

Plan de Estudio Doctorado en Ingeniería

Mención: Inteligencia Computacional, Señales y Sistemas

MATEMÁTICA APLICADA

Objetivos

El objetivo central del curso es poner en contacto a los alumnos con las ecuaciones diferenciales, que constituyen el tipo de ecuación fundamental en que resultan numerosos modelos de la Física, Química, Biología, etc. Se pretende que los alumnos conozcan el comportamiento cualitativo de las soluciones de las ecuaciones diferenciales, tanto ordinarias, como en derivadas parciales, siendo capaces de determinarlo dependiendo del tipo de ecuación (elíptica, parabólica, hiperbólica). También se pretende que los alumnos se familiaricen con algunos métodos analíticos de resolución, que en algunas circunstancias permiten hallar formas cerradas de las mismas, y en otras permiten obtener conclusiones acerca de su comportamiento cualitativo. El programa que se propone está diseñado de modo que modelización, teoría y métodos de resolución participen de manera balanceada en el desarrollo del curso.

Programa sintético

Repaso de los teoremas de la divergencia y del rotor y rudimentos de la teoría de potencial. Modelos matemáticos. Leyes de conservación. Relaciones constitutivas. Transporte. Difusión. La ecuación del calor y la de Laplace. La ecuación de ondas. Ecuaciones en derivadas parciales de primer orden. Aplicaciones. La ecuación del calor. Problemas con condición inicial y condiciones de borde. Separación de variables. Principio de máximo y unicidad. Condiciones de borde independientes del tiempo. Estado estacionario. Condiciones de borde dependientes del tiempo, el Teorema de Duhamel. Series de Fourier. Transformada de Fourier. Transformada de Laplace. Aplicaciones a EDP en dominios infinitos. Problema de Sturm-Liouville. Separación de variables para ecuaciones del calor, Laplace y ondas en dimensiones superiores. Funciones especiales. Coordenadas generalizadas. Función de Green.

Conocimientos previos requeridos

Matemática de grado.

Carga horaria: Teoría: 60 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 30 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: trabajos prácticos, 2 exámenes parciales y examen final.

Bibliografía básica

- Arfken G.B., Weber H.J., "Mathematical Methods For Physicists", HARCOUT-Academic Press, 2001.
- Bleecker D., Csordas G., "Basic Partial Differential Equations", International Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.
- Courant R., Hilbert D., "Methods of Mathematical Physics", Vols. I y II, John Wiley and Sons, 1953.
- Haberman R., "Elementary Applied Partial Differential Equations", Prentice Hall, Upper Saddle Rver, NJ, 1998.
- Larsson S., Thomée V., "Partial Differential Equations with Numerical Methods", Springer, 2009.
- Logan J. D. "Applied Partial Differential Equations", Springer, New York, 2004.

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO AVANZADO DE SEÑALES

Objetivos

Que el alumno: a) Conozca los fundamentos teóricos de técnicas avanzadas de análisis y procesamiento de señales. b) Comprenda su significado a los efectos de la correcta implementación de los correspondientes algoritmos. c) Identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en señales reales. d) Desarrolle habilidad para la lectura fluida y comprensiva de publicaciones científicas actuales sobre el tema.

Programa Sintético

Introducción. Elementos de matemática avanzada. Operadores lineales. Proyecciones. Espacios vectoriales. Filtros lineales invariantes en el tiempo. Integrales de Fourier en L1 y en L2 - Propiedades. Filtros lineales discretos invariantes en el tiempo. Señales finitas. Análisis tiempo-frecuencia y análisis tiempo-escala. Análisis por tramos. La transformada Fourier por ventanas. Distribución de Wigner-Ville, Clase de Cohen, distribución de Choi-Williams. Series de Distribución T-F. Representaciones T-F adaptativas. La transformada ondita. Frecuencia instantánea. Energía tiempo-frecuencia Energía tiempo-escala. Marcos. Teoría de Marcos. Marcos en Fourier y en onditas. Invariancia ante traslación. Transformada Ondita Diádica. Bases ondita. Bases onditas ortogonales. Aproximaciones multirresolución. Funciones escala. Filtros espejo conjugados. Clases de bases ondita. Onditas y bancos de filtros. Bases biortogonales. Bases paquetes de onditas y cosenos. Transformada paquetes de onditas. Bases posibles. Algoritmo rápido. Transformada paquetes de cosenos. Búsqueda de bases: método de los marcos, mejor base ortogonal, base discriminante local, base menos dependiente estadísticamente, base de mejor dispersión. Diccionarios. Representaciones basadas en diccionarios: ralas y/o factoriales. Planteo general. Métodos determinísticos y estocásticos. Relación con el análisis de componentes independientes. Selección de coeficientes o inferencia: caso limpio y ruidoso. Métodos de selección de subconjuntos. Búsqueda de bases y búsqueda por coincidencia. Búsqueda del diccionario o aprendizaje: Diccionarios fijos o "a medida" y óptimos. Descomposición modal empírica. Aplicaciones. Aplicaciones al análisis de señales reales.

