



Využitie fuzzy logiky v riadení procesov systémami Xenta od firmy Schneider Electric

Metódy výpočtovej inteligencie využívajúce fuzzy množiny a fuzzy logiku nachádzajú čoraz väčšie uplatnenie pri riadení procesov v priemysle, výrobkoch spotrebnej elektroniky, diagnostike procesov, ako aj v oblasti ekonomických a sociotechnických systémov. Prednosťou týchto metód je predovšetkým ich jednoduchosť pri tvorbe modelov zložitých nelineárnych procesov a možnosť využitia skúseností a expertných vedomostí pri návrhu metód riadenia takýchto procesov. Hlavnou prekážkou v implementácii fuzzy logiky v PLC systémoch je slabá programová podpora zo strany výrobcov PLC.

Tento článok uvádza spôsob implementácie fuzzy logiky na systémoch Tac Xenta od firmy Schneider Electric. Systémy Xenta patria medzi voľne programovateľné systémy určené pre oblasť BMS (Building Management System). Najčastejšie úlohy v BMS sú regulácia teploty, riadenie kaskády zdrojov tepla/chladu (kotlov, tepelných čerpadiel, chladiacich jednotiek), osvetlenia, prepínanie režimov, alarmový systém a ďalšie. Pri rozhodovaní zapínania a vypínania jednotlivých subsystémov riadeného procesu sa doteraz výhradne používala dvojhodnotová logika (crisp logika). Hlavným dôvodom je nízkoúrovňový návrh softvéru a technologická jednoduchosť riadiacich systémov, s ktorou je spojená aj nižšia cena týchto systémov. Fuzzy rozhodovanie je vhodné použiť pri prepínaní režimov a pri regulácii alebo vyhodnocovaní alarmových stavov. Použitie metodiky demonštrujeme na jednoduchom príklade prepínania režimu kúrenie/chladenie.

Úvod

Systémy Xenta patria do rodiny systémov na správu budov (BMS), ktoré charakterizuje distribuovaná architektúra, široká podpora priemyselných zberníc (LON, BACnet, M-Bus, C-Bus, EIB...), nízke náklady na inštaláciu, úzko špecifikované softvérové riešenia, flexibilita konfiguračného manažmentu, podpora alarmového manažmentu, podpora časových plánov a ďalšie. Úzke zameranie programovacích a konfiguračných nástrojov v BMS systémoch často bráni v implementácii moderných prístupov rozhodovania a riadenia, medzi ktoré patrí fuzzy logika, umelé neurónové siete či genetické algoritmy.

Hlavnou motiváciou zavedenia fuzzy logiky je možnosť využitia skúseností a expertných vedomostí pri rozhodovaní a riadení procesov. Implementačná jednoduchosť predukuje fuzzy logiku na širšie uplatnenie vo voľne programovateľných riadiacich systémoch.

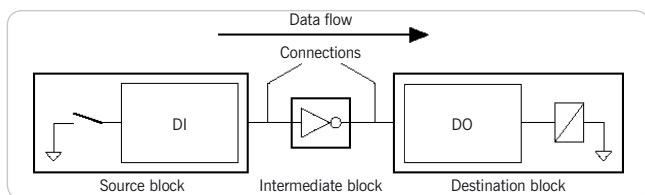
Programovacie prostredie Tac Menta

Menta je programovací nástroj s používateľským grafickým rozhraním, navrhnutý pre voľne programovateľné riadiace jednotky radu Tac Xenta. Menta svojím grafickým rozhraním zjednodušuje a zefektívňuje návrh riadenia a kontroly vďaka implementovanému emulátoru a možnosti real-time náhľadu.

Programovací jazyk

Aplikačný program je definovaný svojou grafickou reprezentáciou, tzv. FBD (function block diagram). Kalkulácia FBD sa vykonáva v konštantnom časovom intervale (programovom cykle) definovanom používateľom. Dva základné elementy FBD sú funkčné bloky (FB) a prepojenia. Funkčné bloky spracúvajú údaje vo vstupných signáloch a generujú výstupný signál. Každý funkčný blok môže mať jeden alebo niekoľko parametrov. Parametre môžu byť numerické hodnoty alebo konštanty deklarované ako reťazce reprezentované číselnými hodnotami. Prepojenie vytvára spojenie z jedného bloku do jedného alebo viacerých ďalších blokov. Prepojenia sú povolené iba medzi korešpondujúcimi typmi signálov. Používajú sa iba tri typy signálov:

- celočíselný (Integer) – 16-bitové číslo so znamienkom,
- reálny (Real) – 32-bitové číslo so znamienkom v IEEE formáte, presnosť 7 číslic,
- binárny (Binar) – 0/1 = TRUE/FALSE.



