

Identificação experimental e projeto de um PID para um Servomecanismo

Wesley Pereira Marcos*, Bruno Luiz Pereira, Rodrigo Hiroshi Murofushi, José Jean Paul Z. S. Tavares.

*Manufacturing Automated Planning Laboratory, wesleypmarcos@gmail.com

Palavras-chave: Algoritmo Genético, Evolução diferencial, PID, Servomecanismo.

1. INTRODUÇÃO

A otimização de sistemas é uma área do conhecimento que desperta interesse tanto na área acadêmica quanto nas indústrias devido ao seu propósito de melhorar o que já existe, ou de estar diretamente envolvida no projeto de novos sistemas que aliem alta eficiência e baixo custo.

É possível encontrar na literatura aplicações de métodos de otimização tanto em problemas diretos, em que são conhecidas a entrada do sistema, o modelo matemático e busca-se a saída do mesmo; em problemas inversos do tipo 1, quando dispõe-se da entrada, saída e busca-se o modelo matemático do sistema; e em problemas inversos do tipo 2, em que há o conhecimento do modelo, da saída e procura-se obter a entrada deste (Cezaro et al., 2008; Stryk et al., 1992; Ramm et al., 2005).

Os algoritmos evolutivos, ao contrário dos clássicos, não têm origem nas teorias do cálculo diferencial. São métodos de ordem zero, baseados na ideia darwiniana da sobrevivência do mais bem adaptado. Como exemplos de algoritmos evolutivos, pode-se citar o algoritmo genético e a evolução diferencial.

O algoritmo genético é um método heurístico, baseado na analogia com a biologia evolutiva. A cada iteração (geração), novo conjunto de criaturas artificiais é gerado, usando as melhores características dos indivíduos da geração anterior e, oportunamente, algumas inovações. Este método de otimização possui três operadores básicos: seleção, em que se utiliza algum critério (ranking, roleta, torneio, dentre outros) para determinar quais indivíduos da população anterior permanecem, e quais são descartados da mesma; crossover (ou cruzamento), no qual 2 indivíduos são escolhidos aleatoriamente (pais) e são substituídos por outros 2 (filhos) cujas características são uma combinação das características desses; e por último a mutação, operador em que são introduzidas eventualmente inovações em alguma variável de alguns indivíduos da população (Haupt et al., 2004).

A evolução diferencial é um algoritmo que embora seja evolutivo, não apresenta inspiração em processos naturais. Este método possui um mecanismo de busca que se baseia no operador de mutação diferencial (soma vetorial), Equação 1:

$$V = I_n + F(I_m - I_p) \quad (1)$$

em que V é um vetor que representa um indivíduo candidato a pertencer à população, I_n , I_m e I_p são indivíduos escolhidos de forma aleatória dentro da mesma, e F é o fator denominado fator de perturbação (geralmente, apresenta valores dentro do intervalo $[0,2]$).

Para que haja o entendimento de como se realizará o estudo do servomecanismo após a obtenção do modelo matemático deste, é necessária a compreensão de que controle é o conjunto de técnicas desenvolvidas que objetivam fazer com que um processo evolua da forma requerida, sendo que essas técnicas são aplicadas geralmente em um controlador, implementado via hardware ou software. Em ambos os casos, as técnicas heurísticas são aplicadas a fim de se obter o melhor modelo representativo.

A planta ou processo, pode ser modelada matematicamente ou obtida através de um ensaio experimental. Para o estudo de caso em questão classifica-se como tipo 1, ou seja, possui-se o sistema físico instrumentado, porém não possuímos sua função de transferência e é de difícil equacionamento. Assim sendo, as técnicas de otimização citadas acima podem ser utilizadas para identificar o comportamento da planta em questão.

Para o controlador do servomecanismo, podem ser utilizadas várias técnicas. O PID é uma técnica de controle bastante utilizada. Basicamente são três características a serem balanceadas: o proporcional, o integral e o derivativo. O proporcional amplifica o sinal do erro aproximando a resposta do sistema do sinal desejado. O integral trabalha com a integral do erro melhorando a resposta em regime permanente. O derivativo trabalha com a derivada do erro aliviando o *overshoot* do sistema. Os parâmetros K_p , K_i e K_d , podem ser calibrados por diferentes técnicas de sintonia. Há diversos estudos de sintonia de controladores PID. Inclusive as técnicas de otimização citadas acima, as quais serão utilizadas para sintonizar o melhor controlador que corresponda aos requisitos da planta em questão.

O trabalho objetiva obter, por meio de um algoritmo genético e evolução diferencial desenvolvidos, a função de transferência $G(s)$ que melhor caracteriza o processo referente a um sistema de servomecanismo, e comparar o resultado destes dois métodos com o obtido pelo toolbox Ident do MATLAB®.

Além disso, deseja-se projetar um controlador do tipo PID que atenda aos requisitos de funcionamento do servomecanismo utilizando as mesmas técnicas apresentadas para a identificação da planta.

2. DESENVOLVIMENTO

O trabalho compreende quatro etapas chave: A identificação da planta utilizando a toolbox do MATLAB®; Identificação da planta no Algoritmo Genético e na Evolução Diferencial; Identificação do Controlador com o Algoritmo Genético e com a Evolução Diferencial; Teste do controlador e da planta no sistema físico.

