



**Instytut Badań Systemowych
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

Piotr Suchomski

**SYNTEZA ALGORYTMÓW
ODPORNEGO STEROWANIA
W CZASIE DYSKRETNYM**



Piotr Suchomski

**SYNTEZA ALGORYTMÓW
ODPORNEGO STEROWANIA
W CZASIE DYSKRETNYM**

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH • POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Seria: BADANIA SYSTEMOWE

tom 38

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2004

Piotr Suchomski

**SYNTEZA ALGORYTMÓW
ODPORNEGO STEROWANIA
W CZASIE DYSKRETNYM**

Publikację opiniowali do druku:

Prof. dr hab. inż. Mikołaj Busłowicz

Doc. dr hab. inż. Piotr Kulczyki (prof. PK)

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN

Warszawa 2004

Wydawca: Instytut Badań Systemowych PAN

ul. Newelska 6 01-447 Warszawa

Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw

tel. 837-68-22

email: biblioteka@ibspan.waw.pl

ISBN 83-85847-94-4

ISSN 0208-8029

Spis rzeczy

Wprowadzenie	7
1 Modele z czasem dyskretnym	11
1.1 Elementy	12
1.2 Systemy	17
2 Rozmieszczanie biegunów	21
2.1 Podstawowa struktura układu sterowania	23
2.1.1 Pierwsza diofantyczna baza	24
2.1.2 Druga diofantyczna baza	25
2.2 Rozwiązania numeryczne i modele nieminimalne	26
2.2.1 Równania diofantyczne dla modeli nieminimalnych	30
2.2.2 Ocena rzędu uproszczenia nieminimalnego modelu	33
2.2.3 Uwarunkowanie problemu rozmieszczania biegunów	37
2.3 Nominalna stabilność oraz jakość sterowania	50
2.4 Odporna stabilność oraz jakość sterowania	53
2.5 Q -parametryzacja układu sterowania	57
2.5.1 Odporna stabilność	57
2.5.2 Odporna jakość	61
3 Sterowanie predykcyjne	71
3.1 Predykcja na podstawie modelu obiektu	72
3.2 Algorytmy sterowania predykcyjnego	78
3.2.1 Zasada sterowania predykcyjnego	78
3.2.2 Prototypowe wielomiany charakterystyczne	83
3.2.3 Formuły sterowania predykcyjnego	88
3.2.4 Właściwości układów sterowania predykcyjnego	92
3.2.5 Obiekty z opóźnieniem	99

4	Dyskretne równania Riccatiego oraz Lapunowa	107
4.1	Wrażliwość równań Riccatiego	108
4.2	Wrażliwość równań Lapunowa	121
4.3	Ocena odpornej stabilności	130
5	Modele łańcuchowe	147
5.1	Łańcuchowe macierze rozproszenia	149
5.2	J –bezstratne systemy	156
5.3	J –bezstratne faktoryzacje	161
5.4	J –bezstratne stabilizujące koniugatory	163
5.5	Modele rozszerzone	169
6	Metody przestrzeni \mathcal{H}_∞	175
6.1	Synteza na podstawie modelu rozproszenia	177
6.2	Łańcuchowe macierze rozproszenia jako podstawa syntezy . .	182
6.2.1	J –bezstratne względnie pierwsze faktoryzacje	184
6.2.2	Metoda uogólnionego zagadnienia własnego	193
6.2.3	Rozszerzone uogólnione zagadnienie własne	208
6.3	Synteza w oparciu o uogólnione J –bezstratne faktoryzacje . .	210
6.3.1	Uogólnione J –bezstratne faktoryzacje	211
6.3.2	Rozwiązanie	213
6.4	Synteza estymatorów stanu	222
6.5	Zadania o nieregularnych macierzowych pękach	236
	Zakończenie	245
A	Uwarunkowanie liniowych zadań	249
B	Spis oznaczeń	259
	Literatura	261
	Indeks	293

Sterowanie odporne polega na zapewnieniu układowi sterowania wymaganej stabilności oraz jakości w warunkach występowania niepewności w modelu sterowanego obiektu dynamicznego. Przedmiotem pracy są zagadnienia związane z syntezą liniowych algorytmów odpornego sterowania w czasie dyskretnym obiektami czasu ciągłego. Skupiono się na algorytmach wynikających z metod przestrzeni H_∞ . Wskazano na znaczenie analizy uwarunkowania zadania syntezy (optymalizacji) sterowania oraz na rolę oceny numerycznych błędów proponowanych algorytmów. Omówiono sposoby polepszania uwarunkowania poprzez zastosowanie modelowania opartego na operatorze *delta*.

W pracy wykazano przydatność łańcuchowych macierzy rozproszenia modelowanego obiektu, udowodniono szereg twierdzeń odnoszących się do J -bezstratnych faktoryzacji takich macierzy, a także omówiono strukturę algorytmów sterowania optymalnych ze względu na normę H_∞ .

Teoretyczne rozważania zilustrowano numerycznymi przykładami dotyczącymi zadań odpornego sterowania oraz estymacji stanu. Przykłady te obejmują między innymi: metodę rozmieszczania biegunów, sterowanie predykcyjne, a także sterowanie optymalne ze względu na kwadratowy wskaźnik jakości oraz ze względu na normę H_∞ .

ISSN 0208-8029

ISBN 83-85847-94-4

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl**