

Estimação e Identificação de Sistemas

Apresentação Final

Nelson Carlos de Sousa Campos

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Departamento de Engenharia Elétrica

Dezembro de 2015

Introdução

- ▶ A modelagem de sistemas dinâmicos é uma ferramenta essencial para cientistas e engenheiros
- ▶ Alguns processos físicos são descritos por equações diferenciais ou de diferenças (ex: queda de um corpo livre)
- ▶ No entanto, alguns sistemas tem características desconhecidas (ex: modelo de potência de um processador excitado por um aplicativo)
- ▶ Quando um sistema é descrito por uma caixa preta, é necessário fazer a identificação da dinâmica e estimação dos parâmetros que regem as leis do sistema
- ▶ Para uma boa estimativa, deve-se utilizar técnicas de otimização e tratamento de interferências nas medições
- ▶ Este trabalho ilustra com as atividades a seguir as técnicas abordadas ao longo da disciplina Estimação e Identificação de Sistemas

Atividades 1, 2 e 3

- No processo de identificação e estimação de sistemas, alguns passos devem ser seguidos para a obtenção de um modelo:

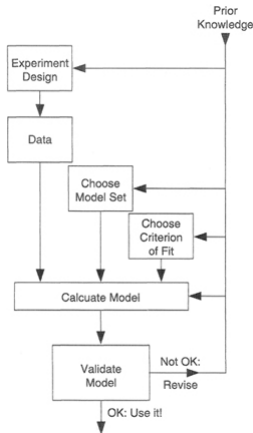


Figura 1: Etapas para a identificação de um sistema, fonte: [1]

Atividades 1, 2 e 3

- ▶ Partindo-se de um problema arquétipo, pode-se modelar um sistema com erro mínimo na estimativa utilizando-se do método dos mínimos quadrados
- ▶ Esta modelagem funciona bem para sistemas lineares e invariantes no tempo
- ▶ Um preditor para a dinâmica do sistema é obtido a partir da coleta de um conjunto de dados observados
- ▶ A coleta dos dados é contaminada com ruído e bons modelos contém informações descritivas das perturbações
- ▶ Para amenizar as perturbações, pode-se empregar análise de correlação temporal entre sinais de interesse e ruídos ou análise espectral no domínio da frequência

- ▶ O embasamento teórico das atividades 1 e 2 foi aplicado na implementação das figuras da atividade 3. A reprodução dos sinais, bem como seus espectros e correlações estão ilustrados na Figura 2.
- ▶ O grande desafio da questão foi modelar a fdp do sinal $e(t)$ para o caso (c) da atividade 3.

