

Trabalho Individual 1

Métodos Determinísticos para Identificação de Sistemas, Método da Deconvolução, Média Coerente Atraso de sinais

Francis Carlos dos Santos
12 de Setembro de 2017

I. INTRODUÇÃO

Esse trabalho tem como objetivo a aplicação de conceitos passados em sala. Os assuntos serão Resposta de sistemas e métodos determinísticos, método da deconvolução, média coerente e atraso de sinais. A resolução será implementada em MatLab e será desenvolvida de forma que cada exercício terá um *.m* associado, por exemplo para o exercício 1, teremos *E1.m*. Para fins de praticidade caso desejado um arquivo *tp1.m* será criado caso seja necessário executar de uma só vez os exercícios implementados.

II. EXERCÍCIO 1 - RESPOSTA DE SISTEMAS E MÉTODOS DETERMINÍSTICOS

A figura 1 representa o sistema gerado pelo arquivo *system_response_parte1.mdl* com a inserção do número de matrícula - 2012022167. A saída do sistema é então como mostrada na figura 1. O próximo passo foi identificar

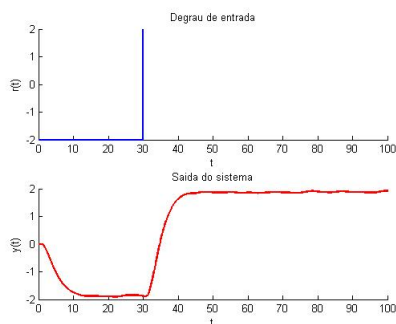


Fig. 1. Resposta ao degrau do sistema a ser analisado.

os coeficientes do modelo conforme discutido em sala e sugerido na referência da disciplina [1], para os modelos de primeira ordem, primeira ordem com atraso e de segunda ordem sobreamortecido. Feito isso os sistemas foram montados no *Simulink*, os arquivos podem ser encontrados em *system_response_2016_2_parte1_mod.mdl*. Nas figuras 2, 3 e 4 mostramos a comparação entre as saídas geradas e as esperadas para os sistemas simulados. A tabela I mostra a comparação desses erros e mostra que os resultados podem ser considerados satisfatórios.

O sistema de segunda ordem sobreamortecido foi mais complexo de se determinar os parâmetros. Este foi feito através do método de Sundaresan que apesar de simples é bem complicado de se traduzir na implementação. Por isso

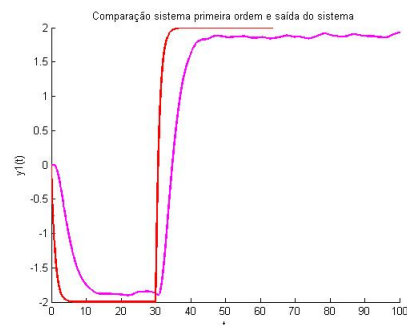


Fig. 2. Comparação da resposta do sistema original e o modelo de primeira ordem.

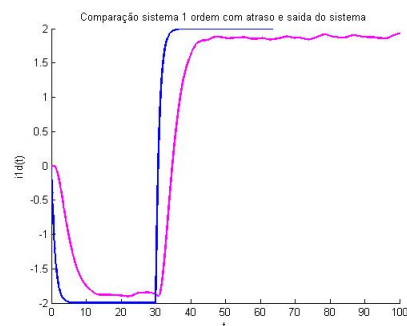


Fig. 3. Comparação da resposta original do sistema e o modelo de primeira ordem com atraso.

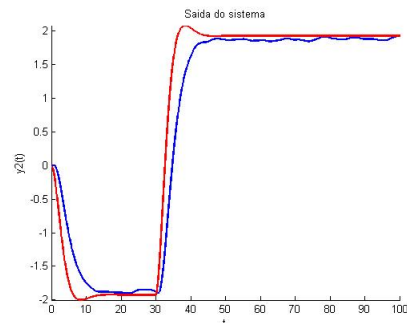


Fig. 4. Comparação da resposta original do sistema e o modelo de segunda ordem sobreamortecido

para fins de facilidade alguns parâmetros do mesmo foram estimados de forma analítica na resolução do terceiro item.