Conocimientos previos requeridos

Algebra lineal. Fundamentos de sistemas y señales: espacio de señales, transformada de Fourier, convolución, transformada Z, filtros lineales. Conocimientos básicos de Matlab u Octave.

Carga horaria: Teoría: 60 horas. Coloquio y/o Práctica en el aula o laboratorio: 30 horas. Total: 90 horas.

Duración: 18 semanas.

Formas de evaluación: Trabajos prácticos y examen final.

Bibliografía básica

Allen R. L., Mills D. W., "Signal Analysis, Time, Frequency, Scale and Structure", IEEE Press - John Wiley & Sons, Inc., 2004.

- Chui C. K., "An Introduction to Wavelets", Academic Press, 1992.
- Cohen L., "Time Frequency Analysis: Theory and Applications", Prentice-Hall, 1995.
- Daubechies I., "Ten Lectures on Wavelets", SIAM, 1992.
- Deller J., Proakis J. Hansen J., "Discrete-Time Processing of Speech Signals", Macmillan Publishing, 1993.
- Flandrin P., "Time-Frequency/Time-Scale Analysis", Academic Press, San Diego, 1999
- Hyvärinen A., Karhunen J., Oja E., "Independent Component Analysis", John Wiley & Sons, 2001.
- Madisetti V., Williams D. B., "The Digital Signal Processing Handbook", CRC Press, 1999.
- Mallat S., "A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way", Academic Press, 3 edition, 2009.
- Mertins A., "Signal Analysis, Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms and Applications", John Wiley & Sons Inc., 1999.
- Quian S. y Chen D., "Joint Time-Frequency Analysis: Method and Applications". Prentice Hall, 1996.
- Rao R. P. N , Olshausen B. A., Lewicki, M. S. (Eds.), "Probabilistic Models of the Brain: Perception and Neural Function", MIT Press, 2002.
- Strang G. y Nguyen, T. "Wavelets and Filter Banks". Wellesley-Cambridge Press, 1997.

TÓPICOS SELECTOS EN APRENDIZAJE MAQUINAL

Objetivos:

Que el alumno: a) conozca los fundamentos teóricos de las técnicas más utilizadas y los avances recientes en el área del aprendizaje maquinal, b) comprenda su significado a los efectos de la correcta implementación de los algoritmos, c) identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en problemas reales y d) desarrolle habilidad para la lectura fluida y comprensiva de publicaciones científicas actuales sobre el tema.

Programa sintético

Introducción. Revisión de Probabilidad, Nociones de Teoría de la Información y Teoría de la Decisión. Clasificación estadística de patrones y regresión: aprendizaje supervisado paramétrico, no paramétrico y no supervisado. Minería de datos y agrupamiento de patrones.

