

**R U Connected ?????**

<https://www.youtube.com/watch?v=TNLgfq7nROI>

**?????**

# Prednáška # 5

## Fuzzy Systémy – základy

# Motivačné video

<https://www.youtube.com/watch?v=P8wY6mi1vV8>

# Štruktúra prednášky

- Fuzzy množina
- Fuzzy Logika
- Inferencia
- Fuzzy pravidlo ako forma znalostí (aproximátor funkcie)
- Fuzzy inferenčný systém
- Adaptívny Fuzzy Inferenčný systém
- Aplikačný potenciál Fuzzy Systémov—kedy ich použiť

# Ostrá množina versus fuzzy množina?

- Ostrá – crisp – jasne definovaná
- neostrá – fuzzy – neostre definovaná
- ako na to ??? Riešenie – viachodnotová logika

Riešenie ponúkajú FUZZY MNOŽINY SYSTÉMY prof. Lotfi Zadeh

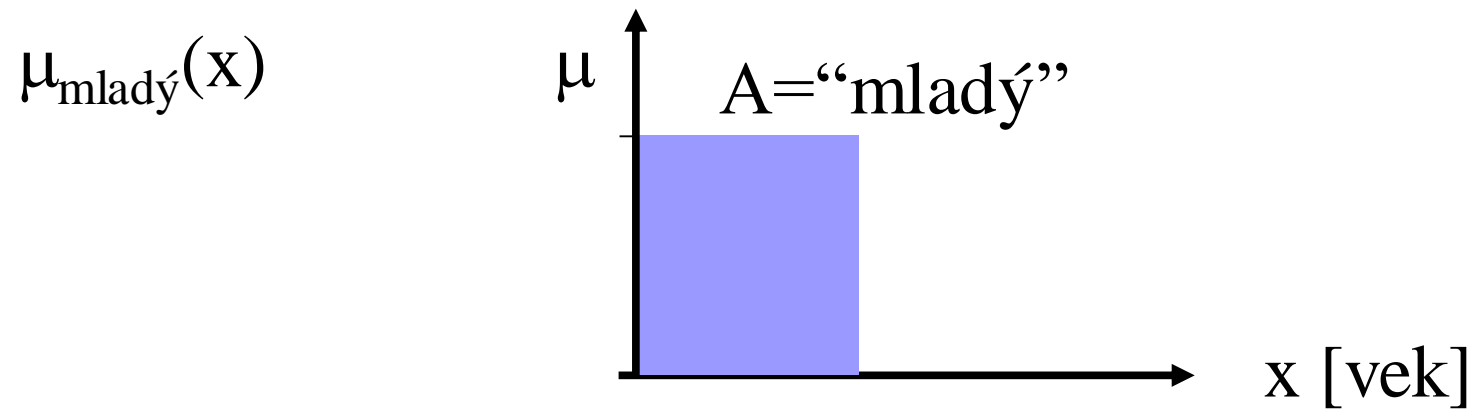
# Klasická množina

- $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$
- Jasne definované prvky
- Vždy prvok patrí do množiny
- Klasika....

# Množiny a fuzzy množiny

$$\text{mladý} = \{ x \in P \mid \text{vek}(x) \leq 20 \}$$

$$\text{Zavislost'} : \mu_{\text{mladý}}(x) = \begin{cases} 1 : \text{vek}(x) \leq 20 \\ 0 : \text{vek}(x) > 20 \end{cases}$$



# Správnosť zápisu funkcie

$\mu_{\text{mladý}}(x)$

~~$\mu(x)$~~



# Definičný interval funkcie

$$\mu_{\text{mladý}}(\mathbf{x}) \in \langle 0, 1 \rangle$$

**Any tvar ☺**

# Hlavné charakteristiky Fuzzy množiny (FM)

- Výška FM
- Normalita versus SubNormalita FM
- Support FM
- Core FM
- $\alpha$  Rez FM
- Modalita FM
- Cardinalita FM
- Normalizácia FM

# Výška FM

FM A má supremum (výšku) Z teda

$$Z = \sup_{X} A(x) \quad \rightarrow \quad Z = \text{Sup}_{X} A(x)$$

# Normalita – subnormalita FM

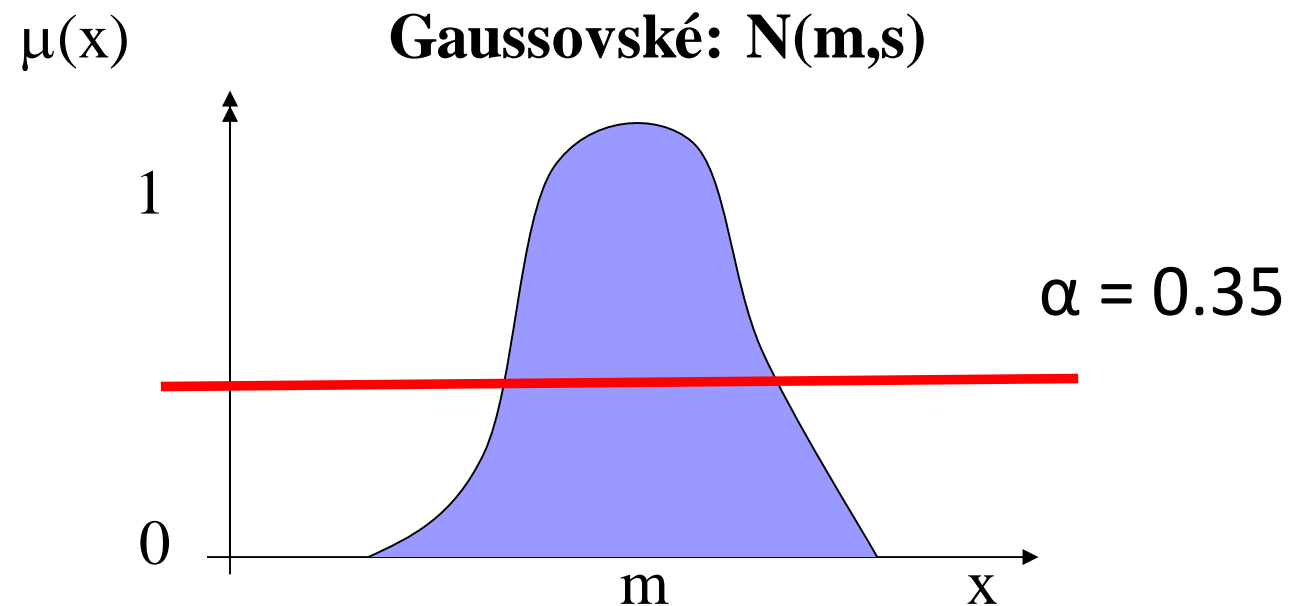
FM  $A$  je normálna ak

Existuje taký prvok FM  $A$   $x$  – kde platí že  $\mu_A(x) = 1$

Teda -  $\text{Sup } A = 1$

ak neexistuje – tak FM je Sub-normálna Teda -  $\text{Sup } A \neq 1$

# $\alpha$ – úroveň fuzzy množiny



# Fuzzy množiny

- $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$



- $A = \{[a_1, \mu_A(a_1)], [a_2, \mu_A(a_2)], \dots, [a_n, \mu_A(a_n)]\}$

Názov množiny : Lingvistické premené

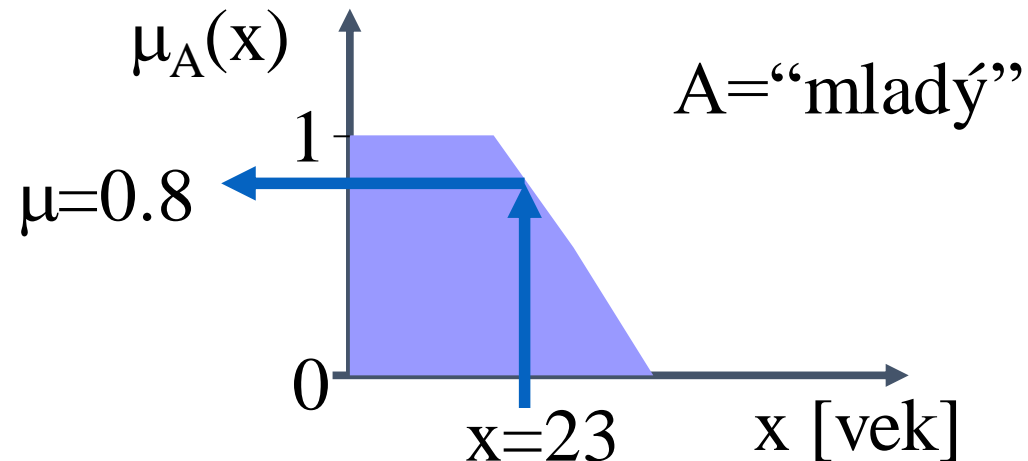
Mladý, Stredný-Vek, Starý .... Etc. - nazývame univerzum - príznaky

# Fuzzy množina

Definícia :

