

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:

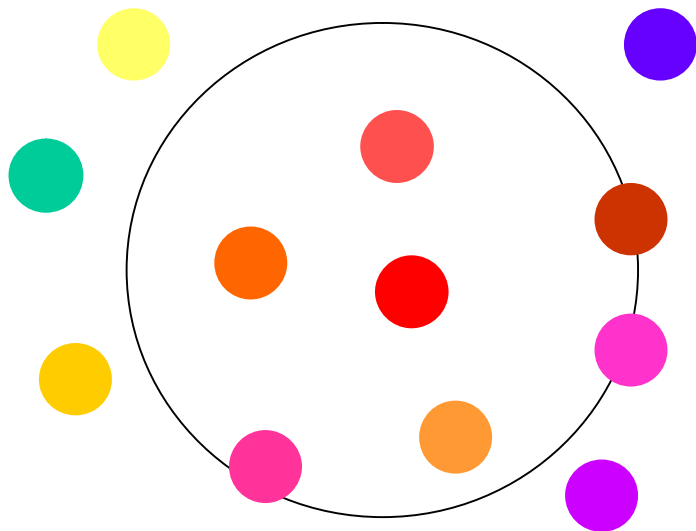
V užším smyslu je fuzzy logika zobecněním klasické dvouhodnotové logiky.

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

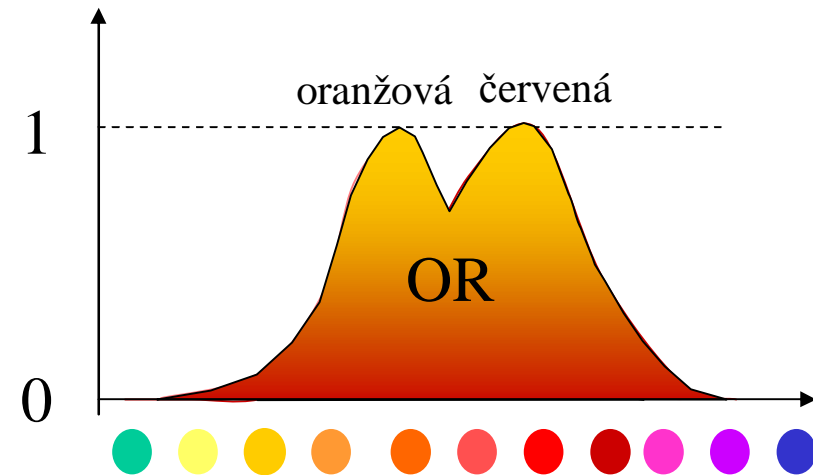
Příklad fuzzy množiny

Ve fuzzy logice je pravdivost výroku vždy věcí míry.

Množina červených barev



Funkce příslušnosti



Fuzzy množina je definovaná funkcí příslušnosti:

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

Příklad fuzzy uvažování

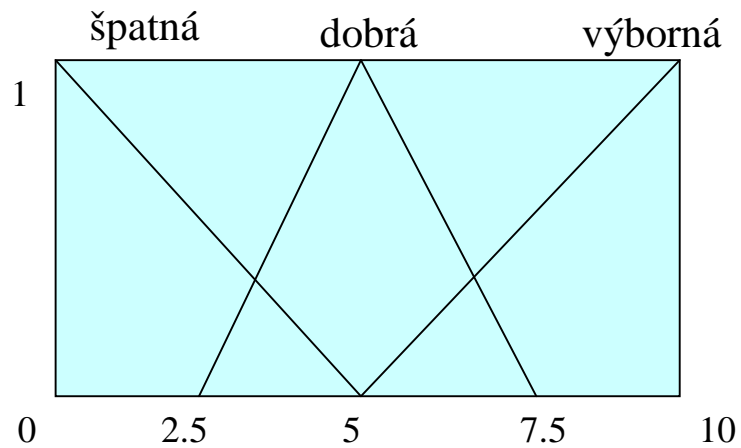
Problém spropitného. Obsluha i kvalita jídla v restauraci je ohodnocena číslem 0 až 10. Jaké by mělo být spropitné, jestliže předpokládáme, že jeho průměrná hodnota je 15%?

Následující pravidla se zdají být zřejmá:

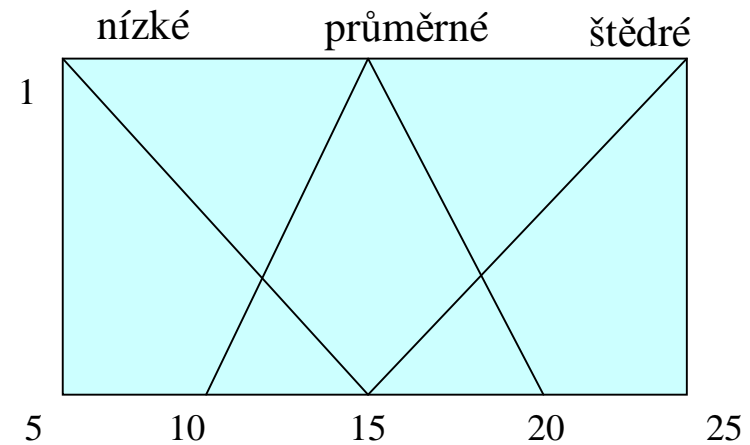
1. *Jestliže obsluha je špatná, potom spropitné je nízké.*
2. *Jestliže obsluha je dobrá, potom spropitné je průměrné.*
3. *Jestliže obsluha je výborná, potom spropitné je štědré.*
4. *Jestliže jídlo je nechutné, potom spropitné je nízké.*
5. *Jestliže jídlo je chutné, potom spropitné je štědré.*