Atividades 1, 2 e 3

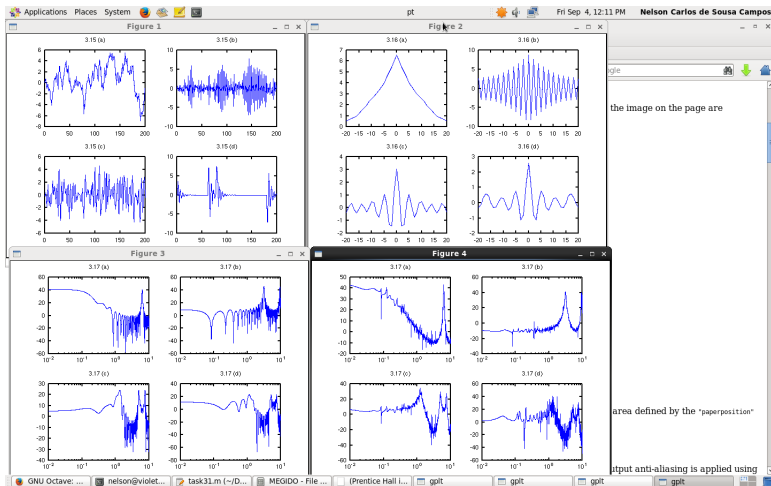


Figura 2: Resultados da Atividade 3

Atividades 4 e 5

- ▶ A relação entre saída e entrada de um sistema no domínio da frequência é denominado de Função de Transferência Empírica (ETFE, em inglês)
- ▶ Normalmente a curva de uma ETFE não tem um comportamento suave devido à presença de ruído
- ▶ Uma soma ponderada dos pontos da ETFE, onde os pesos dos pontos são inversamente proporcionais ao espectro do ruído pode suavizar a curva da Função de Transferência Estimada
- ▶ Suavizar a ETFE implica na melhora da estimação e no refinamento dos parâmetros obtidos
- ▶ A razão da Transformada de Fourier da correlação entre entrada e saída pela Transformada de Fourier da autocorrelação da entrada é outra maneira suavizar a ETFE
- ▶ Janelas de Parzen, Barlett e Hamming são úteis na suavização da ETFE

Atividades 4 e 5

- A Figura 3 mostra os resultados das técnicas de suavização da ETFE referentes à Atividade 4

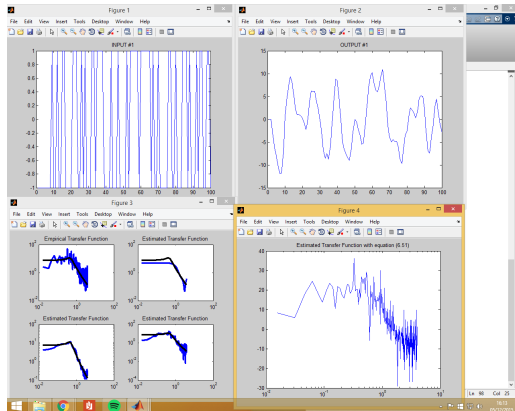


Figura 3: Resultados da Atividade 4

Atividades 4 e 5

- ▶ Quando não se tem muito conhecimento na modelagem do ruído ou não há nenhum interesse em concentrar esforços para modelá-lo, a abordagem de Variáveis Instrumentais torna-se conveniente para este caso
- ▶ Bons preditores não contém informações do ruído e encontrar um subconjunto de Z^N com correlação nula com os erros de medição é bastante razoável para se definir preditores a partir de Variáveis Instrumentais
- ▶ A Atividade 5 se utilizou destas variáveis, onde os dados foram coletados do problema da Atividade 4 para estimar a saída do sistema anteriormente descrito e os resultados estão ilustrados na Figura 4

Atividades 4 e 5

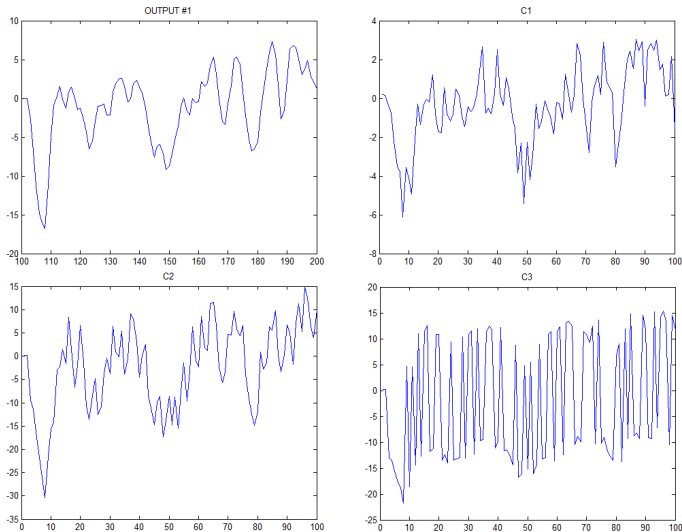


Figura 4: Resultados da Atividade 5

Atividades 6 e 7

- ▶ Alguns processos físicos tem comportamentos não lineares. A Atividade 6 é um bom exemplo disso
- ▶ Ao modelar um sistema de aquecimento solar em função da radiação emitida pelo sol, um modelo não linear, mas linear nos parâmetros foi proposto
- ▶ Técnicas de coleta de dados a partir de figuras foram essenciais para a construção do Z_N^{t-1}