Análisis estadístico de datos. Análisis de componentes principales, formulación probabilística y basada en núcleos. Análisis de componentes independientes: formulaciones alternativas, funciones objetivo y funciones de contraste. Modelos de mezclas no lineales y convolutivas. Métodos de proyección, reducción dimensional y selección de características. Técnicas clásicas de aprendizaje. Revisión de redes neuronales: perceptrón simple y multicapa, redes con funciones de base radial, mapas auto-organizativos. Naive Bayes, k vecinos cercanos, análisis discriminante lineal, mezclas de gaussianas, k medias. Ensamble de clasificadores, bagging, boosting. Aprendizaje basado en árboles y reglas de decisión. Métodos que no utilizan en métricas. Generación de árboles de decisión: CART, ID3, C4.5. Reglas para separación, crecimiento y podado. Tratamiento de atributos con valores faltantes. Relación y equivalencias con redes neuronales. Aprendizaje basado en núcleos. Construcción de núcleos y aprendizaje basado en núcleos. Teoría estadística del aprendizaje: clasificadores de riesgo empírico mínimo. Máquinas de soporte vectorial. Máquinas multiclase. Máquinas de núcleos raros. Aprendizaje de datos secuenciales. Revisión de redes neuronales dinámicas: redes de Hopfield, redes neuronales con retardos temporales, redes de Elman y Jordan. Modelos ocultos de Markov discretos y continuos. Algoritmos hacia adelante y hacia atrás. Algoritmo de Viterbi. Entrenamiento por maximización de la esperanza. Entrenamiento discriminativo. Técnicas de validación. Figuras de mérito en aplicaciones de clasificación y regresión. Capacidad de generalización y sobreentrenamiento. Métodos de estimación del error: partición simple, validación cruzada, particiones múltiples, bootstrap, 0.632-bootstrap. Análisis ROC. Aplicaciones. Aplicaciones de aprendizaje maquinal a problemas con datos reales.

Conocimientos previos requeridos

Nociones inteligencia computacional. Algebra lineal. Fundamentos de sistemas y señales. Probabilidad y estadística. Lenguajes de programación.

Carga horaria: Teoría: 60 horas. Coloquio y/o Práctica en el aula o laboratorio: 30 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: Trabajos prácticos y examen final.

Bibliografía básica

- Bishop C. M., "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer: Information Science and Statistics, 2006.
- Cherkassky V., Mulier F., "Learning from Data: Concepts, Theory and Methods". Wiley-International Science, 1998.
- Cichocki A. y Amari S., "Adaptive Blind Signal and Image Processing". John Wiley & Sons, 2002.
- Duda R. O., Hart P. E., Stork D. G., "Pattern Classification". Wiley-Interscience, 2001.
- Huang X. D., Ariki Y., Jack M. A., "Hidden Markov models for speech recognition". Edinburgh University Press, 1990.
- Hyvärinen, J. Karhunen, E. Oja, Independent Component Analysis. John Wiley & Sons, 2001.
- MacKay D. J. C., "Information Theory, Inference, and Learning Algorithms". Cambridge University Press, 2003.
- Ripley B. D., "Pattern Recognition and Neural Networks", Cambridge University Press, 1999.
- Quinlan J. R., "C4.5: Programs for Machine Learning", Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- Rao R. P. N., Olshausen B. A., Lewicki M. S. (Eds.), "Probabilistic Models of the Brain: Perception and Neural Function", MIT Press, 2002.
- Vapnik V. N., "The Nature of Statistical Learning Theory", Springer, 2000.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN SERIES TEMPORALES

Objetivos

Brindar a los alumnos las bases necesarias para la aplicación de métodos de análisis espacio-temporales a variables climatológicas. El curso pone énfasis en los métodos de detección de señales en series temporales y en campos espacio-temporales, como así también en el análisis de la variabilidad y predictabilidad de distintas variables. Al mismo tiempo, el curso introduce al alumno en el manejo de bases de datos y lo obliga a modificar y adaptar programas o rutinas FORTRAN para su uso particular.

Programa sintético

Análisis estadístico básico. Análisis de aleatoriedad- Tests no paramétricos- Tests de correlación seriada- Tests de tendencias- Tests de homogeneidad- Series temporales- dominio de las frecuencias y diseño de filtros. Matrices y álgebra lineal. Operación con matrices- Propiedades de matrices- Determinantes- Desarrollo de Laplace- Espacio vectorial lineal- Ortogonalidad de matrices- Sistemas de ecuaciones lineales- y espacio vectorial- Reducción de Gauss-Jordan- Autovalores y Autovectores- Reducción de una matriz a su forma diagonal.