Funkce příslušnosti

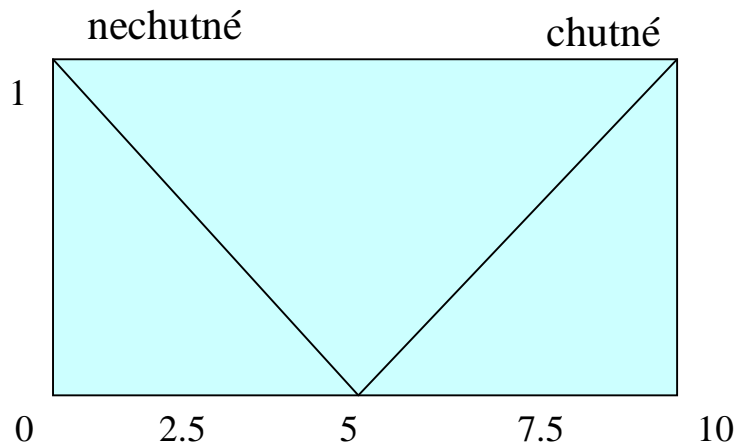
obsluha



spropitné



jídlo



(Pro jednoduchost užíváme trojúhelníkové funkce příslušnosti (*trimf*)).

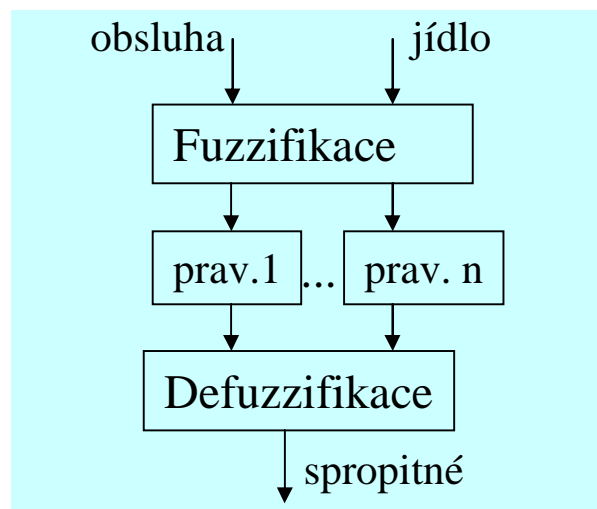
Fuzzy inference

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

Fuzzifikace: Převedení aktuálních vstupů na míry (stupně) pravdivosti.

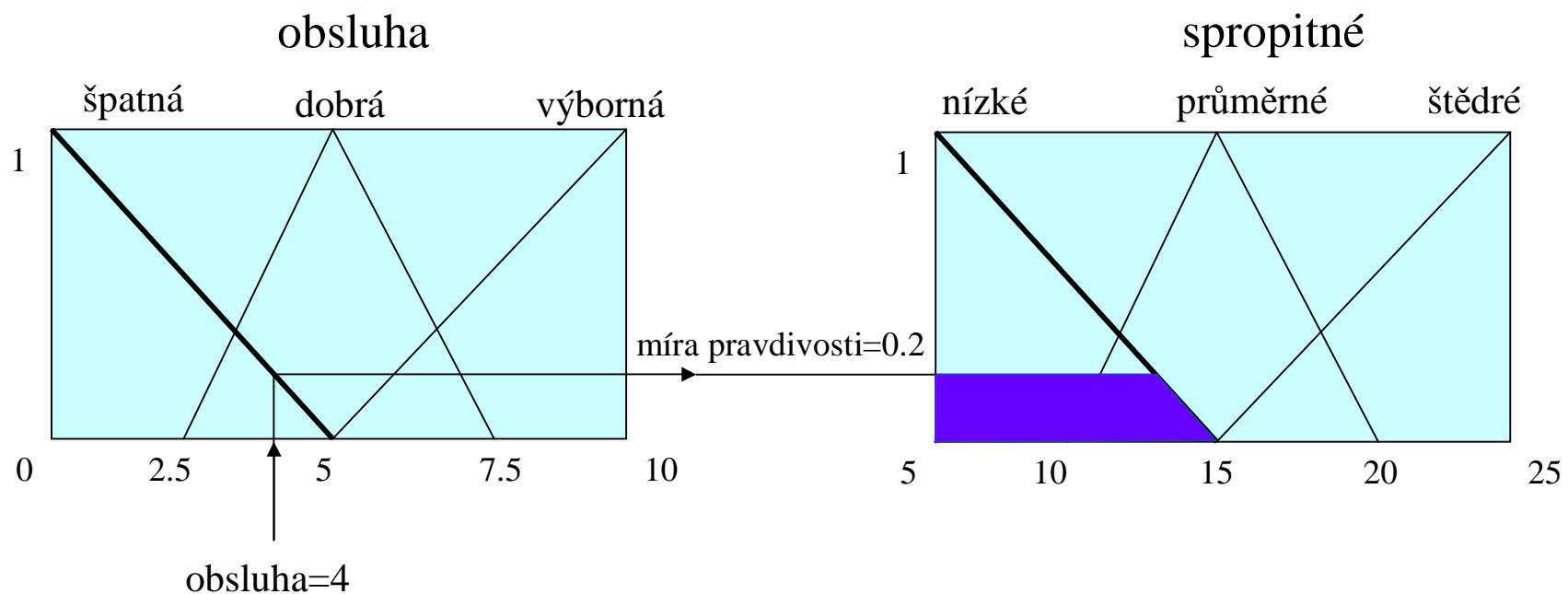
Inference: Zpracování množiny pravidel. Určení míry pravdivosti předpokladu (části “JESTLIŽE”) a určení funkce příslušnosti výstupu (části “POTOM”)
pro každé pravidlo..