Atividades 6 e 7

- ▶ A Figura 5 ilustra o modelo do sistema de aquecimento, bem como os dados coletados para a formalização matemática do modelo
- ▶ A Figura 6 contém a saída estimada da temperatura do sistema de aquecimento

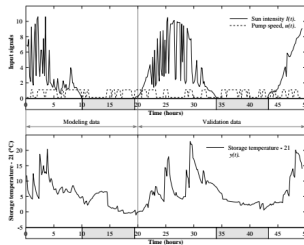
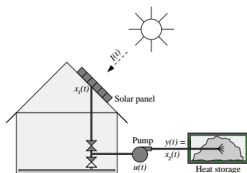


Figura 5: Sistema de Aquecimento Solar e dados de radiação, velocidade da bomba e temperatura do aquecedor

Atividades 6 e 7

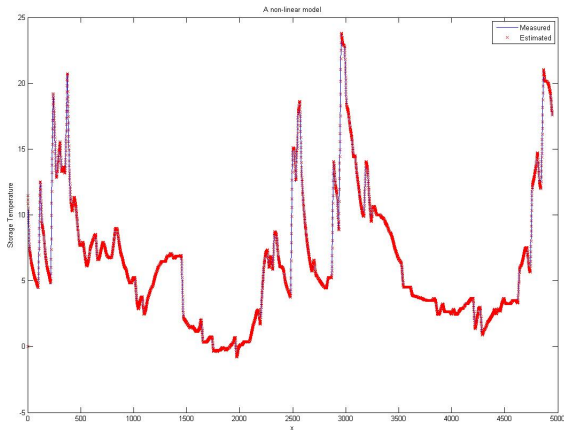


Figura 6: Estimação da temperatura do sistema de aquecimento

Atividades 6 e 7

- ▶ A identificação dos parâmetros de um circuito RLC foi proposto na atividade 7
- ▶ O circuito foi simulado no Simulink e uma rotina do Matlab estimava os parâmetros R, L e C
- ▶ Nas figuras 7 e 8 estão ilustrados o gráfico do circuito RLC e os resultados da atividade 7, respectivamente

