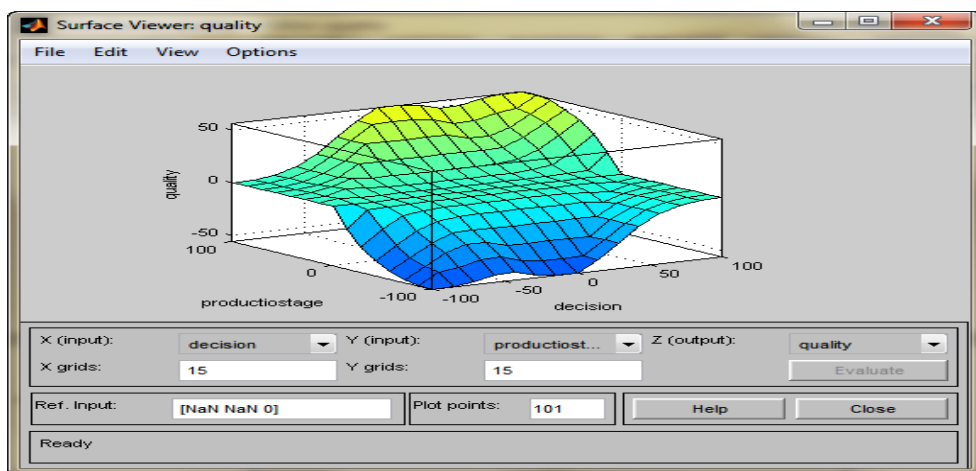


Рисунок 2.5 – Графічний вигляд залежності якості продукції від впливових факторів

3 СТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ БАЗИ ЗНАНЬ ТИПУ СУГЕНО

Для оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства згідно дерева ієрархічного виведення (рис.1.1) сформуємо експертну нечітку базу знань типу Сугено. Кожне правило цієї бази знань моделюватиме один тип збуту. Коефіцієнти у висновках правил задаватимуть чутливість конкурентоспроможності по відповідних чинниках. Вагові коефіцієнти ми будемо розраховувати по експертному методу парних порівнянь Сааті.

Конкурентоспроможність продукції підприємства необхідно моделювати з врахуванням трьох типів збуту, коли для споживача показники ціни ТА якості ТА іміджу ТА сервісу є: 1) поганими, 2) середніми і 3) добрими. Передбачається, що при кожному типі збуту еластичність конкурентоспроможності по чинниках постійна. Межі підобластей з постійними еластичностями конкурентоспроможності – нечіткі, що обумовлене плавним переходом одного типу збуту в інший. У табл. 3.1 представлений приклад нечіткої бази знань типа Сугено для моделювання конкурентоспроможності марочного товару.

Таблиця 3.1 – Нечітка база знань для оцінки конкурентоспроможності марочного товару

Тип збуту	x_1 – ціна	y_1 – якість	y_2 – імідж	y_3 – сервіс	y_4 – ефективність	Конкурентоспроможність
Поганий	Висока	Низька	Низький	Низький	Низький	$-b_{11}x_1 + b_{12}y_1 + b_{13}y_2 + b_{14}y_3 + b_{15}y_4$
Середній	Середня	Середня	Середній	Середній	Середній	$-b_{21}x_1 + b_{22}y_1 + b_{23}y_2 + b_{24}y_3 + b_{25}y_4$
Добрий	Низька	Висока	Високий	Високий	Високий	$-b_{31}x_1 + b_{32}y_1 + b_{33}y_2 + b_{34}y_3 + b_{35}y_4$

Кожне правило цієї бази знань моделює один тип збуту. Коефіцієнти у висновках правил задають чутливість конкурентоспроможності по відповідних чинниках. Коефіцієнти у висновках кожного правила необхідно розрахувати по методу парних порівнянь Сааті для варіанту ієрархічної

нечіткої системи та настроїти з використанням ANFIS-алгоритму для варіанту нечіткої системи типу Сугено.

