

Практична робота № 6

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН. МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТИПУ МАМДАНІ В MATLAB

Мета роботи:

- освоєння основних понять про нечіткі множини;
- принципів використання функцій нечітких множин в MatLab;
- освоєння та моделювання систем типу Мамдані в MatLab.

Короткі теоретичні відомості

Англійський математик Е.Мамдані (Ebrahim Mamdani) у 1975 році розробив алгоритм, який був запропонований як метод для управління паровим двигуном. Запропонований ним алгоритм, заснований на нечіткому логічному висновку, дозволив уникнути надмірно великого обсягу обчислень і був гідно оцінений фахівцями. Цей алгоритм в даний час отримав найбільше практичне застосування в задачах нечіткого моделювання.

1. Моделювання систем Мамдані в Matlab

Завдання:

Розглянемо основні етапи проектування систем типу Мамдані на прикладі створення системи нечіткого логічного висновку, що моделює залежність:

$$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1),$$
$$x_1 \in [-7, 3], x_2 \in [-4.4, 1.7].$$

Проектування системи нечіткого логічного висновку будемо проводити на основі графічного зображення зазначеної залежності

$$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1),$$

Для побудови тривимірного зображення функції в області

$$x_1 \in [-7, 3], x_2 \in [-4.4, 1.7],$$

складемо наступну програму:

```
%Побудова графіка функцій y=x1^2*sin(x2-1)
%в межах x1 є [-7,3] и x2 є [-4.4,1.7].
n=15;
x1=-7:10/(n-1):3;
x2=-4.4:6.1/(n-1):1.7;
y=zeros(n,n);
for j=1:n
y(j,:)=x1.^2*sin(x2(j)-1);
end
surf(x1,x2,y)
xlabel('x1')
ylabel('x2')
zlabel('y')
title('Target');
```

В результаті виконання програми отримуємо графічне зображення, наведене на рис. 6.1. Проектування системи нечіткого логічного виводу, що відповідає наведеним графіком, полягає у виконанні наступної послідовності кроків.

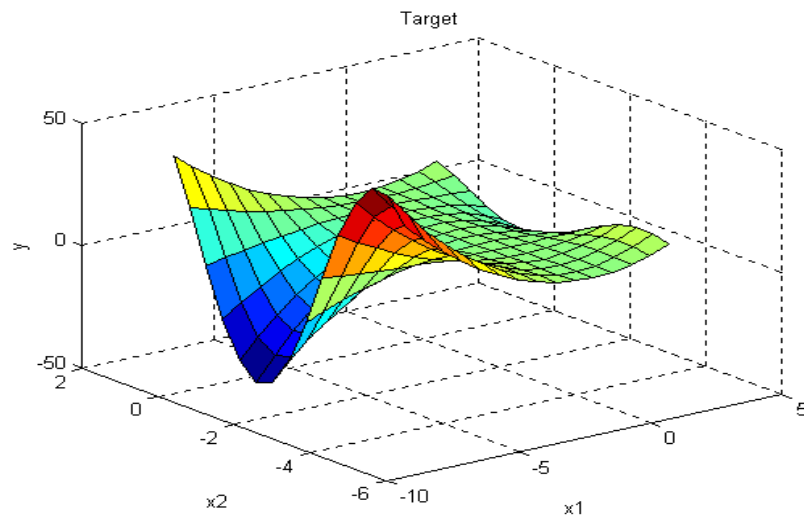


Рисунок 6.1 – Еталонна поверхня

Крок 1. Для завантаження основного fis-редактора надрукуємо слова *fuzzy* в командному рядку. Після цього відкриється нового графічне вікно, показане на малюнку 6.2.

