

**Лабораторна робота №3**  
**МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ТА**  
**ФОРМУВАННЯ НЕЧІТКИХ ПРАВИЛ**

*Мета:* дослідити можливості ППП MATLAB щодо проектування систем керування на основі алгоритмів нечіткого виводу.

Github - <https://github.com/Oleksi89/ai-systems>

**Хід роботи**

**Завдання 1.** Побудова нечіткої моделі системи керування кранами гарячої і холодної води

При користуванням системою водопостачання на вхід змішувача подається холодна та гаряча вода по відповідним трубопроводам. Задача полягає у створенні моделі системи засобами Matlab Fuzzy Logic, яка б дозволила автоматизувати процес. Кран змішувача можна повертати наліво і направо (тобто, область визначення кута - це відрізок  $[-90;90]$  градусів), керуючи тим самим температурою води і її напором. Нехай, повернення будь-якого крану направо - це збільшити потік води відповідної температури. Евристичні правила приймають вигляд:

1. Якщо вода гаряча і її напір сильний, тоді необхідно повернути кран гарячої води на середній кут вліво, а кран холодної води на середній кут вправо
2. Якщо вода гаряча і її напір не дуже сильний, слід повернути кран холодної води на середній кут вправо
3. Якщо вода не дуже гаряча і її напір сильний, тоді необхідно повернути кран гарячої води на невеликий кут вліво
4. Якщо вода не дуже гаряча і її напір слабкий, тоді слід повернути крани гарячої і холодної води на невеликий кут вправо
5. Якщо вода тепла і її напір не дуже сильний, тоді слід залишити кран змішувача в своєму положенні

					<b>ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА.25.121.5.000 – Лр.3</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Васянович О.А.			Звіт з лабораторної роботи №3	Літ.	Арк.
Перевір.		Маєвський О.Є.					Аркушів
Реценз.							1
Н. Контр.							11
Зав.каф.						ФІКТ, гр. ІПЗ-22-3	

6. Якщо вода прохолодна і її напір сильний, тоді необхідно повернути кран гарячої води на середній кут вправо, а кран холодної води на середній кут вліво

7. Якщо вода прохолодна і її напір не дуже сильний, тоді слід повернути кран гарячої

води на середній кут вправо, а кран холодної води на невеликий кут вліво

8. Якщо вода холодна і її напір слабкий, тоді слід повернути кран гарячої води на великий кут вправо

9. Якщо вода холодна і її напір сильний, тоді слід повернути кран гарячої води на середній кут вліво, а кран холодної води на середній кут вправо

10. Якщо вода тепла і її напір сильний, тоді слід повернути крани гарячої і холодної води на невеликий кут вліво .

11 .Якщо вода тепла і її напір слабкий, тоді слід повернути крани гарячої і холодної води на невеликий кут вправо .

*Лістинг програми(.fis):*

```
[System]
Name='Task_1_TapControl'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=2
NumRules=11
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Temperature'
Range=[0 100]
NumMFs=4
MF1='Cold':trapmf,[-10 0 15 25]
MF2='Cool':trimf,[15 30 45]
MF3='Warm':trimf,[35 55 75]
MF4='Hot':trapmf,[65 85 100 110]

[Input2]
Name='Pressure'
Range=[0 10]
NumMFs=3
MF1='Weak':trapmf,[-1 0 2 4]
MF2='Moderate':trimf,[2 5 8]
MF3='Strong':trapmf,[6 8 10 11]
```

					ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА.25.121.5.000 – Лр.3	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
[Output1]
Name='Hot_Tap'
Range=[-90 90]
NumMFs=7
MF1='Big_Left':trimf,[-120 -90 -60]
MF2='Med_Left':trimf,[-90 -60 -30]
MF3='Small_Left':trimf,[-60 -30 0]
MF4='Zero':trimf,[-30 0 30]
MF5='Small_Right':trimf,[0 30 60]
MF6='Med_Right':trimf,[30 60 90]
MF7='Big_Right':trimf,[60 90 120]
```

```
[Output2]
Name='Cold_Tap'
Range=[-90 90]
NumMFs=7
MF1='Big_Left':trimf,[-120 -90 -60]
MF2='Med_Left':trimf,[-90 -60 -30]
MF3='Small_Left':trimf,[-60 -30 0]
MF4='Zero':trimf,[-30 0 30]
MF5='Small_Right':trimf,[0 30 60]
MF6='Med_Right':trimf,[30 60 90]
MF7='Big_Right':trimf,[60 90 120]
```