Для автоматизації розрахунків за методом аналізу ієрархій Сааті використаємо m-файл-функції, лістинги яких приведені у додатках А і Б. У цих лістингах:

`a2mu_r.m` – розраховує вагові коефіцієнти із матриці парних порівнянь за методом Ротштейна А.П.;

`string2a_r.m` – формує матрицю парних порівнянь за одним останнім рядком матриці парних порівнянь, в якій порівнюється один елемент з усіма іншими (включаючи і себе). Розрахунок елементів матриці здійснюється за методом Ротштейна А.П.;

`string2mu_r.m` – розраховує за методом Ротштейна А.П. вагові коефіцієнти за одним останнім рядком матриці парних порівнянь.

Розмістити фактори впливу на конкурентоспроможність продукції підприємства у порядку зменшення важливості їх впливу на результуючу функцію (рівень конкурентоспроможності). Найбільш важливим на ринку збуту продукції є фактор ціни (впливає обернено), менш важливим є якість, ефективність займає середню позицію, наступним фактором буде сервіс продукції і найменш важливим є фактор іміджу.

За дев'ятибальною шкалою Сааті перший рядок матриці порівнянь А матиме такий вигляд: ціна (x_1), якість (y_1), ефективність (y_4), сервіс (y_3) та імідж (y_2); і відповідно матиме наступні числові значення коефіцієнтів: 1, 3, 5, 7, 9.

Розрахунок вагових коефіцієнтів (див. табл. 3.1) представлений на рис.3.1.

```

comp_str =

    1     3     5     7     9

A =

    1.0000    3.0000    5.0000    7.0000    9.0000
    0.3333    1.0000    1.6667    2.3333    3.0000
    0.2000    0.6000    1.0000    1.4000    1.8000
    0.1429    0.4286    0.7143    1.0000    1.2857
    0.1111    0.3333    0.5556    0.7778    1.0000

v =

    0.5595    0.1865    0.1119    0.0799    0.0622

```

Рисунок 3.1 – Розрахунок вагових коефіцієнтів за методом парних порівнянь Сааті

Створимо в системі Matlab нечітку базу знань Сугено для оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства (рис.3.2 – 3.7).

