

ET-237: Processamento Estatístico de Sinais

Horário: Segundas-feiras, das 9 às 12 horas. Aulas de reposição: quartas-feiras, das 14h:30 às 15h:30.

Local: Sala 2025-A.

Instrutor: Prof. Marcelo G.S. Bruno (sala 199, correio eletrônico: bruno@ele.ita.br).

Atendimento aos alunos: A combinar com o instrutor.

1 Objetivos

O objetivo dessa disciplina é familiarizar o aluno com conceitos básicos da teoria de processamento de sinais aleatórios de tempo discreto. Em termos práticos, os conceitos estudados nesse curso aplicam-se diretamente a diferentes áreas de interesse como telecomunicações, engenharia biomédica, econometria, controle automático, processamento de voz e imagens, acústica submarina, sistemas de defesa e, medidas elétricas em geral. Essa disciplina fornece ainda ao aluno os pré-requisitos necessários para acompanhar a literatura técnica atual nas áreas previamente citadas.

2 Pré-Requisitos

Exige-se que os alunos matriculados nessa disciplina tenham cursado previamente ET-236 (Processos Estocásticos) ou um conjunto equivalente de disciplinas. O instrutor também recomenda fortemente que os alunos tenham cursado previamente alguma disciplina nas áreas de Álgebra Linear e Sistemas Lineares de Tempo Discreto. Dadas as restrições de tempo que impossibilitam a inclusão de aulas introdutórias de revisão no programa, conceitos das disciplinas pré-requisito citadas anteriormente serão assumidos conhecidos pelo instrutor.

3 Avaliação

Haverá duas avaliações bimestrais e um exame final escrito. As avaliações bimestrais versarão sobre o conteúdo desenvolvido nas aulas do respectivo bimestre enquanto o exame final versará sobre o conteúdo do curso inteiro. Ao longo do curso, serão distribuídas listas de exercício cujo objetivo é fixar e ampliar os conceitos desenvolvidos em sala de aula. As listas de exercício podem ocasionalmente incluir também exercícios computacionais em MATLAB.

4 Ementa (Revisada)

4.1 Teoria da Estimação

Estimação Bayesiana

1. Estimadores bayesianos: critérios MAP (máximo a posteriori) e MMSE (mínimo erro quadrático médio); exemplos.
2. Estimação MMSE de vetores gaussianos: estimadores bayesianos lineares e o teorema de Gauss-Markov, desempenho do estimador.
3. Estimação MMSE recursiva de seqüências de vetores gaussianos: derivação do filtro discreto de Kalman-Bucy e seu desempenho.
4. Métodos subótimos de filtragem em sistemas dinâmicos não-lineares: o filtro estendido de Kalman-Bucy (EKBF).
5. Filtros não-lineares ótimos de tempo discreto.
6. Métodos Monte Carlo seqüenciais para aproximação do filtro não-linear ótimo de tempo discreto: amostragem por importância e filtros de partículas.

Estimação ML

1. Estimadores de máxima verossimilhança: definição e exemplos.
2. Propriedades de estimadores: viés, matriz de informação de Fisher, limite de Cramér-Rao, estimadores eficientes.
3. O modelo estatístico linear; identificação de modos no modelo estatístico linear, aplicações em identificação ML de parâmetros ARMA.
4. Estimação ML de parâmetros em matrizes de correlação estruturadas.
5. Breve introdução aos métodos de subespaço em análise modal (*dependendo das restrições de tempo*).
6. Algoritmo EM (*dependendo das restrições de tempo*).

4.2 Teoria da Detecção

Detectores Neyman-Pearson

1. Testes binários de hipóteses simples: conceito de potência e tamanho do teste, curvas ROC.
2. Hipóteses simples: testes binários de máxima potência com tamanho fixo; lema de Neyman-Pearson.

3. Estatísticas Suficientes.
4. Modelo gaussiano multivariável: testes de médias e testes de covariâncias.
5. Detecção de sinais determinísticos conhecidos em ruído gaussiano branco e correlacionado: filtros casados e filtros casados generalizados, aplicações em comunicações digitais.
6. Detecção de sinais aleatórios em ruído gaussiano branco e correlacionado: o detector estimador-correlacionador.
7. Detecção no modelo estatístico linear com parâmetros aleatórios: aplicações em detecção de senóides com desvanecimento Rayleigh, filtros casados de quadratura.
8. Testes de hipóteses compostas, testes UMP, testes de máxima verossimilhança generalizados (GLRTs).
9. Aplicações de GLRTs em detecção em ruído gaussiano branco de senóides com parâmetros determinísticos desconhecidos; aplicações em radar e sonar.

Detectores de Bayes

1. Conceito de risco de Bayes.
2. Testes de Bayes de mínimo risco para hipóteses binárias.
3. Testes Minimax.
4. Testes de Bayes para múltiplas hipóteses; aplicações em comunicações M-árias.

Observação Alguns tópicos importantes como filtros de Wiener e predição linear são *cobertos em ET-236*.

5 Bibliografia

A bibliografia sugerida para a disciplina inclui os seguintes textos:

1. *Statistical Signal Processing: Detection, Estimation, and Time Series Analysis*, Louis L. Scharf, Addison-Wesley Publishing Company, 1991.
2. *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*, Steven M. Kay, Prentice Hall Signal Processing Series, 1993.
3. *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory*, Steven M. Kay, Prentice Hall Signal Processing Series, 1998.
4. *Sequential Monte Carlo Methods in Practice*, Arnaud Doucet, Neil J. Gordon e J. F. G. de Freitas, editores; Springer-Verlag NY, 2001.
5. *Optimal Filtering*, Brian D. O. Anderson e John B. Moore, Prentice-Hall Inc, 1979.

6. *Detection, Estimation and Modulation Theory, Part I*, H. L. Van Trees, John Wiley & Sons, 1968.