```
[Rules]
4 3, 2 6 (1) : 1
4 2, 4 6 (1) : 1
3 3, 3 4 (1) : 1
3 1, 5 5 (1) : 1
3 2, 4 4 (1) : 1
2 3, 6 2 (1) : 1
2 2, 6 3 (1) : 1
1 1, 7 4 (1) : 1
1 3, 2 6 (1) : 1
3 3, 3 3 (1) : 1
3 1, 5 5 (1) : 1
```

Для кожної вхідної (Input) та вихідної (Output) змінної визначається діапазон можливих чітких значень. Кожна змінна розбивається на «стани» (наприклад, «Холодна», «Тепла», «Гаряча»), які описуються функціями належності (Membership Functions - MF).

У розробленій моделі використано два типи функцій належності:

- Трикутна функція належності (trimf)
- Трапецієподібна функція належності

Кодування правил у файлі .fis представлено у форматі індексів функцій належності: Вхід1 Вхід2, Вихід1 Вихід2 (Вага) : Оператор

					ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА.25.121.5.000 – Лр.3	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклад розшифровки першого правила (4 3, 2 6 (1) : 1):

Вхід 1 (Temperature): 4-й => Hot

Вхід 2 (Pressure): 3-й => Strong

Вихід 1 (Hot\_Tap): 2-й => Med\_Left

Вихід 2 (Cold\_Tap): 6-й => Med\_Right

Оператор: 1 => AND

Результати:

	Rule	Weight	Name
1	If Temperature is Hot and Pressure is Strong then Hot_Tap is Med_Left, Cold_Tap is Med_Right	1	rule1
2	If Temperature is Hot and Pressure is Moderate then Hot_Tap is Zero, Cold_Tap is Med_Right	1	rule2
3	If Temperature is Warm and Pressure is Strong then Hot_Tap is Small_Left, Cold_Tap is Zero	1	rule3
4	If Temperature is Warm and Pressure is Weak then Hot_Tap is Small_Right, Cold_Tap is Small_Right	1	rule4
5	If Temperature is Warm and Pressure is Moderate then Hot_Tap is Zero, Cold_Tap is Zero	1	rule5
6	If Temperature is Cool and Pressure is Strong then Hot_Tap is Med_Right, Cold_Tap is Med_Left	1	rule6
7	If Temperature is Cool and Pressure is Moderate then Hot_Tap is Med_Right, Cold_Tap is Small_Left	1	rule7
8	If Temperature is Cold and Pressure is Weak then Hot_Tap is Big_Right, Cold_Tap is Zero	1	rule8
9	If Temperature is Cold and Pressure is Strong then Hot_Tap is Med_Left, Cold_Tap is Med_Right	1	rule9