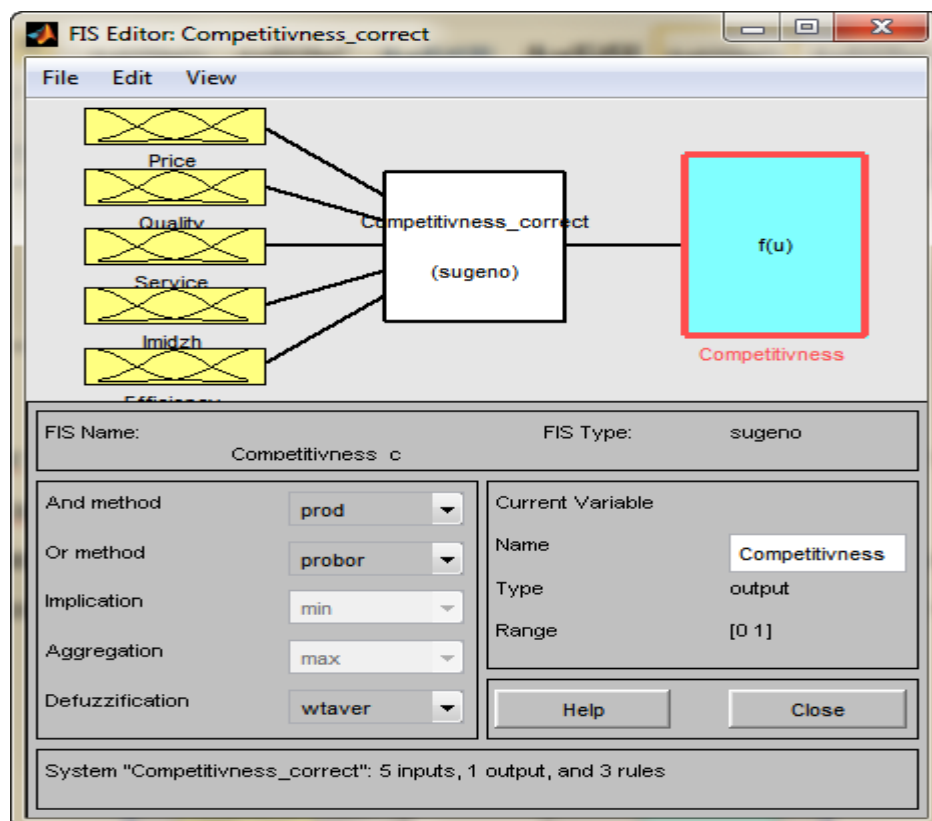


Рисунок 3.2 – Створення нечіткої бази знань типу Сугено в системі Matlab

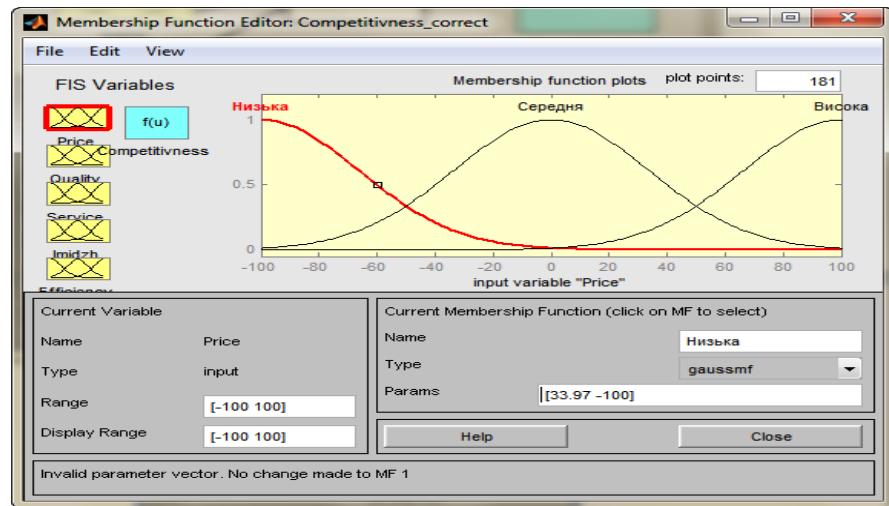


Рисунок 3.3 – Функція належності ціни продукції

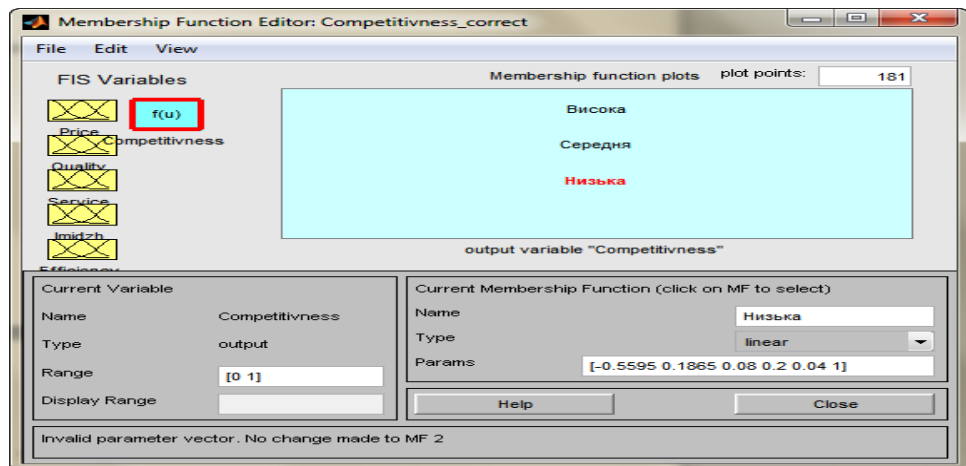


Рисунок 3.4 – Терми вихідної змінної «Конкурентоспроможність»