Signály môžu byť deklarované ako public a dostupné cez operačný panel alebo po sieti cez Tac Vista Workstation. Zoznam public signálov je prezentovaný v programovej špecifikácii.

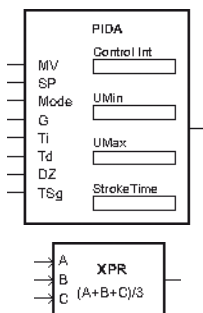
Funkčné bloky sa rozdeľujú na tri skupiny: jednoduché bloky, výrazy a operátorské bloky.

Jednoduché bloky

Z knižnice možno vybrať niekoľko blokov, každý so špecifickou funkcionalitou. Blok má fixný počet vstupov a parametrov a generuje výstupný signál. Parametre môžu byť rozdielneho typu s prístupným preddefinovaným rozsahom hodnôt.

Definované sú nasledujúce skupiny jednoduchých blokov:

- I/O blocks,
- Signal sources,
- Logical functions,
- Nonlinear functions,
- Delay blocks,
- Accumulators,
- Controllers and filters,
- System variables,
- Time schedules and alarms,
- Transformation function.



Výrazy

Výraz (expression block) sa používa vtedy, keď programátor potrebuje vytvoriť logický alebo aritmetický výraz iba v jednom bloku. Blok môže obsahovať vstupné premenné, výraz (môže byť komplexný) však iba jeden výstup.

Operátorské bloky

Operátorské bloky sú preddefinované výrazové bloky s vlastnými grafickými ikonami. Definovaných je päť skupín operátorských blokov:

- Constants,
- Math operators,
- Comparisons,
- Bit operation,
- Others.

Príklad prepínania režimu

Pomocou fuzzy rozhodovania chceme implementovať v programovom prostredí Menta prepínanie režimu kúrenie/chladenie. Do rozhodovania budú vstupovať dva vstupy:

- teplota vonkajšieho vzduchu,
- aktuálny mesiac roka.

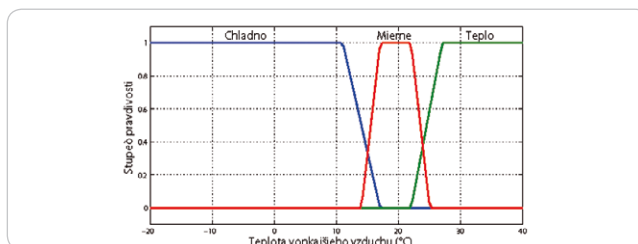
Požiadavkou je spraviť prepínanie režimu, ktoré sa bude rozhodovať na základe vonkajšej teploty a aktuálneho ročného obdobia. Slovné definované pravidlá sú popísané takto:

- Ak je vonku chladno, tak je režim kúrenie.
- Ak je vonku teplo, tak je režim chladenie.
- Ak vonku nie je ani teplo, ani chladno (je mierne) a je leto, tak je režim chladenie.
- Ak je vonku mierne a je zima, tak je režim kúrenie.

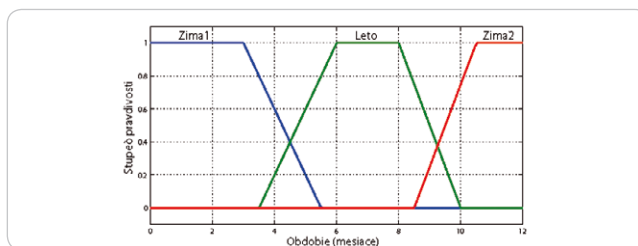
Fuzzy logika

Vývoj fuzzy množín bol podmienený presvedčením, že tradičné metódy systémovej analýzy, reprezentované diferenciálnymi alebo diferenčnými rovnicami, nie sú vhodné na opísanie vzťahov medzi premennými niektorých systémov. Takéto systémy možno nájsť v biológii, ekonomike, sociológii a všeobecnejšie v oblastiach, kde ide o systémy viac s ľudskou než mechanickou povahou. Tradičné metódy analýzy sú orientované smerom k používaniu numerických techník. Naproti tomu ľudské rozhodovanie využíva premenné, ktorých hodnota je lepšie opísaná fuzzy množinami. Toto je základ pre koncept lingvistickej premennej, ktorej hodnoty sú skôr slová než čísla.

Základným objektom fuzzy logiky je fuzzy množina. Fuzzy množina modeluje nepresnosť hodnôt premenných, ktoré používa človek v každodennom rozhodovaní. Príkladom fuzzy množiny v našej úlohe je množina „CHLADNO“, ktorá charakterizuje teplotu vonkajšieho vzduchu. Povieme, že vonku je určite chladno, ak teplota vzduchu klesne pod 12 °C. Ak teplota vzduchu stúpne nad 18 °C, povieme, že vonku chladno nie je. Podobne definujeme aj fuzzy množiny „MIERNE“ a „TEPLO“ (obr. 1A).