Análisis por Componentes Principales (ACP). Datos multivariados- Individuos y variables- Formas de la matriz de entrada- Descomposición canónica- Componentes principales- Reconstrucción de datos- Aplicación a series temporales- Interpretación de los resultados del ACP- Rotaciones- Aplicaciones a campos acoplados- APC en campos compuestos espacialmente y temporalmente- APC extendido. Reglas de selección. Definición de ruido- Regla de North- Muestra aleatoria- Método de Monte Carlo- Ensemble estadístico de realizaciones independientes- Aplicaciones. Método de Descomposición por Valores Singulares (SVD). Matriz de covarianzas o correlaciones cruzadas - SVD de campos acoplados- Autovectores derechos e izquierdos- Coeficientes de expansión- Modos de variabilidad. Análisis por Correlación Canónica (CCA). Correlación canónica de campos acoplados- Maximización de la función de correlación- Rango y ortonormalidad- correlaciones canónicas- Representación por componentes canónicas- Formulación de Hotelling. Singular Spectrum Analysis (SSA). Formulación discreta- Matriz de autocovarianzas desplazada en el tiempo- Descomposición en funciones empíricas ortogonales- Oscilaciones y pares oscilatorios- Reconstrucción y aplicaciones de filtrado- Aplicación de Monte Carlos y significancia estadística de los modos de oscilación- Ventajas del SSA frente a otros métodos espectrales tradicionales- Aplicaciones.

Conocimientos previos requeridos

Matemáticas y programación en FORTRAN.

Carga horaria: Teoría. 48 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 24 horas. Total: 72 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: 2 exámenes parciales y examen final.

Bibliografía básica

- Arfken G., "Mathematical methods for physicists", Academia Press, New Cork, 1970.
- Byron F. W. and R. W. Fuller, "Mathematical of classical and quantum physics", Vol. I, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, 1969.
- Cotlar M. y C. R de Sadosky, "Introducción al Algebra", Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires , 1962.
- Hildebrand F. B., "Métodos de la matemática aplicada", Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires, 1973.
- Pearson C. E., "Handbook of applied mathematics", Van Nostrand Rinhold Co., New York, 1974.
- Rojo A.O, "Algebra II", El Ateneo, Buenos Aires, 1973.
- Spiegel M. R., "Matemáticas superiores para ingenieros y científicos", Serie de Compendios Schaum, McGraw Hill, México, 1971.

RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DEL HABLA

Objetivos

Que el alumno aprenda las bases teóricas y prácticas para la construcción de sistemas de transducción del mensaje hablado a texto, para habla continua en español.

Programa sintético

Producción y percepción humana del habla. Técnicas para el análisis de señales de voz en reconocimiento automático del habla. Modelos ocultos de Markov discretos, continuos y semi-continuos: definiciones, algoritmo de Viterbi, reestimación de Baum-Welch, métodos de inicialización. Modelado estadístico del lenguaje y modelos compuestos para el reconocimiento de habla continua. Detalles de implementación práctica.

Conocimientos previos requeridos

Lenguajes de programación. Bases de probabilidad y estadística. Fundamentos inteligencia computacional. Análisis y procesamiento digital de señales.

Carga horaria: Teoría. 45 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 45 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: Trabajos prácticos y examen final.

Bibliografía básica

- Deller J., Proakis J., Hansen J., "Discrete-Time Processing of Speech Signals", Macmillan Publishing, 1993.
- Huang X. D., Ariki Y., Jack M. A., "Hidden Markov models for speech recognition". Edinburgh University Press, 1990.
- Jelinek F., "Statistical methods for speech recognition". The MIT Press, 1999.
- Junqua J., Haton J., "Robustness in automatic speech recognition". Kluwer Academic Publishers, 1995.
- Rabiner L., Juang B. H., "Fundamentals of Speech Recognition". Prentice Hall, 1993.
- Stevens K. N., "Acoustic Phonetics". The MIT Press, 1999.

LÓGICA MATEMÁTICA Y COMPUTABILIDAD

Objetivos

Este curso es una introducción a la lógica clásica y a la teoría de funciones computables. Los objetivos principales son: a) comprender las nociones básicas sobre cálculo proposicional clásico y lógica de primer orden desde un punto de vista formal y saber aplicarlas, b) familiarizarse con la estructura de los lenguajes formales y los sistemas lógicos, c) capacitarse en nociones introductorias de la teoría de la computabilidad, para comprender el alcance y limitaciones de la computación.