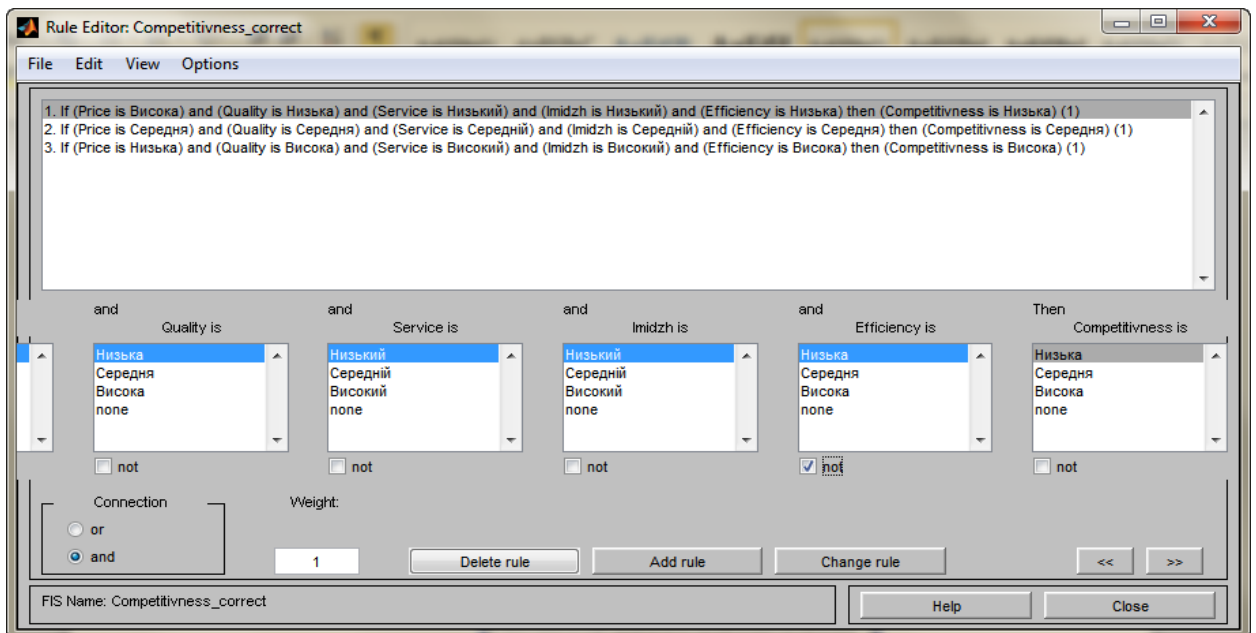


Рисунок 3.5 – Правила, сформовані для визначення рівня конкурентоспроможності

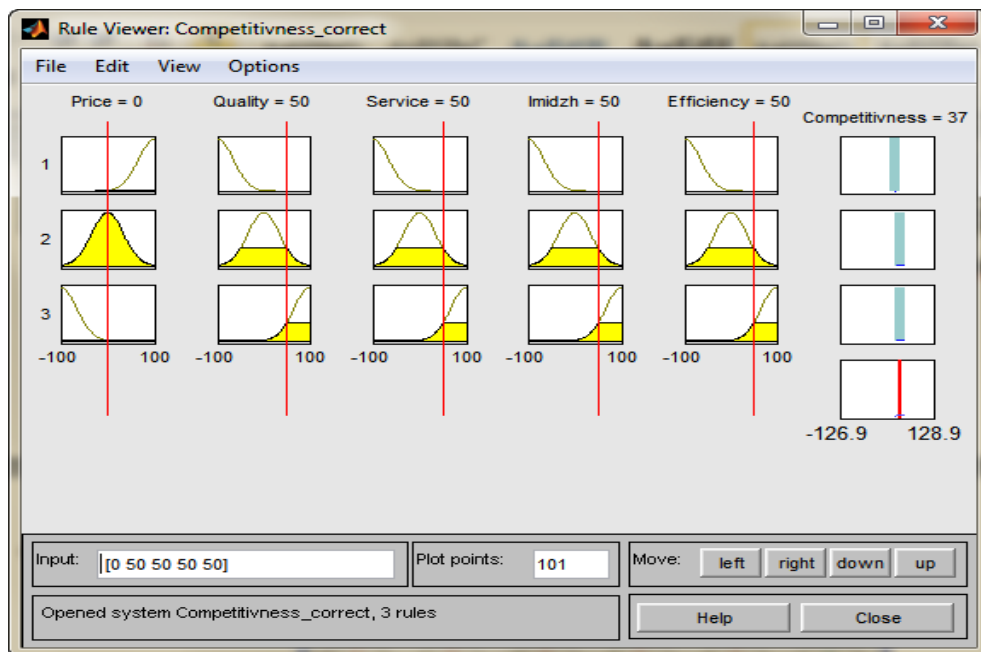


Рисунок 3.6 – Графічний вигляд правил нечіткої бази знань типу Сугено

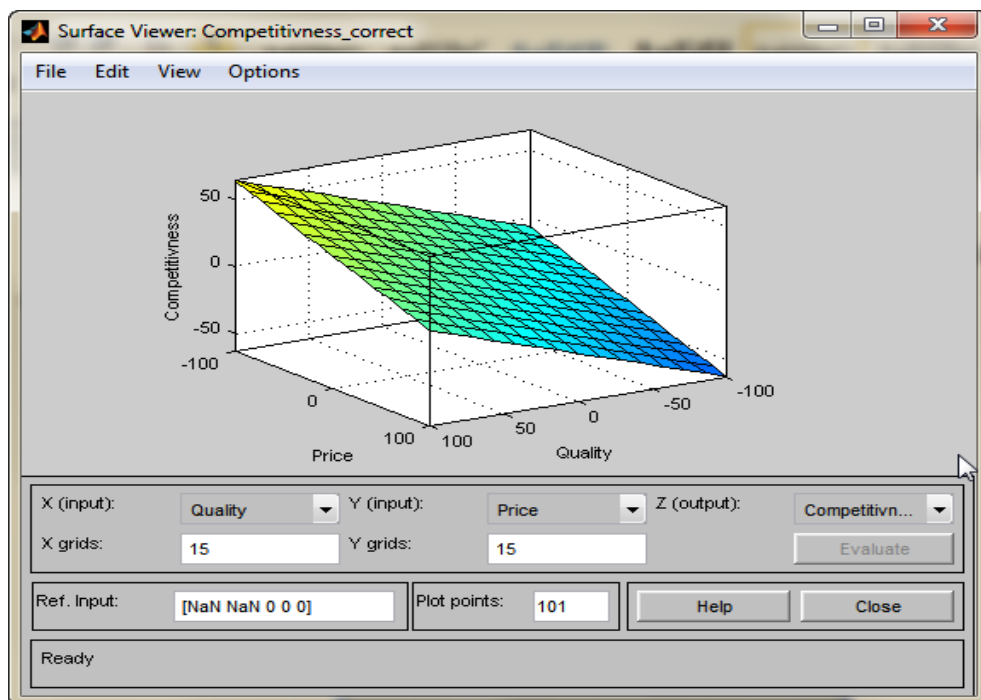


Рисунок 3.7 – Залежність рівня конкурентоспроможності від впливових факторів якості продукції та ефективності виробництва

4 НЕЧІТКЕ ЛОГІЧНЕ ВИВЕДЕННЯ

В ієрархічних нечітких системах вихід однієї бази знань (типу Мамдані) подається на вхід іншої бази знань (типу Сугено). Існує два способи створення ієрархічних нечітких систем. Перший спосіб полягає в виконанні нечіткого виведення для проміжних змінних (y_1, y_2, y_3, y_4) з наступною передачею чітких значень цих змінних до нечітких систем наступного рівня ієрархії. Недолік цього способу полягає у тому, що над проміжними змінними (y_1, y_2, y_3, y_4) послідовно виконуються операції дефазифікації та фазифікації. Нечіткі результати проміжних логічних висновків дефазифікують, потім ці чіткі значення подають на вхід нечітких систем наступного рівня ієрархії і там вони фазифікуються, тобто стають нечіткими. Отже, для проміжних змінних (y_1, y_2, y_3, y_4) потрібно задавати функції приналежності. Крім того, необхідно забезпечити еквівалентність нечіткої множини до та після операцій дефазифікації та фазифікації. Для реалізації цього способу створення ієрархічної нечіткої системи необхідно викликати функцію `evalfis` для кожної нечіткої бази знань Мамдані.