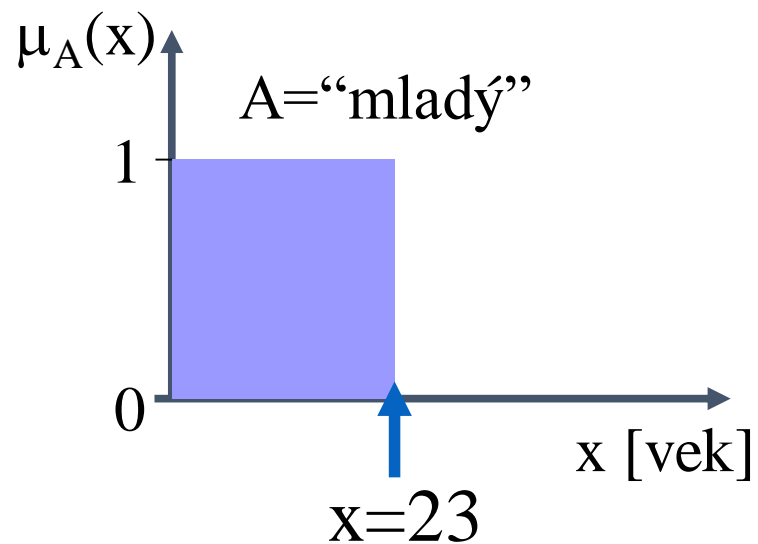
Fuzzy množina  $A = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X, \mu_A(x) \in \langle 0,1 \rangle\}$

- (univerzum)  $X : 0 < x < 100$
- funkcia prislusnosti  $\mu_A : X \in \langle 0,1 \rangle$

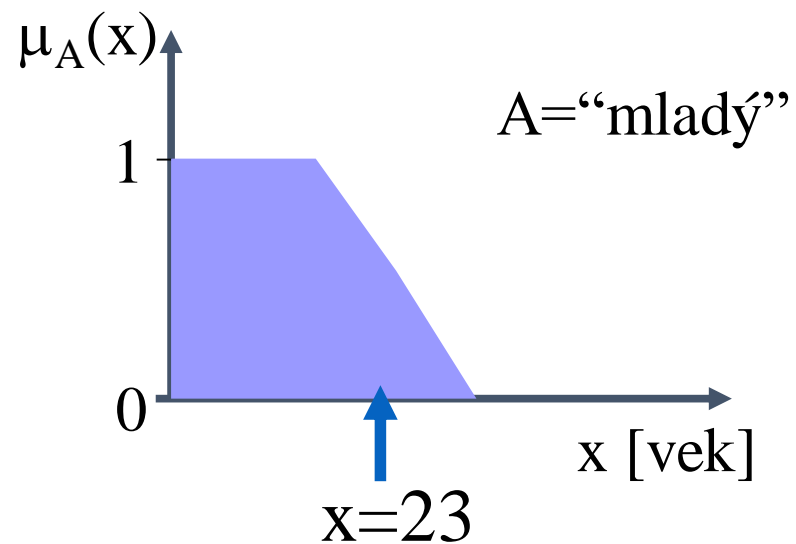


# Porovnanie

$$\mu(x) \in \{0,1\}$$

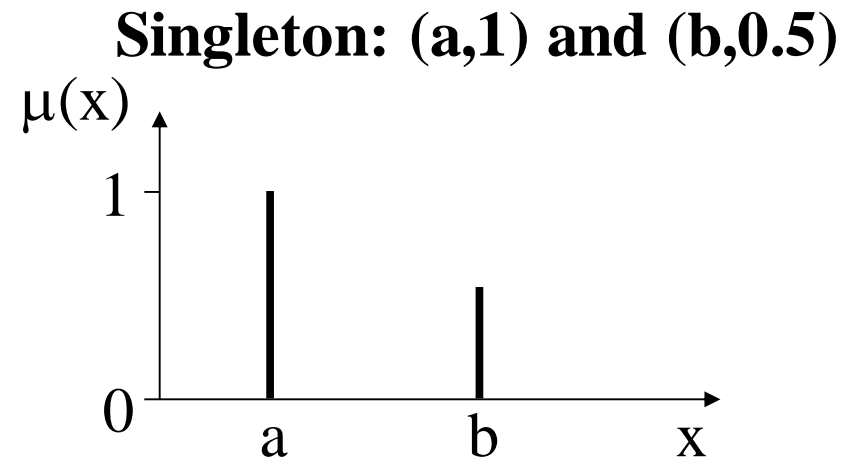
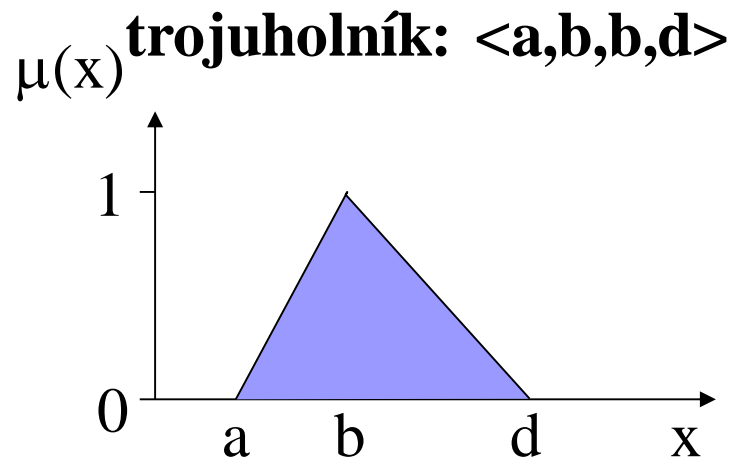
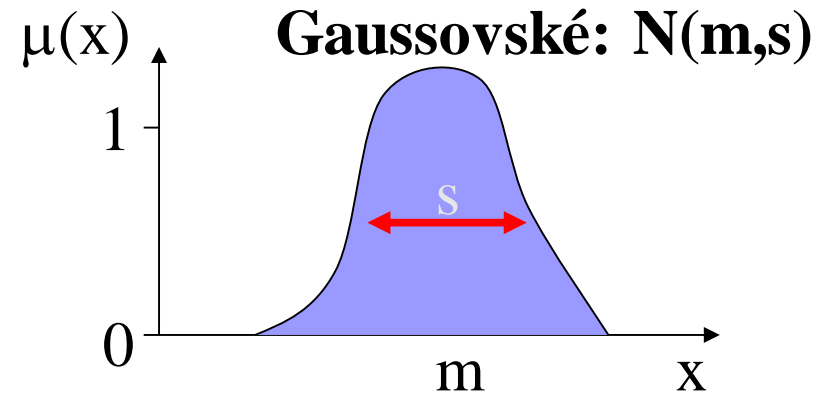
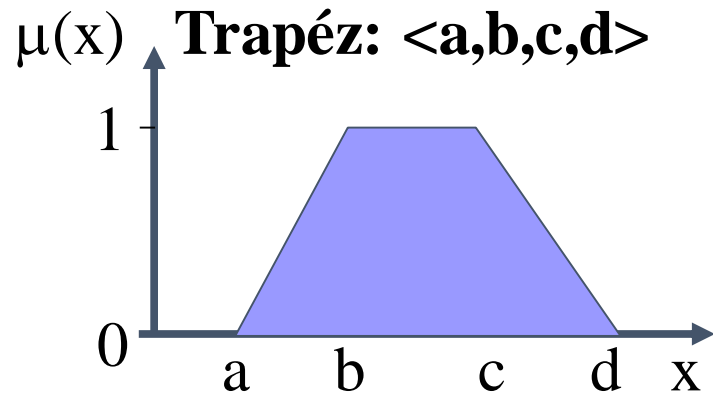


$$\mu(x) \in \langle 0,1 \rangle$$





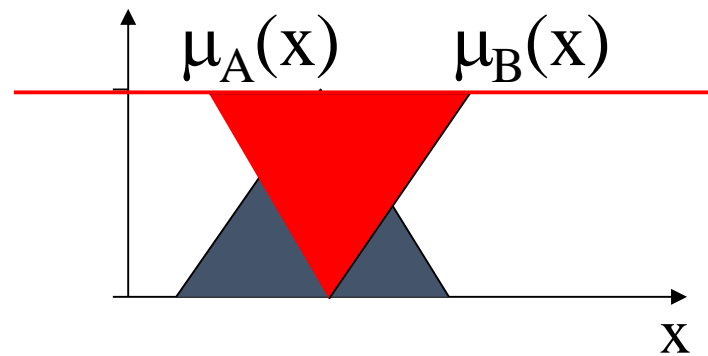
# Tvary funkcii príslušností



# Operácie s fuzzy množinami

- Doplnok :

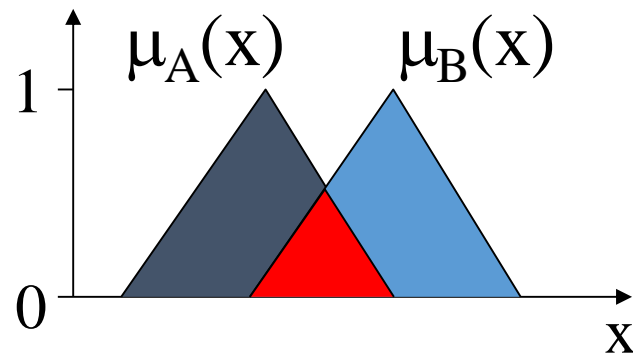
$$\mu_{A-}(x) = 1 - \mu_A(x)$$



# Operácie s fuzzy množinami

- prienik: T Norma pre Fuzzy Množiny

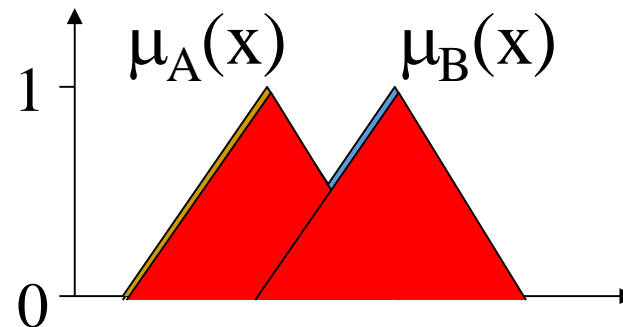
$$\mu_{A \wedge B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$