Programa sintético

Lógica. Sintaxis del cálculo proposicional clásico. Semántica del cálculo proposicional clásico. La consecuencia lógica. Sistema axiomático para el cálculo proposicional clásico. Teorema de la deducción y completitud del cálculo proposicional clásico. Cálculo de predicados: Vocabularios, términos y fórmulas. Interpretación de lenguajes de primer orden. Satisfacibilidad, verdad y modelos. Teorías de primer orden. Consistencia. Teorema de la deducción y Teorema de completitud de Gödel. Teorema de Skolem-Löwenheim. Teorías de primer orden con igualdad. Árboles semánticos. Computabilidad. Programas y funciones computables, números de Gödel. Codificación de programas por números, Halting problem. Funciones primitivas recursivas y recursivas. Conjuntos recursivamente enumerables. Indecidibilidad. Teorema de Rice y Teorema de la recursión. Teorema de incompletitud de Gödel.

Conocimientos previos requeridos

Matemática de grado.

Carga horaria: Teoría. 60 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 30 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: 2 exámenes parciales y examen final.

Bibliografía básica

Cignoli R. y Martínez G., "Notas de clase del curso de lógica y computabilidad", Facultad de Cs. Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

Davis M.D., Sigal R. and Weyuker E. J., "Computability, Complexity and Languages, Fundamentals of theoretical computer science", Academic Press, 1994.

Keisler H. J. and Robbin J., "Mathematical Logic and Computability", Mc. Graw Hill, 1996.

Mendelson E., "Introduction to Mathematical Logic", fourth edition, Chapman & Hall, 1997.

ESTIMACIÓN Y FILTRADO NO LINEAL

Objetivos

El objetivo de este curso es el de presentar los principios de la teoría de estimación, proveyendo un sólido background en los fundamentos teóricos y aspectos prácticos de la estimación de parámetros y filtrado no lineal. El curso proveerá los fundamentos teóricos de las áreas relacionadas con la teoría de estimación y filtrado, los fundamentos teóricos de los métodos y algoritmos más populares, y los aspectos prácticos para su uso en diferentes aplicaciones. El curso incluirá temas avanzados como estimación de estados en redes, estimación con restricciones y el uso de métodos Monte Carlo y Cadenas de Markov.

Programa sintético

Teoría de sistemas lineales. Sistemas lineales y no lineales. Sistemas continuos y discretos. Controlabilidad. Observabilidad. Estabilidad. Estabilizabilidad. Detectabilidad. Teoría de probabilidad. Probabilidad, Variables aleatorias. Transformación de variables aleatorias. Variables aleatorias múltiples. Independencia estadística. Estadística multivariada. Procesos aleatorios. Ruido blanco y coloreado. Métodos bayesianos de estimación. Estadística bayesiana. Estimación usando métodos bayesianos. Estimación de mínima varianza. Estimación de máxima verosimilitud. Desigualdad de Cramér-Rao. Filtro de Kalman. Diferentes modos de derivar el filtro de Kalman. Implementación. Extensiones del filtro de Kalman. Otras formas de filtrado bayesiano. Estimación en sistemas no lineales. Filtro extendido de Kalman. Aproximaciones de orden elevado. Filtrado Gaussiano basado en combinación de filtros. Cambio de coordenadas. El filtro de Kalman unscented. El algoritmo de un σ -punto. El algoritmo de σ -punto esférico. Aproximación numérica de PDFs. Aproximación Gauss/Laplace. Cuadratura Iterativa. Métodos multigrilla y aproximaciones punto-masa. Aproximación de los momentos. Combinación de gauseanas. Aproximación a través de muestreo determinístico. Aproximación a través de muestreo Monte Carlo. Métodos de estimación basados en Monte Carlo secuencial. Estimador bayesiano recursivo. El filtro de partículas. Muestreo regularizado en filtros de partículas. Filtro de Kalman extendido.

Conocimientos previos requeridos

Carga horaria: Teoría.60 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 30 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: Trabajos prácticos y examen final.

Bibliografía básica

- Anderson B. and Moore J., "Optimal Filtering", Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1979.
- Bar-Shalom Y., Li X. and Kirubarajan T., "Estimation with applications to tracking and navigation", Wiley, New York, 2001.
- Chen Z. "Bayesian filtering: From Kalman filters to particle filters, and beyond Hamilton", ON, Canada: Adaptive Syst. Lab., McMaster Univ.,

2003 [online],
http://soma.crl.mcmaster.ca/~zhechen/download/ieee_bayesian.ps.
Evensen G., "Data assimilation: The ensemble Kalman filter", Springer
Verlag, 2007.
Simon D., "Optimal State Estimation: Kalman, H-infinity, and nonlinear
approaches", Wiley-Interscience, New Jersey, USA, 2006.