При другому способі процедури дефазифікації та фазифікації не виконуються, а результат логічного виведення в вигляді нечіткої множини напряму передається до машини нечіткого виведення наступного рівня ієрархії. Отже, для опису проміжних змінних (y_1, y_2, y_3) в ієрархічній нечіткій базі знань достатньо задати тільки терм-множини, без визначення функцій приналежностей.

В першому способі для нечіткого логічного виведення по експертній базі знань Мамдані використовується алгоритм нечіткого виведення Мамдані. Для нечіткого логічного виведення по експертній базі знань Сугено використовується алгоритм нечіткого виведення Сугено. Результати нечіткого виведення по алгоритму Мамдані дефазифікуються за методом

центру тяжіння, а результати нечіткого виведення по алгоритму Сугено – за методом зваженого середнього.

При моделюванні необхідно вміти визначати міри приналежності входів до термів із бази знань. Вони розраховуються по-різному при чітких і нечітких вхідних значеннях. В чіткому випадку міра приналежності розраховується підстановкою поточного значення змінної в формулу, що описує функцію належності.

При нечітких вхідних даних необхідно визначити міру приналежності однієї нечіткої множини – значення вхідної змінної, до іншої нечіткої множини – терму із бази знань. Міра приналежності дорівнює висоті перерізу цих нечітких множин зображених на наступному рисунку (рис. 4.1):

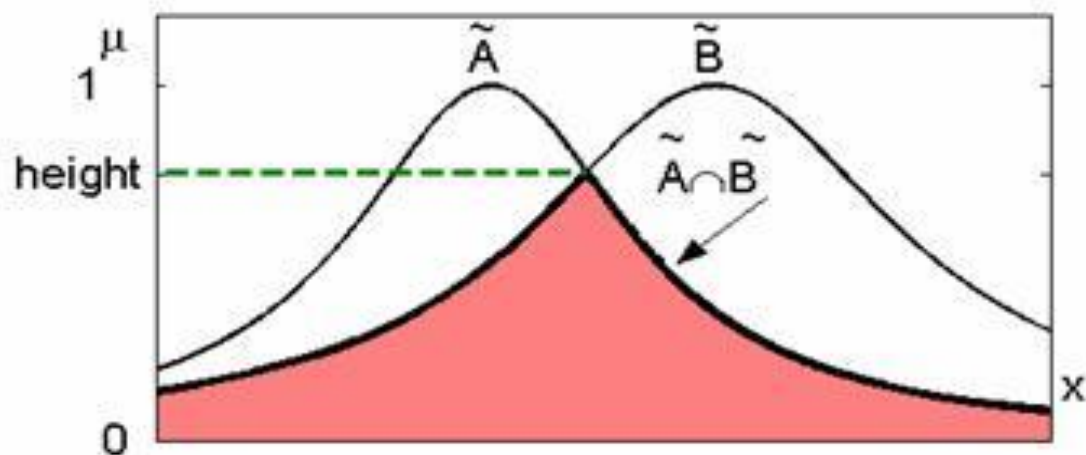


Рисунок 4.1 – Розрахунок міри належності нечіткої множини \tilde{A}
нечіткій множині \tilde{B}

Розглянемо, як розширити можливості Fuzzy Logic Toolbox, щоб виконувати логічне виведення по ієрархічній нечіткій базі знань по другому способу, тобто без надлишкових дефазифікації та фазифікації проміжних змінних. Для цього необхідно виконати програмування двох процедур. Перша процедура повинна видавати результат виведення по проміжній базі знань в вигляді нечіткої множини типу:

$$\tilde{y} = \left(\frac{\mu_{d_1}(y)}{d_1}, \frac{\mu_{d_2}(y)}{d_2}, \dots, \frac{\mu_{d_m}(y)}{d_m} \right) \quad (4.1)$$

де $\mu_{d_j}(y)$ – міра належності результату нечіткому терму d_j , $j = \overline{1, m}$, де m – кількість нечітких термів.

