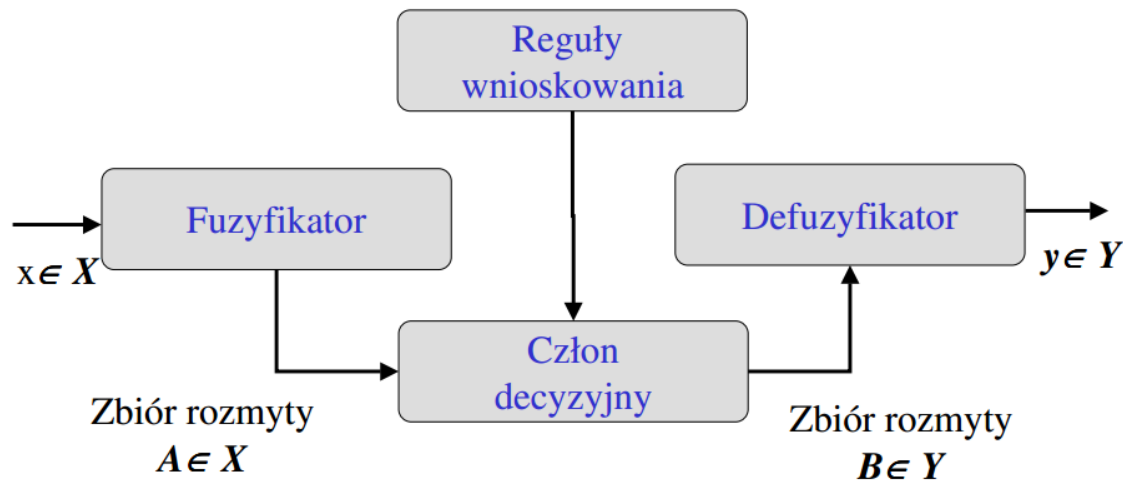


Logika rozmyta – wnioskowanie i zastosowania

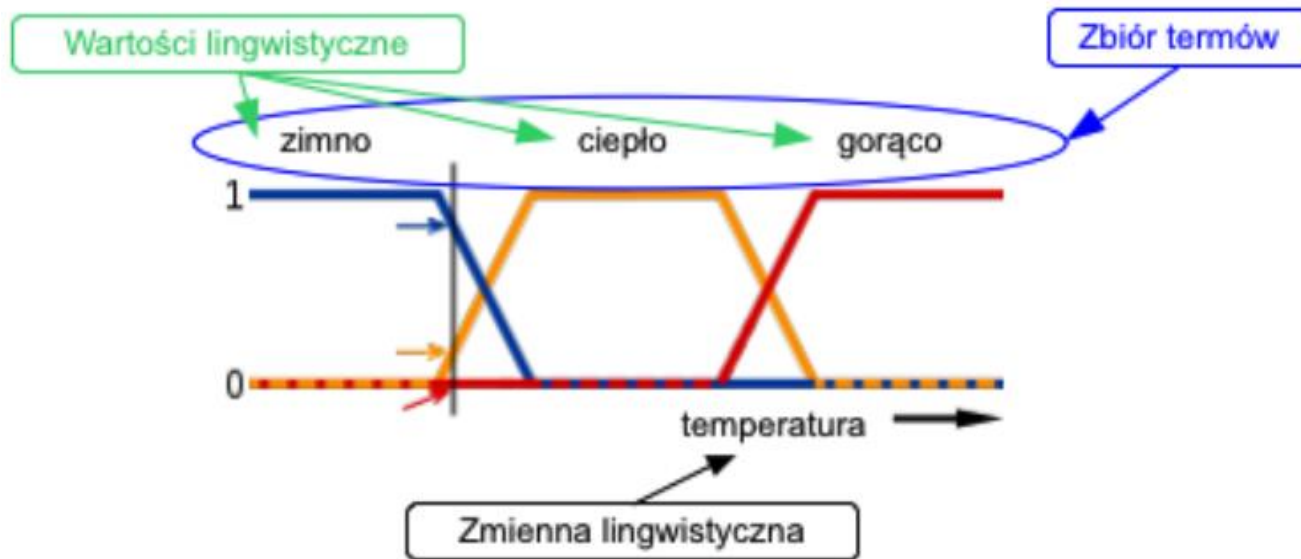
System rozmyty

- 1. rozmywanie (fuzzification)
- 2. zastosowanie operacji rozmytych
- 3. zastosowaniem implikacji rozmytych
- 4. precyzowanie (defuzzification)- np. metoda wyznaczania „środka ciężkości” (ang. Centre of Gravity, COG)



Schemat systemu rozmytego

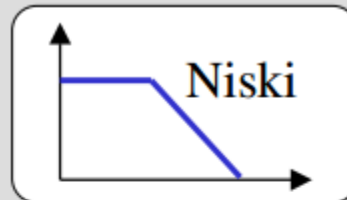
Terminologia



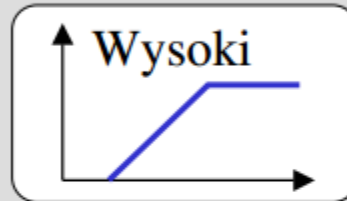
Fuzyfikator

konwersja do dziedziny „rozmytej”

$x=170$

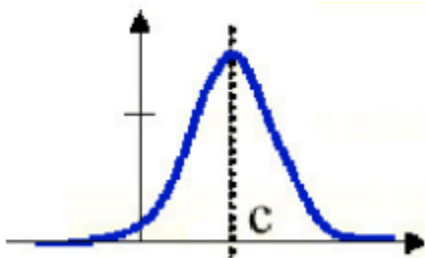


$$\mu_N(x) = 0.3$$

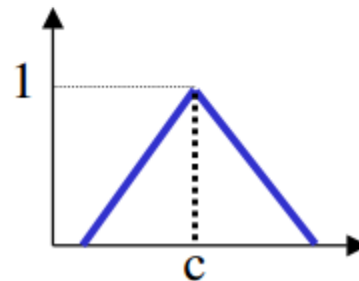


$$\mu_W(x) = 0.8$$

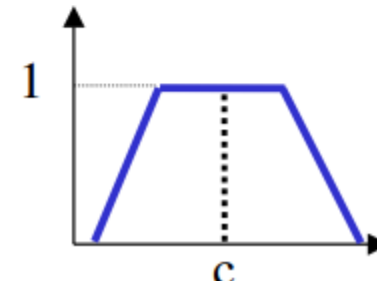
Rodzaje funkcji przynależności:



funkcje gaussowskie



funkcje trójkątne

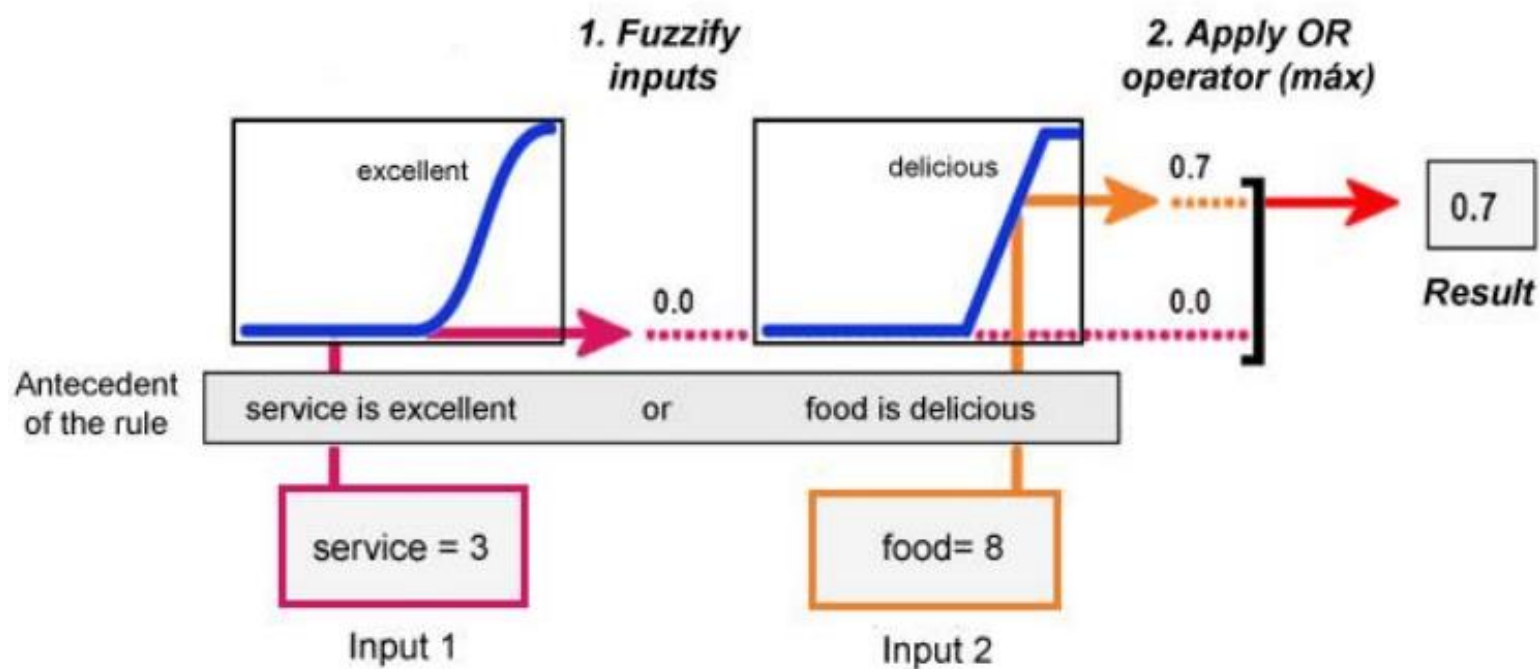


funkcje trapezoidalne

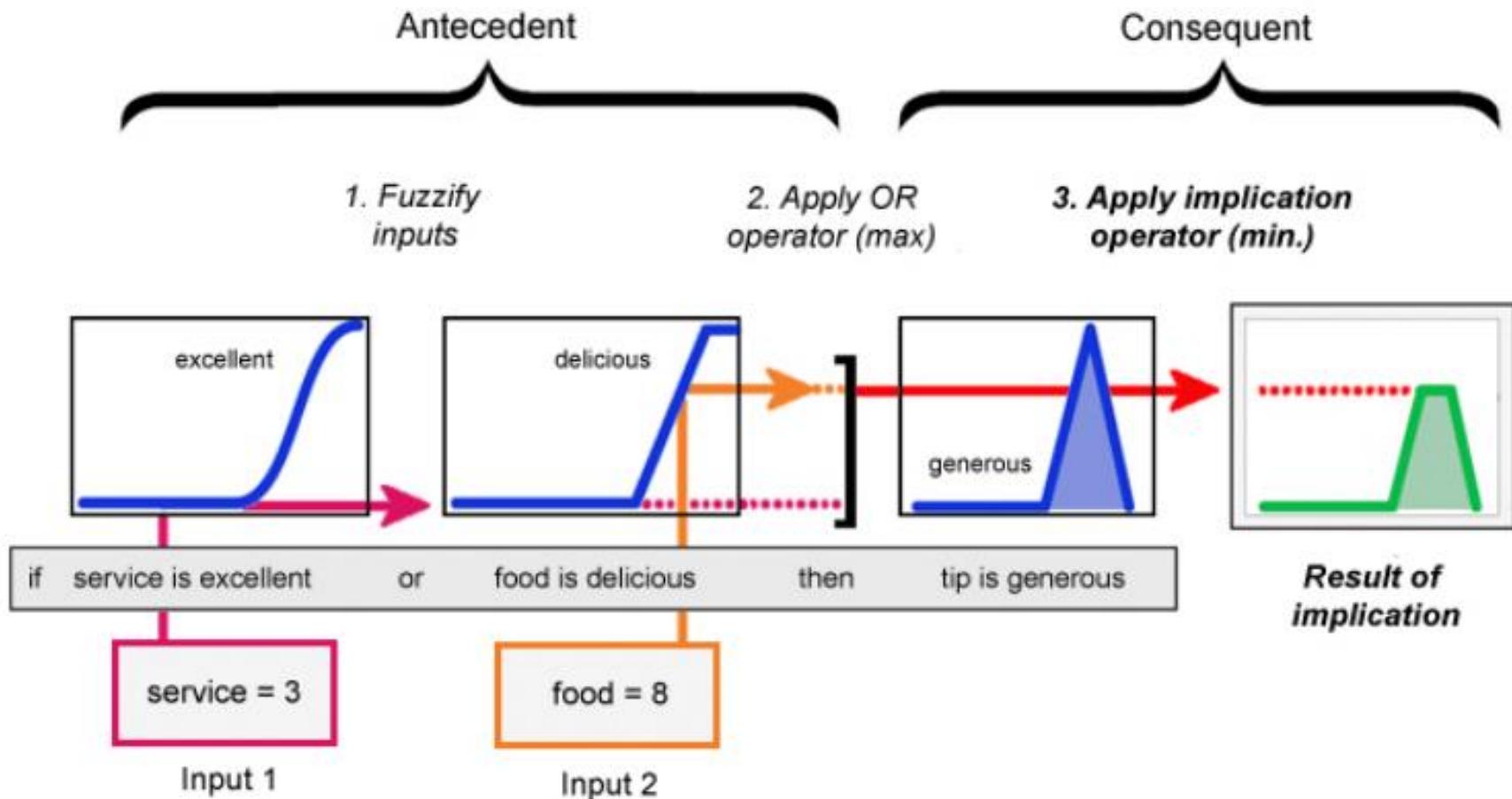
Reguły wnioskowania

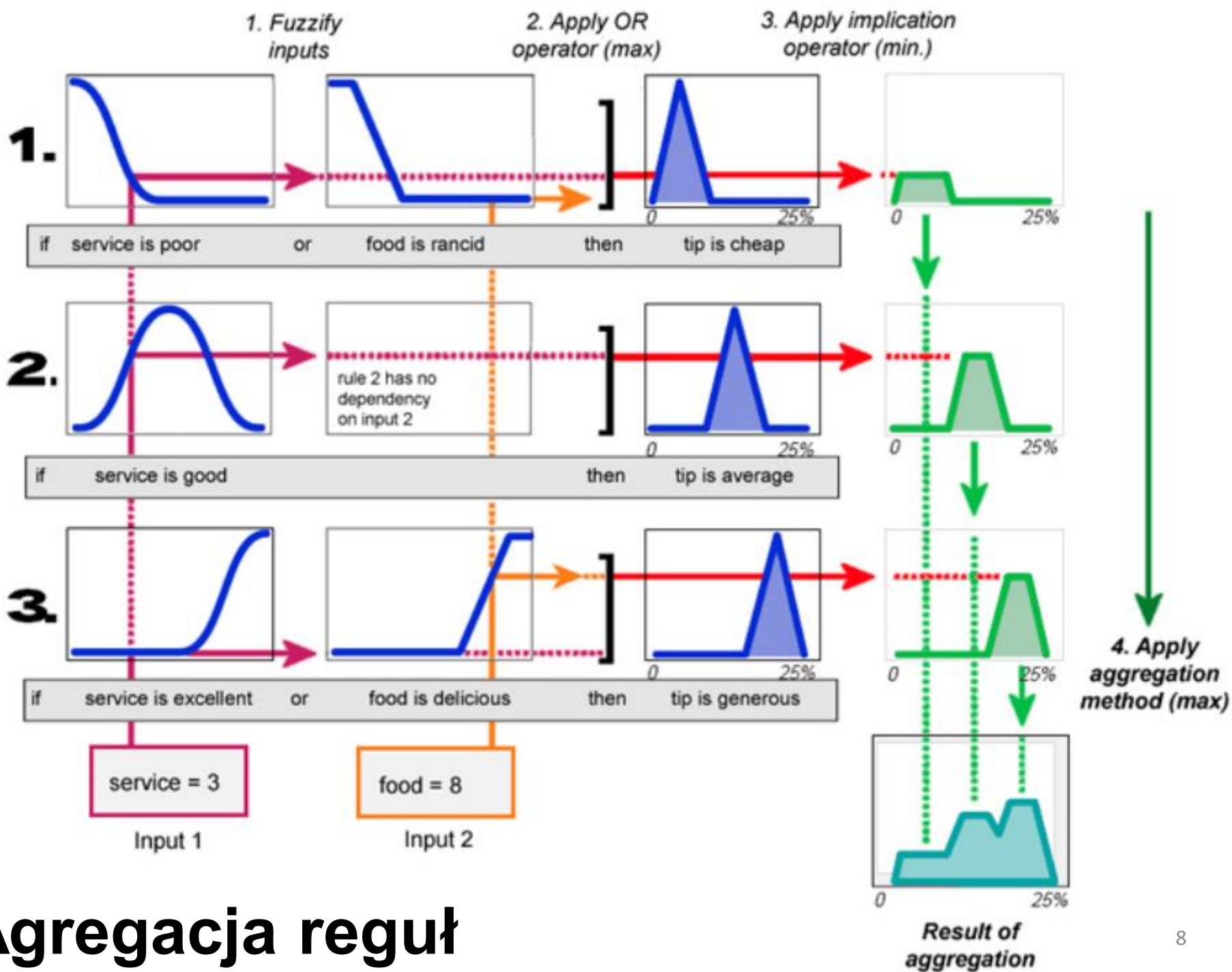
- zastosowanie wiedzy eksperta - ekspert na podstawie zdobytego wcześniej doświadczenia ma określić sposób postępowania dla poszczególnych przypadków, które mogą się zdarzyć w trakcie procesu.
- Zadaniem eksperta będzie konstrukcja reguły wnioskowania, jak i doboru funkcji przynależności dla każdego przypadku.
- zastosowanie badań eksperymentalnych - podstawą reguł są wyniki numeryczne eksperymentów, określające zarówno reguły wnioskowania jak i funkcje przynależności.