ESTADÍSTICA APLICADA

Objetivos

Se pretende que al aprobar el curso el alumno: a) tendrá conocimientos básicos de Estadística para el planteo de modelos y posterior manejo y análisis de datos; especialmente en el ámbito del diseño de experimentos y regresión, b) podrá analizar datos provenientes de situaciones reales sobre los temas dictados en este curso, c) podrá realizar informes técnicos estadísticos, d) habrá desarrollado un pensamiento y metodología estadística que le permita enfrentarse con nuevas situaciones problemáticas no previstas en el curso.

Programa sintético

Introducción: Modelos lineales. Diseño vs regresión? El enfoque clásico vs el enfoque de modelos lineales. Regresión lineal múltiple. Repaso: una introducción al diseño de un factor: estudio de una población y de dos poblaciones. La importancia de los gráficos. Diseño de experimentos. La importancia de planificar la experimentación. Diseño de un factor con varios niveles. Efectos fijos, aleatorios, mixtos. Otros diseños. Análisis de la covarianza.

Conocimientos previos requeridos

Cálculo diferencial e integral en varias variables. Probabilidad y estadística de grado.

Carga horaria: Teoría: 45 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 45 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: Trabajos prácticos, 1 examen parcial y examen final.

Bibliografía básica

Box G., Hunter S. y Hunter W., "Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery", Wiley-Interscience, 2005.

Dalgaard, P. (2008) Introductory Statistics with R (Statistics and Computing). Springer.

Faraway J., "Linear Models with R", Chapman & Hall/CRC, 2004.

Massart D. L., Vandeginste B. G., Buydens L. M., De Jong S., Lewi P. J. y Meyers-Verbeke J., Handbook of Chemometrics and Qualimetrics. Elsevier, 2005.

Miller J. C. y Miller J. N., "Estadística Para Química Analítica. 4 Edición, Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 2002.

Montgomery D., "Design and Analysis of Experiments", John Wiley & Sons, 2004.

Montgomery D. y Runger G., "Applied Statistics and Probability for Engineers", John Wiley & Sons, 2006.

Verzani J., "Using R for Introductory Statistics". Chapman & Hall/CRC, 2005.

Weisberg S., "Applied Linear Regression", Wiley-Interscience, 2005.

OPTIMIZACIÓN

Objetivos

Se estudiarán formulaciones de programación matemática y modelado de problemas. Los modelos resultantes serán de tipo lineal, mixto entero lineal y no lineal. Se estudiará la implementación y solución de dichos modelos en entorno de lenguajes de programación orientado a ecuaciones (por ejemplo GAMS). Se propone un estudio avanzado del álgebra de programación lineal y la relación de los problemas primal/dual. Se estudiarán métodos de optimización lineal, entero lineal y no lineal sin restricciones y con restricciones y se desarrollarán aspectos prácticos de la implementación de modelos tanto enteros lineales como no lineales. En el caso de no lineales se analizarán aspectos prácticos como escalado, acotamiento y valores iniciales. Se ilustrará el uso de las técnicas presentadas a través de la resolución de casos de interés industrial.

Programa sintético

(1) Programación Lineal. Álgebra de programación lineal. Soluciones Básicas. Condiciones de óptimo de KKT. Dualidad. Simplex y Simplex Dual. Modelos lineales. Restricciones de capacidad, demanda, mezcla, cronogramas, inventario, redes, transporte, etc. Análisis de sensibilidad y paramétrico. Implementación de modelos en GAMS.

(2) Programación lineal mixta-entera (MILP). Problemas clásicos: mochila, cubrimiento, viajante, reconocimiento de patrones, etc. Modelado de costos fijos, restricciones con disyunciones, conversión de variables enteras en variables binarias. Estrategia de resolución por ramificación y acotamiento. Determinación de cotas superior e inferior de variables. Desarrollo e implementación de modelos en GAMS.

(3) Programación no-lineal. Condiciones de óptimo local. Métodos de búsqueda unidimensional, multidimensional, sin restricciones y con restricciones para problemas diferenciables. Nociones de optimización global. Modelado de problemas de interés industrial. Determinación de modelos reducidos, valores iniciales y cotas. Escalado. Implementaciones en GAMS.

