

Sterowalność dodatnich układów na skalach czasowych

Zbigniew Bartosiewicz

Politechnika Białostocka

e-mail: z.bartosiewicz@pb.edu.pl

Rozważamy liniowy układ sterowania na skali czasowej $\mathbb{T}$ zadany przez równanie $x^\Delta = Ax + Bu$, gdzie x^Δ jest delta-pochodną funkcji x , opisującej stan układu. Dla skali czasowej $\mathbb{R}$ równanie sprowadza się do równania różniczkowego $\dot{x} = Ax + Bu$, a dla skali $\mathbb{Z}$ otrzymujemy równanie różnicowe $\Delta x(k) := x(k+1) - x(k) = Ax(k) + B(k)$. Układ jest dodatni, jeśli $x(t)$ ma wszystkie składowe nieujemne dla $t > 0$, nieujemnego stanu początkowego $x(0)$ i nieujemnego sterowania u . Dodatnia sterowalność (z zera) takiego układu oznacza, że zbiór osiągalny z zera pokrywa się z nieujemnym stożkiem w przestrzeni stanów, natomiast istotna dodatnia sterowalność jest słabszą własnością polegającą na tym, że zbiór osiągalny z zera jest gęsty w stożku nieujemnym.

Dodatnia sterowalność jest bardzo restrykcyjną własnością dla układów z czasem ciągłym (na skali $\mathbb{R}$) oraz dużo mniej wymagającą na skali $\mathbb{Z}$. Podamy warunek konieczny i wystarczający na dodatnią sterowalność układu na dowolnej skali czasowej. Będzie on wyrażony przy pomocy pewnego subgramianu związanego z układem sterowania. Z tego warunku można otrzymać skrajnie różne charakteryzacje dodatniej sterowalności dla czasu ciągłego i czasu dyskretnego.

Istotna dodatnia sterowalność również ma różne charakteryzacje na skali $\mathbb{R}$ i na skali $\mathbb{Z}$. Podobnie jak poprzednio, odpowiednio zdefiniowany subgramian umożliwi jednolity opis tej własności na dowolnej skali czasowej. Pokażemy, jak z tego opisu można wygenerować charakteryzacje istotnej dodatniej sterowalności dla układów na konkretnych skalach czasowych.

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr W/WI/2/2023 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji badawczej przekazanej przez ministra właściwego do spraw nauki.

MSC (2020): 93C28, 34N05