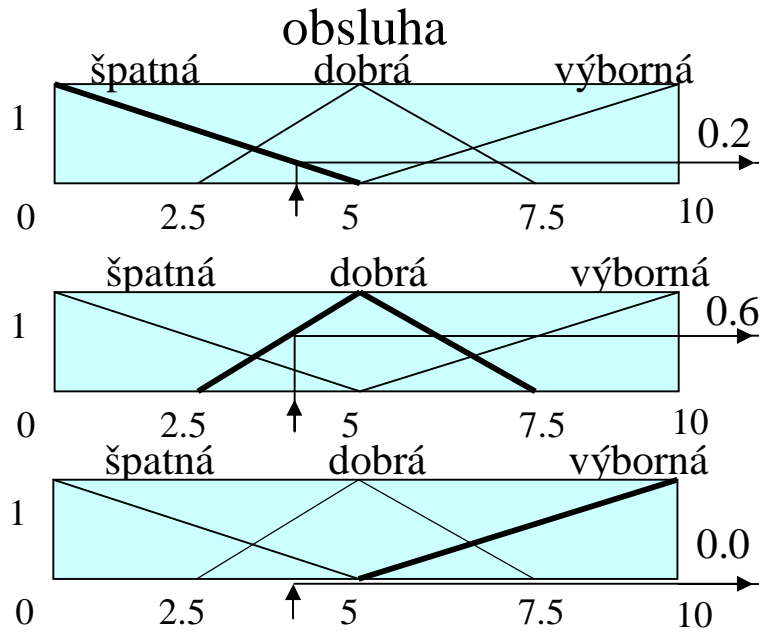
Defuzzifikace: Výpočet numerické hodnoty výstupu vážením výsledných funkcí příslušnosti jednotlivých pravidel.



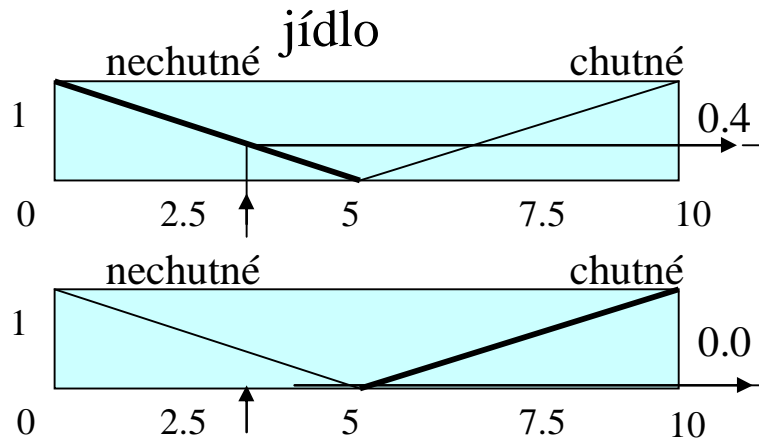
Zpracování pravidla 1

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



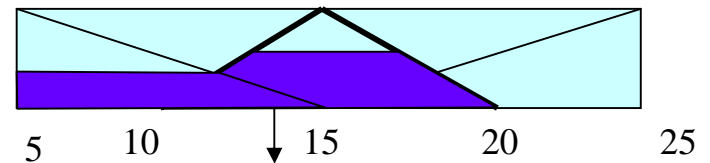
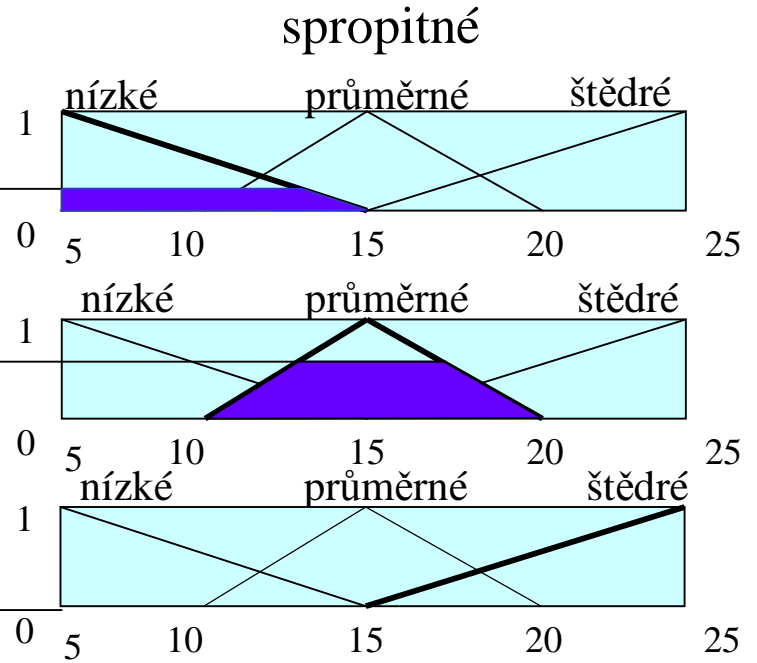