Obr. 1.A



Obr. 1.B

S určitou vieme povedať, že leto je od júna do septembra a takisto vieme povedať, že leto nie je od októbra do marca. Takto vieme namodelovať jednotlivé fuzzy množiny pre lingvistickú premennú obdobie (obr. 1B).

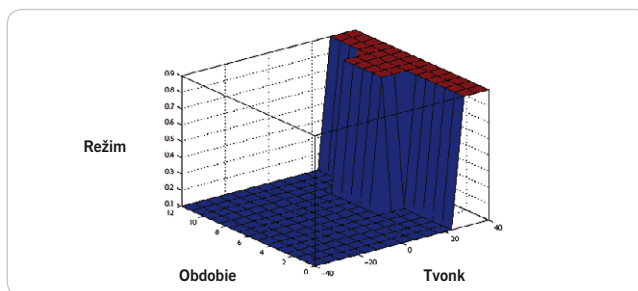
Jednotlivé pravidlá sú definované nasledujúco:

- If (Tvonk is Chladno) then (Rezim is Kúrenie)
- If (Tvonk is Teplo) then (Rezim is Chlad)
- If (Tvonk is Mierne) and (Obdobie is Leto) then (Rezim is Chlad)
- If (Tvonk is Mierne) and (Obdobie is Zima1) then (Rezim is Kúrenie)
- If (Tvonk is Mierne) and (Obdobie is Zima2) then (Rezim is Kúrenie)

Spôsob implementácie fuzzy množín v Mente

Každú fuzzy množinu vytvoríme pomocou funkčného bloku Curve. Vo funkčnom bloku Curve zdefinujeme jednotlivé body zlomu.

Príklad prepínania možno ľahko rozšíriť o premennú, ktorá bude vyjadrovať dĺžku obdobia, počas ktorého teplota cez deň prekročí



Obr. 2: Tvar rozhodovacej plochy

určitú hranicu (napr. 20°C) v hodinách. Potom možno takúto informáciu zahrnúť do rozhodovania nasledujúcim pravidlom:

- Ak teplota vonkajšieho vzduchu cez deň prekročila 20°C na menej ako 3 hodiny, tak bude režim kúrenie.

Takéto pravidlo môže zvýšiť kvalitu riadenia a odstrániť nežiaduce prepínanie režimu. Podobným spôsobom možno navrhnúť ďalšie pravidlá podľa požiadavky operátora.

Fuzzy riadenie

Inteligentné algoritmy riadenia realizované na základe princípov fuzzy logiky využívajú na návrh algoritmu riadenia expertné analýzy a na ich základe sú navrhované lingvistické algoritmy riadenia často jednoduchšie a s lepšou kvalitou ako v prípade konvenčných PID regulátorov. Inteligentné systémy riadenia sú rozšírením konvenčných metód riadenia.

Vnorený fuzzy regulátor je vo svojej podstate jednoduchý vnorený výpočtový člen, ktorý realizuje v porovnaní s konvenčnými algoritmi modelovania a riadenia relatívne malé množstvo aritmetických operácií. Problémom môže byť napr. defuzzifikácia (numerický výpočet integrálu), ale tá sa často nahradzuje jednoduchými numerickými algoritmi na výpočet integrálu.

Metodika, ktorú sme naznačili v príklade prepínania režimu, sa dá v systémoch Xenta využiť aj pri implementácii fuzzy regulátora. Príkladom môže byť riadenie tepelného procesu.

V praktických aplikáciách fuzzy algoritmov riadenia sa v súčasnosti využívajú analógie konvenčných diskrétnych regulátorov PD, PI, PID. Pri tepelných procesoch v BMS si vystačíme s fuzzy PI regulátorom. Riadiaci zásah pre fuzzy PI algoritmus (F-PI) je vyjadrený diferenčnou rovnicou:

$$\Delta u(k) = K_p \Delta e(k) + K_i e(k)$$

Pravidlá pre F-PI algoritmus riadiaceho zásahu majú tvar:

If $e(k) = \text{FM}$ and $\Delta e(k) = \text{FM}$ then $\Delta u(k) = \text{FM}$

Hlavnou a základnou požiadavkou pri návrhu kvalitných stabilizujúcich fuzzy algoritmov riadenia je návrh a aplikácia pravidiel. V súčasnosti sa vypracovalo množstvo „šablón“ vhodných pre určité typy procesov, ktoré sú aplikované a využívané v praxi. Báza pravidiel odvodzovaná na základe troch základných metaprávidiel, ktoré vystihujú vlastnosti jednoduchého spätnoväzbového riadenia, pozostáva z týchto základných metaprávidiel:

Metaprávidlo 1: ak je regulačná odchýlka $e(k)$ a jej diferenciacia $\Delta e(k)$ nulová, potom riadiaci zásah netreba meniť a nemalo by dôjsť k žiadnemu regulačnému zásahu $\Delta u(k) = 0$.

