

Identificação de Sistemas (T1)

1 Definição do Problema

O primeiro passo na maioria dos projetos de sistemas de controle é a aquisição do modelo da planta (processo) a ser controlada. Este procedimento chama-se “Identificação de Sistemas” e será abordado no presente laboratório. O objetivo aqui é encontrar os coeficientes θ_i , $i = 1, 2, 3, \dots$, de uma função de transferência discreta a partir dos dados de entrada e saída da planta. Por exemplo, suponha que seja necessário identificar uma planta de segunda ordem, então devemos encontrar θ_i para $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 :

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{\theta_3 z^2 + \theta_4 z + \theta_5}{z^2 - \theta_1 z - \theta_2}. \quad (1)$$

Após, podemos encontrar o equivalente contínuo do sistema acima e projetar um controlador usando os métodos clássicos vistos nas disciplinas de controle.

2 Mínimos Quadrados

A partir da Transformada \mathcal{Z} inversa da equação (1), obtemos a seguinte expressão:

$$y(k) - \theta_1 y(k-1) - \theta_2 y(k-2) = \theta_3 u(k) + \theta_4 u(k-1) + \theta_5 u(k-2).$$

Isolando a saída do sistema, segue que

$$y(k) = \theta_1 y(k-1) + \theta_2 y(k-2) + \theta_3 u(k) + \theta_4 u(k-1) + \theta_5 u(k-2),$$

relação que pode ser descrita na seguinte forma matricial:

$$y(k) = [y(k-1) \ y(k-2) \ u(k) \ u(k-1) \ u(k-2)] \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Se possuímos uma série de N medições ao invés de apenas uma, a equação anterior pode ser representada na seguinte forma aumentada:

$$\begin{bmatrix} y(2) \\ y(3) \\ y(4) \\ \vdots \\ y(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y(1) & y(0) & u(2) & u(1) & u(0) \\ y(2) & y(1) & u(3) & u(2) & u(1) \\ y(3) & y(2) & u(4) & u(3) & u(2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y(N-1) & y(N-2) & u(N) & u(N-1) & u(N-2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Note que esta relação matricial pode ser escrita de forma compacta como

$$\mathbf{Y} = \mathbf{\Psi}\theta.$$

Logo, pelo método dos Mínimos Quadrados, para encontrar os valores ótimos de θ basta aplicar a seguinte fórmula:

$$\theta = (\mathbf{\Psi}^T \mathbf{\Psi})^{-1} \mathbf{\Psi}^T \mathbf{Y},$$

sendo que o termo \bullet^T representa a matriz transposta.

3 Tarefas

Baixe os arquivos MATLAB referentes ao trabalho. Na pasta fornecida haverá três ambientes de simulação com sistemas desconhecidos de diferentes ordens. Para cada um destes sistemas, faça as seguintes tarefas:

- Abra a função `control.m` e programe um sinal de controle (em malha aberta) para ensaiar o sistema.
- Execute o script `main.m` para efetuar o ensaio na planta desconhecida. Os dados do ensaio serão armazenados nos seguintes vetores:

u: sinal de controle aplicado no sistema;

y: saída de interesse da planta obtida pelo sensor.

Além disso, o intervalo de tempo entre as amostras ficará armazenado na variável `T`.

- Através dos dados de entrada e saída do ensaio processo, estime um modelo discreto $G(z)$ utilizando o método Mínimos Quadrados.
- Encontre um sistema contínuo $G(s)$ equivalente para modelo discreto $G(z)$ identificado. Dica: utilize a função `d2c` do MATLAB.
- Compare a resposta do modelo identificado com a resposta do sistema original. Para isto, utilize o trecho de código ao final do script `main.m`.

Após finalizar as etapas anteriores para todos os sistemas fornecidos, realize as seguintes tarefas complementares para cada caso:

- Habilite a flag `noise` que encontra-se na aba de configurações do script `main.m`. Isto irá fazer com que o ambiente de simulação introduza ruído nas leituras dos sensores.
- Observe que a presença deste ruído nas leituras irá comprometer a qualidade da sua identificação por Mínimos Quadrados.
- Visando obter uma boa identificação mesmo com uso de sensores ruidosos, utilize o comando `ident` do MATLAB. Este é um toolbox especializado em identificação de sistemas que apresenta métodos avançados para realização desta tarefa. Digite `help ident` no prompt de comando para obter ajuda.

Elabore um relatório descrevendo a realização de todas as atividades solicitadas. Submeta este relatório juntamente com seus códigos MATLAB na respectiva sala de entrega indicada no Moodle. Boa sorte!

Referências

- [1] Aguirre, L.A. Introdução À Identificação de Sistemas, 2a Edição. Editora UFMG, 2007.
- [2] Ljung, L. System Identification: Theory for the User (2nd Edition) Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 1987.