Atividades 7 e 8

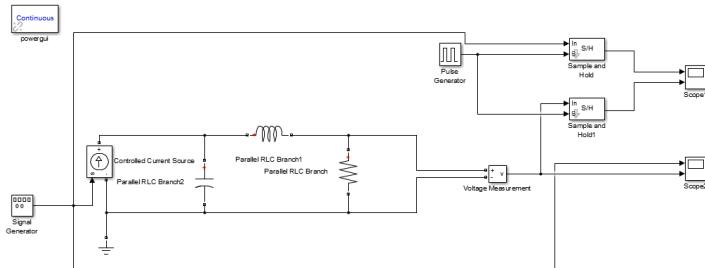


Figura 7: Circuito RLC

Atividades 7 e 8

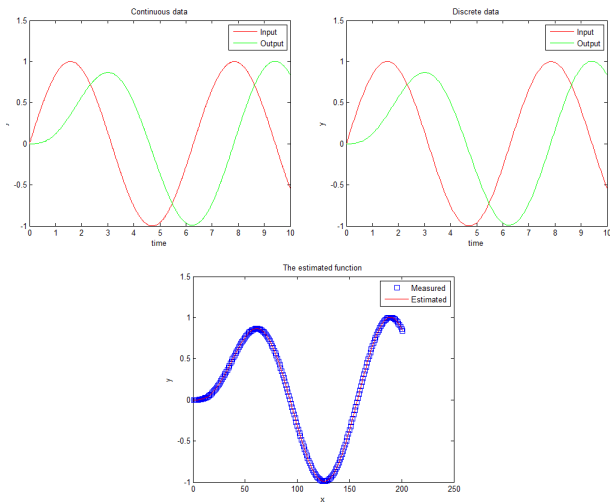


Figura 8: Resultados da Atividade 7

Atividades 8, 9 e 10

- ▶ Até o presente momento, os processos até agora investigados ou eram lineares ou poderiam ser modelados com parâmetros lineares
- ▶ Alguns processos são intrinsicamente não lineares e o método dos mínimos quadrados não lineares deve ser empregado para a estimação de algumas grandezas físicas
- ▶ Como exemplo, pode-se citar a potência de uma máquina de indução trifásica, que foi objeto de estudo da atividade 8
- ▶ Por outro lado, a atividade 9 teve o intuito de identificar uma máquina síncrona coletando pontos de uma função de variáveis complexas e encontrando uma função estimada com erro mínimo
- ▶ O método de Levy é uma extensão do mínimos quadrados para ajuste de curvas de funções complexas e esta técnica foi utilizada para estimar funções de transferência da máquina síncrona

Atividades 8, 9 e 10

- ▶ As figuras 9 e 10 ilustram os modelos esquemáticos dos motores de indução e da máquina síncrona, respectivamente
- ▶ As figuras 10 e 11 contém os resultados das atividade 8 e 9, respectivamente

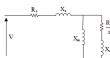


Figura 9: Modelo da máquina de indução



Figura 10: Modelos da máquina síncrona

Atividades 8, 9 e 10

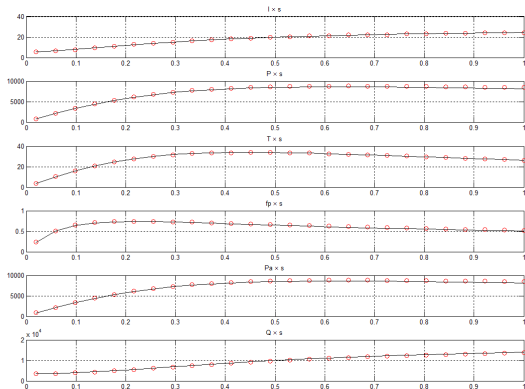


Figura 11: Resultados da Atividade 8

Atividades 8, 9 e 10

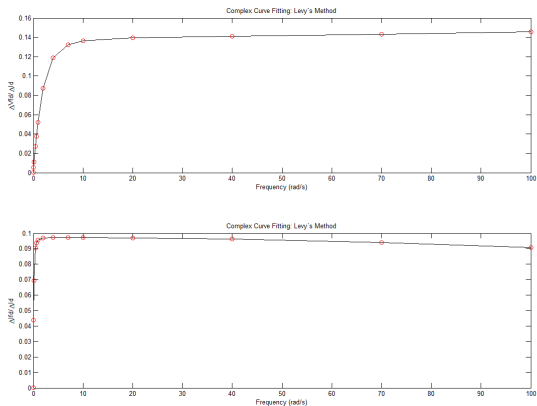


Figura 12: Resultados da Atividade 9

Atividades 8, 9 e 10

- ▶ Na Atividade 10 foi proposto um modelo para a utilização da CPU em função da execução de aplicativos
- ▶ Fez-se medições da utilização em função da razão da frequência máxima do clock da CPU pela frequência de operação variando-se a carga do processador (aplicativo em execução)
- ▶ Os resultados mostraram que tanto o Ebizzy (que leva o processador à máxima utilização da CPU) quanto o OS (utilização mínima) são descorrelacionados com a frequência
- ▶ Para a renderização de um vídeo ou reprodução de uma música, foi proposto um modelo não linear para o sistema

