

# PROPOSTA DE TEMA DE MESTRADO

## **Avaliação de Desempenho e Sintonia de Controladores Livre de Modelo: Projetos e Simulações**

**Orientador:** Prof. Antonio Augusto Rodrigues Coelho – DAS/UFSC

**Área de concentração:** Controle de Processos

**Local de desenvolvimento:** LCA/DAS/UFSC

**Início:** Outubro de 2015

**Previsão de término:** Dezembro de 2016

### **1. Justificativa**

A identificação do modelo da planta é talvez o mais popular método de uso dos dados experimentais, no projeto de controladores de processos. O engenheiro usualmente realiza certo número de experimentos e então usa os dados conjuntamente com várias técnicas de otimização para construir um modelo para a planta. O modelo da planta é então usado com uma técnica conhecida para se projetar controladores baseados em modelo (paramétrico ou não paramétrico).

Quando o projeto baseado em modelo é empregado de forma online usualmente denomina-se adaptativo indireto. A técnica tipicamente inicia assumindo-se um modelo nominal para a planta. Como novos dados são coletados, a saída real é comparada com a saída estimada produzindo um erro de modelagem nominal. O gradiente do erro com relação aos parâmetros da planta é usado para modificar os parâmetros da planta visando melhorar o modelo. Periodicamente a lei de controle é atualizada usando o mais recente modelo obtido como base na síntese do controle.

Diferentemente, um sistema de controle adaptativo do tipo model-free (livre de modelo) pode ser definido, no caso ideal, com as seguintes propriedades:

1. Nenhum conhecimento quantitativo preciso da planta está disponível;
2. Nenhum mecanismo de identificação é incluído no sistema;
3. Nenhum projeto de controle para um sistema específico é necessário;
4. Nenhuma sintonia manual dos parâmetros do controlador é requerida;
5. Critérios de estabilidade de malha fechada devem estar disponíveis para garantir a estabilidade do sistema de malha fechada.

A principal característica dos controladores model-free é que nenhum modelo do processo está disponível e, portanto, o controlador não é projetado para um sistema específico. Assim, torna-se uma metodologia de controle adequada quando o processo é desconhecido. Entretanto, o termo model-free é um tanto quanto impróprio, pois de certa forma, um conjunto de dados pode ser considerado como um modelo empírico da planta. Logo, qualquer representação simplificada do conjunto de dados da planta é também um

modelo da planta. Outro fator que depõe contra o termo é o fato de que controladores model-free têm sido propostos na literatura a partir de representações baseadas no pseudo-gradiente (PG) ou, em alguns casos “partial-pseudo derivative” (PPD). O que significa, portanto, que algum mecanismo de identificação deve estar presente no algoritmo de controle de forma a permitir a determinação dos parâmetros destas representações simplificadas. Entende-se por modelo do processo o conjunto de estruturas tradicionalmente conhecidas na literatura de controle de processos como sendo capazes de representar com certa precisão um processo real (CARMA, CAR, resposta impulsiva).

O fato dos controladores model-free não precisarem de sintonia manual pode, idealmente, ser verdade e até desejável. Entretanto, do ponto de vista da indústria e de um engenheiro de controle é comum permitir algum tipo de flexibilidade de sintonia para o usuário do controlador, porque pode ser necessário ajustar o desempenho dinâmico de malha fechada. Neste contexto entende-se por controlador livre de modelo aquele em que o projeto e subsequente sintonia não se associam a nenhum modelo tradicional. Tal controlador pode conter em seu algoritmo um mecanismo de identificação de parâmetros e sintonia automática.

Este projeto de pesquisa tem como objetivo analisar diferentes projetos de controladores livre de modelo, no contexto monovariável. Metodologias de sintonia, avaliação de desempenho em termos de índices (margens de ganho e fase e função sensibilidade), tratamento de seguimento de referência e rejeição de perturbação e hibridização com equivalentes estruturas de controle serão pesquisados.

## **2. Objetivos**

Nesta dissertação pesquisam-se os benefícios de implementação de controladores livre de modelo no domínio discreto em processos simulados numericamente e experimentais, com ênfase em:

- ⇒ Avaliação de índices de desempenho no projeto do controlador livre de modelo.
- ⇒ Avaliação de diferentes formas de implementação do método do gradiente para estimação recursiva.
- ⇒ Hibridização com estruturas de controle equivalentes e garantia do seguimento de referência nas formas degrau, rampa e senoidal e rejeição de perturbação de carga e periódica.
- ⇒ Análise de estabilidade e de robustez dos projetos por índices de desempenho, função sensibilidade e simulações numérica e experimental.

## **3. Plano de Trabalho e Cronograma**

1. Avaliação de índices de desempenho no projeto do controlador livre de modelo. Implementação em modelos e experimentos práticos.  
– Tempo previsto: 3 meses.
2. Avaliação de diferentes formas de implementação do método do gradiente para

- estimação recursiva. Avaliação do desempenho dinâmico em modelos e experimentos práticos.
- Tempo previsto: 2 meses.
3. Hibridização com estruturas de controle e garantia do seguimento de referência nas formas degrau, rampa e senoidal e rejeição de perturbação de carga e periódica.
    - Tempo previsto: 3 meses.
  4. Análise de estabilidade e de robustez dos projetos por índices de desempenho, função sensibilidade e simulações numérica e experimental.
    - Tempo previsto: 2 meses.
  5. Escrita e defesa da dissertação.
    - Tempo previsto: 2 meses.
  6. Publicação de artigos em congressos.

#### 4. Ferramentas de Desenvolvimento e Ensaios

Os algoritmos são avaliados e programados na plataforma computacional Matlab/Simulink. Os processos simulados numericamente baseiam-se em relatos benchmark da literatura de controle de processos. Os processos práticos estão em disponibilidade no LCA: nível, temperatura, velocidade, posição, entre outros.

#### Bibliografia

- [1] Clarke, D. W.; Mohtadi, C.; Tuffs, P. S. (1987). Generalized Predictive Control - Parts I and II, *Automatica*, vol. 23, pp. 137-160.
- [2] Coelho, A. A. R.; Araújo, R. B.; Silveira, A. S. (2014). Steady-State Tracking Properties for the Generalized Minimum Variance Controller: A Review, Proportional-Integral-Derivative Tuning, and Applications, *Ind. & Eng. Chem. Res.*, vol. 53, pp. 1470-1477.
- [3] Moudgalya, M. M. *Digital Control*, 2007.
- [4] Fadali, M. S.; Visioli, A. (2009). *Digital Control Engineering: Analysis and Design*, Elsevier.
- [5] Visioli, A. (2006). *Practical PID Control*, Springer.
- [6] Cheng, G.; Wang, Q.; Smialkowski, S. (1998). Model-Free Adaptive Control of Evaporators. *Dynamic Modeling Control Applications for Industry Workshop*, pp. 16-19.
- [7] Ge, S. S.; Lee, T. H.; Wang, Z. P. (2001). Model-Free Regulation of Multi-Link Smart Materials Robots. *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 4, pp. 3871-3876.
- [8] Hou, Z.; Han, C.; Huang, W. (1998). The Model-Free Learning Adaptive Control of a Class of MISO to Linear Discrete-Time Systems. *Proc. IFAC Low Cost Automation*, pp. 227-232.
- [9] Hou, Z.; Huang, W. (1997). The model-free learning adaptive control of a Class of SISO Nonlinear Systems. *Proc. American Control Conference*, vol. 1, pp. 343-344.