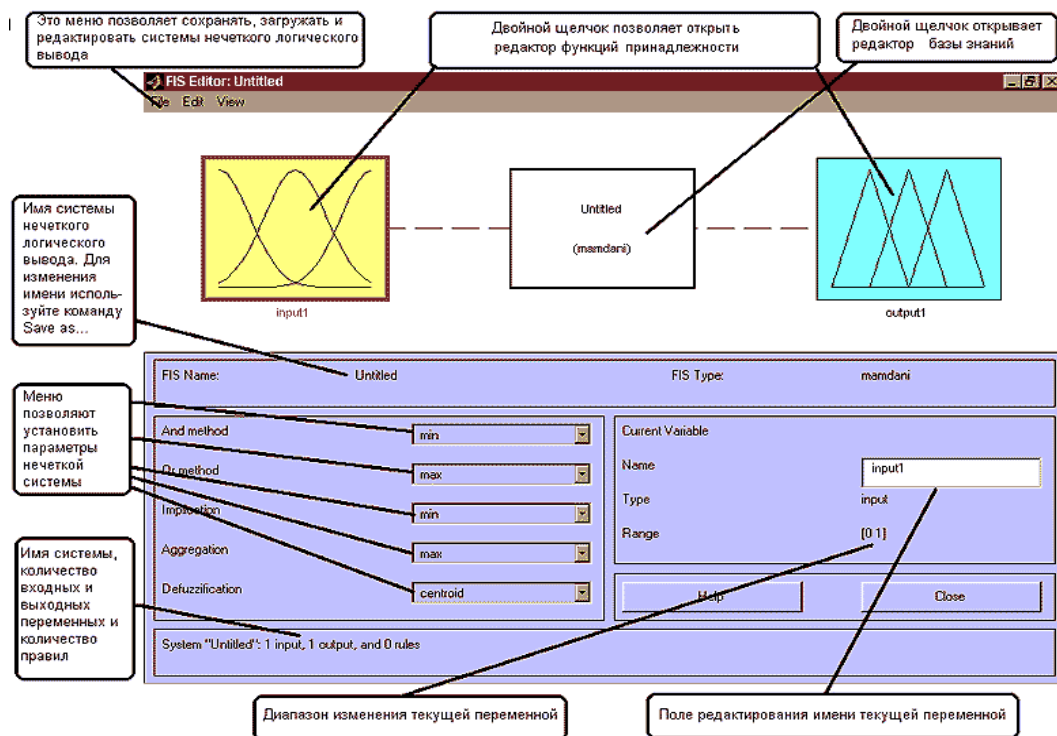


Рисунок 6.2 - Вікно редактора FIS-Editor

Крок 2. Додамо другу вхідну змінну. Для цього в меню **Edit** вибираємо команду **Add input**.

Крок 3. Переіменуємо першу вхідну змінну. Для цього зробимо одне клацання лівою кнопкою миші на блоці **input1**, введемо нове позначення **x1** в полі редагування імені поточної змінної і натиснемо **<Enter>**.

Крок 4. Переіменуємо другу вхідну змінну. Для цього зробимо одне клацання лівою кнопкою миші на блоці **input2**, введемо нове позначення **x2** в поле редагування імені поточної змінної і натиснемо **<Enter>**.

Крок 5. Переіменуємо вихідну змінну. Для цього зробимо одне клацання лівою кнопкою миші на блоці **output1**, введемо нове позначення **y** в поле редагування імені поточної змінної і натиснемо **<Enter>**.

Крок 6. Задамо ім'я системи. Для цього в меню **File** вибираємо в підменю **Export** команду **To disk** і вводимо ім'я файлу, наприклад, **first**.

Крок 7. Перейдемо в редактор функцій належності. Для цього зробимо подвійне клацання лівою кнопкою миші на блоці **x1**.

Крок 8. Задамо діапазон зміни змінної **x1**. Для цього надрукуємо **-7 3** в поле **Range** (див. Рисунок. 6.3) і натиснемо **<Enter>**.

Крок 9. Задамо функції належності змінної **x1**. Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати **3** терми з трикутними функціями належності. Для цього в меню **Edit** виберемо команду **Add MFs ...** В результаті з'явиться діалогове вікно вибору типу і кількості функцій приладдя. За замовчуванням це **3** терма з трикутними функціями належності. Тому просто натискаємо **<Enter>**.