10	If Temperature is Warm and Pressure is Strong then Hot_Tap is Small_Left, Cold_Tap is Small_Left	1	rule10
11	If Temperature is Warm and Pressure is Weak then Hot_Tap is Small_Right, Cold_Tap is Small_Right	1	rule11

Рис.1 Набір правил

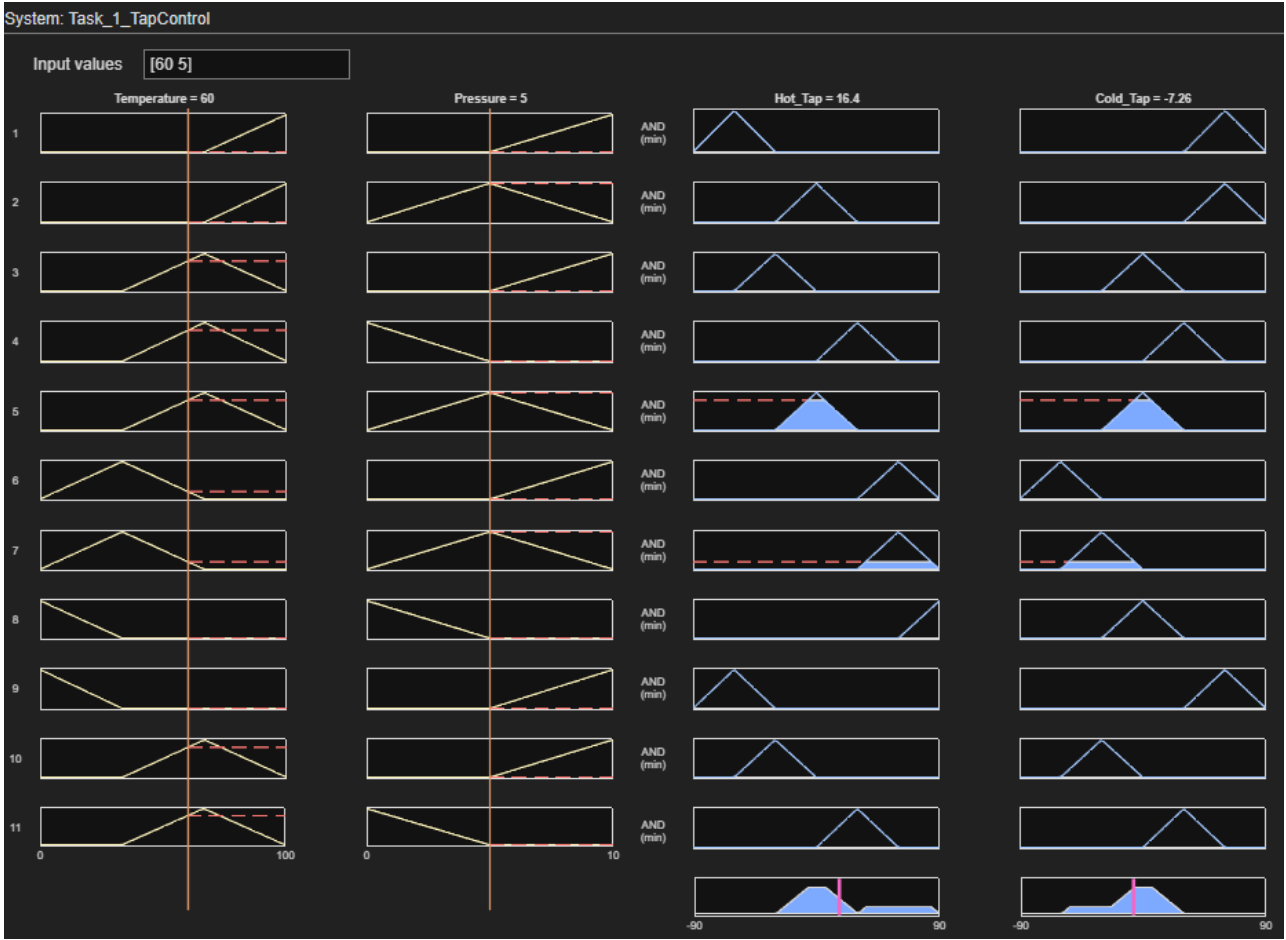


Рис.2 Візуалізація нечіткого виводу

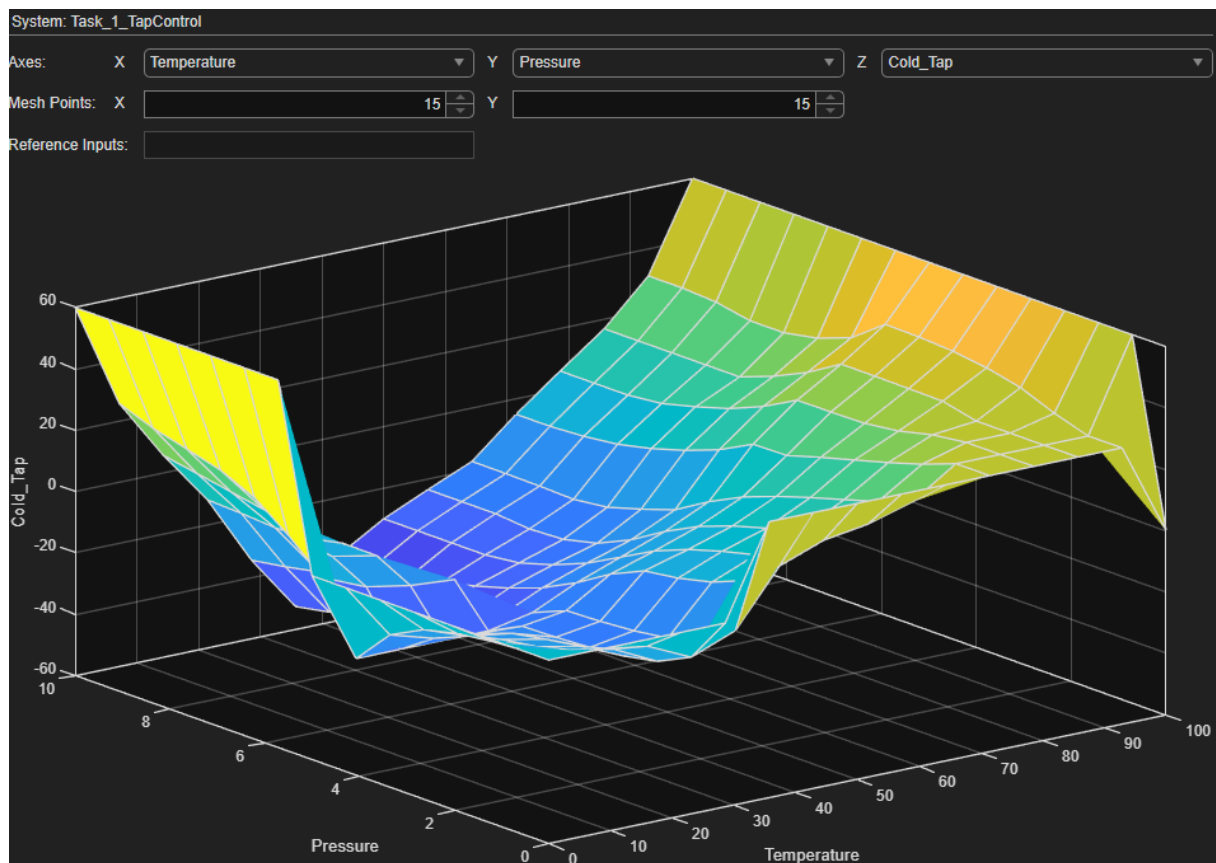


Рис.3 Поверхня системи «вхід-вихід»

**Завдання 2.** Задача 2. Нечітка модель керування кондиціонером повітря в приміщенні.

Нехай, в приміщенні встановлений кондиціонер, який дозволяє регулювати (нагрівати чи охолоджувати) температуру. Найбільш комфортні умови складаються при встановленні деякої заданої комфортної температури. Задача полягає у розробці АСУ, яка б змогла автоматизувати роботу кондиціонера при коливанні температури приміщення через різні зовнішні дестабілізуючі фактори.

Досвід використання побутових кондиціонерів показує деяку інертність в процесі нагріву чи охолодження повітря. Наприклад, після включення режиму «холод», відбувається нагнітання холодного повітря, через що температура в приміщенні поступово спадає.

При цьому, при виключенні цього режиму, температура все рівно деякий час продовжує знижуватися. Аналогічна картина спостерігається при включенні режиму «тепло». Щоб врахувати цю властивість, потрібно задати як вхідну змінну

не тільки температуру приміщення, але і швидкість її зміни. В такому випадку, досвід показує адекватність наступних правил керування кондиціонеру:

1. Якщо температура повітря дуже тепла і швидкість зміни температури додатня, то потрібно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонеру на великий кут вліво.

2. Якщо температура повітря дуже тепла, а швидкість зміни температури від'ємна, тоді необхідно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонеру на невеликий кут вліво.

3. Якщо температура повітря тепла, а швидкість зміни температури додатня, тоді потрібно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонеру на великий кут вліво.

4. Якщо температура повітря тепла, а швидкість зміни температури від'ємна, тоді потрібно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонеру слід вимкнути.