Wnioskowanie 1 – aktywacja reguły



Wnioskowanie 2 – wartość reguły





Agregacja reguł

Defuzyfikator – precyzowanie / wyostrzanie

konwertuje zbiór rozmyty do dziedziny „ostrej”

$$\mu_N(x) = 0.0$$

$$\mu_S(x) = 0.3$$

$$\mu_W(x) = 0.8$$

Defuzyfikator

y = 'wysoki'

Rodzaje defuzyfikatorów:

według średnich wartości centrów

$$y = \frac{\sum_{l=1}^M c_l \mu_{F^{(l)}}(x^{(l)})}{\sum_{l=1}^M \mu_{F^{(l)}}(x^{(l)})}$$

według ważony średnich wartości centrów

$$y = \frac{\sum_{l=1}^M c_l \frac{\mu_{F^{(l)}}(x^{(l)})}{\sigma^{(l)}}}{\sum_{l=1}^M \frac{\mu_{F^{(l)}}(x^{(l)})}{\sigma^{(l)}}}$$

$c_l, \sigma^{(l)}$ - centrum (dyspersja) zbioru rozmytego $G^{(l)}$; $\mu_{F^{(l)}}$ - funkcja przynależności zbiorów rozmytych $F^{(l)}$ odpowiadających danemu wektorowi wejściowemu

Defuzyfikator – precyzowanie / wyostrzanie

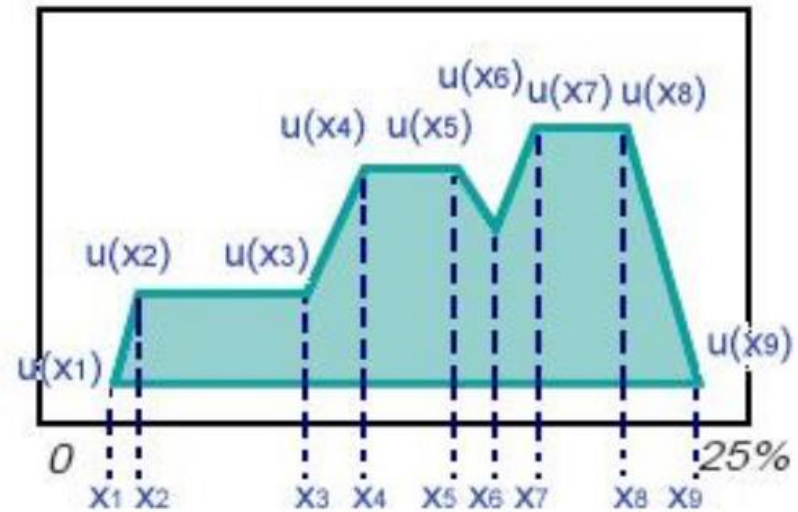
5. Defuzzify the aggregate output (centroid)

$$g = \frac{\sum_{i=1}^9 x_i \cdot u(x_i)}{\sum_{i=1}^9 u(x_i)} = 16,7$$



tip = 16,7%

Result of defuzzification



Wyostrzanie

- Metoda środka maksimum (*Middle of Maxima*)
- Metoda pierwszego maksimum (*First of Maxima*)
- Metoda ostatniego maksimum (*Last of Maxima*)
- Metoda środka ciężkości (*Center of Gravity*)
- Metoda wysokości (*Height Method*)

Model Mamdaniego

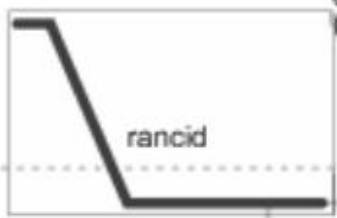
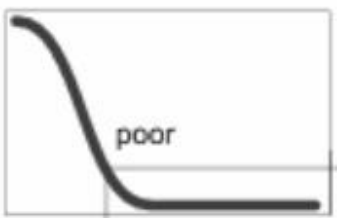
- Metoda Mamdaniego jest przydatna, gdy liczba zmiennych jest mała. W przeciwnym razie napotka się następujące trudności:
- Liczba reguł rośnie wykładniczo wraz z liczbą zmiennych w przesłance.
- Im więcej reguł, tym trudniej ocenić ich dopasowanie do problemu.
- Jeżeli liczba zmiennych w przesłance jest zbyt duża, trudno będzie zrozumieć relacje między przesłankami i konsekwencjami.
- Istnieją inne metody wnioskowania takie jak metoda Sugeno, która inaczej oblicza implikację.

Model Sugeno

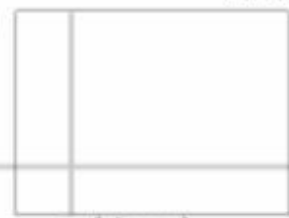
- Model Takagi-Sugeno-Kanga
- różni się od poprzedniego tym, że:
 - **we wnioskach** reguł występują nie zbiory rozmyte ale **funkcje zmiennych wejściowych**,
- przy czym są to najczęściej funkcje **liniowe**, więc każda reguła modelu opisuje jeden płaski (liniowy) segment powierzchni modelu.

1.

1. Fuzzify inputs



2. Apply fuzzy operation (OR = max)

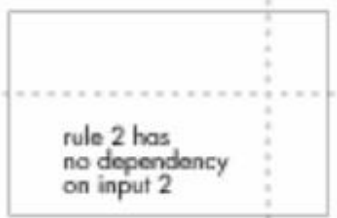
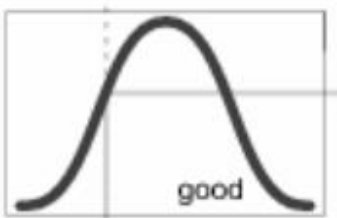


3. Apply implication method (prod).

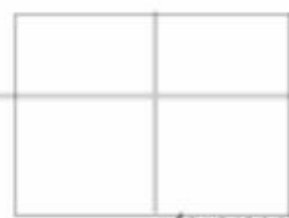


If service is poor or food is rancid then tip = cheap

2.



]

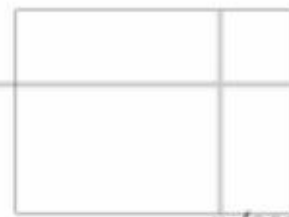


If service is good then tip = average

3.



