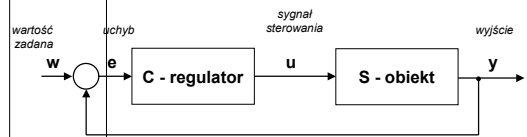


Wprowadzenie do sterowania rozmytego

Problem sterowania/regulacji



Sterowanie/Regulacja - proces podtrzymywania wyjścia y w pobliżu punktu ustalonego, w obecności zakłóceń fluktuacji parametrów układu i szumu pomiarowego

Algorytm sterowania - prawo rządzące działaniem korygującym regulatora

2

Charakterystyka dobrego regulatora

- Szybkie dojście do wartości zadanej
- Dobre tłumienie w okolicach wartości zadanej

3

Algorytmy sterowania

- Klasyczne (P, PI, PD, PID)
- KBS - algorytm sterowania oparty na wiedzy typu „co zrobić, jeśli” - rozszerza konwencjonalny algorytm sterowania lub go całkowicie zastępuje

4

Zalety sterowania rozmytego (SR)

- Implementacja wiedzy ekspertowej
- Odporne sterowanie nieliniowe
 - problemy z nagłymi zaburzeniami w klasycznych sterownikach
 - lepsza szybka reakcja z przesterowaniem niż łagodna i powolna
- Oszczędność czasu projektowania i wykonania sterownika
- Fuzzy sprzedaje się dobrze

5

Kiedy stosować SR

- Brak pełnej odpowiedzi
- Nie zmieniać rozwiązań które działają poprawnie, są niedrogie i dobrze się sprzedają
- Próbować SR jeśli
 - brak kompletnego opisu mat.
 - oprogramowanie jest trudne
 - silna nieliniowość procesu

6

Sterownik rozmyty typu P

$$u = K_p * e$$

Reprezentacja symboliczna reguły dla sterownika rozmytego typu P

JEŻELI e jest <ZL> TO u jest <ZL>

7

Sterownik rozmyty typu PD

$$u = K_p * e + K_D * de$$

Reprezentacja symboliczna reguły dla sterownika rozmytego typu PD

JEŻELI e jest <ZL> I Δe jest <ZL> TO u jest <ZL>

8

Sterownik rozmyty typu PI

$$u = K_p * e + K_I * \int edt$$

$$du = K_p * de + K_I * e$$

Reprezentacja symboliczna reguły dla sterownika rozmytego typu PI

JEŻELI e jest <ZL> I Δe jest <ZL> TO Δu jest <ZL>

9

Sterownik rozmyty typu PID

$$u = K_p * e + K_D * de + K_I * \int edt$$

suma błędów

Reprezentacja symboliczna reguły dla sterownika rozmytego typu PID

JEŻELI e jest <ZL> I Δe jest <ZL> I Σe jest <ZL> TO u jest <ZL>

10

Projektowanie SR

- Wyznaczanie zmiennych lingwistycznych
- Konstruowanie bazy wiedzy
- Strojenie

11

Projektowanie SR

wyznaczanie zmiennych lingwistycznych

Zmienne wejściowe (e, Δe , Σe)
Zmienne wyjściowe (u, Δu)

- Określenie dziedziny zmiennych we/wy
- Normalizacja - [-1, 1]
- Etykiety lingwistyczne
duży dodatni, średni dodatni, mały dodatni, zero, mały ujemny, średni ujemny i duży ujemny
PB, PM, PS, ZO, NS, NM, NB

12

Projektowanie SR

znaczenie znaku e i Δe

$$e = w - y$$

- $e < 0$ i $e > 0$

$$\Delta e = -(y(k) - y(k-1))$$

- $\Delta e < 0$ i $\Delta e > 0$

13

Projektowanie SR

konstruowanie bazy reguł

- Wiedza intuicyjna i doświadczenie
- Standardowa baza reguł (Mac Vicara-Whelana)

JEŻELI e jest <ZL> I Δe jest <ZL> TO Δu jest <ZL>

14

Baza reguł - SR typu PI

e\Δe	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

Zarówno e jak i Δe są małe lub zerowe - bieżąca wartość wyjścia procesu y wykazuje odchylenie od wartości zadanej, ale jest wciąż bliska jej wartości. Liczba zmian $\Delta u(k)$ wprowadzanych do poprzedniej zmiennej sterującej u(k-1) jest również mała lub zerowa

15

Baza reguł - SR typu PI

e\Δe	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

e jest duże ujemne lub średnie y(k) jest znacznie powyżej wartości zadanej. Δe jest dodatnie tzn. y(k) zmierza do wartości zadanej. Liczba zmian, które wprowadzają reguły do poprzedniej zmiennej sterującej u(k-1) ma na celu przyspieszenie albo spowolnienie dojścia do wartości zadanej

Baza reguł - SR typu PI

e\Δe	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

e jest albo blisko wartości zadanej albo znacznie poniżej jej wartości, Δe jest dodatnie, to y(k) odchodzi od wartości zadanej. Stąd dodatnia zmiana Δu zmierza do odwrócenia tego procesu i powoduje, że wartość y(k) zamiast odchodzić od wartości zadanej zmierza w jej kierunku

17

Baza reguł - SR typu PI

e\Δe	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

e jest średnie dodatnie lub duże, co oznacza, że y(k) jest znacznie poniżej wartości zadanej. Ponieważ Δe jest ujemne, wartość y(k) zmierza w kierunku wartości zadanej. Liczba zmian Δu , które wprowadzają reguły tej grupy do wcześniejszej zmiennej sterującej u(k-1) albo przyspiesza, albo spowalnia dochodzenie do wartości zadanej

18

Baza reguł - SR typu PI

$e/\Delta e$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZO
NM	NB	NB	NB	NM	NS	ZO	PS
NS	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB
PM	NS	ZO	PS	PM	PB	PB	PB
PB	ZO	PS	PM	PB	PB	PB	PB

e jest albo blisko wartości zadanej albo wyraźnie powyżej. Ponieważ Δe jest ujemne, wartość $y(k)$ odchyła się od wartości zadanej. Ujemna zmiana poprzedniej zmiennej sterującej $u(k-1)$ ma na celu odwrócenie tego procesu i spowodowanie, tego aby wartość $y(k)$ zbliżała się do wartości zadanej

19

Dokładność sterowania

- „Ziarnistość” regulatora zależy od liczebności zbioru słów
- Jeśli wymagane jest lepsze rozwiązanie w pobliżu wartości zadanej, można rozważyć większą ilość zmiennych lingwistycznych np. PZO (dodatni zerowy) ...

20

Sterowanie nieliniowe

- Jeśli układy sterowania są liniowe, regulator można dostroić tylko w danym punkcie pracy
- Zmiana punktu pracy – strojenie
- Przestrzajanie automatyczne – regulatory adaptacyjne – parametry zmieniają się podczas działania w celu poprawy działania regulatora

21

Strojenie funkcji przynależności

- Zmiana czynnika skalującego – wartość wejściowa * SF (zmiana wzmocnienia wzdłuż całego obszaru)
 - metoda spadku gradientu
 - Kryterium efektywności
- Zmiana kształtów zbiorów rozmytych – modyfikowanie wzmocnienia w obrębie pewnego obszaru, np. zmiana czułości wokół zera

22

Regulatory samoorganizujące się

- Adaptacja reguł

23

Standardowe testy regulatorów

- Odwrócone wahadło
- Załadunek statku
- Sterowanie ruchem kuli po powierzchni
- Sterowanie poziomem wody w zbiorniku

24