5. Якщо температура повітря дуже холодна, а швидкість зміни температури від'ємна, тоді потрібно включити режим «тепло», повернувши регулятор кондиціонеру на великий кут вправо.

6. Якщо температура повітря дуже холодна, а швидкість зміни температури додатня, тоді потрібно включити режим «тепло», повернувши регулятор кондиціонеру на невеликий кут вправо.

7. Якщо температура повітря холодна, а швидкість зміни температури від'ємна, тоді потрібно включити режим «тепло», повернувши регулятор кондиціонеру на великий кут вліво.

8. Якщо температура повітря холодна, а швидкість зміни температури додатня, тоді потрібно виключити кондиціонер.

9. Якщо температура повітря дуже тепла, а швидкість зміни температури дорівнює 0, тоді потрібно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонеру на великий кут вліво.

					ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА.25.121.5.000 – Лр.3	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Якщо температура повітря тепла, а швидкість зміни температури дорівнює 0, тоді потрібно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонера на невеликий кут вліво.

11. Якщо температура повітря дуже холодна, а швидкість зміни температури дорівнює 0, тоді потрібно включити режим «тепло», повернувши регулятор кондиціонера на великий кут вправо.

12. Якщо температура повітря холодна, а швидкість зміни температури дорівнює 0, тоді потрібно включити режим «тепло», повернувши регулятор кондиціонера на невеликий кут вправо.

13. Якщо температура повітря в нормі, а швидкість зміни температури додатня, тоді потрібно включити режим «холод», повернувши регулятор кондиціонера на невеликий кут вліво.

14. Якщо температура повітря в нормі, а швидкість зміни температури від'ємна, тоді потрібно включити режим «тепло», повернувши регулятор кондиціонера на невеликий кут вправо.

15. Якщо температура повітря в нормі, а швидкість зміни температури дорівнює 0, тоді потрібно виключити кондиціонер.

*Лістинг програми(.fis):*

```
[System]
Name='Task_2_AC_Control'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=15
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Temperature'
Range=[10 40]
NumMFs=5
MF1='VeryCold':trapmf,[10 10 15 18]
MF2='Cold':trimf,[15 20 25]
MF3='Normal':trimf,[22 25 28]
MF4='Warm':trimf,[25 30 35]
MF5='VeryWarm':trapmf,[32 35 40 40]
```

					ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА.25.121.5.000 – Лр.3	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

[Input2]
Name='TempChangeRate'
Range=[-5 5]
NumMFs=3
MF1='Negative':'trapmf',[-5 -5 -1 0]
MF2='Zero':'trimf',[-0.5 0 0.5]
MF3='Positive':'trapmf',[0 1 5 5]

[Output1]
Name='AC_Regulator'
Range=[-90 90]
NumMFs=5
MF1='Big_Left':'trimf',[-120 -90 -45]
MF2='Small_Left':'trimf',[-60 -30 0]
MF3='Off':'trimf',[-15 0 15]
MF4='Small_Right':'trimf',[0 30 60]
MF5='Big_Right':'trimf',[45 90 120]

```

```

[Rules]
5 3, 1 (1) : 1
5 1, 2 (1) : 1
4 3, 1 (1) : 1
4 1, 3 (1) : 1
1 1, 5 (1) : 1
1 3, 4 (1) : 1
2 1, 5 (1) : 1
2 3, 3 (1) : 1
5 2, 1 (1) : 1
4 2, 2 (1) : 1
1 2, 5 (1) : 1
2 2, 4 (1) : 1
3 3, 2 (1) : 1
3 1, 4 (1) : 1
3 2, 3 (1) : 1