]



If service is excellent or food is delicious then tip = generous

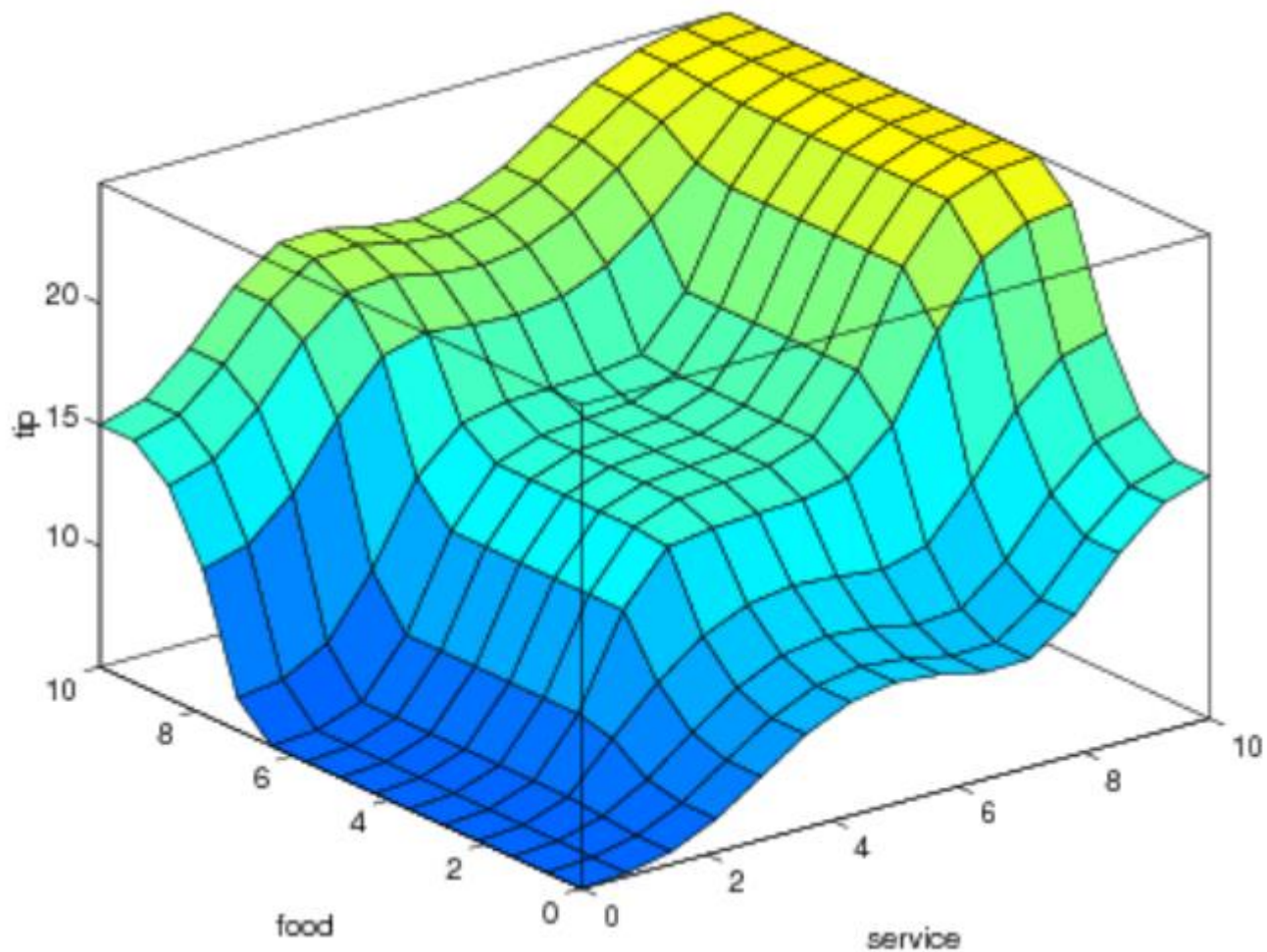
service = 3
input 1

food = 8
input 2

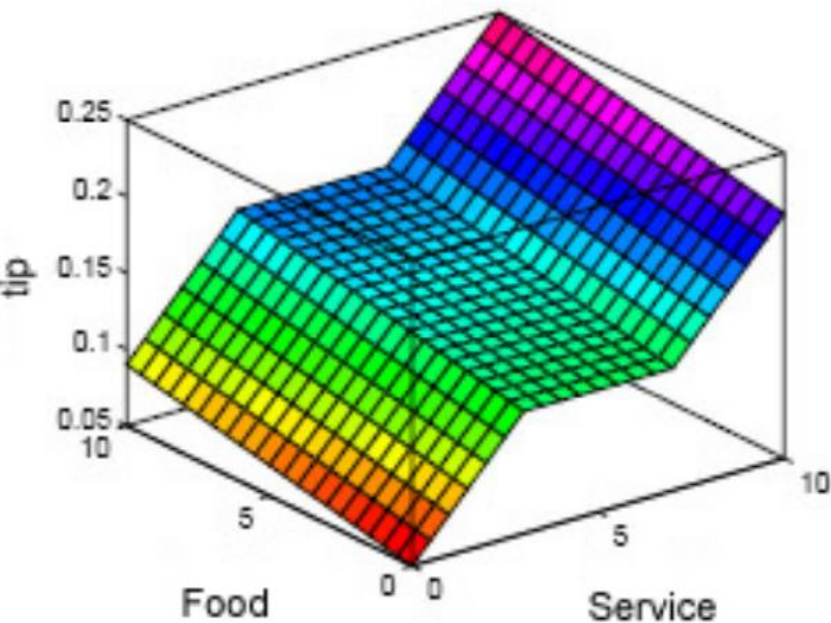
output

tip = 16.3%

Model rozmyty



Podjęcie nie rozmyte



```
servRatio=0.8;
```

```
if service<3,
```

```
    tip=((0.1/3)*service+0.05)*servRatio+  
        + (1-servRatio)*(0.2/10*food+0.05);
```

```
elseif service<7,
```

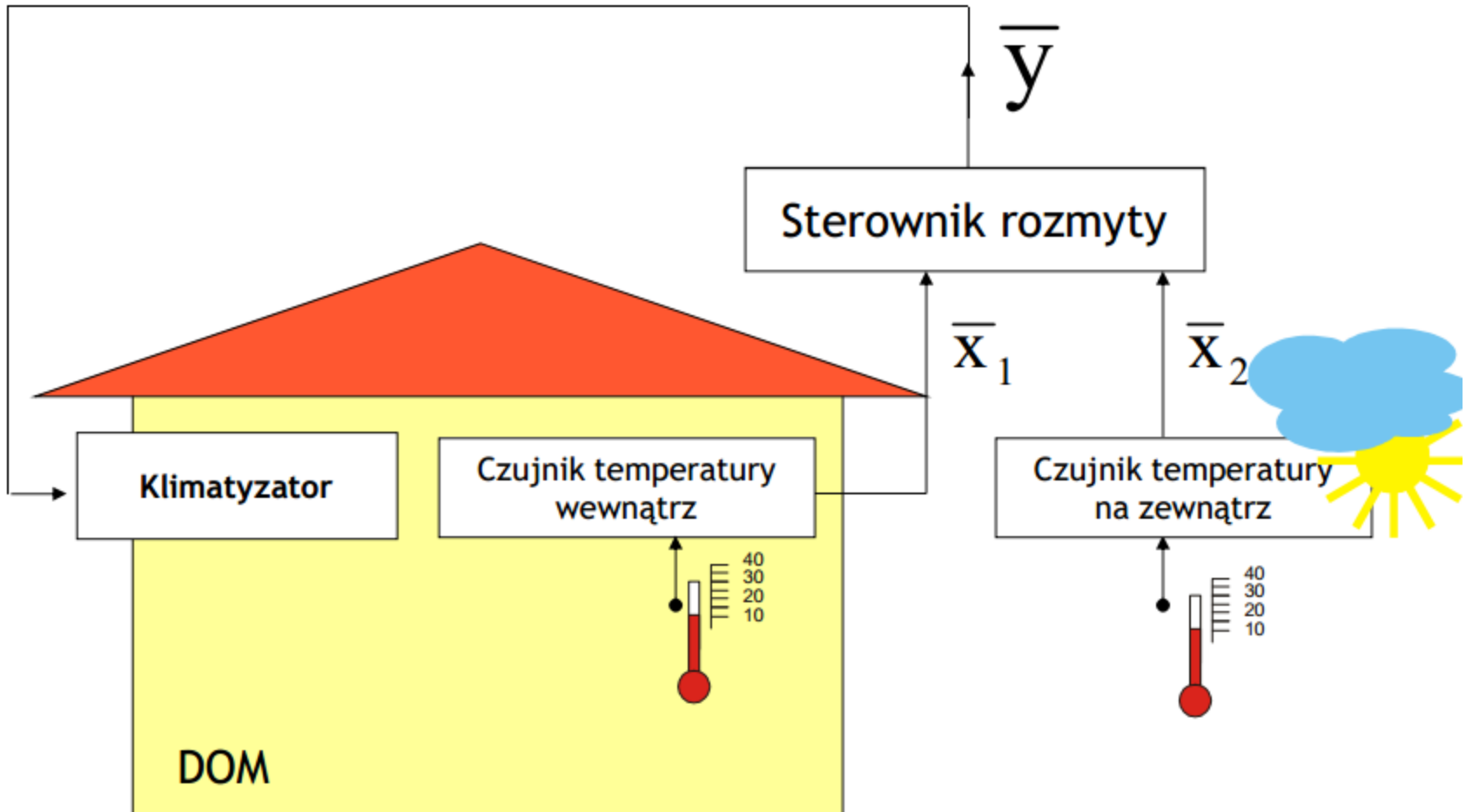
```
    tip=(0.15)*servRatio+  
        + (1-servRatio)*(0.2/10*food+0.05);
```

```
else
```

```
    tip=((0.1/3)*(service-7)+0.15)*servRatio+  
        + (1-servRatio)*(0.2/10*food+0.05);
```

