

5

## Fuzzy regulátory

Miloš Schlegel

schlegel@kky.zcu.cz

### Několik výroků o přesnosti

- *Přesnost a pravdivost neznamena totéž. (Henri Matisse)*
- *Věřím, že nic není bezpodmínečně pravdivé a proto jsem v opozici každé absolutní pravdě a také tomu kdo ji hlásá. (H.L.Mencken)*
- *Pokud matematika popisuje realitu, není přesná. A pokud je přesná, nepopisuje realitu. (Albert Einstein)*
- *S rostoucí složitostí přesný výrok ztrácí smysl a smysluplný výrok přesnost. (Lotfi Zadeh)*
- *Pro stromy nevidí les. (lidová moudrost)*

## Co je to fuzzy logika?

*Fuzzy logika má dva různé významy:*

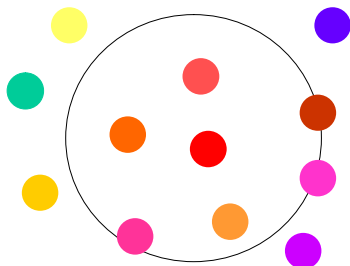
V užším smyslu je fuzzy logika zobecněním klasické dvouhodnotové logiky.

V širším smyslu je fuzzy logika téměř synonymum teorii fuzzy množin. Fuzzy množina je množina s neostrou hranicí - příslušnost k množině je věcí míry.

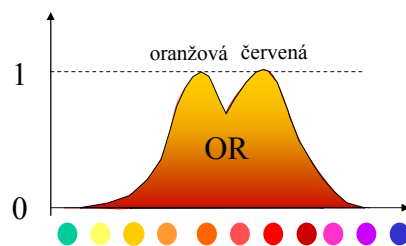
## Příklad fuzzy množiny

*Ve fuzzy logice je pravdivost výroku vždy věcí míry.*

Množina červených barev



Funkce příslušnosti



Fuzzy množina je definovaná funkcí příslušnosti:

$$A = \{x, \mu_A(x) \mid x \in X\}$$

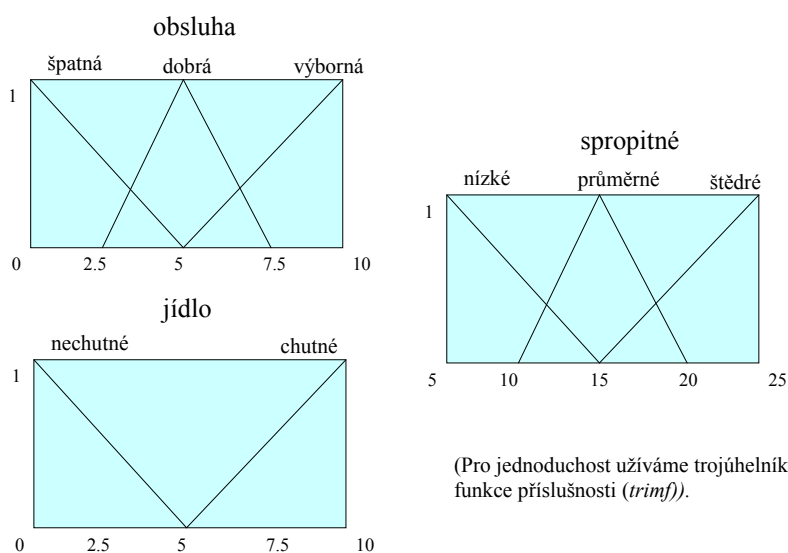
## Příklad fuzzy uvažování

**Problém spropitného.** Obsluha i kvalita jídla v restauraci je ohodnocena číslem 0 až 10. Jaké by mělo být spropitné, jestliže předpokládáme, že jeho průměrná hodnota je 15%?

Následující pravidla se zdají být zřejmá:

1. Jestliže obsluha je **špatná**, potom spropitné je **nízké**.
2. Jestliže obsluha je **dobrá**, potom spropitné je **průměrné**.
3. Jestliže obsluha je **výborná**, potom spropitné je **štědré**.
4. Jestliže jídlo je **nechutné**, potom spropitné je **nízké**.
5. Jestliže jídlo je **chutné**, potom spropitné je **štědré**.