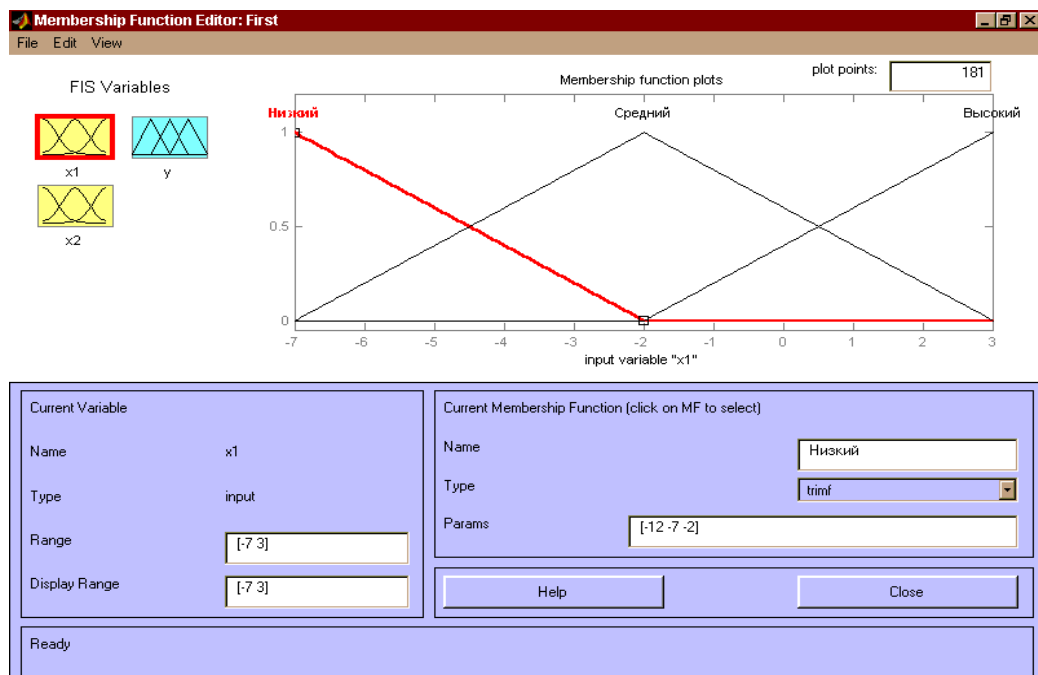


Рисунок 6.3 - Функції приналежності перемінної **x1**

Крок 10. Задамо найменування термів змінної **x1**. Для цього робимо одне клацання лівою кнопкою миші по графіку першої функції належності (див. Рис. 6.3). Потім вводимо найменування терму, наприклад, **Низький**, в поле **Name** і натиснемо **<Enter>**. Потім робимо одне клацання лівою кнопкою миші по графіку другої функції приналежності і вводимо найменування терму, наприклад, **Середній**, в поле **Name** і натиснемо **<Enter>**. Ще раз робимо одне клацання лівою кнопкою миші по графіку третьої функції

приналежності і вводимо найменування терму, наприклад, **Високий**, в поле *Name* і натиснемо **<Enter>**. В результаті отримаємо графічне вікно, зображене на рис.6.3.

Крок 11. Задамо функції належності змінної **x2**. Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати **5** термів з гауссовский функціями належності. Для цього активізуємо змінну **x2** за допомогою клацання лівої кнопки миші на блоці **x2**. Задамо діапазон зміни змінної **x2**. Для цього надрукуємо **-4.4 1.7** в поле *Range* (див. рис. 6.4) і натиснемо **<Enter>**. Потім в меню *Edit* виберемо команду *Add MFs ...*. У що з'явився діалоговому вікні вибираємо тип функції належності *gaussmf* в поле *MF type* і **5** термів в полі *Number of MFs*. Після цього натискаємо **<Enter>**.