obsluha=4

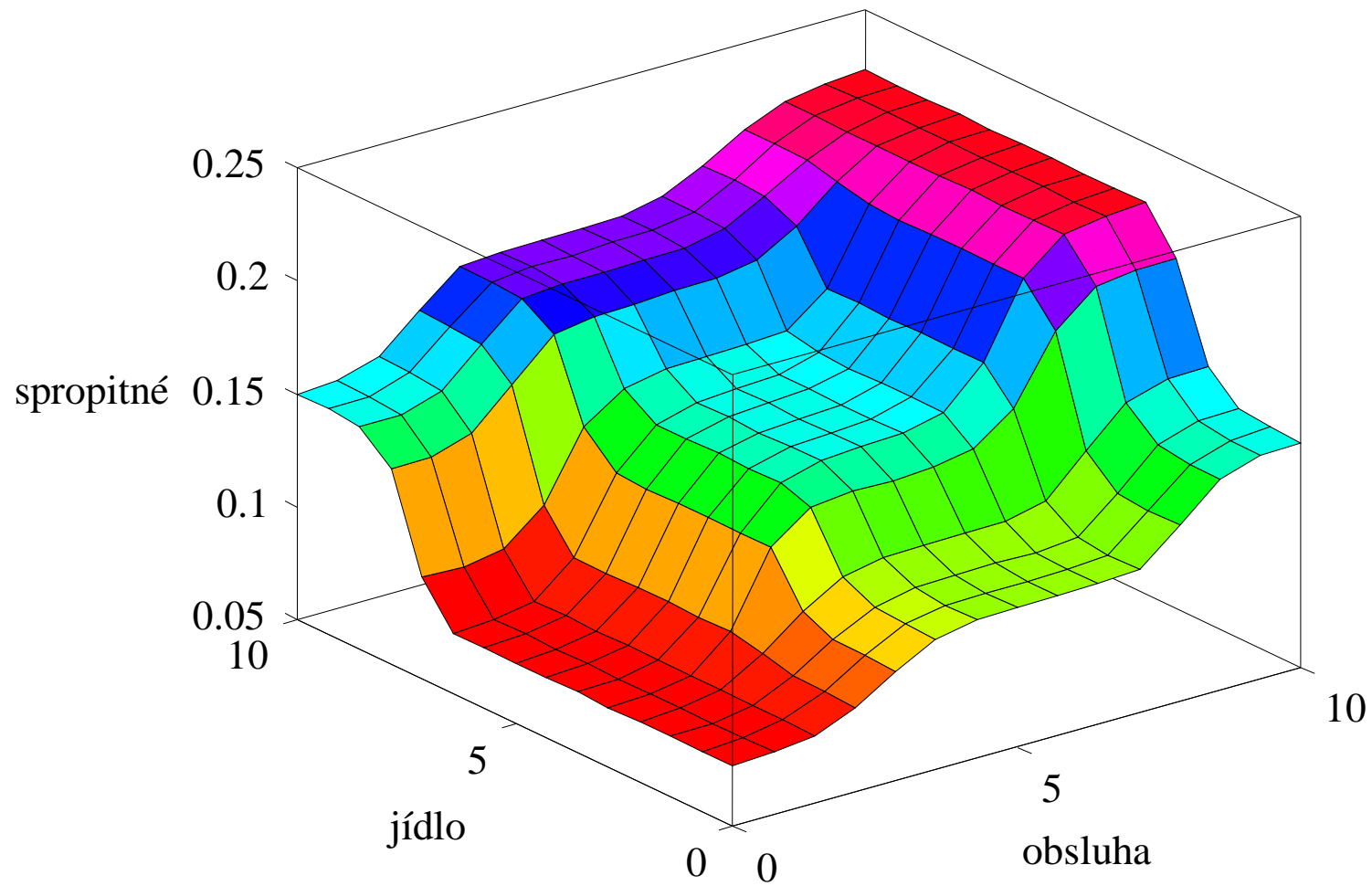


jídlo=3

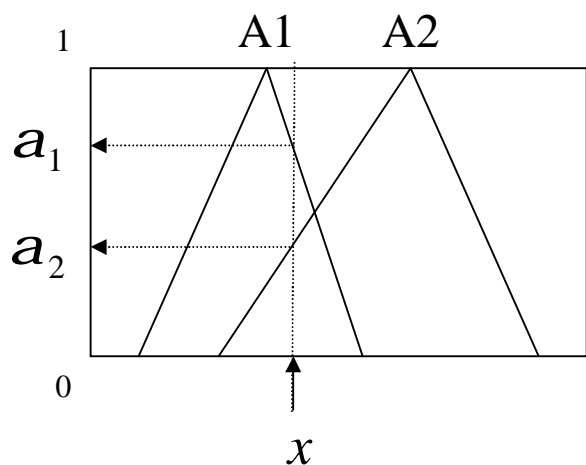
výsledná FP



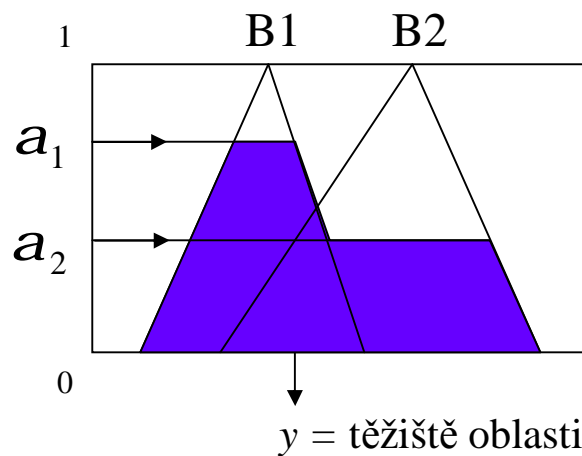
Řešení problému spropitného fuzzy logikou



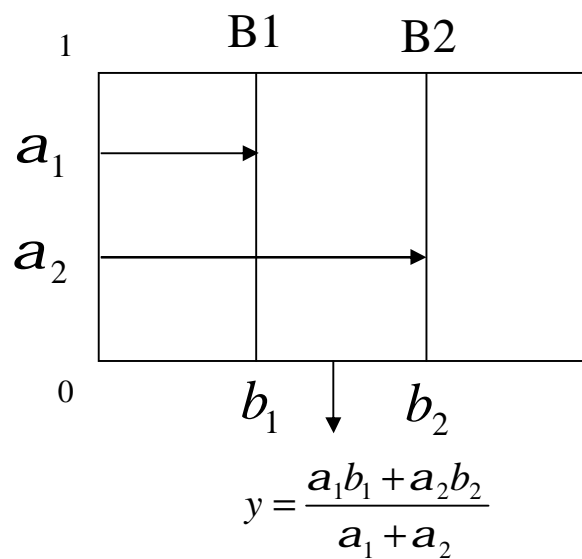
Dvě hlavní metody defuzzifikace