Sistema	Erro
1 Ordem	0.4780
1 ordem com atraso	0.4763
2 Ordem sobreamortecido	0.1427

TABLE I

ERROS ESTIMADOS PARA AS SAÍDAS MONTADAS COM OS PARÂMETROS ANÁLITICOS.

III. EXERCÍCIO 2 - MÉTODO DA DECONVULUÇÃO

Considerando o sistema:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{5z + 3}{12z^2 + 7z + 7}$$

Uma série de questões são levantadas em cada tópico. Para resolver dividimos numerador e denominador por z^2 e obtemos a seguinte equação de diferenças mostrada abaixo que será a base para responder as questões levantadas.

$$y[n] = -\frac{7}{12}y[n-1] - \frac{7}{12}y[n-2] + \frac{5}{12}u[n-1] + \frac{1}{4}u[n-2] \quad (1)$$

Da definição temos:

$$h[n] = -\frac{7}{12}h[n-1] - \frac{7}{12}h[n-2] + \frac{5}{12}u[n-1] + \frac{1}{4}u[n-2] \quad (2)$$

Um impulso unitário foi aplicado a equação acima com o centro em $n=0$, e obteve-se a seguinte resposta $h[n]$ do sistema:

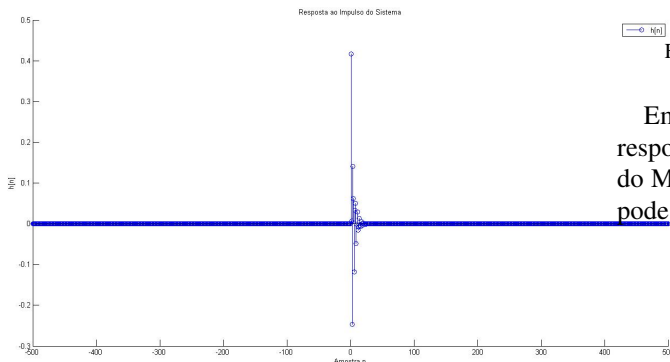


Fig. 5. Resposta do sistema ao impulso unitário.

Em seguida foi calculada a resposta $y[n]$ de um sinal randômico gerado utilizando a equação de diferenças mostrada em 1. A partir dessa resposta foi estimada as primeiras 100 amostras da resposta ao impulso usando o método da deconvolução - conforme o capítulo 3 de [1]. A figura 6 mostra a comparação do resultado estimado com a resposta obtida no item anterior. Através do resultado mostrado acima vemos que a resposta estimada é praticamente idêntica a obtida analiticamente através da função. O resultado é basicamente idêntico devido a Matriz inversa de U ser bem comportada e pelo fato do sistema não

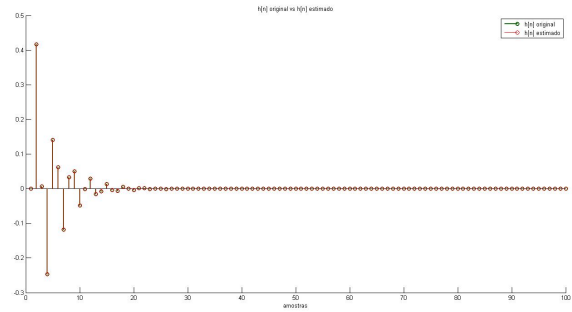


Fig. 6. Resposta do sistema ao impulso estimado.

ter ruído. Em seguida foi adicionado um ruído de 4% ao sinal e a resposta ao impulso do sistema foi novamente estimada. A figura 7 mostra uma comparação dos resultados da resposta ao sinal com e sem ruído. A resposta ao impulso estimada é bem eficiente, sobretudo pela relação sinal/ruído ser relativamente alta.