# Operácie s fuzzy množinami

- zjednotenie: T CO-Norma pre Fuzzy Množiny

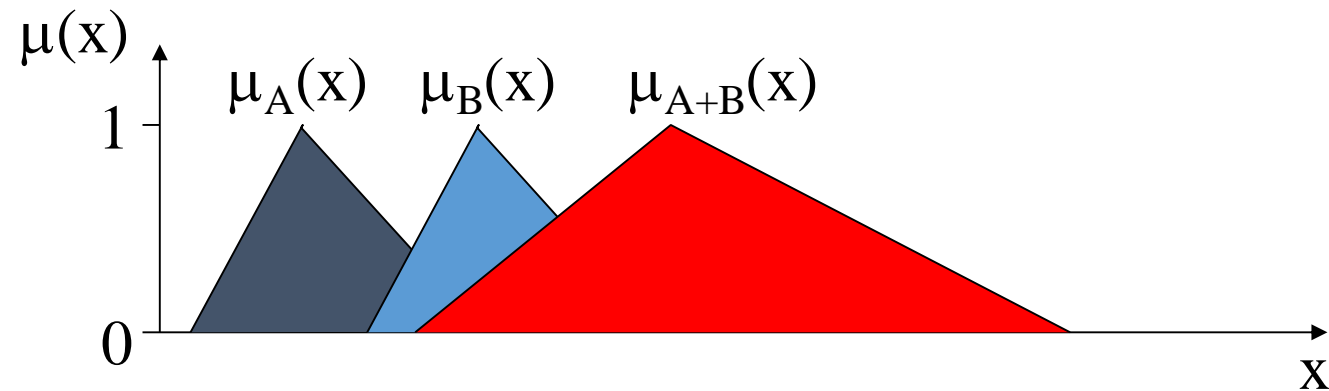
$$\mu_{A \vee B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$



# Fuzzy čísla

- Ščítanie :

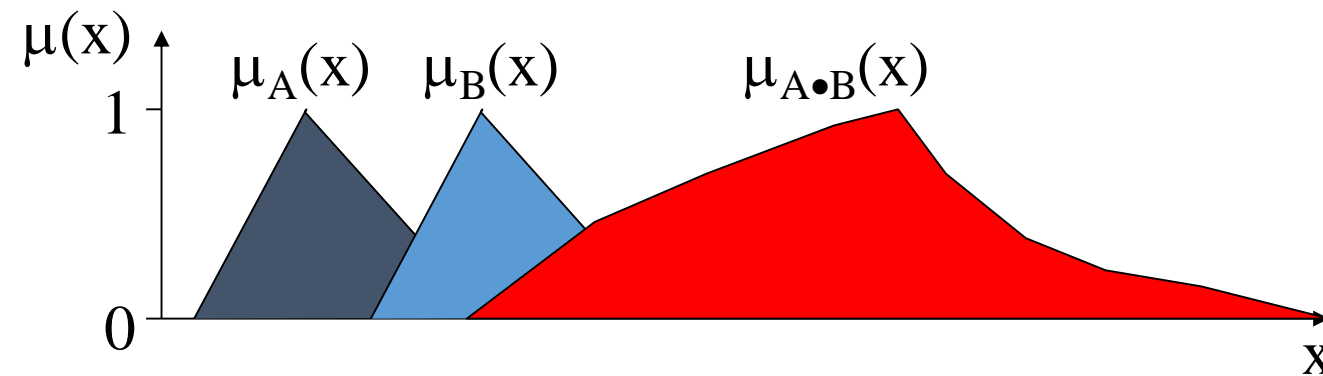
$$\mu_{A+B}(x) = \max\{\mu_A(y), \mu_B(z) \mid x=y+z\}$$



# Fuzzy čísla

- nasobenie:

$$\mu_{A \bullet B}(x) = \max \{ \mu_A(y), \mu_B(z) \mid x = y \bullet z \}$$





QUESTION :

“Čo je to hromada piesku ???

# What is Fuzzy Logic ?– Opakovanie

[https://www.youtube.com/watch?v=rIn\\_kZbYaWc](https://www.youtube.com/watch?v=rIn_kZbYaWc)



# Na čo prof. Zadeh – Vymyslel Fuzzy množiny

- Search Engine

<https://duckduckgo.com/>

- Fuzzy Systemy na Riadenie – Fuzzy Regulátory ...

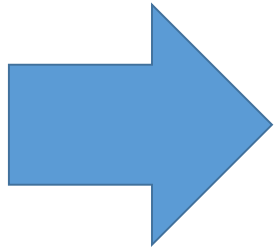
# Fuzzy Regulátor (Inferenčných systémov)

## Sledovanie človeka ako systém

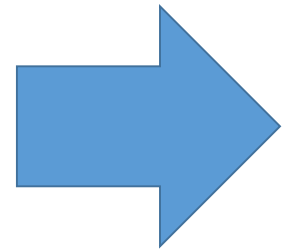


# Človek ako Funkcia (vstupy a výstupy)

IN



OUT



# Intelligentné rozhodovanie

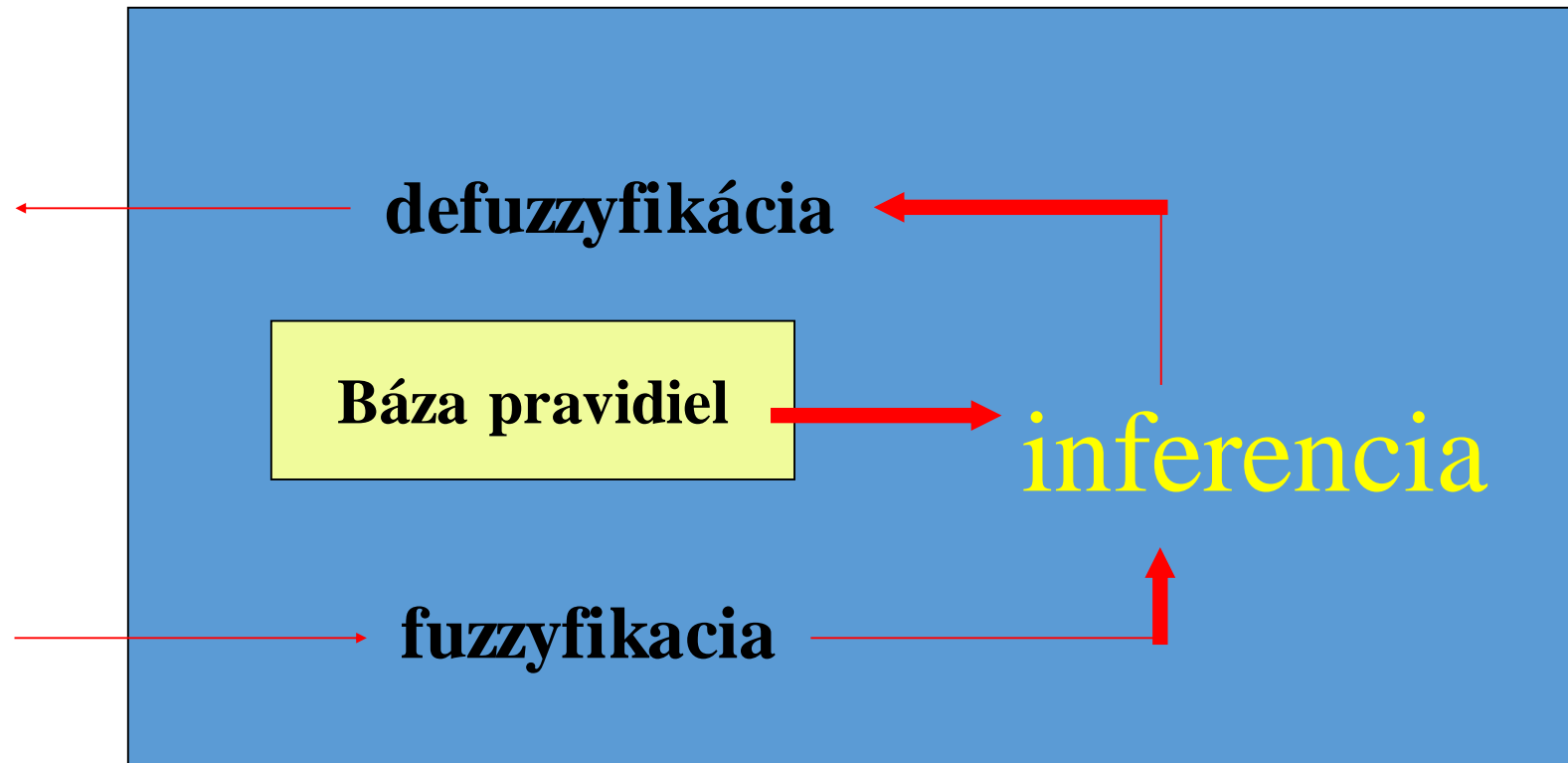
**SISO(Single In Single Out), SIMO(Single In Multiple Out),  
MIMO(Multiple In Multiple Out); MIMO=MISO1+MISO2**