## Funkce příslušnosti



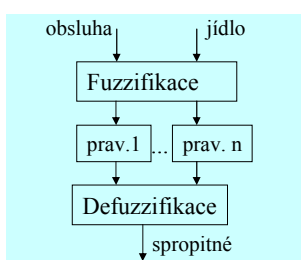
# Fuzzy inference

Fuzzy inference je proces, ve kterém se daným vstupům přiřazuje výstup užitím fuzzy logiky. Tento proces se skládá ze tří kroků:

**Fuzziifikace:** Převodění aktuálních vstupů na míry (stupně) pravdivosti.

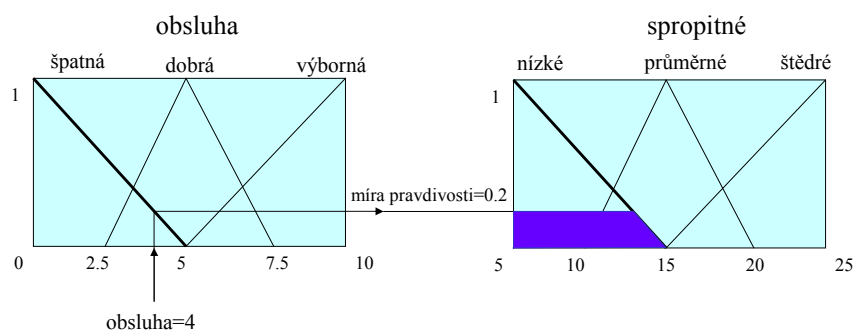
**Inference:** Zpracování množiny pravidel. Určení míry pravdivosti předpokladu (části “JESTLIŽE”) a určení funkce příslušnosti výstupu (části “POTOM”) pro každé pravidlo..

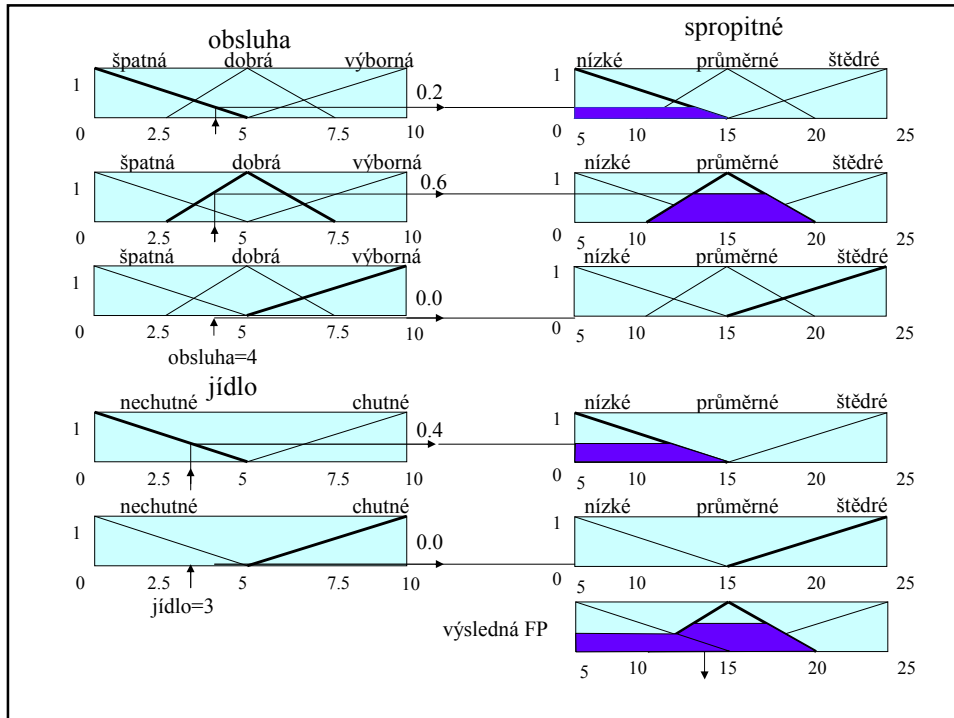
**Defuzziifikace:** Výpočet numerické hodnoty výstupu vážením výsledných funkcí příslušnosti jednotlivých pravidel.



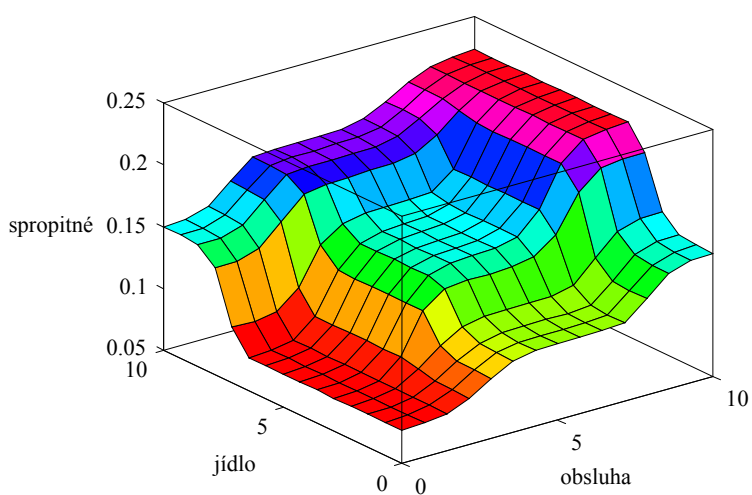
## Zpracování pravidla 1

*1. Jestliže obsluha je špatná, potom spropitné je nízké.*

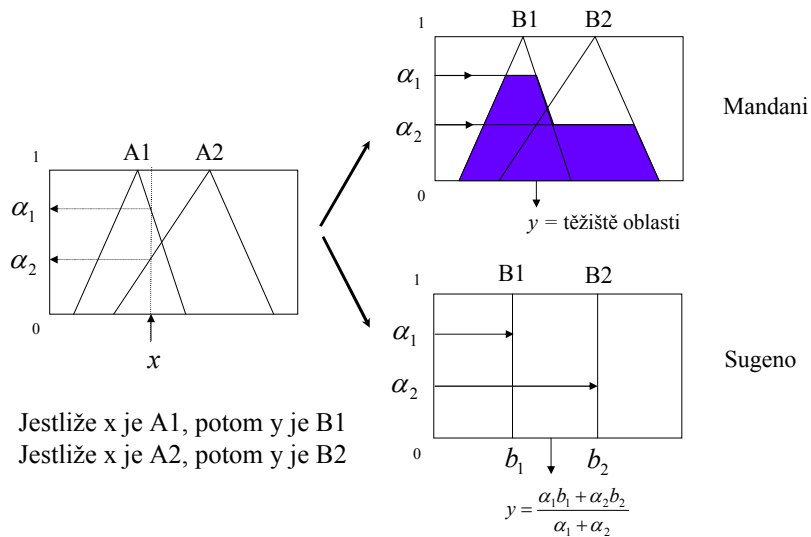




## Řešení problému spropitného fuzzy logikou

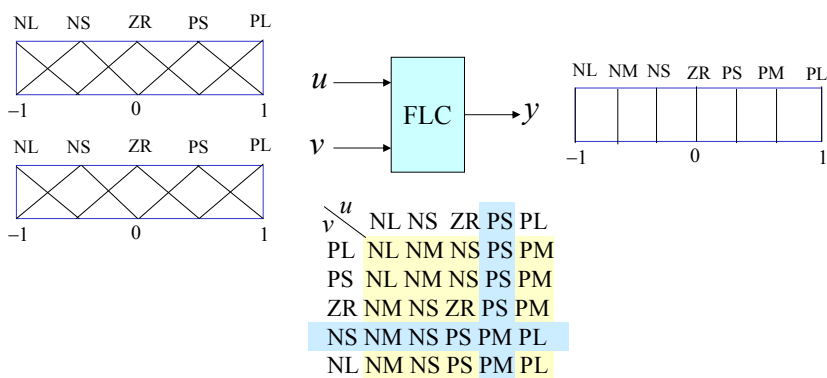


## Dvě hlavní metody defuzzifikace



## Jednoduchý fuzzy regulátor

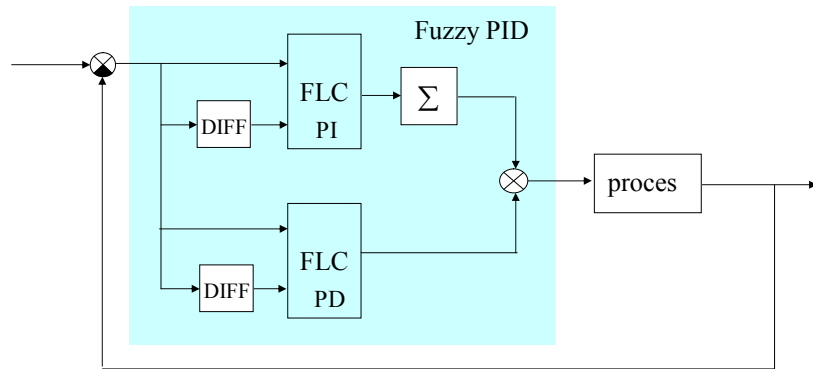
(Sugenova typu)



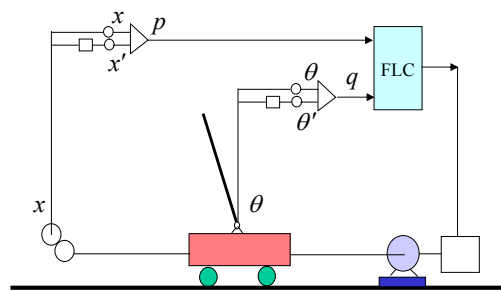
Tabulka pravidel

Jestliže (u je PS) AND (v je NS), potom (y je PM)

## Fuzzy PID regulátor



## Fuzzy regulátor obráceného kyvadla

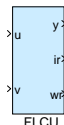


|     |    | $q$ |    |    |    |    |
|-----|----|-----|----|----|----|----|
|     |    | NM  | NS | AZ | PS | PM |
| $p$ | PM | NS  |    | PS |    |    |
|     | PS |     | NS |    | PM |    |
