Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 6, n. 2, 2018.

Trabalho apresentado no XXXVIII CNMAC, Campinas - SP, 2018.

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Controle dinâmico linear quadrático com saltos não observados - solução via algoritmos genéticos

Luiz Henrique Romero[1]
Eduardo Fontoura Costa[2]
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, ICMC, São Carlos, SP

1 Introdução

Sistemas Lineares Sujeitos a Saltos Markovianos (SLSMs) vêm sendo bastante estudados justamente por sua capacidade de modelar fenômenos que podem apresentar mudança brusca em seu comportamento em decorrência por exemplo de falhas [3]. Apesar de problemas com observação completa estarem bem estabelecidos, problemas com observação parcial ainda são alvos de pesquisas. Neste trabalho propomos o projeto via algoritmos genéticos de controladores dinâmicos sem observação dos saltos e com observação parcial do estado, no contexto de sistemas a tempo discreto e com horizonte de tempo infinito.

2 O problema

Seja o sistema $\mathbf{G}$ extraído de [1],

$$\mathbf{G} = \begin{cases} x(t+1) = A(\theta(t))x(t) + B(\theta(t))u(t) + B_w(\theta(t))w(t), \\ y(t) = C_y(\theta(t))x(t) + D_w(\theta(t))w(t), \\ z(t) = C_z(\theta(t))x(t) + D_u(\theta(t))u(t), \quad t \geq 0, \end{cases} \tag{1}$$

onde $x(t) \in \mathbb{R}^n$ são os vetores de estado; $u(t) \in \mathbb{R}^m$ é a variável de controle; $y(t) \in \mathbb{R}^{n_y}$ são os custos por estágio; $z(t) \in \mathbb{R}^{n_z}$ são as saídas do sistema que devem ser controladas e $\{w(t)\}_{t\geq 0}$ é o ruído. Os parâmetros dos SLSMs são governados por $\theta_t \in \mathcal{N} = \{1, 2, ..., N\}$ de uma cadeia de Markov, ou seja, em cada instante de tempo t, o modo de operação do sistema pode mudar de acordo com o valor θ_t.

O índice de desempenho é definido pela equação abaixo e detalhes podem ser encontrados em [1],

$$J(\mathbf{G}_c) = \lim_{\tau\to\infty} \frac{1}{\tau} \sum_{t=0}^{\tau} E[|z_{cl}(t)|^2]. \tag{2}$$

[1]luiz.h@usp.br
[2]efcosta@icmc.usp.br

Há motivações de natureza prática para o estudo do problema considerando que θ e x não são observados, foco deste trabalho, e neste caso consideramos controladores na forma de

$$\mathbf{R}_{\mathrm{n}} = \begin{cases} x_c(t+1) = A_c x_c(t) + B_c u_c(t) \\ y_c(t) = C_c x_c(t) + D_c u_c(t), \end{cases} \tag{3}$$

denominados controladores dinâmicos por possuírem uma dinâmica interna [2]. As saídas do controlador (3) alimentam as entradas do sistema (1), ou seja, $u(t) = y_c(t)$; e a entrada do controlador é acoplada à saída do sistema, i.e, $u_c(t) = y(t)$. Como não observamos θ, teremos apenas um conjunto de matrizes A_c, B_c, C_c e D_c que definem o controlador.

3 Resultados

Uma das abordagens propostas por nós para a resolução baseia-se em Algoritmos Genéticos (AG). Trata-se de um método interessante pois têm-se mostrado eficiente para otimização em diferentes problemas. Mais importante do que isso, no nosso problema temos a possibilidade de buscar "indivíduos" (controladores) para formar a população inicial através da solução analítica dada em [1] para o problema com observação dos estados θ_t. De fato, em [1] obtemos um controlador semelhante àquele apresentado em (3), mas dependente de θ, de forma que temos matrizes $A_c(i), B_c(i), C_c(i)$ e $D_c(i)$ para $i = 1, \ldots, N$, que, separadamente, nos dão N indivíduos para a população inicial. Isso é particularmente importante em problemas de horizonte infinito como em (2) e sistemas com tendência a instabilidade, pois se definirmos indivíduos de maneira aleatória, sorteando suas matrizes A_c, B_c, C_c e D_c, há grande chance de (2) divergir.

Executamos o AG para o quadrirrotor em [1, Seção V], e obtivemos boas soluções sub-ótimas: $J(Gc) \approx 1.3436x10^3$ versus $J(Gc) \approx 1.0314x10^3$ no cenário com observação de θ e com o controlador de [1]. Nota-se uma pequena piora no desempenho, mas com um controlador bem mais simples, tendo só 4 matrizes versus 12 matrizes em [1, Seção II].

Como trabalho futuro, a ser executado durante o mestrado do co-autor deste trabalho (Luiz H. Romero), propomos comparar com um método de descida clássico.

Referências

[1] V. Dragan, E. F. Costa. Optimal stationary dynamic output-feedback controllers for discrete-time linear systems with Markovian jumping parameters and additive white noise perturbations. In *IEEE Transactions on Automatic Control*, volume 61, pages 3912-3924, 2016.

[2] W. M. Haddad, J.R. Corrado. Robust resilient dynamic controllers for systems with parametric uncertainty and controller gain variations. In *International Journal of Control*, volume 73, number 15, pages 1405-1423, 2000.

[3] A. N. Vargas, E. F. Costa, J. B. R. do Val. Advances in the Control of Markov Jump Linear Systems with No Mode Observation. In *SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering*. Springer International Publishing, 2016. ISBN: 9783319398358.