# Fuzzy systém

Out – reálne  
číslo  $Z$

In - reálne  
číslo  $(X, Y)$



# Čo je to Báza pravidiel ?

IF X je LPX1 AND Y je LPY1 AND .... Q je LPQ1

**Potom**

**Z je LPZ 1**

IF X je LPX2 AND Y je LPY2 AND .... Q je LPQ2

**Potom**

**Z je LPZ 2**

IF X je LPX3 AND Y je LPY3 AND .... Q je LPQ3

**Potom**

**Z je LPZ 3**

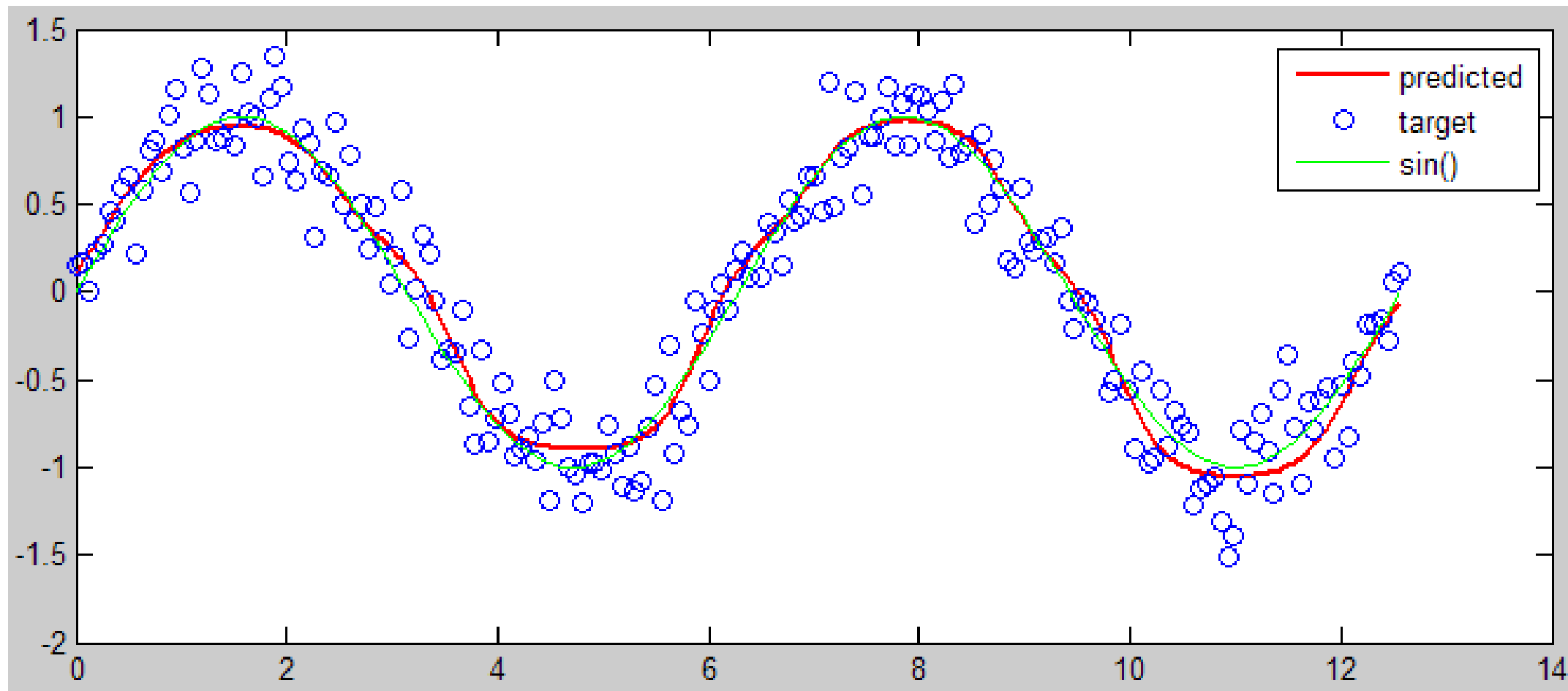
.....

IF X je LPXn AND Y je LPYn AND .... Q je LPQn

**Potom**

**Z je LPZ n**

# Čo Vlastne robíme Fuzzy Systémom ??????



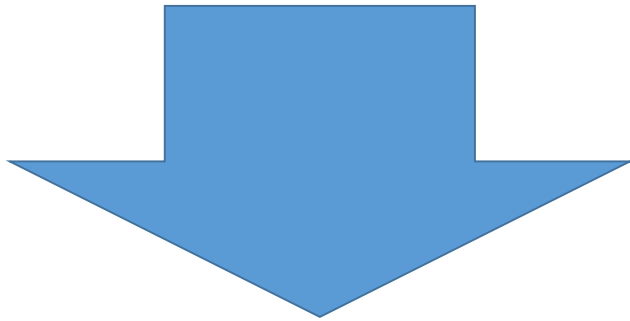
# Ako vzniká Báza pravidiel ????





# Čo je to Inferencia (odvodzovanie) ???

Inferencia – v pravidlových systémoch môže hľadať príspevok jednotlivých pravidiel k výpočtu výsledku ku konkrétnemu vstupu



Fuzzy Inferenčné systémy



# Základné kroky tvorby fuzzy systému

1. Fuzzyfikacia vstupu
2. Grafická reprezentácia
3. Báza znalostí IF-THEN musí existovať a musí byť navrhnutá expertom
4. Výpočet sily každého pravidla
5. Agregácia – výstupy (rozne prístupy)
6. Defuzzyfikácie - (rozne prístupy)

# Príklad fuzzy systému

Navrhnime fuzzy regulator teploty – pre vykurovanie

## 1. vstup

temp – aktuálna teplota = {nizka, stredná, vysoká}

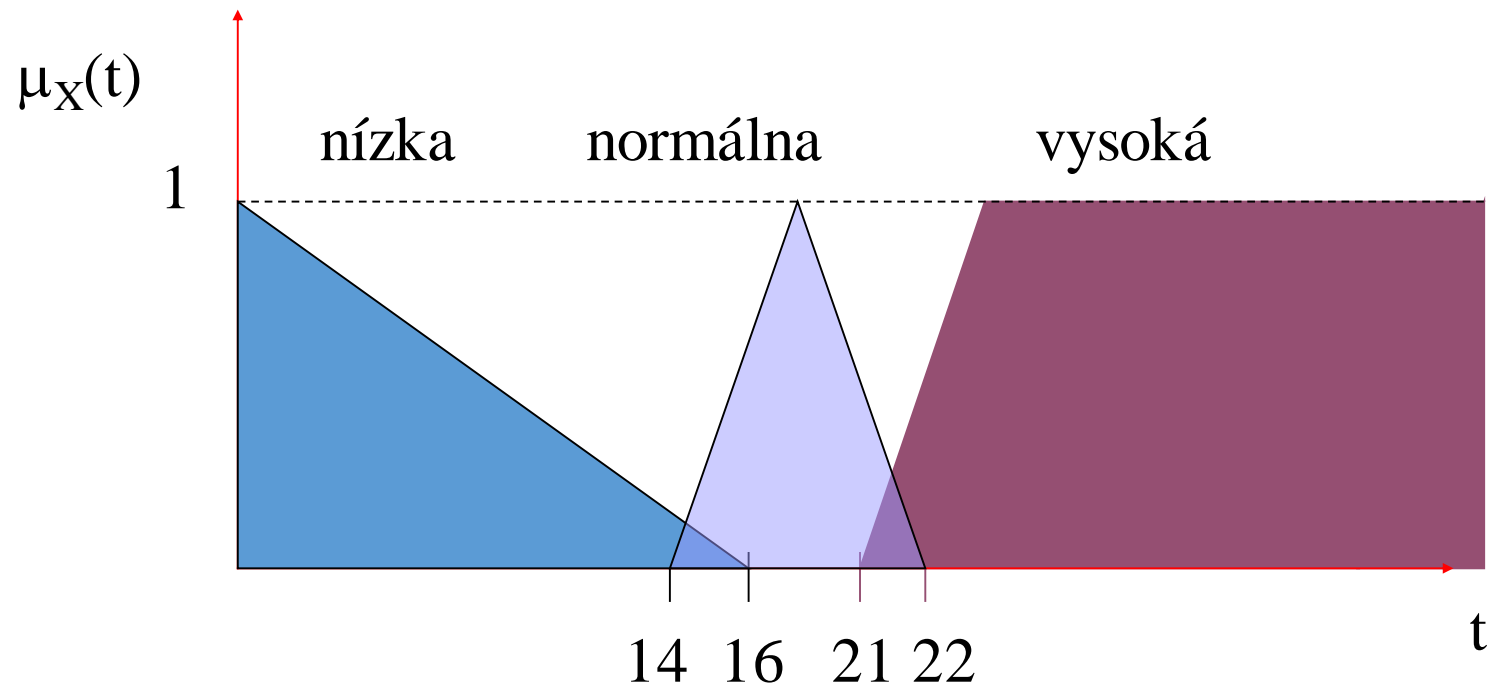
$\Delta$ temp – rozdiel aktuálnej a cieľovej teploty = {malý , stredný , veľký}