Metaprávidlo 2: ak regulačná odchýlka $e(k)$ postupne klesá, potom netreba meniť aktuálnu hodnotu riadiaceho zásahu $\Delta u(k) = 0$.

Metaprávidlo 3: ak sa regulačná odchýlka $e(k)$ nemení, potom riadiaci zásah $\Delta e(k)$ je nenulový a závisí od hodnoty a znamienka odchýlky $e(k)$ a od jej diferencie $\Delta e(k)$.

V tab. 1 je uvedená kvázi lineárna báza pravidiel pre F-PI regulátor. Pri implementácii v systémoch Xenta využijeme Min-Max implikáciu a defuzzifikáciu metódou výšok, podobne ako v príklade s prepínaním režimov. Vo väčšine prípadov riadenia tepelných procesov v BMS možno redukovať počet fuzzy množín a tiež počet pravidiel

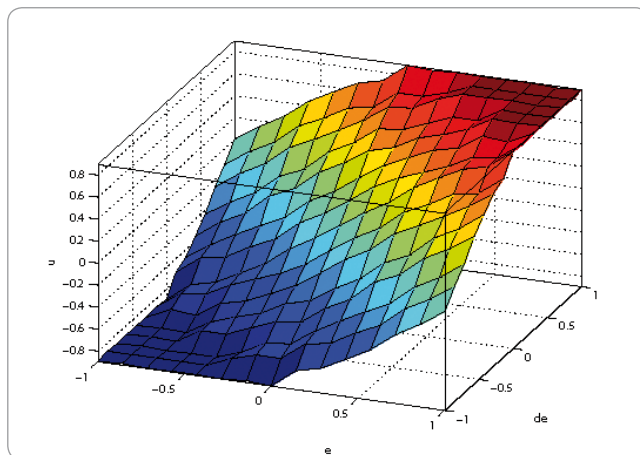
de/e	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZE	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZE	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZE	PS	PM	PB	PB	PB	PB

N – negatívny B – Big (veľký) P – pozitívny M – Medium (stredný) ZE – Zero (nula) S – Small (malý)

Tab. 1.

bez zhoršenia kvality regulácie. Parametrizáciou F-PI regulátora, t. j. zmenou parametrov vstupných alebo výstupných funkcií príslušnosti, možno vylepšiť kvalitu regulácie.

- Zhustenie funkcií príslušnosti e okolo 0 obyčajne zrýchľuje regulačný pochod a zvyšuje kmitavosť.
- Zhustenie funkcií príslušnosti de okolo 0 obyčajne pôsobí opačne.
- Nakláňanie alebo posúvanie jednotlivých f. p. má lokálne alebo smerové pôsobenie.



Obr. 3.: Tvar rozhodovacej plochy pre F-PI regulátor

Záver

Nízka cena, pamäťovo nízkokapacitné moduly a jednoduché implementačné prostredie sú základnými charakteristikami systémov BMS. Tieto obmedzenia u väčšiny výrobcov znemožňujú uplatnenie netradičných logík v riadení a rozhodovaní. Vývojové prostredie Menta poskytuje vhodné nástroje na realizáciu fuzzy rozhodovania a riadenia v BMS systémoch. Príklad prepínania režimu v krátkosti demonštruje spôsob implementácie vo voľne programovateľných riadiacich jednotkách Tac Xenta. Rovnakým prístupom možno implementovať aj fuzzy regulátor teploty miestnosti alebo ekvitermiku kotlovej vody. Fuzzy riadenie zvyšuje kvalitu regulácie a umožňuje implementáciu expertných vedomostí a skúseností v podobe slovných definovaných pravidiel podľa požiadaviek operátora alebo zákazníka.

Literatúra

- [1] Dokumentácia k programu Matlab 7.3
- [2] Dokumentácia k programu Tac Vista Workstation ver. 5.1.4
- [3] Kozák, Š.: Umelá inteligencia a kognitívna veda II. Aplikovaná fuzzy logika, 2009, Bratislava, ISBN 978-80-227-3284-0.
- [4] Smith, C.: PLC versus BMS. Tac Exchange 2007, Stockholm.
- [5] Zadeh L. A.: Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing. 1972.

Celý článok nájdete v online vydaní tohto čísla na www.idbjournal.sk

Ing. Juraj Števek
Ústav aplikovanej informatiky, FIIT STU, Bratislava
Prof. Ing. Štefan Kozák, PhD.
Ústav riadenia a priemyselnej informatiky, FEI STU, Bratislava