2.1. Identificação MATLAB

Para a identificação da planta utilizando o MATLAB® os seguintes passos são realizados:

1. Aquisição da informação referente à entrada-saída do sistema sob um protocolo experimental: O sistema foi excitado com um degrau e o tempo de amostragem de 0,01s com um tempo de aquisição de 10s.
2. Escolha da estrutura do modelo: A estrutura geral do modelo (quantidade de polos e zeros) é escolhida a fim de ser estimada. Para o caso, sendo o sistema encontrado:
3. Estimação dos parâmetros do modelo: De posse dos dados de entrada e saída colhidos, da estrutura geral do modelo, a função ident do MATLAB® calibra os valores dos parâmetros do modelo.

$$G(z) = \frac{0,00041(z+0,9909)}{(z-1)(z-0,9729)} \quad (2)$$

2.2. Identificação Planta AG e ED

A mesma estrutura do modelo da planta sugerida para a identificação anterior, também foi utilizada para o AG. Os parâmetros tais como: Número máximo de gerações, elitismo, crossover, mutação, número de indivíduos, foram variados de diversas formas a fim de se obter o melhor resultado para a planta. A Tabela 1 a seguir lista uma das configurações que gerou um resultado superior aos demais para o AG.

Tabela 1: Valores dos Parâmetros Utilizados no Algoritmo Genético para a planta.

Parâmetros	Valores
Número Máximo de Gerações	200
Número de Indivíduos	100
Elitismo	0,10
Probabilidade de Cruzamento	0,95
Probabilidade de Mutação	0,10
Limites de Busca	[0 0 0; 2 2 1]
Tolerância Absoluta	1×10^{-5}
Tolerância Relativa	1×10^{-3}

De maneira semelhante foi realizada a identificação, utilizando a Evolução diferencial. Para este, foram variados os parâmetros: número máximo de iterações, fator de perturbação, probabilidade de ocorrência de soma vetorial. A Tabela 2 a seguir apresenta uma configuração que gerou resultado satisfatório para a evolução diferencial.

Tabela 2: Valores dos Parâmetros Utilizados na Evolução Diferencial para a planta.

Parâmetros	Valores
Número Máximo de Iterações	300
Número de Indivíduos	200
Probabilidade de Ocorrência da Soma Vetorial	0,95
Fator de Perturbação F	0,4
Limites de Busca	[0 0 0; 2 2 1]
Tolerância Absoluta	1×10^{-5}
Tolerância Relativa	1×10^{-3}

2.3. Identificação do controlador AG e ED

De posse do modelo da planta estimado e da equação do controlador, os parâmetros do algoritmo de otimização são setados e procura-se o melhor modelo. O processo de identificação foi semelhante ao utilizado para a obtenção do modelo da planta.

2.4. Teste do controlador

Obtidos os parâmetros para a planta e para o controlador, os mesmos foram testados no servomecanismo. A interface com o sistema físico foi realizada através de um arduino uno, no qual foi programado o controle discreto para a planta e controlador especificados. O Arduino recebe o sinal de referência e a retroalimentação do sistema servomecanismo, devolvendo para este o sinal de controle correspondente conforme Figura 1.



Figura 1: Sistema de controle empregado.

Ambos os controladores apresentaram respostas com semelhanças. Assim ambos foram aplicados ao servomecanismo. A resposta experimental ao controlador obtida pela ED pode ser visualizada na Figura 2.

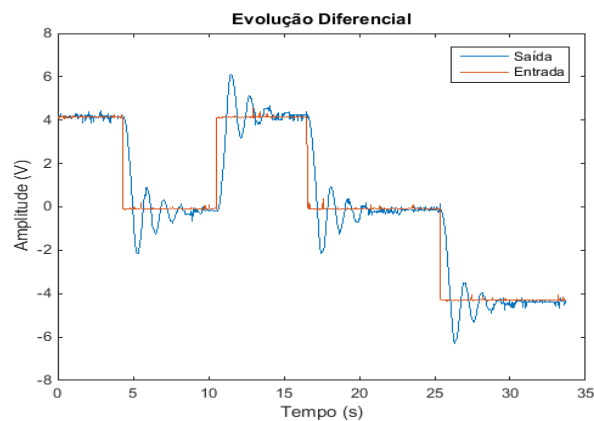


Figura 2: Resposta experimental do controlador obtido pela ED

3. CONCLUSÃO

Apos a realização deste trabalho pode ser verificado que embora o Algoritmo Genético não tenha dado uma boa representação da planta, a Evolução diferencial conseguiu um modelo com boa representação e com parâmetros próximos à identificação obtida pela função *ident* do Mat Lab®.

Quanto aos controladores ambas as abordagens resultaram em comportamentos teóricos semelhantes, com menos custo computacional e melhor eficiência para a evolução diferencial. Esta obteve menor erro e com um número menor de gerações conseguiu obter um modelo com comportamento similar ao obtido pelo AG.

O teste experimental foi condizente com o teórico, validando as técnicas de IA estudadas durante a disciplina em um caso prático. Como o critério da função fitness utilizado foi o erro em relação à referência, parâmetros como Overshoot e Tempo de acomodação puderam ser observados na resposta de forma expressiva. Tais parâmetros podem ser futuramente incorporados com peso na função fitness afim de otimizar a resposta do sistema a tais requisitos. Também pode ser estimada uma função de transferência com outra estrutura.

4. REFERÊNCIAS

- Cezaro, A. "Problemas Inversos: Uma Introdução". Universidade Federal do Rio Grande, 2008, 165 p.
 Haupt, R. L. and Haupt, S. E. "Practical Genetic Algorithms". 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004, 272 p.
 Ramm, A. G., Gutman, S. "Optimization Methods in Direct and Inverse Scattering", 2005, 60 p.
 Stryk, O. V., Bulirsch, R. "Direct and Indirect Methods for Trajectory Optimization". Annals of Operations Research, 1992, pp. 357-373.

5. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.