



PME 5009 – Introdução à Teoria de Estimação- 1º. período de 2022
Prof. Dr. Agenor de Toledo Fleury
Prof. Dr. Flávio Celso Trigo

Objetivo

Criar o embasamento necessário para trabalhar com técnicas de identificação, principalmente filtros de Kalman, fundamentais para tratamento de sistemas dinâmicos com incertezas de modelagem e de medição.

Conteúdo

Conceituação de Modelos Determinísticos e Probabilísticos. Conceitos de Controlabilidade e Observabilidade de Sistemas Dinâmicos. Reconstrução do Estado em Sistemas Determinísticos: Observadores Identidade e Observadores de Ordem Reduzida ou de Luenberger . Revisão da teoria de Probabilidades: Definição Axiomática, Variáveis Aleatórias, Funções Densidade e Distribuição. Estimação de Parâmetros: Critérios de Otimização, Mínimos Quadrados, forma de Kalman. Processos Estocásticos: Caracterização, Processos Estacionários e Ergódicos, Processos de Markov, Equações Diferenciais Estocásticas. Filtros de Forma (Shaping Filters). Filtros de Kalman Lineares. Filtros Linearizados de Kalman. Filtros Estendidos de Kalman. Ruído adaptativo, Estimação Simultânea de estado e parâmetros. Problemas de Controle Linear-Quadrático-Gaussiano (LQG). Noções sobre filtros de partículas (Ensemble Kalman Filter, Unscented Kalman Filter).

Forma de avaliação

Ao longo do curso, serão disponibilizadas listas de exercícios cobrindo os tópicos desenvolvidos. A resolução de todos os exercícios é obrigatória. A avaliação é individual e será baseada nos exercícios propostos conforme orientações que serão dadas em aula.

Bibliografia

1- Fleury, A.T. Filtro de Kalman Aplicado à Navegação Aérea. Notas de Aula, INPE, 1982. 2 - Maybeck, P.S. Stochastic Models, Estimation and Control, Vol. I,II e III. Academic Press, 1979 (vol.I) e 1982 (vol.II e III). 3 - Jazwinski, A. H. Stochastic Processes and Filtering Theory . Academic Press 1970. 4 - Gelb, A. Applied optimal estimation. MIT Press, 1974. 5 – Bryson, A.E. Applied optimal control: optimization, estimation, and control. Halsted Press, 1975. 6 - Evensen, G. Data assimilation, The Ensemble Kalman Filter, 2nd ed., Springer, 2009.

Outras informações e material de apoio estão disponíveis na página eletrônica da disciplina:

<http://sites.poli.usp.br/d/pme5009>

**Programação das aulas**

Aula	Data	Tópicos
1	29/03/2022	1. Introdução: <ul style="list-style-type: none">- Apresentação do curso, critérios de avaliação, bibliografia- Sistemas dinâmicos: histórico, modelos, tipos;- Noções iniciais sobre observadores de estado e o filtro de Kalman; 2. Modelos, Espaço de Estados
2	05/04/2022	3. Observadores de Estados <ul style="list-style-type: none">- Controlabilidade e Observabilidade- Observadores trivial, identidade e de Luenberger ou de ordem reduzida- Critério de otimalidade para a seleção de pólos de observadores
3	12/04/2022	4. Teoria da Probabilidade <ul style="list-style-type: none">- Definições de probabilidade- Teoria Axiomática de Probabilidade- Variáveis Aleatórias- Função distribuição de Probabilidades
4	19/04/2022	4. Teoria da Probabilidade <ul style="list-style-type: none">- Variáveis aleatórias normalmente distribuída ou Gaussiana- Variáveis aleatórias conjuntamente distribuídas- Variáveis aleatórias independentes- Probabilidade condicionada
5	26/04/2022	5. Teoria de Estimação: sistemas estáticos <ul style="list-style-type: none">- Critérios de otimização- Teorema Fundamental de Gauss-Markov- Observações lineares- Estimação por Mínimos Quadrados
6	03/05/2022	5. Teoria de Estimação: sistemas estáticos <ul style="list-style-type: none">- Informações <i>a priori</i> com observações lineares- A forma de Kalman 6. Processos Estocásticos <ul style="list-style-type: none">- Definição de um processo estocástico- Caracterização probabilística de um processo estocástico- Momentos de um processo estocástico
7	10/05/2022	6. Processos Estocásticos <ul style="list-style-type: none">- Independência e correlação- Processos estocásticos estacionários- Densidade espectral de potências- Processos ergódicos
8	17/05/2022	6. Processos Estocásticos <ul style="list-style-type: none">- Processos e seqüências de Markov- Processos Gaussianos- Ruído branco- Representação para equações diferenciais estocásticas
9	24/05/2022	6. Processos Estocásticos <ul style="list-style-type: none">- Equações estocásticas lineares de diferenças- Shaping Filters 7. Filtro de Kalman para Sistemas Lineares <ul style="list-style-type: none">- Modelo linear contínuo-discreto
10	31/05/2022	7. Filtro de Kalman para Sistemas Lineares <ul style="list-style-type: none">- Filtro de Kalman para sistemas contínuos-discretos- Filtro de Kalman para sistemas contínuos-contínuos- Filtro de Kalman para sistemas discretos-discretos
11	07/06/2022	8. Aplicações da teoria linear à estimação de sistemas não-lineares <ul style="list-style-type: none">- Filtro linearizado de Kalman (FEK)- Filtro estendido de Kalman (FLK)- Filtro de Schmidt-Kalman
12	14/06/2022	9. Noções sobre filtros de partículas <ul style="list-style-type: none">- Filtro de Kalman Unscented (UKF)- Filtro de Kalman Ensemble (EnKF)