Jestliže x je A1, potom y je B1
Jestliže x je A2, potom y je B2



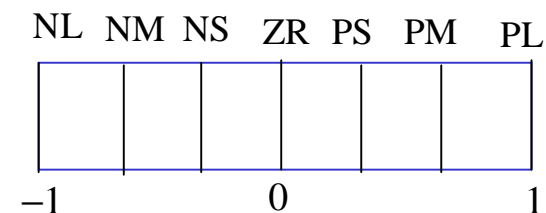
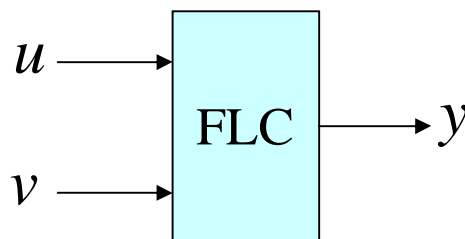
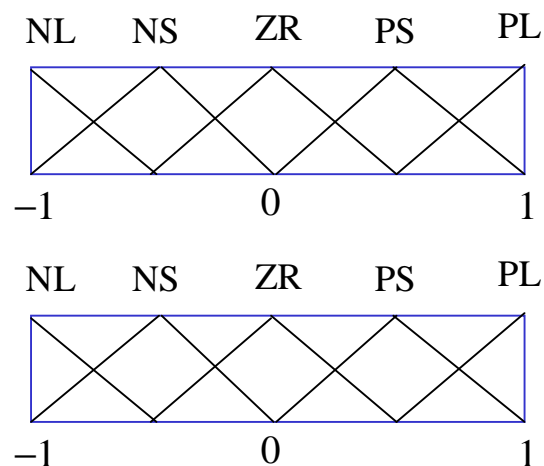
Mamdani



Sugeno

Jednoduchý fuzzy regulátor

(Sugenova typu)

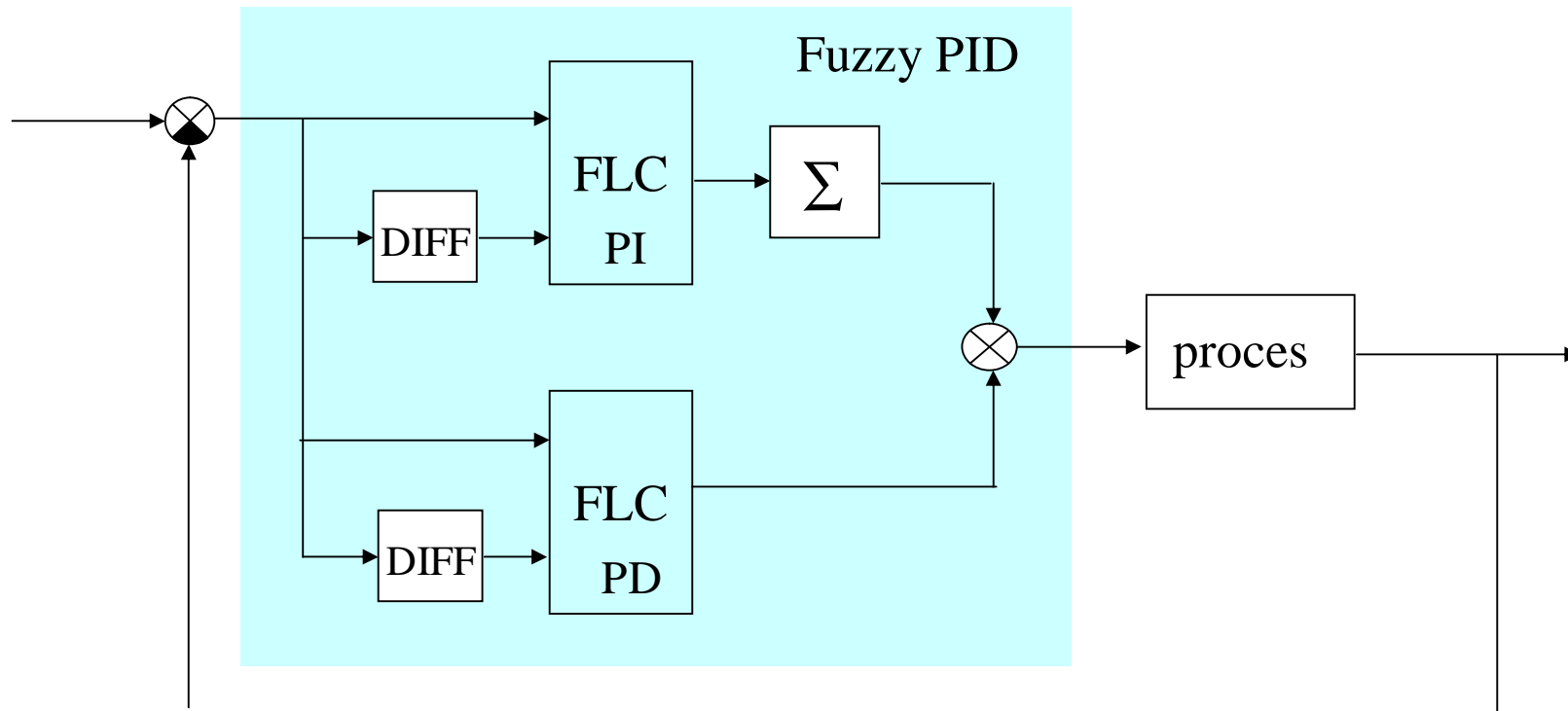


$v \backslash u$	NL	NS	ZR	PS	PL
PL	NL	NM	NS	PS	PM
PS	NL	NM	NS	PS	PM
ZR	NM	NS	ZR	PS	PM
NS	NM	NS	PS	PM	PL
NL	NM	NS	PS	PM	PL