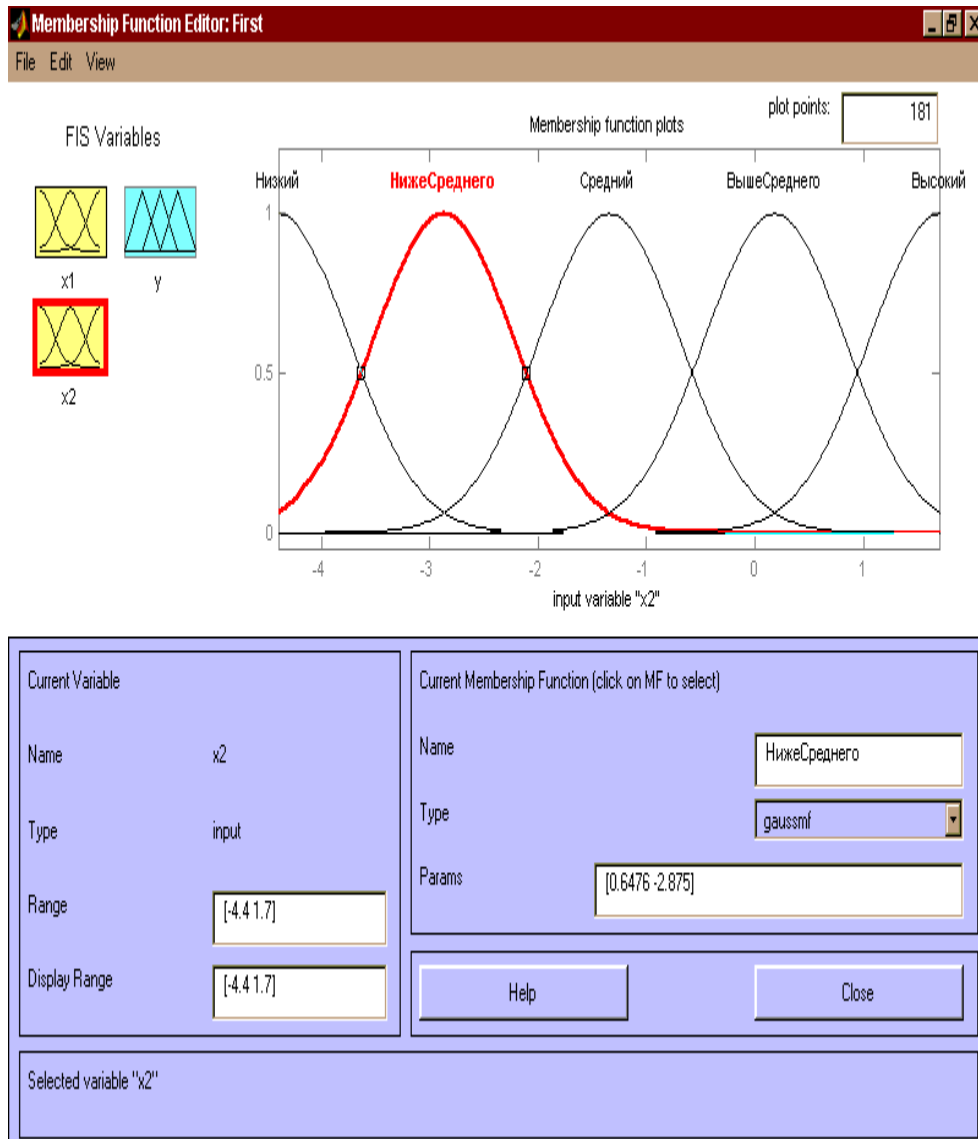


Рисунок 6.4 - Функції належності перемінної x2

Крок 12. За аналогією з кроком 10 задамо наступні найменування термів змінної **x2**: **Низький, Нижче середнього, Середній, Вище середнього, Високий**. В результаті отримаємо графічне вікно, зображене на рис.6.4.

Крок 13. Задамо функції належності змінної **y**. Для лінгвістичної оцінки цієї змінної будемо використовувати **5** термів з трикутними функціями належності. Для цього активізуємо змінну **y** за допомогою клацання лівої кнопки миші на блоці **y**. Задамо діапазон зміни змінної **y**. Для цього надрукуємо **-50 50** в поле *Range* (див. рис. 5.5) і натиснемо **<Enter>**. Потім в меню *Edit* виберемо команду *Add MFs ...*. У що з'явився

діалоговому вікні вибираємо **5** термів в полі *Number of MFs*. Після цього натискаємо **<Enter>**.