## 2. Výstup t – čas = {vypnutie, krátko, stredne dlho, dlho}



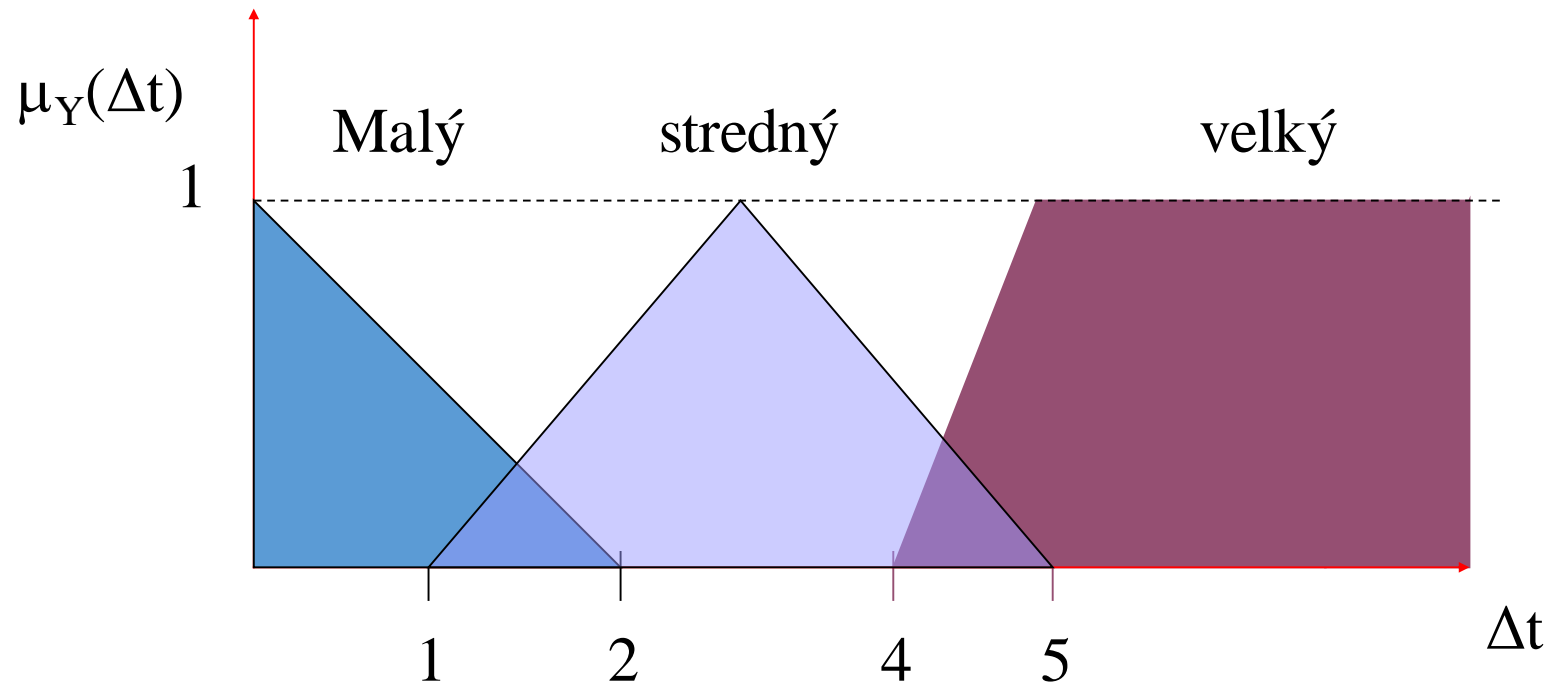
# Manuálna fuzzyfikácia - Vstup 1

## 2.1. Aktuálna teplota



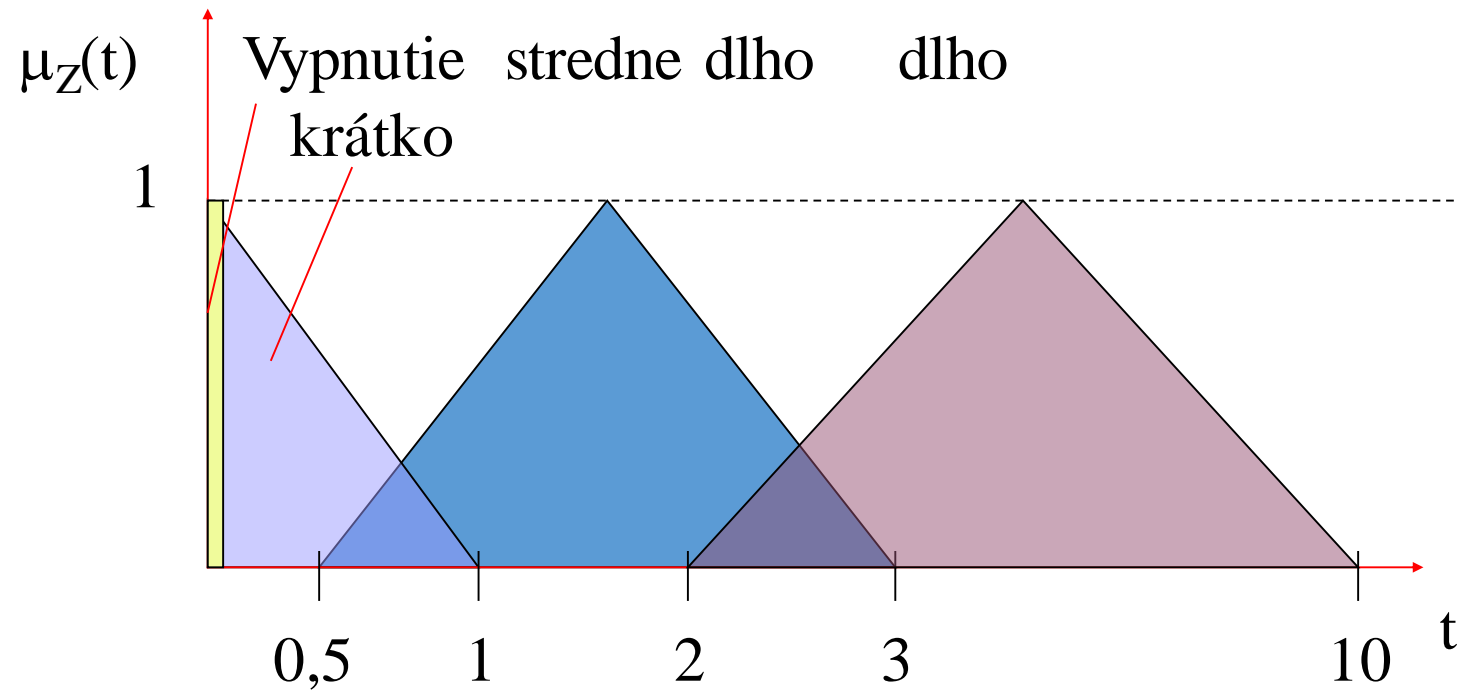
# Manuálna fuzzyfikácia - Vstup 2

rozdiel aktuálnej a cieľovej teploty



# Manuálna fuzzyfikácia - Výstup

## 2.3. signál pre vykurovacie teleso



# Manuálny (expertný) návrh pravidiel

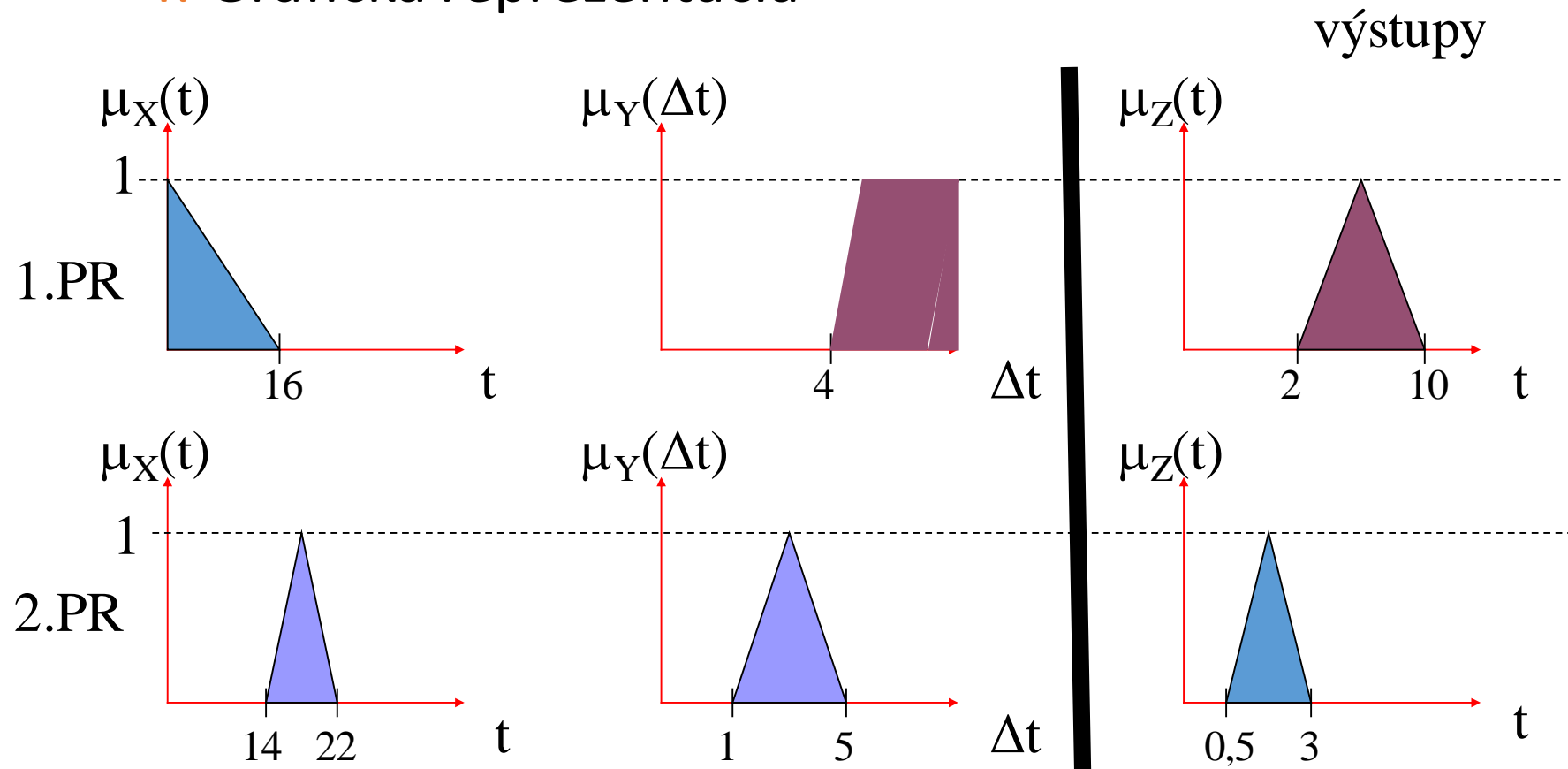