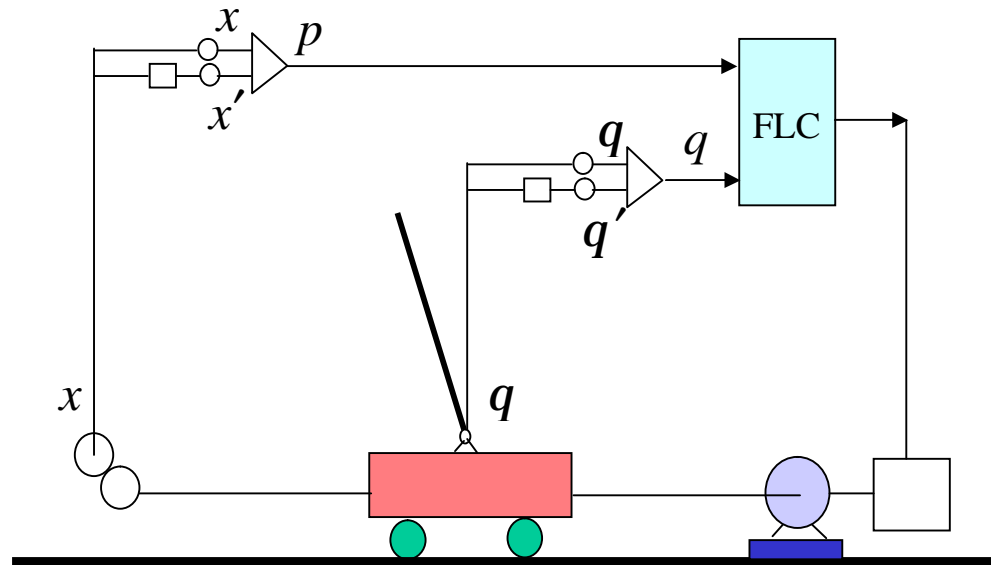
Tabulka pravidel

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

Fuzzy PID regulátor



Fuzzy regulátor obráceného kyvadla

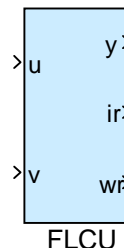


		q				
		NM	NS	AZ	PS	PM
p	PM	NS		PS		
	PS		NS		PM	
	AZ	NM		AZ		PM
	NS		NM		PS	
	NM			NS		PS

FLCU - fuzzy regulátor

$u_{max}, u_{min}, 1...n_u$

$v_{max}, v_{min}, 1...n_v$

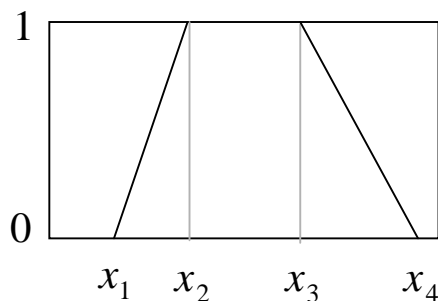


y_1, y_2, \dots, y_p

dominantní pravidlo

výsledná váha domin. pravidla

Funkce příslušnosti vstupů



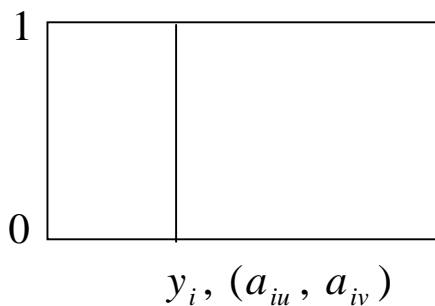
Pravidla

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

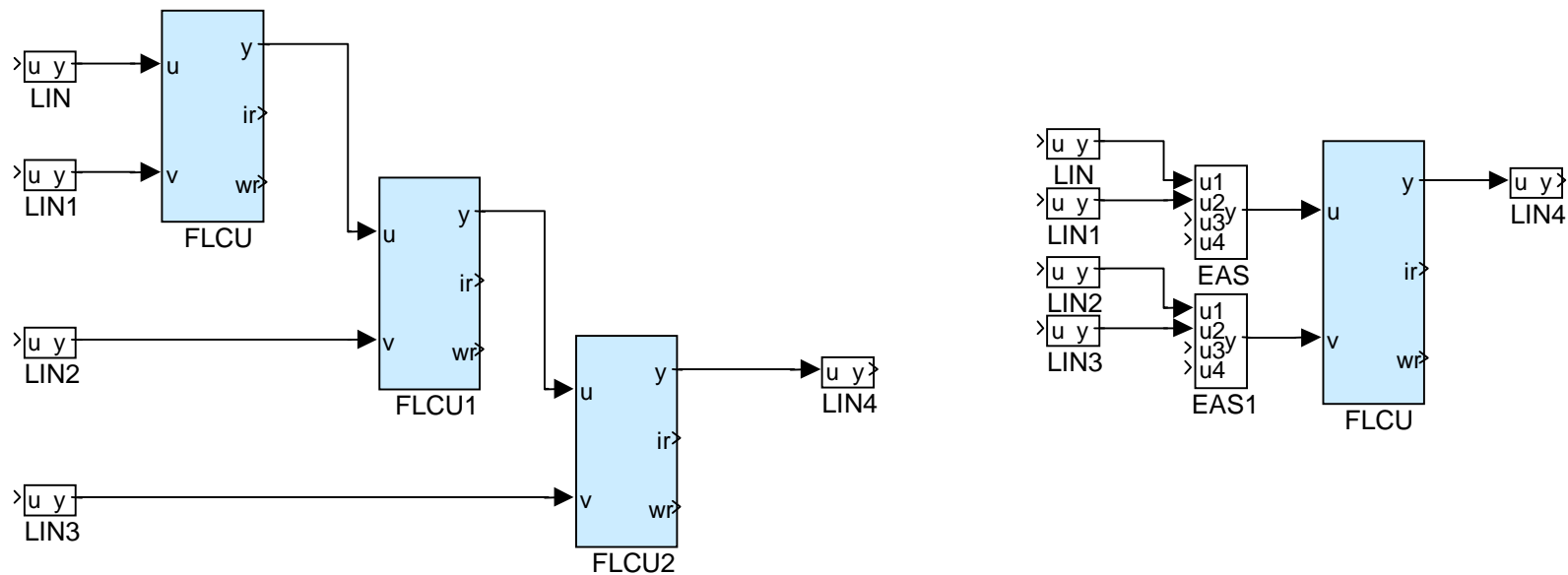
Defuzzifikace

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

Funkce příslušnosti výstupu



Příklady Fuzzy regulátorů se složitější strukturou



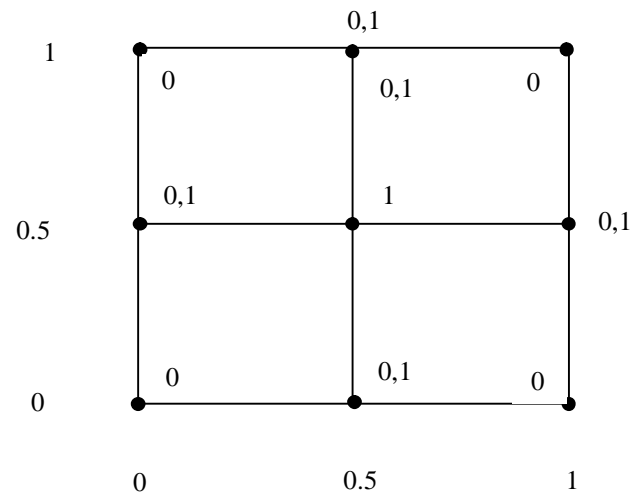
Kdy používat fuzzy regulátor?

- 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.