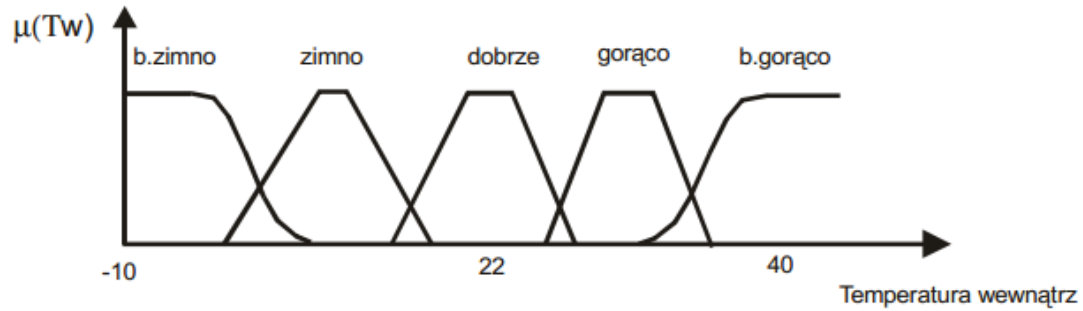
```
end
```


Inne zastosowanie

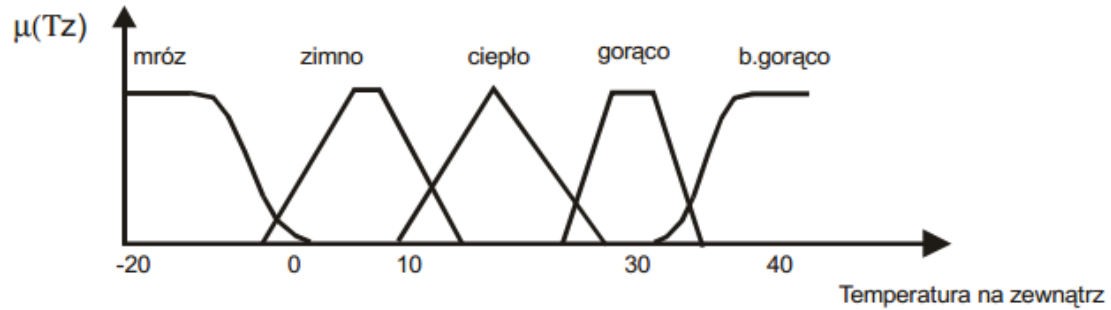


Funkcje przynależności

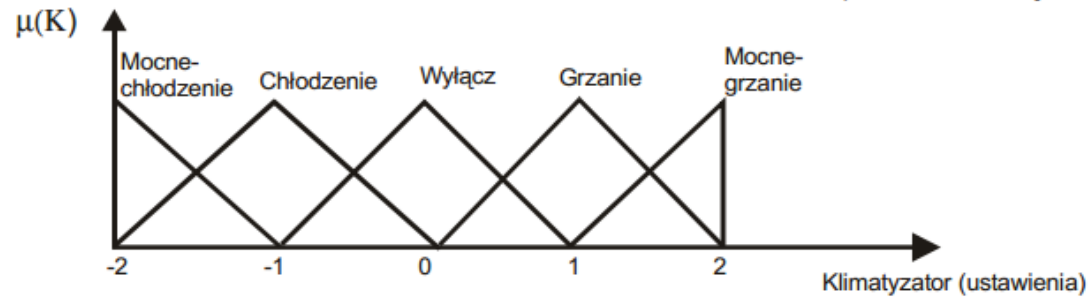
\bar{X}_1



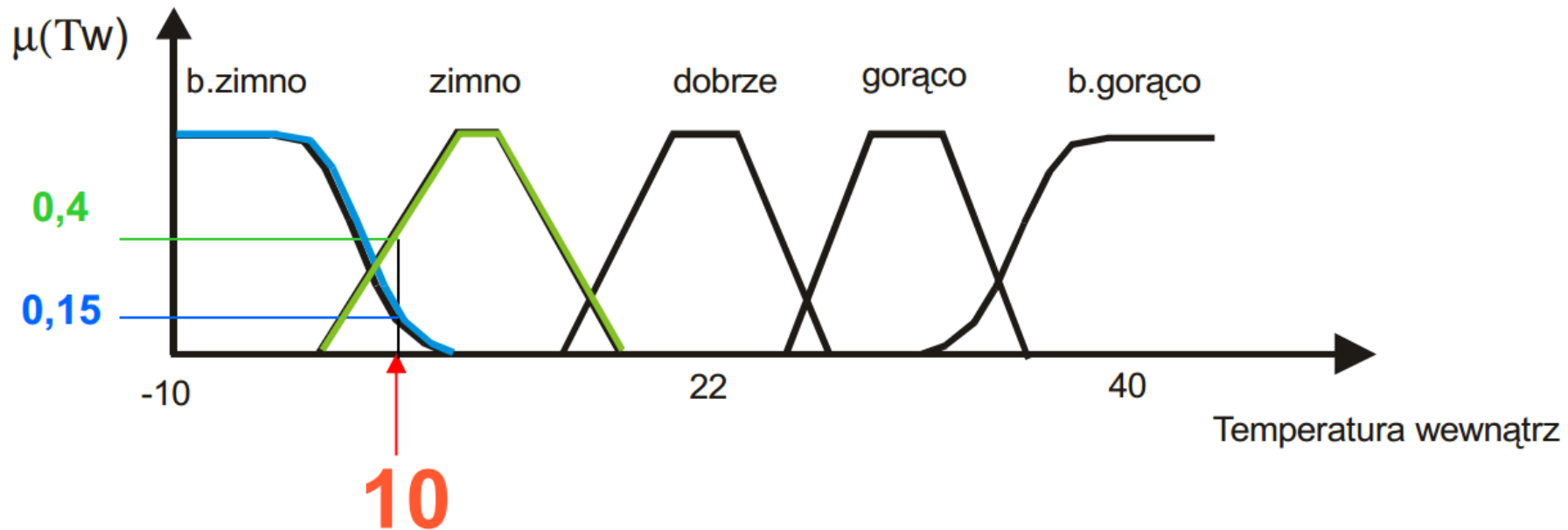
\bar{X}_2



\bar{y}



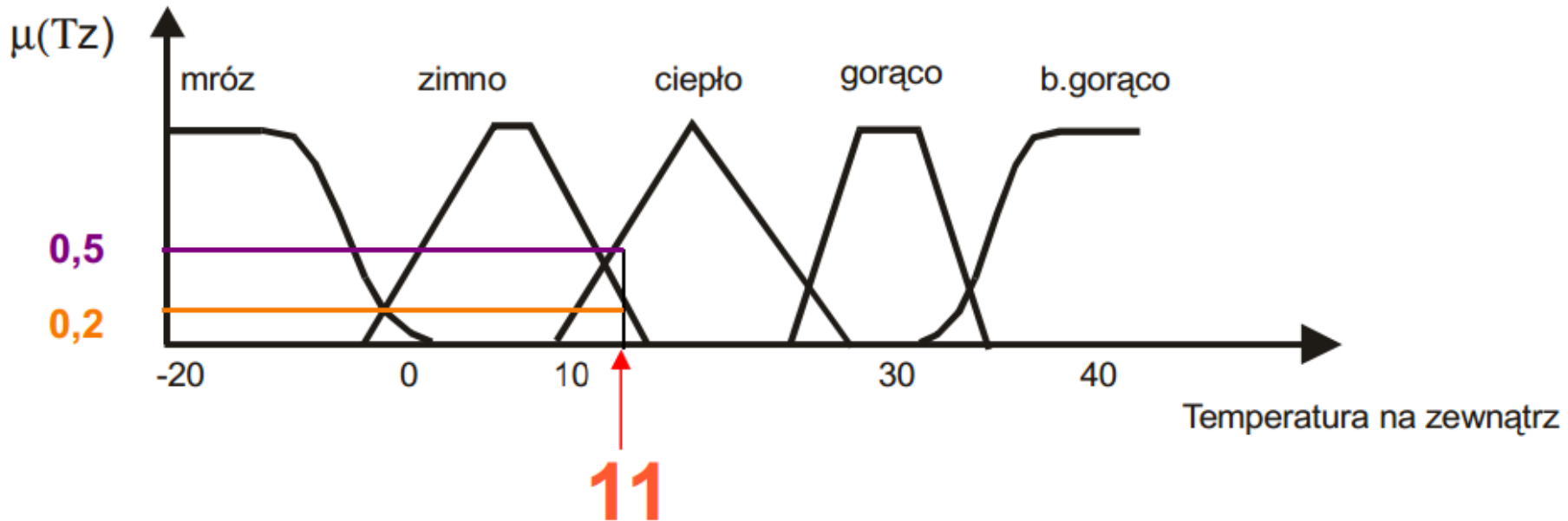
Rozmywanie



$$\mu_{\text{zimno}}(T_w=10)=0,4$$

$$\mu_{\text{b.zimno}}(T_w=10)=0,15$$

Rozmywanie



$$\mu_{\text{ciepło}}(Tz=11)=0,5$$

$$\mu_{\text{zimno}}(Tz=11)=0,2$$

Reguły sterowania

Temperatura na zewnątrz domu
Zbiory rozmyte



Temperatura wewnątrz domu
Zbiory rozmyte

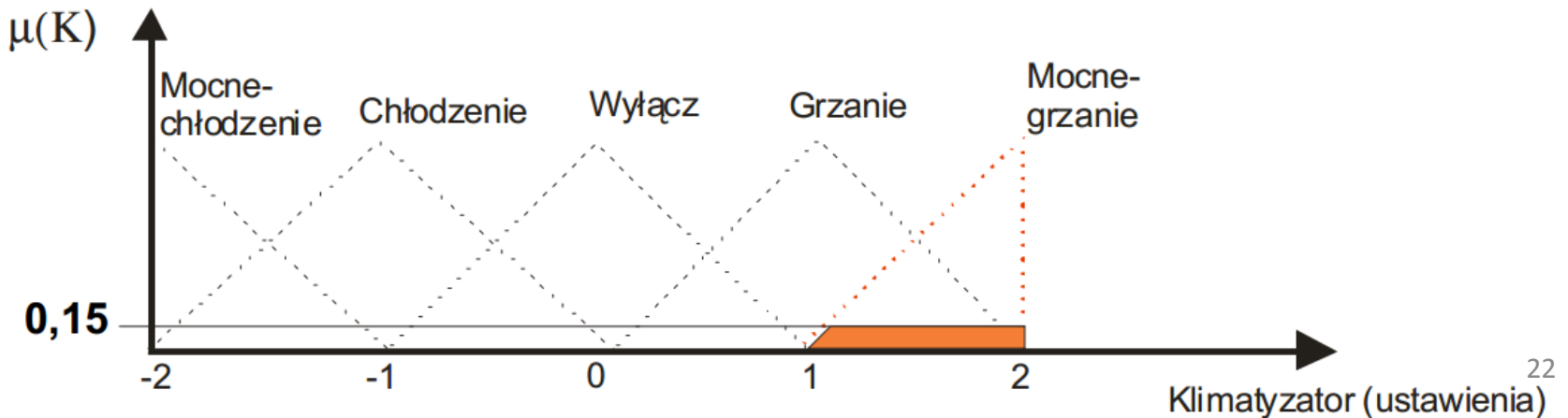