Крок 14. За аналогією з кроком **10** задамо наступні найменування термів змінної *y*: **Низький, Нижче середнього, Середній, Вище середнього, Високий**. В результаті отримаємо графічне вікно, зображене на рис.6.5.

Крок 15. Перейдемо в редактор бази знань **RuleEditor**. Для цього виберемо в меню **Edit** виберемо команду **Edit rules ...**

Крок 16. На основі візуального спостереження за графіком, зображеним на рис.6.1 сформулюємо наступні дев'ять правил:

1. Якщо $x_1 = \text{Середній}$, то $y = \text{Середній}$;
2. Якщо $x_1 = \text{Низький}$ і $x_2 = \text{Низький}$, то $y = \text{Високий}$;
3. Якщо $x_1 = \text{Низький}$ і $x_2 = \text{Високий}$, то $y = \text{Високий}$;
4. Якщо $x_1 = \text{Високий}$ і $x_2 = \text{Високий}$, то $y = \text{Вище Середнього}$;
5. Якщо $x_1 = \text{Високий}$ і $x_2 = \text{Низький}$, то $y = \text{Вище Середнього}$;
6. Якщо $x_1 = \text{Високий}$ і $x_2 = \text{Середній}$, то $y = \text{Середній}$;
7. Якщо $x_1 = \text{Низький}$ і $x_2 = \text{Середній}$, то $y = \text{Низький}$;
8. Якщо $x_1 = \text{Високий}$ і $x_2 = \text{Вище Середнього}$, то $y = \text{Середній}$;
9. Якщо $x_1 = \text{Високий}$ і $x_2 = \text{Нижче Середнього}$, то $y = \text{Середній}$.

Для введення правила необхідно вибрати в меню відповідну комбінацію термів і натиснути кнопку **Add rule**. На рис.6.6 зображено вікно редактора бази знань після введення всіх дев'яти правил. Число, наведене в дужках в кінці кожного правила є ваговим коефіцієнт відповідного правила.