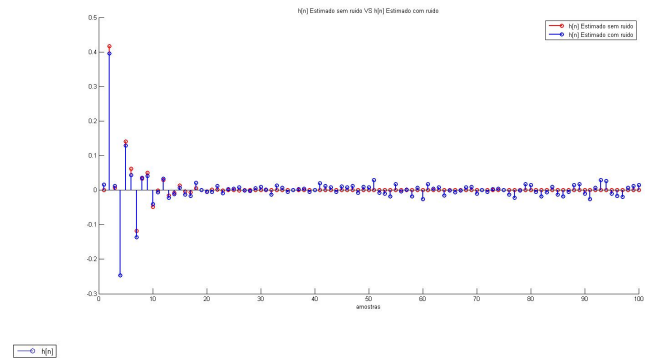


Fig. 7. Comparativo de resposta ao impulso com e sem ruído.

Em seguida a partir da equação do sistema foi calculada a resposta em frequência do sistema utilizando a função *freqz* do MatLab e plotada logo em seguida o ganho e a fase como pode ser visto em 8.

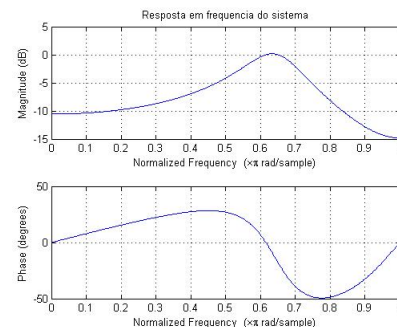


Fig. 8. Diagrama de Ganho e Fase do sistema.

Por fim foi feita a estimativa da resposta em frequência do sistema. Para tanto um ruído branco de entrada foi considerado e calculada a resposta y do sistema a este sinal. A transformada de Fourier foi aplicada aos sinais Y_r e r utilizando uma aproximação numérica feita com um

loop (para não utilizar a função FFT). Logo a resposta em frequência será a razão entre os sinais. A comparação entre a resposta em frequência estimada e a calculada anteriormente é mostrada na figura 9. Como pode ser visto o valor estimado é bem próximo, como esperado, devido ao fato da entrada r ser não senoidal.

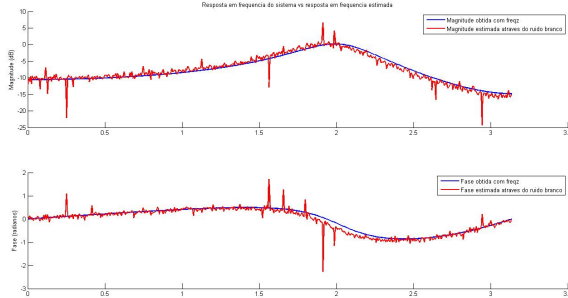


Fig. 9. Comparação das respostas em frequência do sistema e estimada.

IV. EXERCÍCIO 3 - MÉDIA COERENTE

Nesse exercício iremos trabalhar com a aplicação do método de média coerente para atender a alguns requisitos pedidos. O código de resolução utiliza o MatLAB e para fins de execução, basta digitar E3 nos console para executá-lo. Para utilizar a média coerente é importante ressaltar que o sinal tem que preferencialmente ter algumas características básicas para melhor resultado. Como sinais com muito ruído randomico e a relação sinal/ruído ser fracionaria e identificar corretamente o intervalo[2]. Em princípio o sinal dado *bee.mp3* foi ouvido. Pode-se perceber que o sinal apresenta alto nível de ruído sendo impossível para o ouvido humano tirar alguma informação, como por exemplo do que se trata o áudio. Em seguida, foi aplicado o método da média coerente. A princípio o sinal foi separado em 200 partes com suas respectivas amostras depois a média foi calculada. Com a média coerente aplicada foi fácil perceber que o áudio trata-se da 9ª Sinfonia de Beethoven, "Ode à Alegria". Na segunda questão o procedimento da questão inicial foi

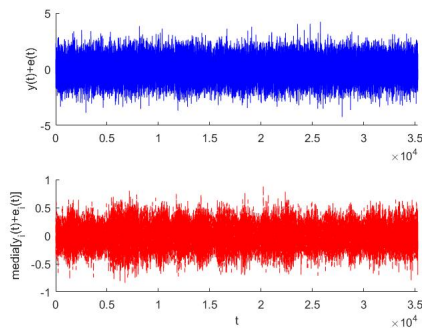


Fig. 10. Redução do ruído utilizando a média coerente.