## 3. IF-THEN pravidlá :

1. IF X=nízka AND Y=velký  
THEN Z=dlho
2. IF X=stredná AND Y=stredná  
THEN Z=stredne dlho

Viac IF-Then pravidiel

# Grafická reprezentácia pravidiel

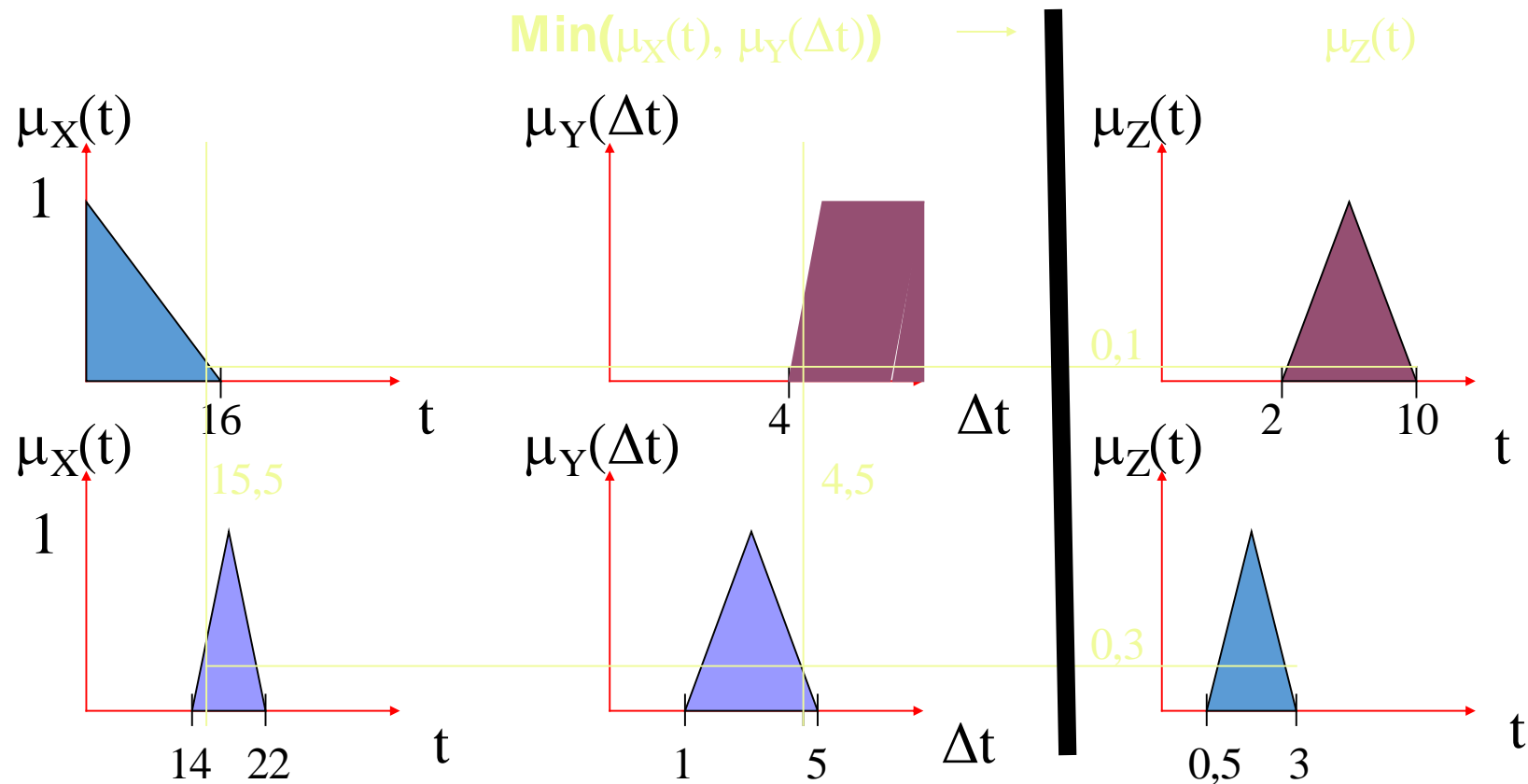
## 4. Grafická reprezentácia





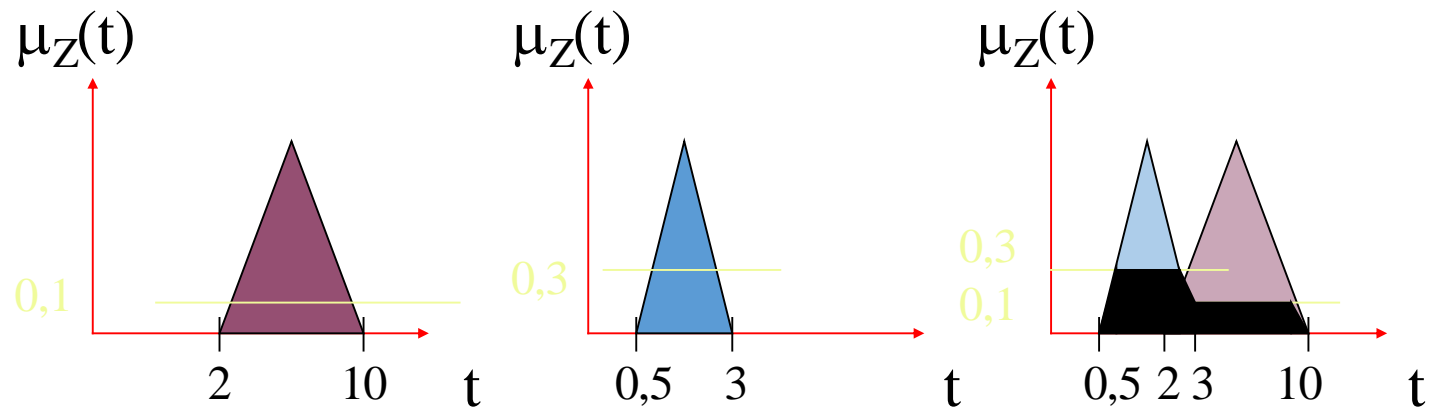
# Grafická reprezentácia – prvá situácia

**5a.** Aktuálna 15,5C , cieľová 20 ( $x=15,5$   $y=4,5$ )



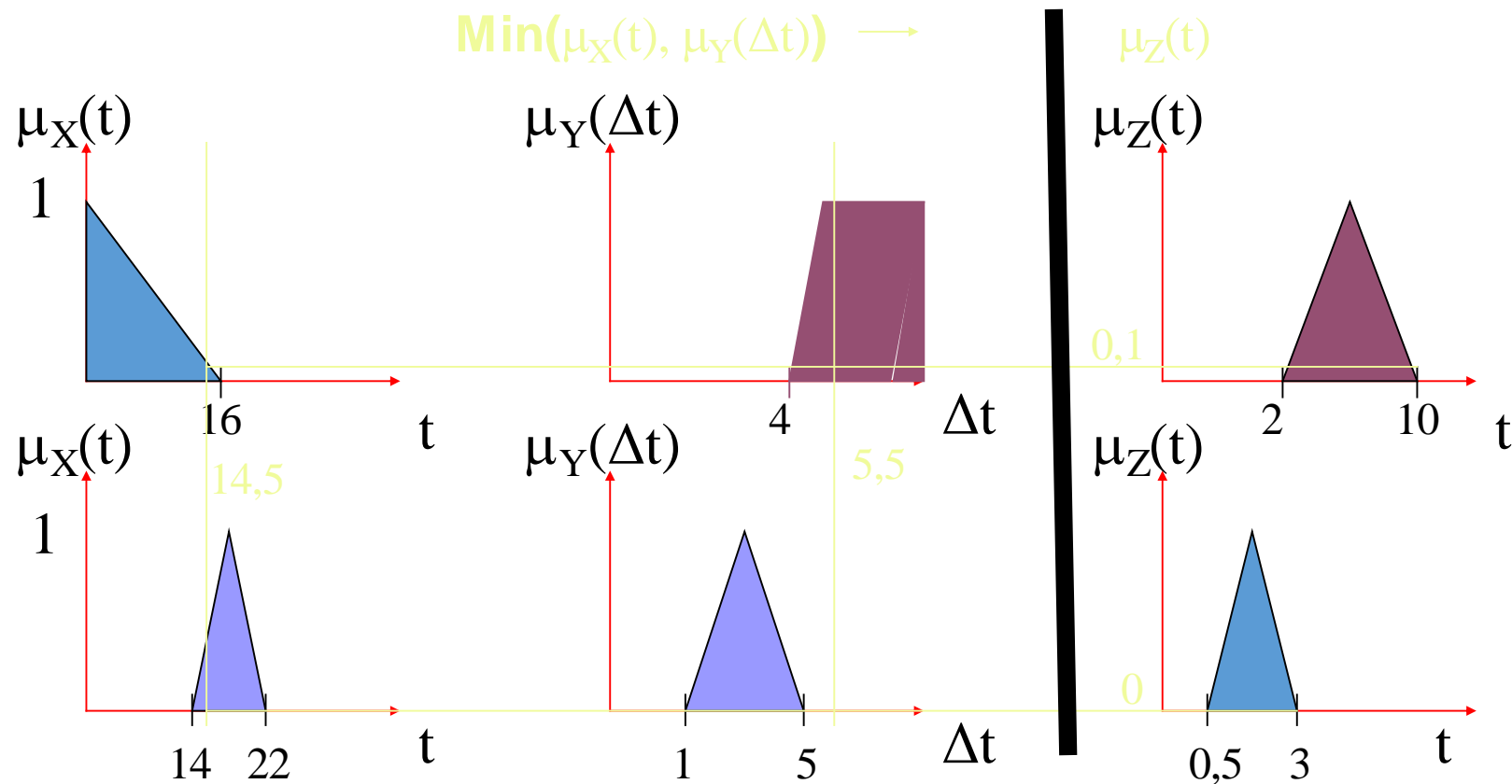
# Výstup – vertikálne – Agregácia dole ....

## 5b. Agregácia – sumacia



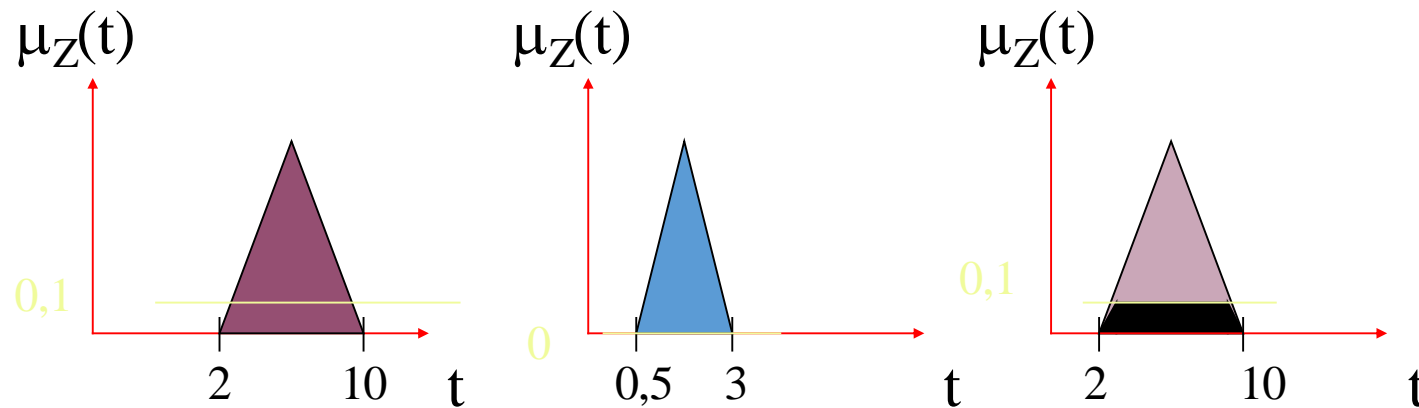
# druha situácia

**6a.** (x=14,5 y=5,5)



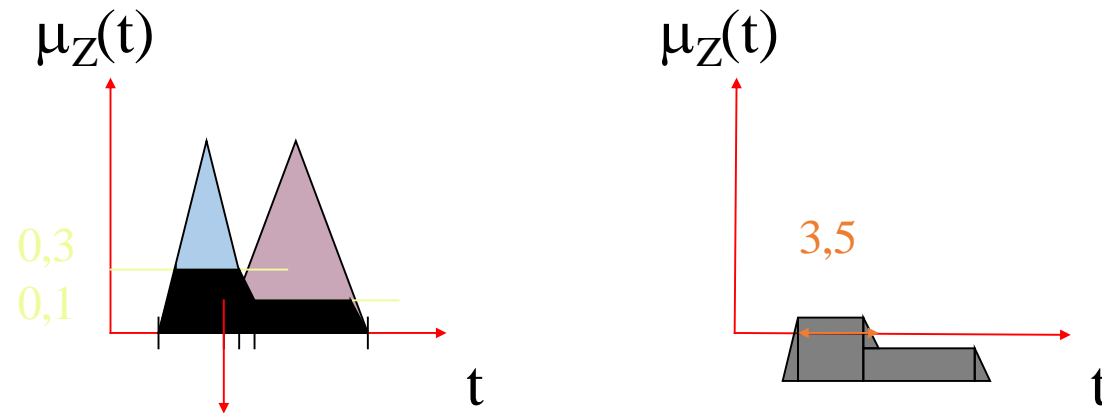
# Výstup – vertikálne – Agregácia dole ....

## 6b. Agregácia – max



# Defuzzyfikácia pre prvý prípad – získanie reálnej hodnoty na výstupe.

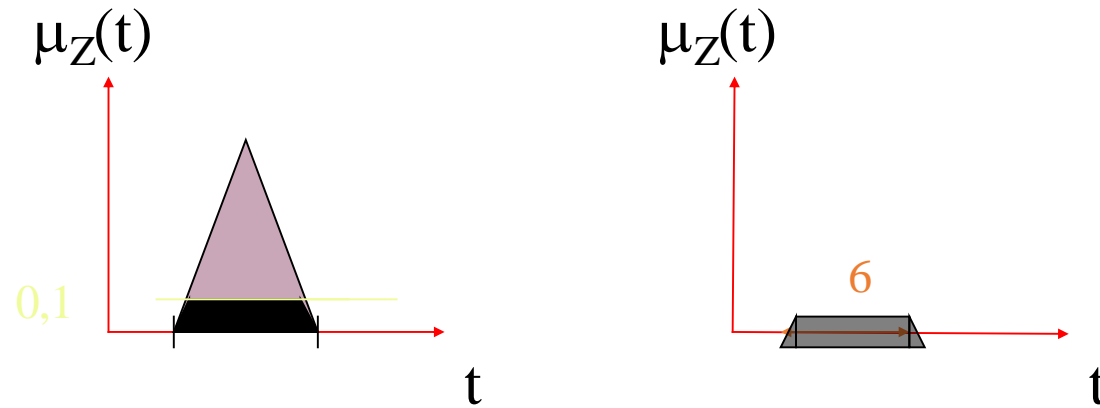
## 7a. Defuzzyfikácia



Výsledok – bude sa kúriť 3,5 min.