|     | AZ | NM  |    | AZ |    | PM |
|     | NS |     | NM |    | PS |    |
|     | NM |     |    | NS |    | PS |

## FLCU - fuzzy regulátor

umax, umin, 1...nu

vmax, vmin, 1...nv

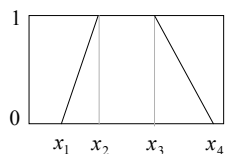


$y_1, y_2, \dots, y_p$

dominantní pravidlo

výsledná váha domin. pravidla

Funkce příslušnosti vstupů



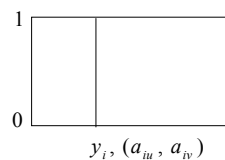
Pravidla

$i_1 \quad j_1 \quad k_1 \quad w_1$   
 $i_2 \quad j_2 \quad k_2 \quad w_2$   
 ...  
 $i_r \quad j_r \quad k_r \quad w_r$

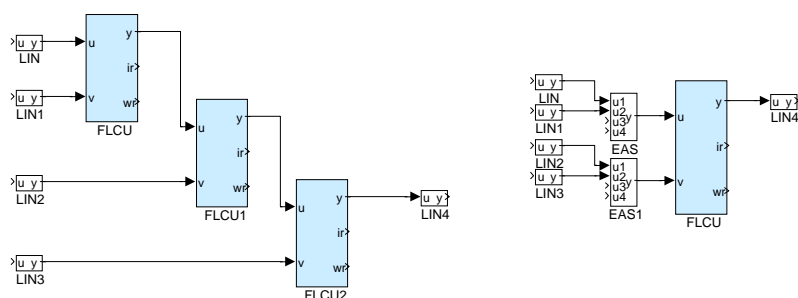
Defuzzifikace

$$y = \frac{\sum_1^r \alpha_i w_i (y_i + a_{iu} u + a_{iv} v)}{\sum_1^r \alpha_i w_i}$$

Funkce příslušnosti výstupu



## Příklady Fuzzy regulátorů se složitější strukturou





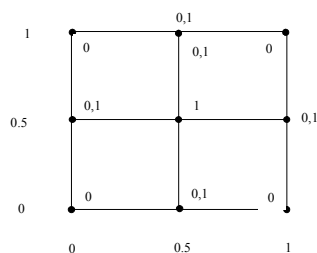
## Kdy používat fuzzy regulátor?

