



Control Estocástico

Objetivos propuestos por la ordenanza 1199

Que los cursantes desarrollen las capacidades necesarias para el análisis y diseño de sistemas de control no determinísticos.

Contenidos propuestos por la ordenanza 1199

- Variables aleatorias
- Procesos estocásticos
- Ecuaciones diferenciales estocásticas.
- Sistemas estocásticos
- Series de tiempo.
- Modelos estocásticos.
- Estimación óptima de estado
- Definición de estabilidad en entorno estadístico
- Filtros, modelo de kalman- Bucy, implementación
- Criterios de controlabilidad.
- Controladores de varianza mínima
- LQR
- Estimadores, definición y tipos de implementación.
- Sistemas MIMO, Realizabilidad, Implementación.

Prerrequisitos

- Conceptos de probabilidad y estadística

Carga horaria 60 Hs

Docentes: Dr. Miguel Re / Dr. Daniel Patiño



Programa Analítico

Parte I: Procesos estocásticos (30 hs)

Capítulo 1: Variables Aleatorias, revisión de conceptos

Concepto de probabilidad. Definiciones de la probabilidad. Probabilidad condicional. Definición de variable aleatoria. Funciones de densidad y distribución de probabilidad. Distribuciones condicionales y teorema de probabilidad total. Transformación de variables. Media y varianza. Momentos. Función característica.

Capítulo 2: Distribuciones multivariadas.

Distribución bivariada. Una función de dos variables aleatorias. Distribuciones multivariadas. Momentos conjuntos. Función característica conjunta. Secuencias de variables aleatorias.

Capítulo 3: Procesos estocásticos.

Definiciones. Estadística de los procesos estocásticos. Propiedades generales. Procesos estacionarios. Sistemas con entradas estocásticas. Sistemas sin memoria. Sistemas lineales. Teorema fundamental. Ecuaciones diferenciales. Espectro de potencias.

Capítulo 4: Estimación espectral

Ergodicidad. Proceso ergódico medio. Varianza. Interpretación frecuencial de la ergodicidad. Estimación espectral. El periodograma.

Capítulo 5: Series de tiempo.

Presentación del tema. Análisis descriptivo: series estacionarias. Series de tiempo con tendencia. Test de aleatoriedad. Estimación de las funciones de autocovarianza y autocorrelación. Estimación de parámetros en modelos ARMA - Estimación de parámetros en modelos ARIMA – Modelo estacional de Box – Jenkins – Análisis de residuos – Notas sobre construcción de modelos de series de tiempo. Predicción.



Capítulo 6: Procesos estacionarios en el dominio de las frecuencias

La función de distribución espectral – La función de densidad espectral – El espectro de procesos continuos.

Análisis de Fourier – Un modelo simple sinusoidal – Análisis del periodograma – Análisis espectral: procedimientos de estimación consistentes – Intervalos de confianza para el espectro – Comparación de diferentes procedimientos de estimación – Análisis de una serie continua en el tiempo.

Parte II: Control estocástico (30 hs)

Tema 1. Modelación de Sistemas en el Espacio de Estado

Introducción al concepto de variables de estado.

Modelación en el espacio de estado de un sistema simple.

Modelación de un sistema monovariante de orden n . Extensión para sistemas multivariantes.

Modelos de tiempo discreto.

Carácter no único del modelo de estado.

Solución de la ecuación de estado de tiempo continuo y discreto.

Matriz transición de estado.

Relación entre la representación de estado y la matriz o función de transferencia.

Transformación de función de transferencia a espacio de estado.

Forma canónica controlable. Forma canónica diagonal. Forma canónica columna. Forma canónica fila. Forma canónica observable.

De matriz de transferencia a espacio de estado.

Análisis de estabilidad.

Controlabilidad.

Observabilidad.

Dualidad de los procesos lineales.

Aplicaciones y ejemplos.

Tema 2. Diseño de controladores de estado para sistemas estocásticos lineales

Formulación del problema de control para sistemas estocásticos.

Solución al problema del regulador óptimo lineal estocástico basado en la programación dinámica (ecuación de Bellman).

Controlador de estado de mínima varianza.



Introducción al control óptimo estocástico.

Ejemplos de aplicación.

Tema 3. Estimación de estados

Planteo general del problema de observación y estimación de estados de un sistema.

Diseño de un observador de estado de un sistema determinístico.

Extensión a sistemas de estocásticos. Solución al problema de estimación de estado usando Filtro de Kalman. Aplicaciones.

Controladores óptimos con estimación de estado.

Tema 4. Software para análisis, diseño, simulación e implementación con MatLab.

Análisis, diseño y desarrollos de sistemas de control estocásticos de tiempo real por computadora. Ejemplos.

Trabajos Prácticos

El curso incluye como actividades prácticas, la resolución por parte del alumno y a modo de tareas, de problemas propuestos por el profesor. Se utilizará software de apoyo y programas desarrollados ad-hoc cuando sea necesario.

Estos problemas se resolverán en parte en el aula. A tal efecto se dedicará el 30% del tiempo de asignación áulica del curso a clases prácticas guiadas. Las prácticas serán completadas por el alumno como tarea extra áulica.

Cada tema del programa de la asignatura tiene asociada una práctica de problemas.