```

*Результати:*

					ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА.25.121.5.000 – Лр.3	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



System: Task_2_AC_Control			
<div>Add All Possible Rules</div> <div>Clear All Rules</div>			
	Rule	Weight	Name
1	If Temperature is VeryWarm and TempChangeRate is Positive then AC_Regulator is Big_Left	1	rule1
2	If Temperature is VeryWarm and TempChangeRate is Negative then AC_Regulator is Small_Left	1	rule2
3	If Temperature is Warm and TempChangeRate is Positive then AC_Regulator is Big_Left	1	rule3
4	If Temperature is Warm and TempChangeRate is Negative then AC_Regulator is Off	1	rule4
5	If Temperature is VeryCold and TempChangeRate is Negative then AC_Regulator is Big_Right	1	rule5
6	If Temperature is VeryCold and TempChangeRate is Positive then AC_Regulator is Small_Right	1	rule6
7	If Temperature is Cold and TempChangeRate is Negative then AC_Regulator is Big_Right	1	rule7
8	If Temperature is Cold and TempChangeRate is Positive then AC_Regulator is Off	1	rule8
9	If Temperature is VeryWarm and TempChangeRate is Zero then AC_Regulator is Big_Left	1	rule9
10	If Temperature is Warm and TempChangeRate is Zero then AC_Regulator is Small_Left	1	rule10
11	If Temperature is VeryCold and TempChangeRate is Zero then AC_Regulator is Big_Right	1	rule11
12	If Temperature is Cold and TempChangeRate is Zero then AC_Regulator is Small_Right	1	rule12
13	If Temperature is Normal and TempChangeRate is Positive then AC_Regulator is Small_Left	1	rule13
14	If Temperature is Normal and TempChangeRate is Negative then AC_Regulator is Small_Right	1	rule14
15	If Temperature is Normal and TempChangeRate is Zero then AC_Regulator is Off	1	rule15