repetido, porém desta vez com apenas 20 execuções. O sinal com apenas 20 conjuntos de amostras apresenta muito mais

ruído do que aquele obtido anteriormente. Esse fato pode ser observado comparando-se os gráficos das figuras 10 e 11. O

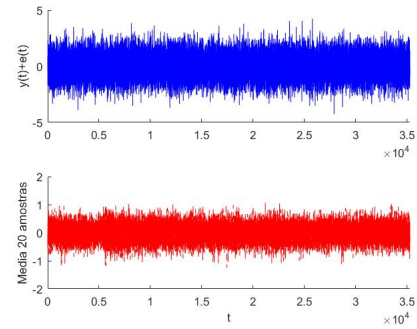


Fig. 11. Redução do ruído utilizando a média coerente em 20 amostras.

método com 200 amostras possui muito menos ruídos devido a própria natureza do método que tende a eliminar o ruído a medida que o número de simulações aumenta - assumindo ruído branco. Em um caso real as repetições podem causar na eliminação do próprio sinal, caso o ruído não seja aleatório. Por isso muito importante identificar a natureza do ruído a ser removido.

Por fim foi realizada uma alteração para que pudessemos simular o caso em que o intervalo entre as repetições tivesse sido estimado errado e causasse um erro progressivo no cálculo das médias. Pode ser observado que o ruído foi muito alto quase o que comprova a importância da identificação correta dos intervalos amostrados.

V. EXERCÍCIO 4 - ATRASO ENTRE SINAIS

Inicialmente, selecionou-se os três trechos de áudio b_1, b_2, b_3 . Em seguida executamos os trechos para perceber que o trecho b_2 é o que mais se assemelha ao áudio b_0 resolvido no primeiro item do exercício anterior pois nele é possível ouvir o áudio perfeitamente mas com um certo ruído ao fundo. Para estimar os atrasos entre os sinais b_1 e b_0 , b_2 e b_0 , b_3 e b_0 , porém cada sinal foi amostrado em uma frequência diferente. Para tratar isso foi encontrado a frequência de amostragem de cada sinal e percebeu-se que as frequências encontradas são múltiplas sendo as frequências do primeiro até o último, 22050Hz, 14700Hz e 7350Hz respectivamente. O tratamento aplicado foi o de amostrar os sinais de forma a pegar amostras espaçadas da mesma maneira.

	Atraso (em segundos)
b_1 com b_0	7.9998
b_2 com b_0	-7.9998
b_3 com b_0	-7.9993

TABLE II

VALORES ESTIMADOS DO ATRASO ENTRE OS SINAIS B_1 E B_0 , B_2 E B_0 , B_3 E B_0 .

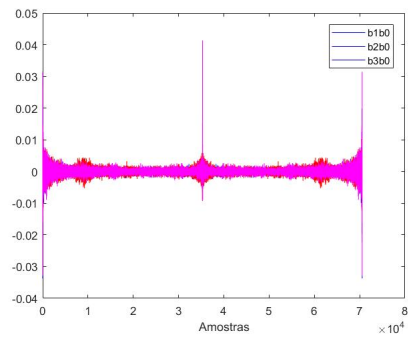


Fig. 12. Correlação cruzada entre os sinais.

REFERÊNCIAS

- [1] Aguirre, L. A. (2004). Introdução à Identificação de Sistemas: técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais. Editora da UFMG. 2a edição.
- [2] O. Rempelman, H.H. Ros, Coherent averaging technique: A tutorial review Part 1: Noise reduction and the equivalent filter, Journal of Biomedical Engineering, Volume 8, Issue 1, 1986, Pages 24-29, ISSN 0141-5425, [http://dx.doi.org/10.1016/0141-5425\(86\)90026-9](http://dx.doi.org/10.1016/0141-5425(86)90026-9). (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0141542586900269>)
Keywords: Signal processing; coherent averaging