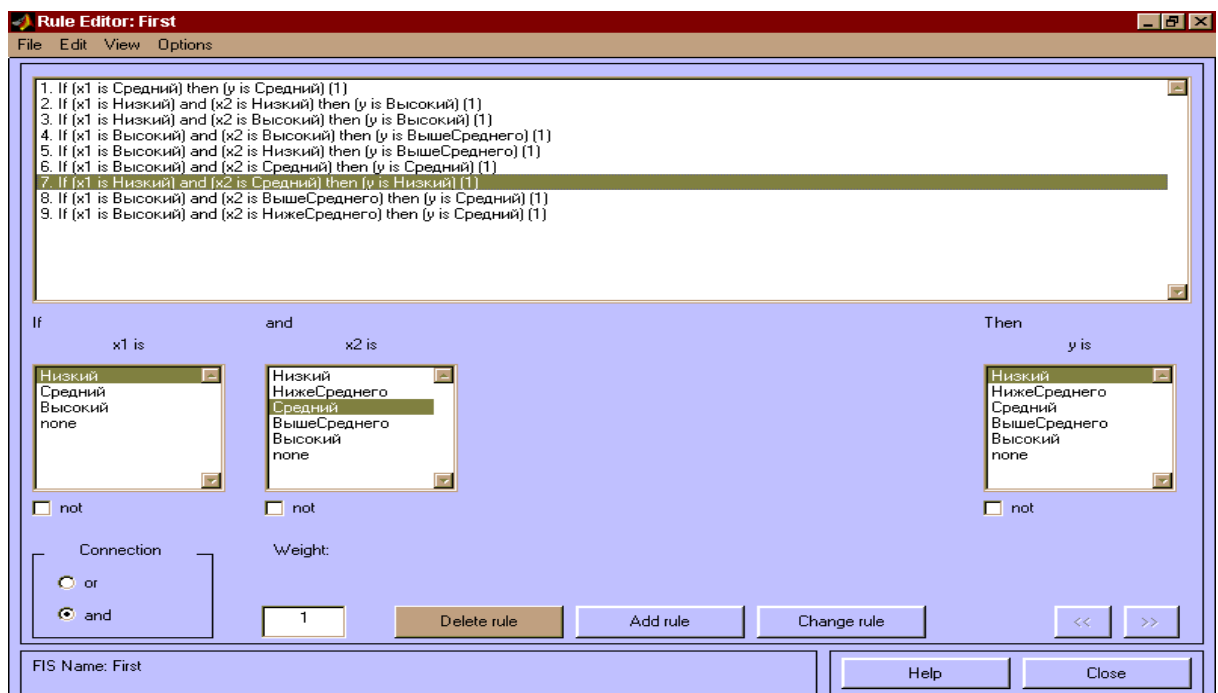


Рисунок 6.6 - База знань в RuleEditor

Крок 17. Збережемо створену систему. Для цього в меню **File** вибираємо в підміню **Export** команду **To disk**.

На рис.6.7 приведено вікно візуалізації нечіткого логічного висновку. Це вікно активізується командою **View rules ...** меню **View**. В поле **Input** вказуються значення вхідних змінних, для яких виконується логічний висновок.