Рис.4 Набір правил

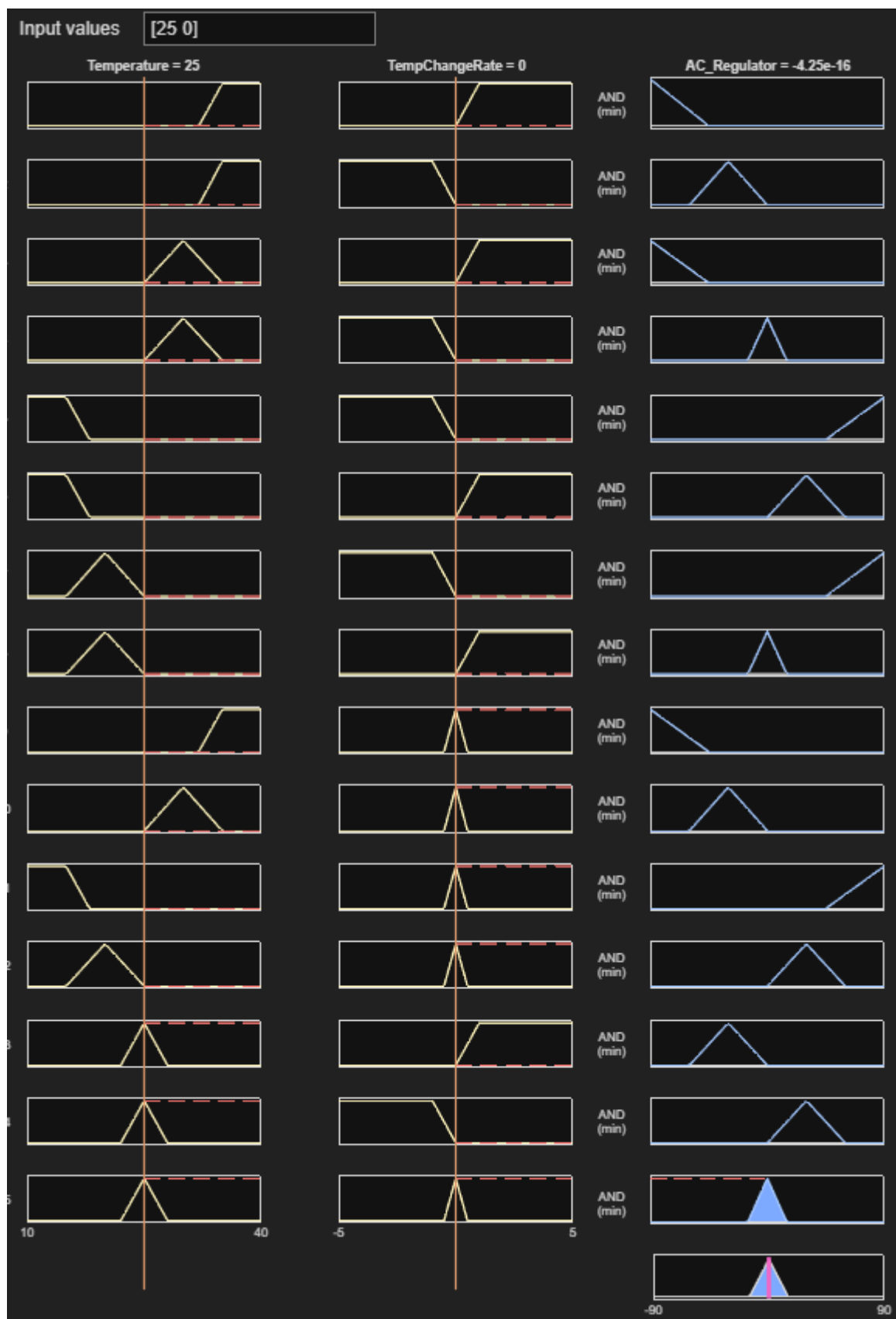


Рис.5 Візуалізація нечіткого виводу

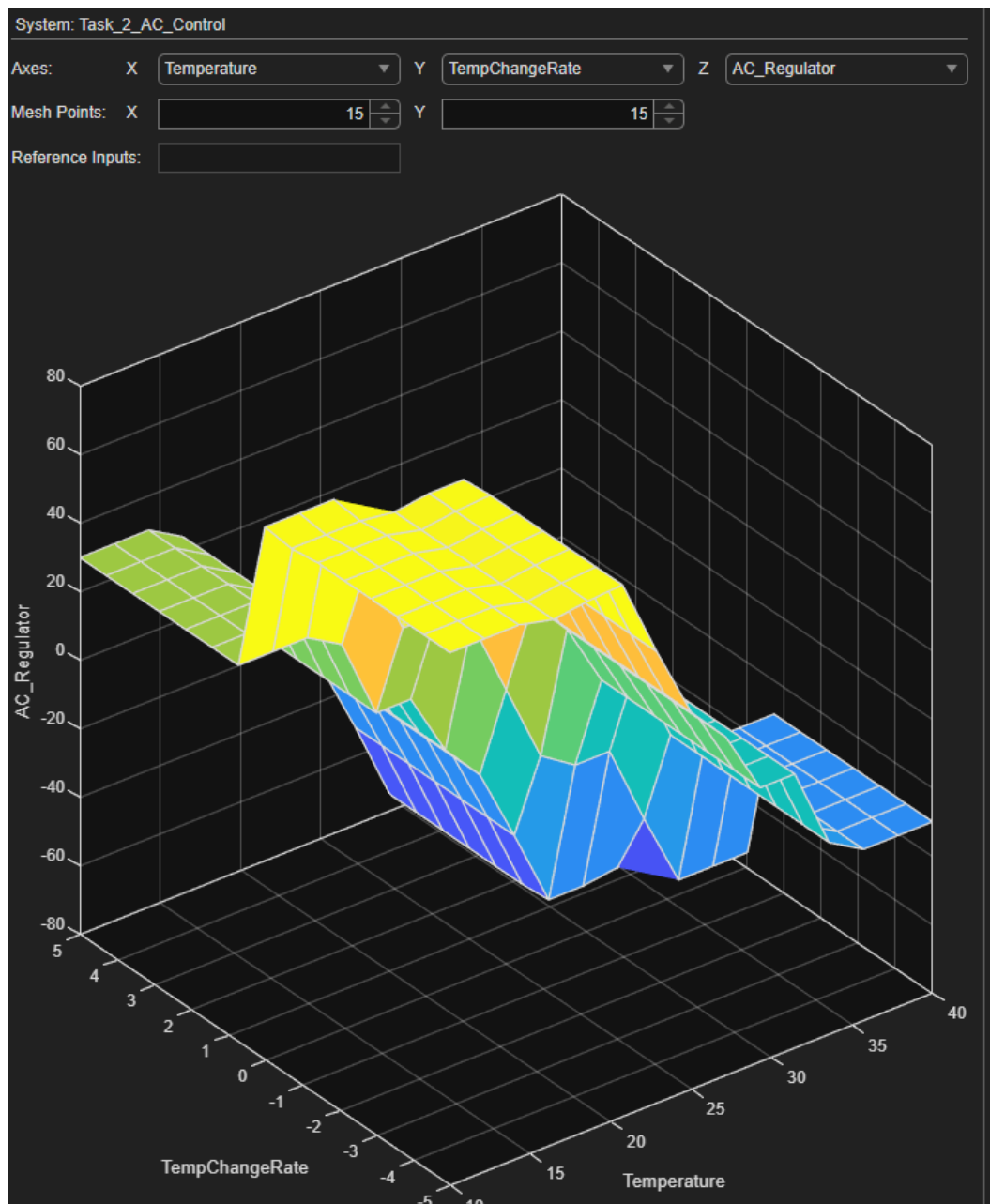


Рис.6 Поверхня системи «вхід-вихід»

**Висновок:** у цій лабораторній роботі я дослідив можливості ППП MATLAB щодо проектування систем керування на основі алгоритмів нечіткого виводу.