

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Inferência Fuzzy Aplicada ao Problema de Controle Robusto

Wagner S. Souza¹

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, UESC, Ihéus, BA

Gildson Q. de Jesus²

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, UESC, Ihéus, BA

1 Introdução

Em [1] foi desenvolvido um controlador ótimo robusto que possui várias vantagens, dentre as quais, podem-se destacar: Escolhas mais gerais para as matrizes de ponderação do problema, aplicações para uma grande classe de dados incertos, e uma solução regularizada que é útil em implementações on-line. Apesar das inegáveis vantagens, um aspecto negativo desta abordagem é a necessidade do ajuste de um parâmetro escalar ótimo λ que decorre de um problema de minimização sujeito a restrições. Este parâmetro é definido em um intervalo conhecido à priori, sua escolha é realizada através de tentativas, que demandam esforço e tempo, até que seja encontrado o valor ótimo que satisfaça o problema de minimização. Com o objetivo de desenvolver uma solução alternativa para encontrar o λ ótimo, neste trabalho aplicou-se a técnica de inferência fuzzy [2] para solucionar este problema.

2 Inferência Fuzzy Aplicada ao Controle Robusto

Considere o sistema em espaço de estados sujeito a incertezas paramétricas

$$x_{i+1} = (F_i + \delta F_i) x_i + (G_i + \delta G_i) u_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

sendo $F_i \in \mathcal{R}^{n \times n}$ e $G_i \in \mathcal{R}^{n \times m}$ matrizes de parâmetros, $x_i \in \mathcal{R}^n$ a variável de estado, $u_i \in \mathcal{R}^m$ a variável de controle, o estado inicial é dado por x_0 assumido conhecido. As matrizes de incertezas desconhecidas $\delta F_i \in \mathcal{R}^{n \times n}$ e $\delta G_i \in \mathcal{R}^{n \times m}$ são modeladas da seguinte forma

$$\begin{bmatrix} \delta F_i & \delta G_i \end{bmatrix} = H_i \Delta_i \begin{bmatrix} E_F & E_G \end{bmatrix}, \quad (2)$$

sendo $H_i \in \mathcal{R}^{n \times k}$, $E_F \in \mathcal{R}^{l \times n}$ e $E_G \in \mathcal{R}^{l \times m}$ matrizes conhecidas e $\Delta_i \in \mathcal{R}^{k \times l}$ uma matriz arbitrária com $\|\Delta_i\| \leq 1$.

¹king-ofcs@hotmail.com

²gildsonj@gmail.com

O controle ótimo robusto \hat{u}_N para o sistema (1) desenvolvido em [1] é dado por

$$\begin{aligned} \hat{u}_N &= -K_N x_N, \\ K_N &= \left(\hat{Q}_N + G_N^T \hat{W}_{N+1} G_N \right)^{-1} \left[G_N^T \hat{W}_{N+1} F_N - \hat{\lambda}_N E_G^T E_F \right], \\ \hat{Q}_N &= Q_N + \hat{\lambda}_N E_G^T E_F, \\ \hat{W}_{N+1} &= P_{N+1} + P_{N+1} H \left(\hat{\lambda}_N I - H^T P_{N+1} H \right)^\dagger H^T P_{N+1}, \quad N \geq i \geq 1. \end{aligned} \quad (3)$$

A solução em (3) depende do parâmetro escalar ótimo $\hat{\lambda}_N$ que pode ser encontrado resolvendo o seguinte problema de otimização

$$\begin{aligned} \hat{\lambda}_i &= \min_{\lambda_i \geq \|H^T P_{i+1} H\|} G(\lambda_i), \quad N \geq i \geq 1 \\ G(\lambda_i) &= u_i^T Q_i u_i + (G_i u_i + F_i x_i)^T W_{i+1} (G_i u_i + F_i x_i) \\ &+ (E_G u_i + E_F x_i)^T \lambda_N (E_G u_i + E_F x_i). \end{aligned} \quad (4)$$

Sabe-se da literatura [1], que o problema de otimização em (4) é de difícil solução. Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de inferência fuzzy, como uma alternativa de solução, para se obter o parâmetro escalar ótimo $\hat{\lambda}_i$.

O sistema de inferência fuzzy foi do tipo Modus-Ponens generalizado [2]. Foram fuzzificadas, a variável de entrada λ e a variável de saída $G(\lambda)$. Após a fuzzificação, foram criadas regras fuzzy do tipo "Se-então" com base no comportamento destas variáveis. A relação de implicação fuzzy utilizada foi a de Mamdani. A operação de composição das relações utilizada foi a MAX-MIN. Os resultados de saída foram defuzzificados através do método do centro de área.

3 Conclusões

Constatou-se que, através da inferência fuzzy foi possível obter o λ ótimo que minimiza a função $G(\lambda)$. Isto comprova a possibilidade da utilização da inferência fuzzy, como uma alternativa para determinação do parâmetro escalar ótimo λ .

Agradecimentos

A FAPESB e a UESC pela oportunidade concedida em realizar esta pesquisa.

Referências

- [1] A. H. Sayed and V. H. Nascimento. Design criteria for uncertain models with structured and unstructured uncertainties. In *Robustness in identification and control*, volume 245, pages 159–173. Springer London, 1999.
- [2] G. Chen and T. T. Pham. Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems. CRC PRESS LLC, 2000. ISSN: 0-8493-1658-8.