# Defuzzyfikácia pre druhý prípad – získanie reálnej hodnoty na výstupe.

## 7b. Defuzzyfikácia



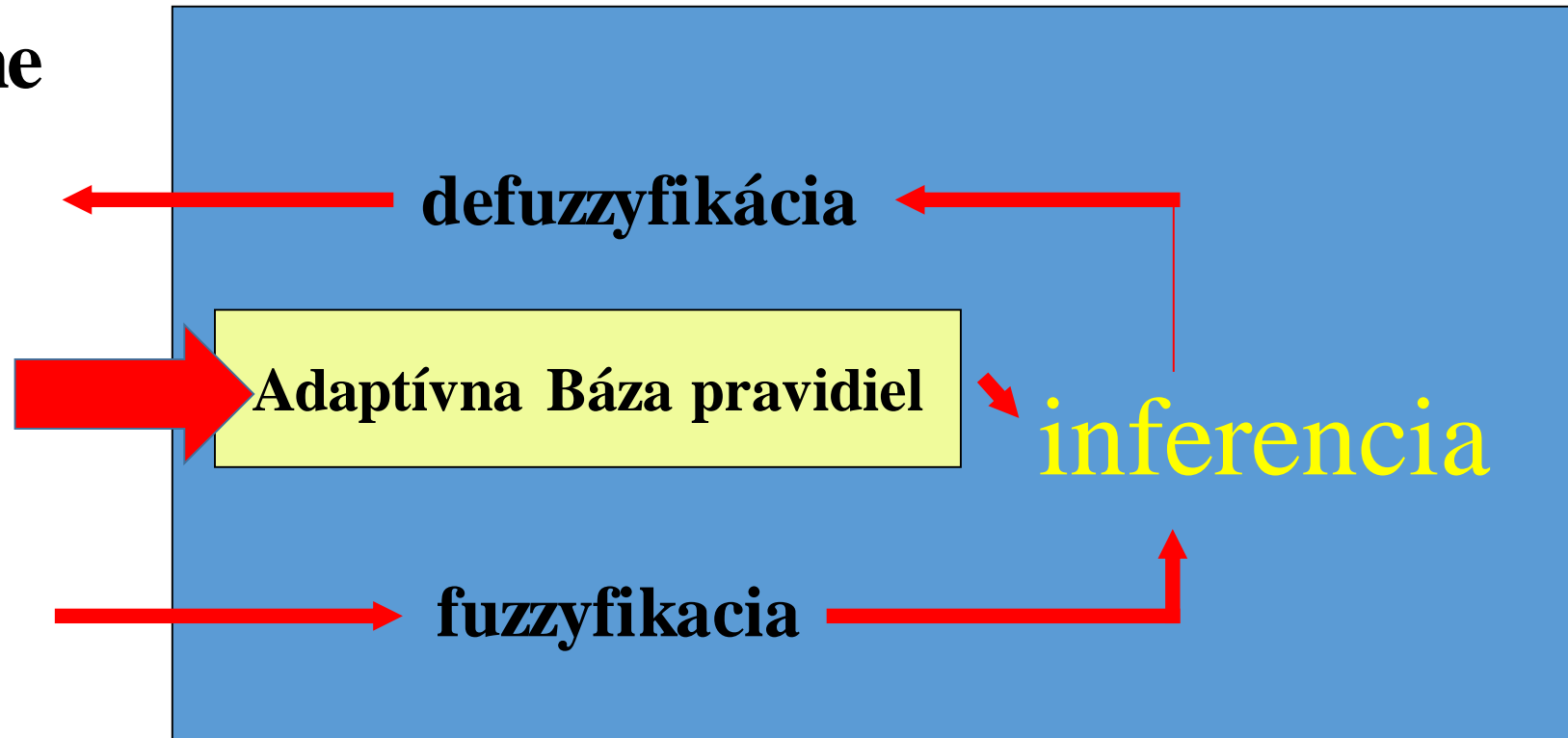
Bude sa kúriť 6 minút

# Adaptívny Fuzzy systém

Out – reálne  
číslo  $Z$



In - reálne  
číslo  $(X, Y)$



# Kedy použiť Fuzzy množiny ???

- Ak chceme popísať slovami neurčité situácie, hodnoty, javy
- Ak chceme Slovné výrazy matematicky formulovať



# Aký je vzťah medzi pravdepodobnosťou javu a fuzzy množinami ????

- Theory of probability
- Theory of possibility (fuzzy teória)

**Kedy použiť Fuzzy Systém ???**

**Ak máme experta a ten má  
znalosti 😊**

# Záver

Možem modifikovať funkcie príslušnosti – pri zachovaní pravidiel

Dostávam funkčný systém v iných podmienkach = napr. iný dom  
Inak zateplený a pod.....

# Konkrétny produkt ...

<http://www.infra-salave-kurenie.sk/infra-salave-kurenie/eshop/5/0/5/49-Digitalny-termostat-s-Fuzzy-logikou>



QUESTION :

“Čo je to OCULUS , Čo je to  
HOLOLENS – Aký je rozdiel medzi  
nimi ???

**MUST SEE VIDEO ... 😊**

<https://www.youtube.com/watch?v=IZviPp7Il2M>



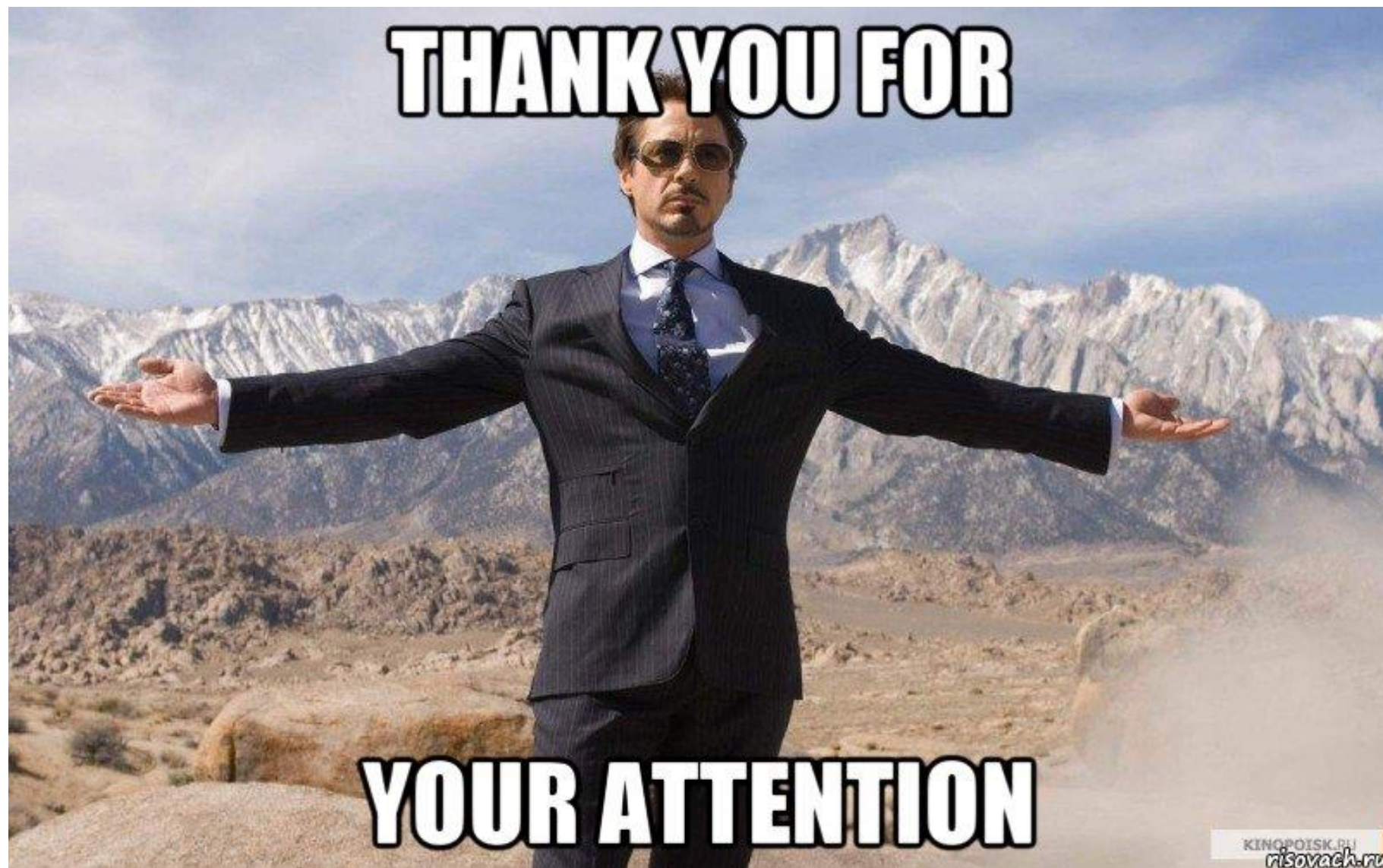
QUESTION :

“Vedeli by sme namodelovať pravidlový  
systém predsedu vlády SR – alebo  
predsedu hnutia OĽANO ????”

# Samoštúdium – pre všeobecný prehľad

<https://www.youtube.com/watch?v=lqsaPvciJOE>





# Súťaže :

- **O najlepšie poznámky z prednášok (všetkých) / 350 Euro netto**
- **O najaktívnejšieho študenta na cvičení (jeden zo skupiny) / 100 Euro netto**
- **O najlepšieho programátora** v Cloudovom prostredí – musí najviac certifikátov z **Microsoft Virtual Academy** a byť dobrý / 250 Euro netto
- **O najlepšiu myšlienku** využitia robota NAO (100Euro), Q.bo(100Euro) a **RoboKind** (100Euro) – spojenú s pilotnou prezentáciou
- **Súťaž kandidáta(ov)** na Erasmus v Scuola Superiore Sant Anna v Pise Taliansku ...

**Podmienka : - minimalne 75 kvalifikačných bodov a 50 bonusových bodov**

Cvičenia ---- výzva na bonusové body ...