Atividades 8, 9 e 10

- ▶ O modelo proposto é descrito pela seguinte expressão:
- ▶ $y(t) = a_1y(t-1) + b_1y(t-1)u(t-1)$
- ▶ A primeira parcela é devido a permanência da CPU em um determinado estado de energia $E_{off} \rightarrow E_{off}$ ou $E_{on} \rightarrow E_{on}$ ao passo que a segunda parcela descreve a energia necessária para mudar de um estado de energia $E_{off} \rightarrow E_{on}$ ou vice-versa
- ▶ A energia para mudar de transição é proporcional à variação da frequência e esta não linearidade se explica por tal fato
- ▶ Os resultados da Atividade 10 estão representados na Figura 13

Atividades 8, 9 e 10

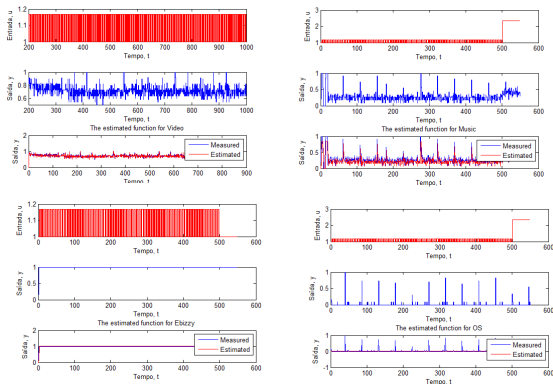


Figura 13: Resultados da Atividade 10

Conclusão

- ▶ A Estimação e Identificação de Sistemas é uma ferramenta útil na modelagem de sistemas dinâmicos
- ▶ Tem aplicações interdisciplinares (Crescimento Populacional, Máquinas Elétricas, Biossensores e Sistemas Físicos Cibernéticos)
- ▶ Estimação de modelos de potência de ESLs é uma área recente e em alta demanda na indústria de semicondutores e na academia
- ▶ Os conteúdos aqui aprendidos serão aplicados em uma proposta de estimação de modelos de potência de ESL (Electronic System Levels)

Conclusão

- ▶ A Estimação e Identificação de Sistemas é uma ferramenta útil na modelagem de sistemas dinâmicos
- ▶ Tem aplicações interdisciplinares (Crescimento Populacional, Máquinas Elétricas, Biossensores e Sistemas Físicos Cibernéticos)
- ▶ Estimação de modelos de potência de ESLs é uma área recente e em alta demanda na indústria de semicondutores e na academia
- ▶ Os conteúdos aqui aprendidos serão aplicados em uma proposta de estimação de modelos de potência de ESL (Electronic System Levels)
- ▶ Para qualquer outra informação

Conclusão

- ▶ A Estimação e Identificação de Sistemas é uma ferramenta útil na modelagem de sistemas dinâmicos
- ▶ Tem aplicações interdisciplinares (Crescimento Populacional, Máquinas Elétricas, Biossensores e Sistemas Físicos Cibernéticos)
- ▶ Estimação de modelos de potência de ESLs é uma área recente e em alta demanda na indústria de semicondutores e na academia
- ▶ Os conteúdos aqui aprendidos serão aplicados em uma proposta de estimação de modelos de potência de ESL (Electronic System Levels)
- ▶ Para qualquer outra informação
- ▶ nelson.campo@ee.ufcg.edu.br

- [1] Ljung, Lennart. "System Identification: Theory for the user." PTR Prentice Hall Information and System Sciences Series 198 (1987).
- [2] Lindskog, Peter, and Lennart Ljung. "Tools for semiphysical modelling." International Journal of Adaptive Control and Signal Processing 9.6 (1995): 509-523.
- [3] Levy, E. C. "Complex-curve fitting." Automatic Control, IRE Transactions on 1 (1959): 37-43.
- [4] Lima, Antonio Marcus Nogueira, Cursino Brandão Jacobina, and Eurico Bezerra de Souza Filho. "Nonlinear parameter estimation of steady-state induction machine models." Industrial Electronics, IEEE Transactions on 44.3 (1997): 390-397.
- [5] Coultes, M. E., and Wilfred Watson. "Synchronous machine models by standstill frequency response tests." power apparatus and systems, iee transactions on 4 (1981): 1480-1489.