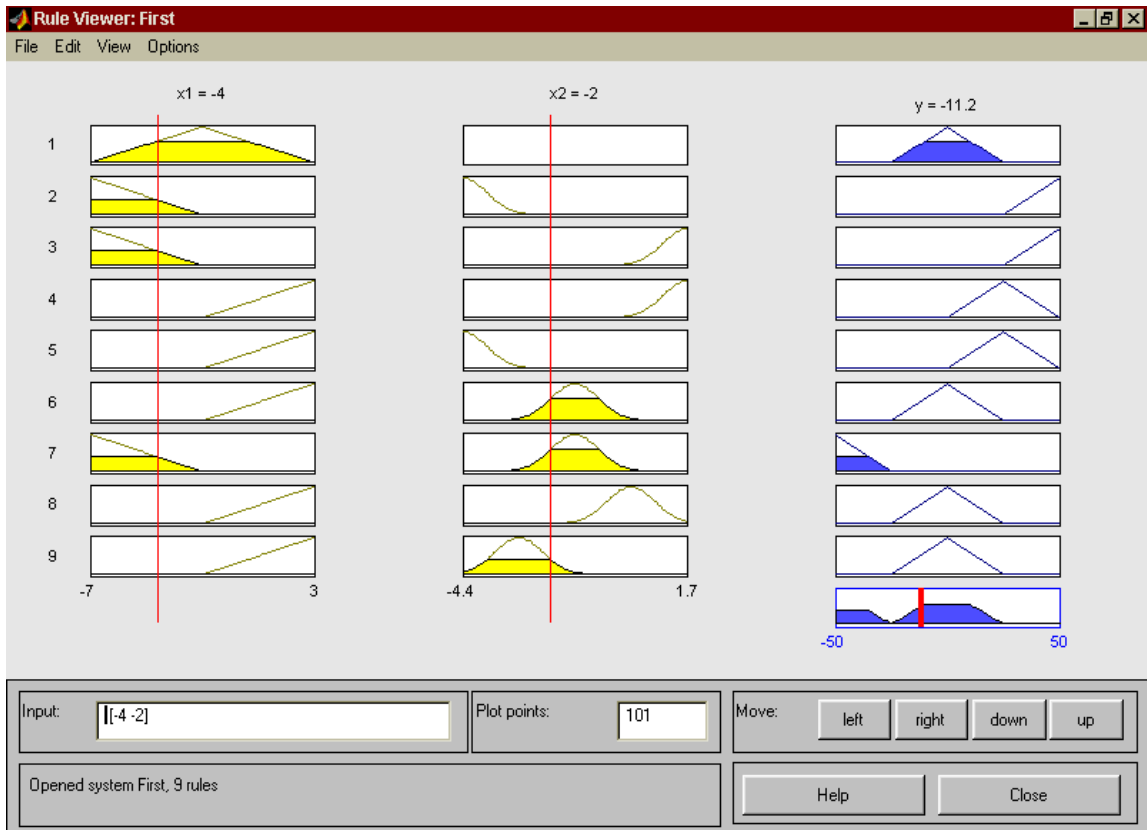


Рисунок 6.7 - Визуалізація нечіткого логічного виводу в RuleViewer

На рис. 6.8 приведена поверхня "входи-вихід", відповідна синтезованій нечіткій системі. Для виведення цього вікна необхідно використовувати команду **View surface ...** меню **View**. Порівнюючи поверхні на рис. 6.1 і на рис. 6.8 можна зробити висновок, що нечіткі правила досить добре описують складну нелінійну залежність.

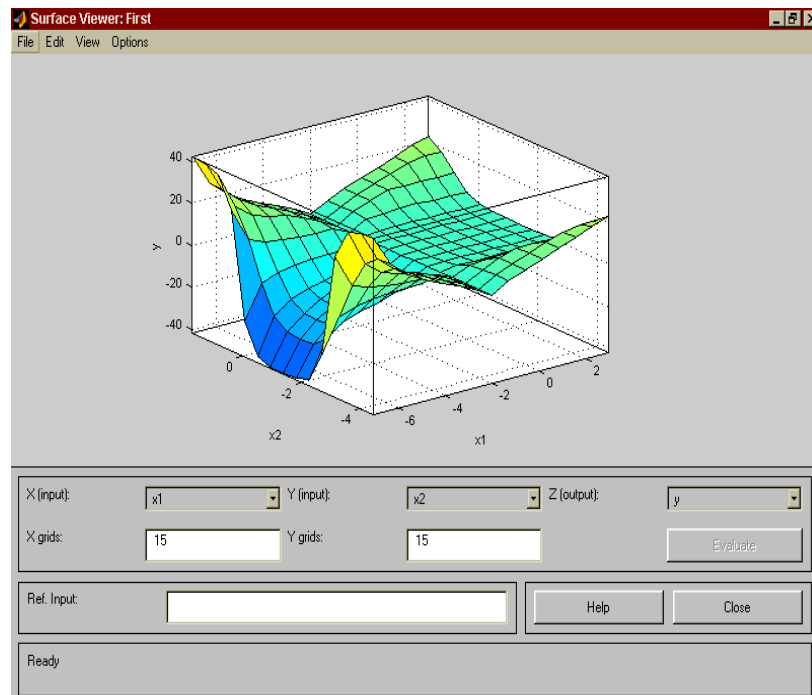


Рисунок 6.8 - Поверхня "входи-вихід" в вікні SurfaceViewer

Виконання роботи

1. Зробити проектування системи Мамдані на прикладі створення системи нечіткого логічного висновку, що моделює залежність та межі зміни аргументів згідно варіанту для виконання завдання 1 представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

№	Функція	Межі зміня	
		x1	x2
1	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 0.7)$	[-7,3]	[-4.4.1,7]
2	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 0.7)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
3	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 0.8)$	[-7,3]	[-4.4.1,7]
4	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 0.8)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
5	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 0.9)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
6	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 0.9)$	[-7.7,2]	[-4.5,2]
7	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1)$	[-7,3]	[-4.4.1,7]
8	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 1)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
9	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1.1)$	[-7,3]	[-4.4.1,7]
10	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 1.1)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
11	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1.2)$	[-7,3]	[-4.4.1,7]
12	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 1.2)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
13	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1.3)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
14	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 1.3)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
15	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1.4)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
16	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 1.4)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
17	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 1.5)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
18	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 1.5)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
19	$y = x_1^2 \cdot \sin(x_2 - 2)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]
20	$y = x_1^2 \cdot \cos(x_2 - 2)$	[-7, 3]	[-4.4.1,7]

2. Оцінити побудовані графіки функції при проектування системи Мамдані та зробити висновки.