Друга процедура повинна передавати знайдені міри належності $\mu_{d_j}(y)$, $j = \overline{1, m}$ в машину нечіткого виведення наступного рівня ієрархії.

Для автоматизації логічного виведення по ієрархічній базі знань можна використати наступні m-файл-функції, лістинги яких приведені у додатках Б, Г і Д: `treemf`, `prepare_tree`, `hier_evalfis`.

Якщо для дерева логічного виведення, представленого на рис.2.1, нечіткі системи $y_1=f_1(x_2,x_3,x_4)$, $y_2=f_2(x_5,x_6,x_7)$, $y_3=f_3(x_8,x_9,x_{10})$, $y_4=f_4(x_{11},x_{12},x_{13},x_{14},x_{15})$ і $Q=f_4(x_1,y_1,y_2,y_3,y_4)$ записані відповідно в файлах “quality.fis”, “imidzh.fis”, “service.fis”, “efficiency.fis”, “competitiveness.fis” то синтаксис виклику описаних m-файл-функцій такий:

```
% список fis-файлов:
fis_file_names ={'quality.fis' 'imidzh.fis' 'service.fis'
'efficiency.fis' 'competitiveness.fis'};

%матриця зв'язків між базами знань:
tree_list=[4 2; 4 3; 4 4];

[FIS_list, input_list]=prepare_tree(fis_file_names, tree_list)

%Значення вхідних (термінальних) змінних
X1=[-10 20 10 50 -20 50 40 -30 -20 30]

out1=hier_evalfis(X1, FIS_list, input_list, tree_list, 1)
```

Цей спосіб організації ієрархічної системи є ефективним, але бази знань ієрархії повинні бути типу Сугено (а ми створили бази знань типу

Мамдані), тому для рішення цього завдання скористаємося бібліотечною функцією Mam2sug (конвертація з Мамдані в Сугено) модуля Fuzzy Logic Toolbox. Код для виконання цього завдання буде мати такий вигляд:

```
a= readfis('efficiency');  
b= mam2sug(a);  
subplot(2,1,1);gensurf(a);  
title('Виход системи Мамдані');  
subplot(2,1,2);gensurf(b);  
title('Виход системи Сугено');
```

ВИСНОВКИ

В даній роботі розроблена експертна система оцінки конкурентоспроможності продукції підприємства на основі нечіткої логіки. Створено ієрархічне дерево логічного виведення. Для нечіткого виведення використовувались алгоритми Мамдані та Суджено. Результати нечіткого виведення по Мамдані дефазифікувалися по методу центру тяжіння, а результати нечіткого виведення по алгоритму Суджено – по методу зваженого середнього.

Запропонована нечітка ієрархічна модель за рахунок розподілу факторів впливу на групи дає можливість не тільки визначати рівень конкурентоспроможності продукції підприємства в певні моменти часу але й аналізувати вплив на конкурентоспроможність різних груп факторів. Можливість доповнення моделі новими факторами, а баз знань – новими правилами надає моделі властивостей гнучкості та адаптивності до мінливих умов ринкової економіки. Використання в моделі значень вхідних змінних в різні моменти часу дозволяє відслідковувати динаміку зміни конкурентоспроможності продукції підприємства.

Реалізація моделі в пакеті прикладних програм Matlab забезпечує доступність її сприйняття, легкість внесення змін, побудови залежностей вихідної змінної (рівня конкурентоспроможності) від факторів впливу. Дослідження цих залежностей дозволяє визначити шляхи забезпечення бажаного рівня конкурентоспроможності продукції підприємства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем управления средствами MATLAB [Текст] / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
2. Штовба, С.Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB [Текст] / С.Д. Штовба // Exponenta Pro: Математика в приложениях. – 2003. – №2. – С.9-15.