- Nepoužívej FLC, jestliže může být úspěšně použita konvenční PID regulace.
- Užití fuzzy řízení je výhodné, jestliže konvenční řídicí systém vyžaduje časté korigující zásahy od operátora nebo jestliže je proces řízen výhradně ručně.
- Příklady, kdy je vhodné fuzzy řízení, jsou: koordinace subsystémů řízení, řízení silně nelineárních systémů, řízení kvality produkce (multikriteriální řízení), korekce akčních veličin.

## Příklad 1

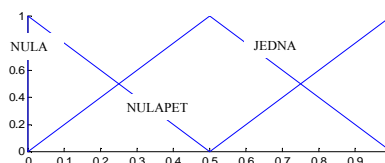
### Realizace nelineární funkce dvou proměnných:

Předpokládejme, že chceme vytvořit nelineární funkci definovanou na čtverci  $\langle 0,1 \rangle \times \langle 0,1 \rangle$  a že známe hodnoty funkce v mřížových bodech, tak jak je to naznačeno na následujícím obrázku.

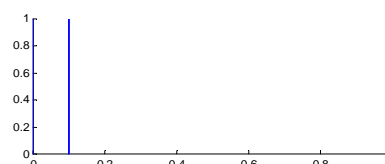


|  |
|--|
| <i>Jestliže</i> (u=NULA) AND (v=NULA) <i>potom</i> (y=0,0)       |
| <i>Jestliže</i> (u=NULA) AND (v=NULAPET) <i>potom</i> (y=0,1)    |
| <i>Jestliže</i> (u=NULA) AND (v=JEDNA) <i>potom</i> (y=0,0)      |
| <i>Jestliže</i> (u=NULAPET) AND (v=NULA) <i>potom</i> (y=0,1)    |
| <i>Jestliže</i> (u=NULAPET) AND (v=NULAPET) <i>potom</i> (y=1,0) |
| <i>Jestliže</i> (u=NULAPET) AND (v=JEDNA) <i>potom</i> (y=0,0)   |
| <i>Jestliže</i> (u=JEDNA) AND (v=NULA) <i>potom</i> (y=0,0)      |
| <i>Jestliže</i> (u=JEDNA) AND (v=NULAPET) <i>potom</i> (y=0,1)   |
| <i>Jestliže</i> (u=JEDNA) AND (v=JEDNA) <i>potom</i> (y=0,0)     |

Funkce příslušnosti vstupů  $u$  a  $v$

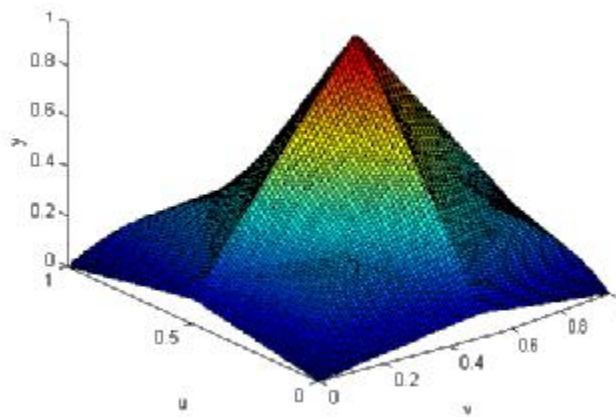


Funkce příslušnosti výstupu  $y$



## Příklad 1 (pokr.)

Funkce realizovaná fuzzy regulátorem:



## Literatura

- Dubois D., Prade H.: An introduction to fuzzy systems. Clinica Chimica Acta 270 (1998) 3-29.
- Jamshidi M.: Fuzzy control of complex system. Soft Computing 1 (1997) 42-56.
- Simatic S7- Fuzzy Control. User Manual. Siemens AG 1996.
- Fuzzy Guide Book. Omron Corporation 1995.
- Fuzzy Logic Toolbox: For Use with MATLAB. User's Guide. MathWorks 1999.