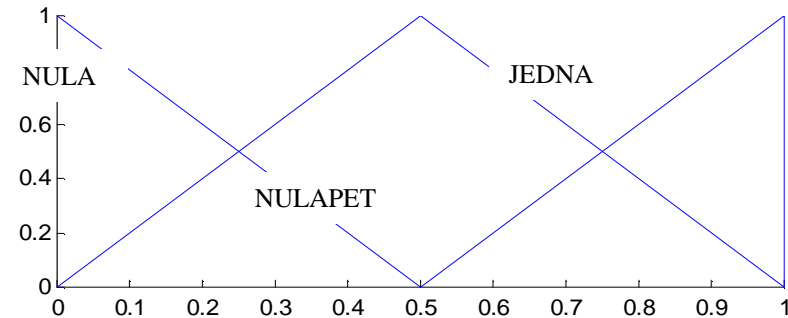
Příklad 1

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.

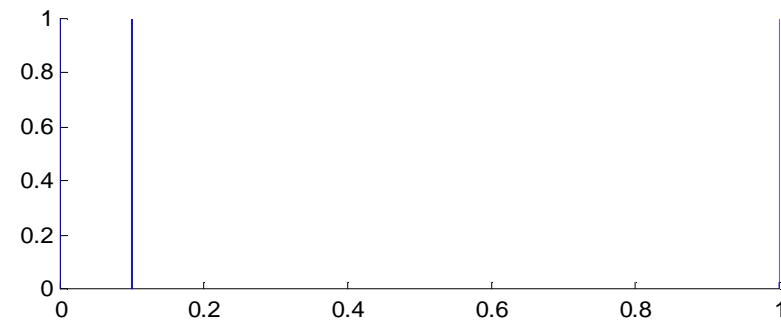


Funkce příslušnosti vstupů u a v



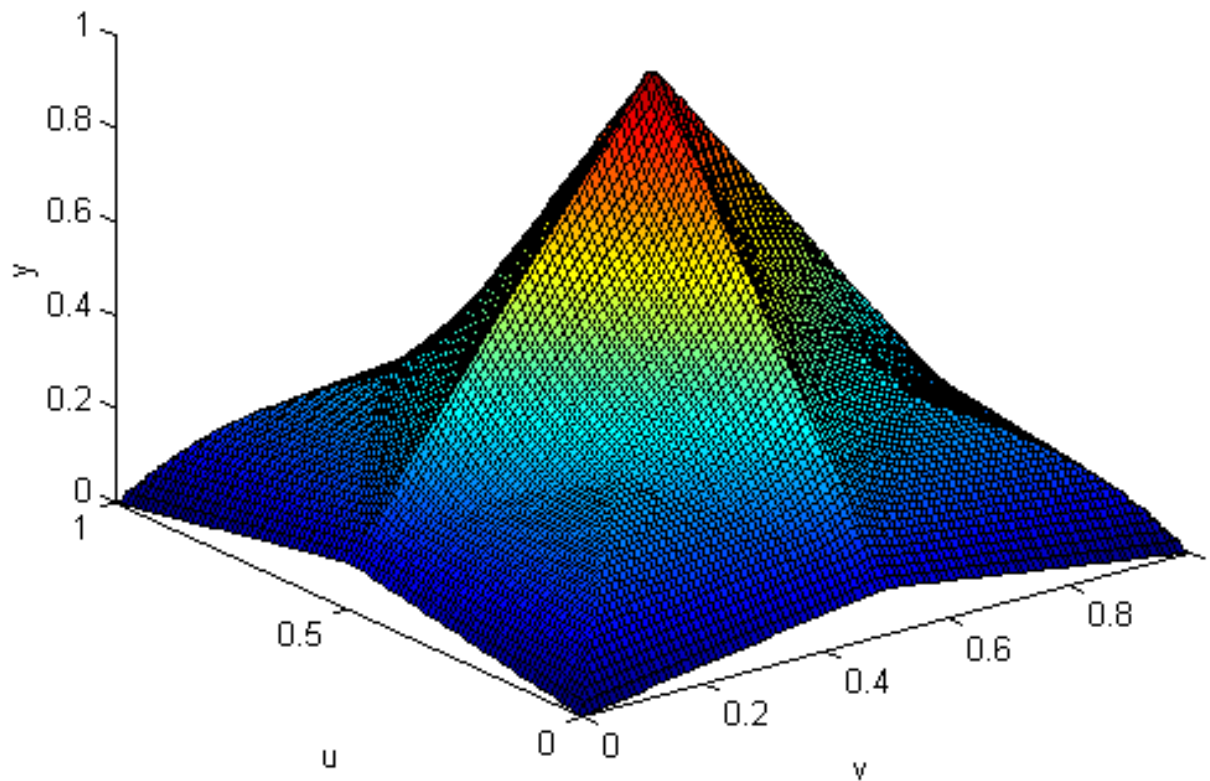
<i>Jesliže</i> (u=NULA)	AND (v=NULA)	<i>potom</i> (y=0,0)
<i>Jesliže</i> (u=NULA)	AND (v=NULAPET)	<i>potom</i> (y=0,1)
<i>Jesliže</i> (u=NULA)	AND (v=JEDNA)	<i>potom</i> (y=0,0)
<i>Jesliže</i> (u=NULAPET)	AND (v=NULA)	<i>potom</i> (y=0,1)
<i>Jesliže</i> (u=NULAPET)	AND (v=NULAPET)	<i>potom</i> (y=1,0)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

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.