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)

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

Dodatek B

Spis oznaczeń

Δ	– okres dyskretyzacji,
δ	– dyskretnoczasowy operator,
$\sim$	– operator koniugacji,
z	– operator $z = e^{s\Delta}$, $s \in \mathbb{C}$,
ζ	– operator $\zeta = (e^{s\Delta} - 1)/\Delta$, $s \in \mathbb{C}$,
$\mathcal{D}_\Delta$	– wnętrze okręgu $\{\zeta : \lvert\zeta + 1/\Delta\rvert < 1/\Delta\}$,
$\partial\mathcal{D}_\Delta$	– brzeg okręgu $\mathcal{D}_\Delta$,
$\lambda(A)$	– zbiór wartości własnych kwadratowej macierzy A,
$\lambda(U, W)$	zbiór wartości własnych pęku o macierzach U oraz W,
$\sigma_{\min}(M)$	– minimalna wartość szczególna macierzy M,
$\sigma_{\max}(M)$	– maksymalna wartość szczególna macierzy M,
$\rho(A)$	– promień spektralny kwadratowej M,
M^+	– macierz pseudoodwrotna Moore'a-Penrose'a macierzy M,
I_n	– macierz jednostkowa w $\mathbb{R}^{n\times n}$,
J_{mn}	– macierz sygnaturowa w $\mathbb{R}^{(m+n)\times(m+n)}$,
J^{γ}_{mn}	– ważona macierz sygnaturowa w $\mathbb{R}^{(m+n)\times(m+n)}$,
$S_G(\zeta)$	– systemowa macierz związana z funkcją $G(\zeta)$,
$\kappa_2(A)$	– wskaźnik uwarunkowania macierzy A,
$\kappa_\infty(A)$	– wskaźnik uwarunkowania macierzy A,
$\kappa_2(A, b)$	– wskaźnik uwarunkowania liniowego zadania najmniejszych kwadratów $Ax = b$,
$\kappa_{E,f}(A, x)$	– wskaźnik uwarunkowania liniowego zadania o niestrukturalizowalnych zaburzeniach,
$\kappa^{\infty}_{E,f}(A, x)$	– wskaźnik uwarunkowania liniowego zadania o strukturalizowalnych zaburzeniach,

$\kappa^{\infty}_{e,f}(A,x)$ – wskaźnik uwarunkowania liniowego zadania o ściśle strukturalizowalnych zaburzeniach,
$\kappa_S(A,x)$ – wskaźnik uwarunkowania Bauera-Skeela,
$\kappa_S(A)$ – wskaźnik uwarunkowania Bauera-Skeela,
$\eta_{E,f}(y)$ – wsteczny błąd rozwiązania liniowego zadania o niestrukturalizowalnych zaburzeniach,
$\omega_{E,f}(y)$ – wsteczny błąd rozwiązania liniowego zadania o strukturalizowalnych zaburzeniach,
$\nu_{e,f}(y)$ – wsteczny błąd rozwiązania liniowego zadania o ściśle strukturalizowalnych zaburzeniach,
$\kappa_L(P,Q)$ – wskaźnik uwarunkowania równania Lapunowa opisanego parą macierzy (P,Q),
$\mathrm{dom}(\delta Ric)$ – dziedzina operatora δRic,
$\kappa(P,Q,R,S,T)$ – wskaźnik uwarunkowania równania Riccatiego opisanego czwórką macierzy (P,Q,R,S,T),
u_ε – precyzja zmiennoprzecinkowej arytmetyki,
$\mathrm{Toepl}(w)$ – macierz Toeplitza odpowiadająca wektorowi w,
M_Δ – uogólniona macierz Hamiltona,
$\mathrm{sep}_\delta(P^T,P)$ – wskaźnik separacji między macierzami P^T oraz P,
$\mathrm{Im}L$ – obraz liniowego oparatora L,
$\mathrm{Ker}L$ – jądro liniowego oparatora L,
$\mathcal{R}_P^{p\times r}$ – przestrzeń funkcji macierzowych $(p\times r)$ o elementach będących właściwymi wymiernymi funkcjami o rzeczywistych współczynnikach zmiennej $\zeta\in\mathbb{C}$,
$\mathcal{RL}_\infty^{p\times r}$ – podprzestrzeń przestrzeni $\mathcal{R}_P^{p\times r}$ złożona z funkcji analitycznych na $\partial\mathcal{D}_\Delta$,
$\mathcal{RH}_\infty^{p\times r}$ – podprzestrzeń przestrzeni $\mathcal{RL}_\infty^{p\times r}$ złożona z funkcji stabilnych (analitycznych na dopełnieniu $-\bar{\mathcal{D}}_\Delta$),
$\|\cdot\|_\infty$ – norma w przestrzeni $\mathcal{RH}_\infty^{p\times r}$,
$\mathcal{BH}_\infty^{p\times r}$ – podzbiór przestrzeni $\mathcal{RH}_\infty^{p\times r}$ utworzony przez funkcje o jednostkowo ograniczonej normie,
$\mathcal{GH}_\infty^{p}$ – podzbiór przestrzeni $\mathcal{RH}_\infty^{p\times p}$ utworzony przez funkcje stabilnie odwracalne,
$LF(P,K)$ – liniowa frakcyjna (ułamkowa) transformacja,
$HM(G,K)$ – homograficzna transformacja,
$DHM(H,K)$ – dualna homograficzna transformacja,
$EHM(G_o,K)$ – rozszerzona homograficzna transformacja,
$EDHM(H_i,K)$ – rozszerzona dualna homograficzna transformacja.

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