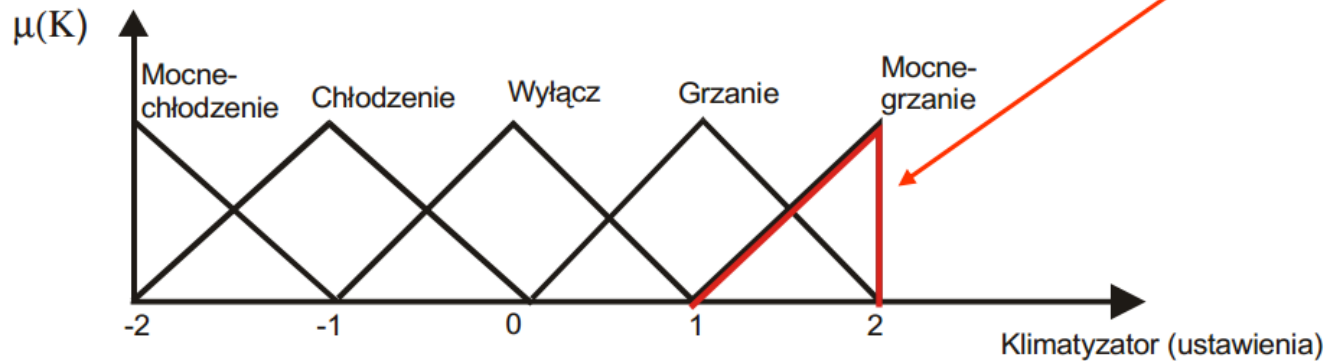
	Mróz	Zimno	Ciepło	Gorąco	B.gorąco
B.zimno	Mocne-grzanie	Mocne-grzanie	Grzanie	Grzanie	Wyłącz
Zimno	Mocne-grzanie	Grzanie	Grzanie	Wyłącz	Wyłącz
Dobrze	Grzanie	Wyłącz	Wyłącz	Wyłącz	Chłodzenie
Gorąco	Wyłącz	Wyłącz	Chłodzenie	Chłodzenie	Mocne-chłodzenie
B.gorąco	Wyłącz	Chłodzenie	Chłodzenie	Mocne-chłodzenie	Mocne-chłodzenie

Niezerowe stopnie wybranych aktywacji reguł

Aktywacja reguły

IF (TEMPwewnatrz is b.zimno) and (TEMPzewnatrz is zimno) THEN (Klimatyzator is mocne-grzanie)

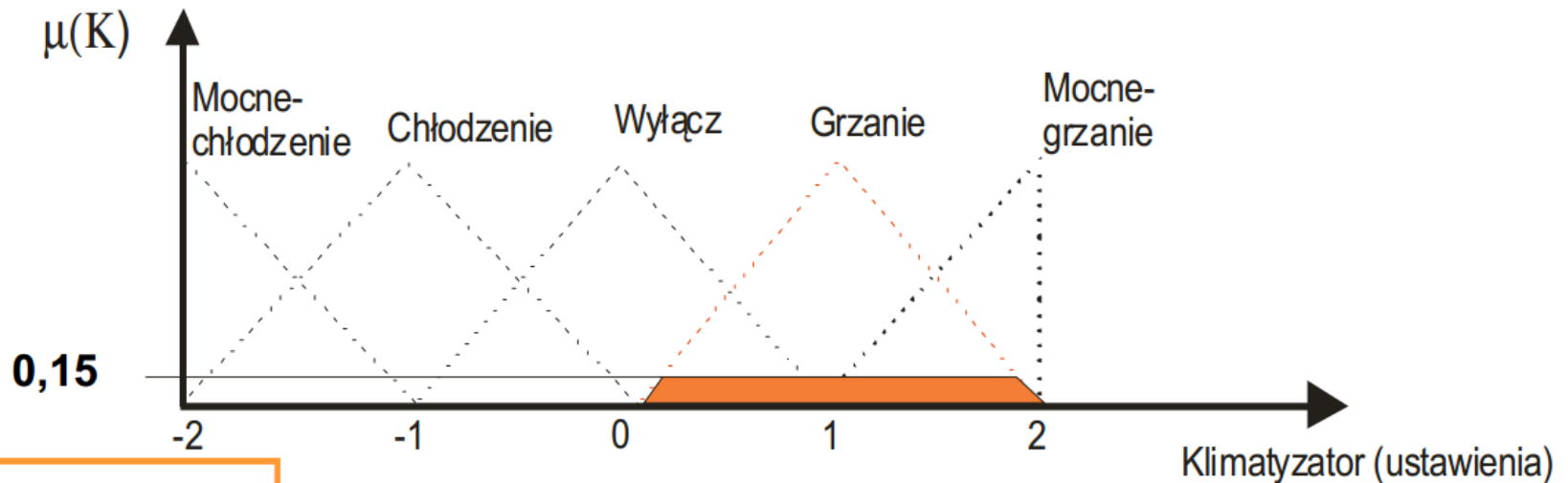
$$\mu_{zimno(Tw) \cap zimno(Tz)} = 0,15$$



Aktywacja reguły

R11. IF (TEMPwewnatrz is b.zimno) and (TEMPzewnatrz is ciepło) THEN (Klimatyzator is grzanie)

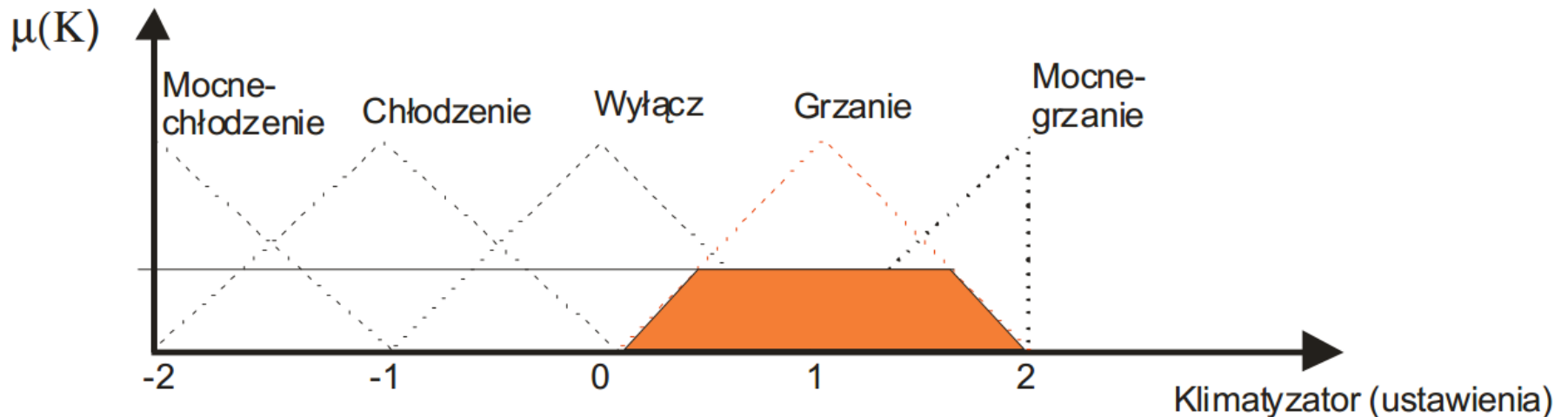
$$\mu_{b.zimno(Tw) \cap ciepło(Tz)} = 0,15$$

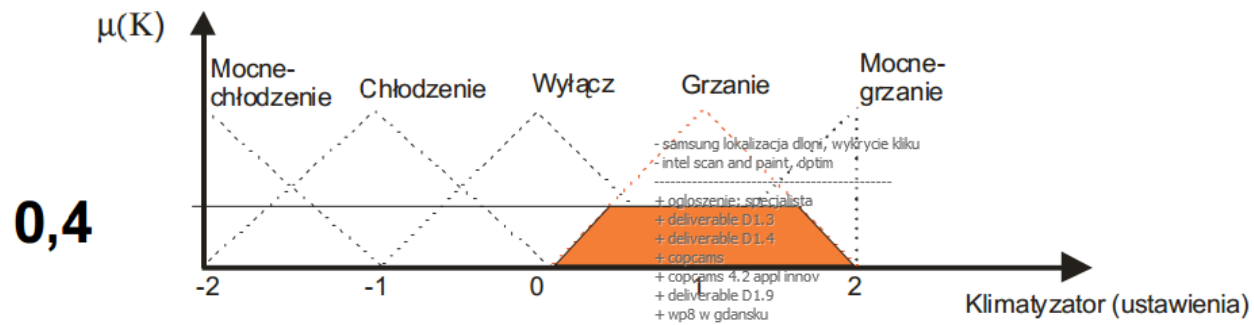
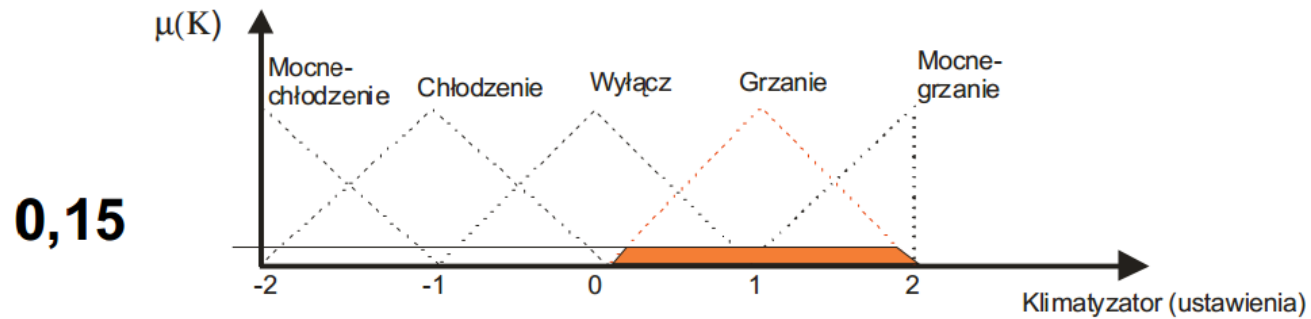
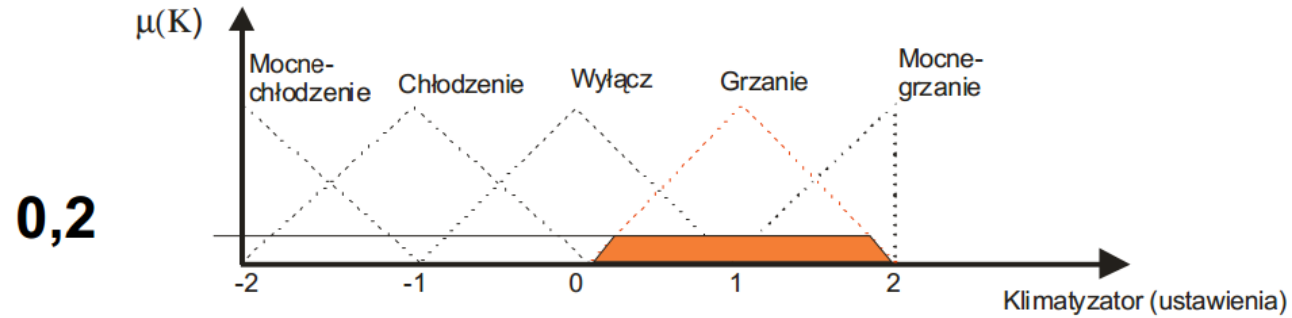
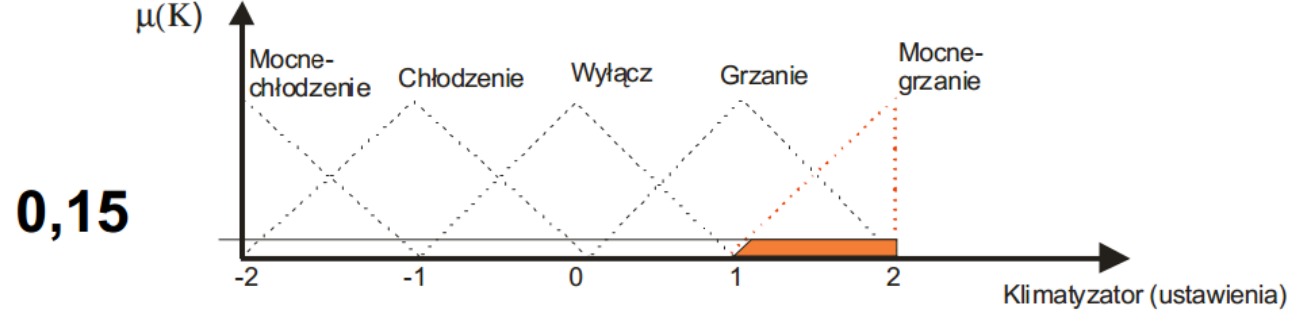