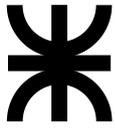
Actividades de investigación

El curso incluye además una actividad de investigación, la cual está enmarcada dentro de un pequeño proyecto de investigación que deberá realizar el estudiante en un tema acordado con el profesor.

Esta actividad se desarrollará dentro de la asignación horaria para las actividades personales.

Bibliografía

CHATFIELD, C. (1988). *The Analysis of Time Series.* Chapman and Hall. London.
BOX, G.E.P. and JENKINS, G.M. (1970). *Time Series Analysis, Forecasting and Control.* Holden-Day. San Francisco.



- PAPOULIS, A. (1991).** *Probability, Random Variables and Stochastic Processes.* Tercera edición. McGraw – Hill series in Electrical Engineering. New York.
- MILLER S. L. AND CHILDERS D. (2004).** *Probability and Random Processes With Applications to Signal Processing and Communications.* Elsevier Inc.
- ANDERSON, T.W. (1971).** *The Statistical Analysis of Time Series.* Wiley. New York.
- BROCKWELL, P. J. and DAVIS, R. A. (1991).** *Time Series: Theory and Methods.* Springer, Berlin.
- Aström K., Wittenmark B.** *Sistemas controlados por computador.* Paraninfo, 1988.
- Bellman R.** *Dynamic Programming.* Princeton Univ. Press, 1957.
- Bellman R., Kalaba R.** *Dynamic Programming and Modern Control Theory.* Academic Press, 1965.
- De Russo R., Roy R., Cose C.** *State Variables for Engineers.* John Wiley, 1965.
- Dreyfus S.** *Dynamic Programming and the Calculus of Variations.* Academic Press, 1965.
- Franklin G., Powell J.** *Digital Control of Dynamic Systems.* Addison-Wesley, 1980.
- Isermann R.** *Digital Control Systems.* Springer-Verlag, 1990.
- Kuchen B.** *Control Digital.* Apuntes de Cátedra, Carrera de Electrónica, Fac. de Ingeniería, UNSJ.
- Kuchen B.** *Control Digital Avanzado.* Apuntes de curso de posgrado en ingeniería de sistemas de control, INAUT, Fac. de Ing., UNSJ.
- Kuo B.** *Sistemas Automáticos de Control.* Academic Press, 1971.
- Kuo B.** *Digital Control Systems.* Englewood Cliff. Prentice Hall, 1980.
- Ogata K.** *Discrete-Time Control Systems.* Prentice Hall, 1987.
- Ogata K.** *State Space Analysis of Control System.* Prentice Hall, 1967.
- Patiño H. D.,** *Optimización de sistemas usando Inteligencia Artificial,* Curso de Posgrado, INAUT, UNSJ.
- Pontryagin L.** *Basic Problems of Automatic Regulations and Control.* Izdvo. Akad. Nauk. URSS, 1957.

Metodología de enseñanza y de evaluación durante el cursado

Durante las actividades para el desarrollo del curso se utilizan las siguientes actividades metodológicas:

Método expositivo mixto:

El desarrollo de las clases teóricas está basado fundamentalmente en la clase expositiva. Se promueve la participación del alumno a través de consultas y el diálogo. Las clases se comienzan con una motivación y enunciación de los objetivos del tema.



Técnicas grupales:

En el desarrollo de algunos temas teóricos se utiliza la técnica de la discusión. Esta técnica culmina con la exposición de las conclusiones sobre el tema obtenidas por cada grupo de clase.

Búsqueda bibliográfica actualizada:

Se promueve la búsqueda de bibliografía de los temas de interés, aportes novedosos, utilizando Internet. Se busca que el alumno incorpore estrategias de obtención de conocimientos por sí mismo.

Prácticas de gabinete:

Se realizan utilizando la técnica de grupos de aprendizaje, lo que facilita la tarea docente y estimula el espíritu de trabajo en grupo del alumno. Estos grupos (de 2 a 3 estudiantes) se conforman libremente al comenzar el curso y se organizan independientemente, distribuyéndose las tareas durante la ejecución de la práctica y posteriormente (obtención de conclusiones, preparación de informes breves).

Medios Auxiliares

Los medios auxiliares utilizados para el desarrollo de las clases teóricas y prácticas son:

Medios audiovisuales: Pizarrón, PC (clase práctica)

Laboratorio de cómputo

Material bibliográfico

Internet

Evaluación

El curso se evaluará mediante prácticas de problemas, un proyecto de investigación, seminarios y exámenes parciales. Los parciales se aplicarán una semana después de finalizar el dictado de los temas correspondientes.

Para poder tener derecho a la evaluación final el estudiante deberá obtener una calificación superior a 7, la cual se establece promediando la calificación de las prácticas de problemas, del proyecto de investigación, de los seminarios y de los exámenes parciales con factores de ponderación 0.15, 0.15, 0.2 y 0.5 respectivamente.

Aprobación

La asignatura se aprueba rindiendo un examen integral escrito sobre todos los contenidos de ésta. Existiendo un recuperatorio para los alumnos que no puedan asistir o sean reprobados. Examen final y recuperatorio se llevarán a cabo en el término de 60 días de finalizado el curso en fechas a determinar.