Aktywacja reguły

R12. IF (TEMPwewnatrz is zimno) and (TEMPzewnatrz is ciepło) THEN (Klimatyzator is grzanie)

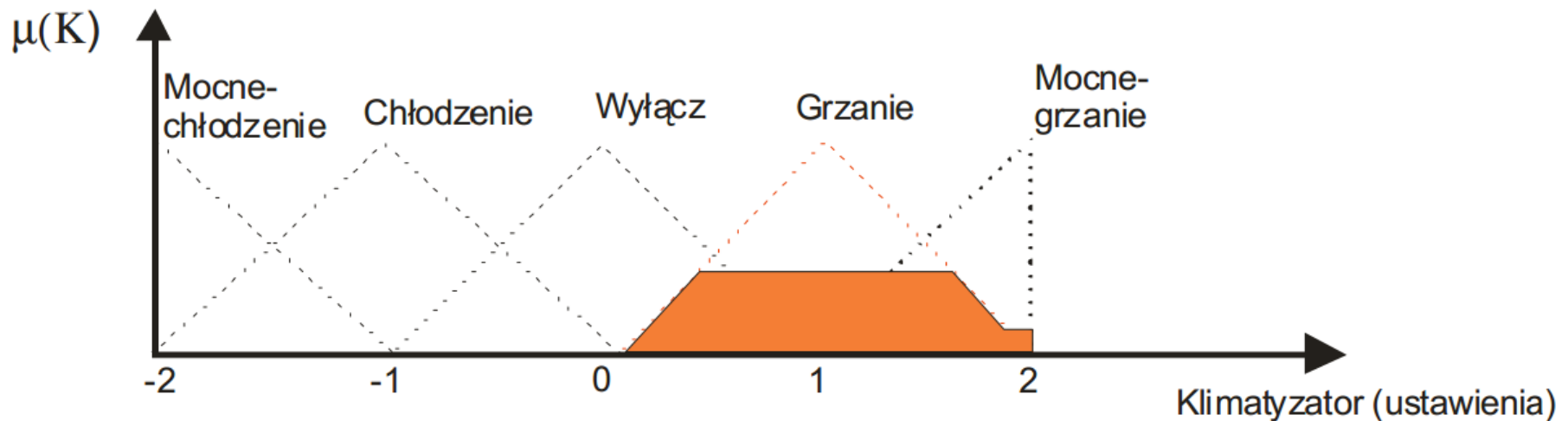
$$\mu_{b.zimno(Tw) \cap ciepło(Tz)} = 0,4$$

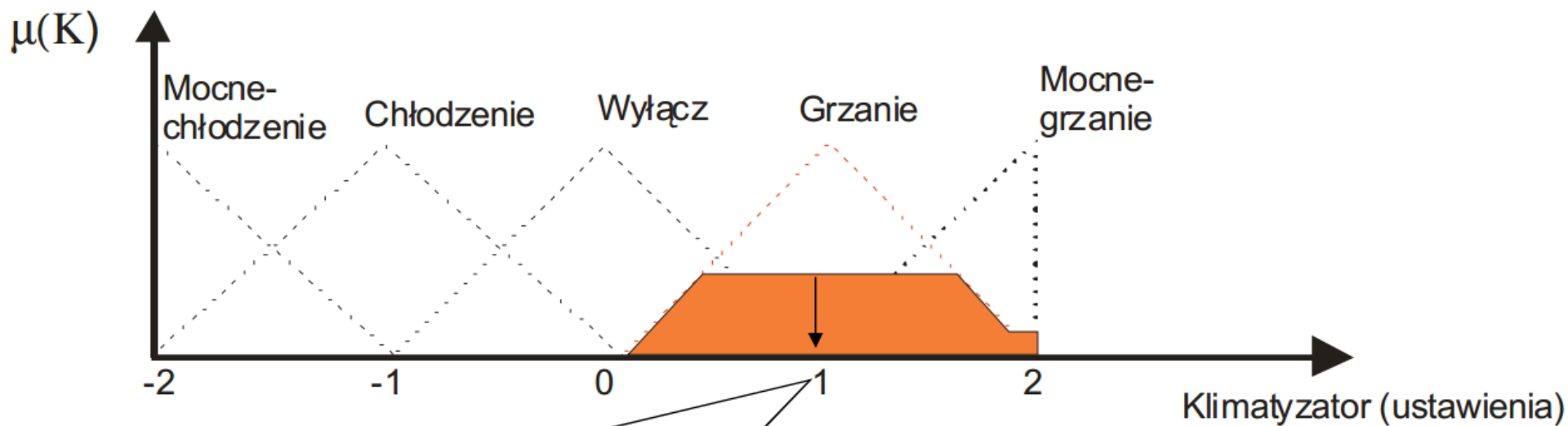





Agregacja reguł

$$\mu_C(x) = \text{Max}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$






· Metoda środka maksimum (*Middle of Maxima*)

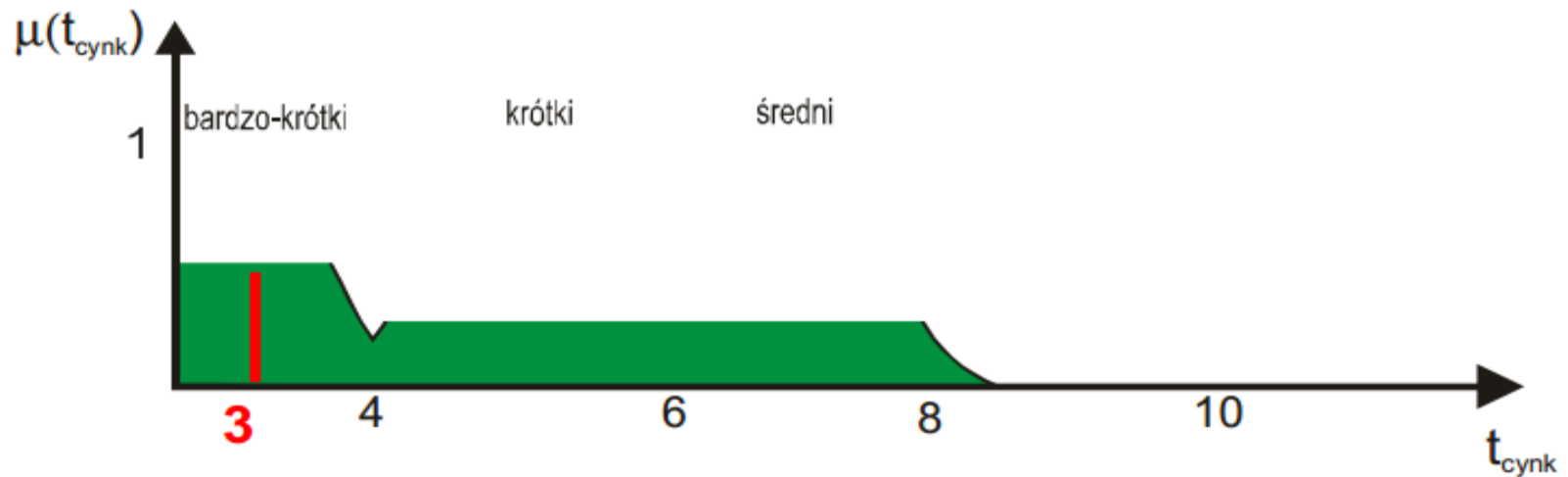
\bar{X}_1 

Temperatura wewnątrz domu = **10°C**

\bar{X}_2 

Temperatura na zewnątrz domu = **11°C**

Przykład – metoda środka maksimum



Zalety stosowania logiki rozmytej

- Stabilność – małe różnice na wej. generują małe różnice na wyj.
- Łatwość – wyrażenie wiedzy w języku naturalnym
- Interpolacja – możliwość obliczenia wyj. dla danych wej. spoza zakresu początkowo przewidzianego
 - (przy odpowiedniej konstrukcji *f. przynależności*)