Carga horaria: Teoría: 45 horas. Coloquio y/o práctica en aula o laboratorio: 45 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas

Formas de evaluación: 1 examen parcial y examen final escrito, 3h.

Bibliografía básica

- Nonlinear Programming. Theory and Algorithms. Bazaraa M.; Sherali H and Shetty C.. John Wiley & Sons, Inc. 1993.
- Practical Methods of Optimization. Fletcher. Vol 1 y 2. John Wiley & Sons, Ltd. Wiley-Interscience. 1981.
- Nonlinear Programming. Analysis and Methods. Avriel M. Prentice-Hall, Inc. 1976.

- Investigación de Operaciones. Winston Wayne L. Grupo Editorial Iberoamérica. 1994
- Linear and Nonlinear Programming” D.G. Luenberger Ed. Addison-Wesley Publishing Company, 2da. Edición (1984).
- Nonlinear and Mixed-Integer Optimization: Fundamentals and Applications. Ch.A. Floudas. Edit. Oxford University Press (1995).
- Integer and Combinatorial Optimization”. G.L. Nemhauser y L.A. Wolsey. J. Wiley & Sons (1988).

CONTROL DE SISTEMAS LINEALES

Objetivos

El objetivo de este curso es el de presentar la teoría y principios fundamentales del control de sistemas lineales, proveyendo un sólido background en los fundamentos teóricos y aspectos prácticos. El curso proveerá los fundamentos teóricos de las áreas relacionadas con la teoría de sistemas, control y estimación, los fundamentos teóricos de los métodos y algoritmos más populares, y los aspectos prácticos para su uso en diferentes aplicaciones. El curso incluirá temas avanzados como estimación óptima aplicada a la navegación.

Programa sintético

1 - Fundamentos matemáticos

Espacios y subespacios vectoriales. Mapeos lineales. Espacios con producto interno. Autovalores. Ecuaciones diferenciales.

2 - Sistemas lineales

Estabilidad. Estabilidad interna. Autovalores y estabilidad. Teorema de Lyapunov. Funciones de Lyapunov. Subespacios invariantes. Otros criterios de estabilidad. Controlabilidad. Subespacios controlables. Observabilidad. Subespacios observables. Formas canónicas, observables y controlables. Autovalores observables y controlables.

3 - Control de sistemas lineales

El problema de estabilización. Estabilización vía realimentación. Subespacios estabilizables. Ubicación de polos bajo restricciones de invariancia. Desacoplamiento de perturbaciones. Desacoplamiento de perturbaciones con estabilidad interna. Observadores. Estabilización utilizando observadores. Interconexión bien condicionada.

4 - Regulación y seguimiento en sistemas lineales

Desacoplamiento de perturbaciones a través de realimentación de salidas. Desacoplamiento de perturbaciones con estabilidad interna y realimentación de salida. Estabilización con señales externas. El problema del regulador lineal. Condicionamiento numérico del problema de regulación.

5 - Control óptimo

Control óptimo. El regulador cuadrático lineal (LQR). LQR con horizonte finito. LQR con horizonte infinito: final libre y final fijo. LQR no convencionales.

6 - Estimación de sistemas lineales

El problema de estimación. Observadores lineales: de orden completo y orden reducido. Principio de separación. Propiedades de los observadores basados en modelos. Estimación óptima: Filtro de Kalman (KF). Hipótesis y solución. Dualidad entre el KF y LQ. Problemas. Propiedades: Estabilidad, robustez y precisión. Estimación con observaciones cuantizadas. Estimación con restricciones.

Conocimientos previos requeridos

Álgebra lineal. Ecuaciones diferenciales. Conocimientos de Matlab, Octave ó Phyton.

Carga horaria: Teoría. 60 hs. Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo. 30 hs. Total. 90 hs.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: No se tomarán exámenes parciales. El alumno deberá presentar el 100% de guías de práctica resueltas. El examen final será oral y escrito. Consistirá en la presentación y defensa oral de un trabajo final. El trabajo final incluirá la reproducción de los resultados de un trabajo publicado en una revista científica internacional oportunamente asignado los profesores y su defensa oral. Durante la defensa se requerirán justificaciones y desarrollos teóricos. Previamente deberá entregarse un informe escrito el cual deberá ser aprobado para acceder a la instancia oral.

Bibliografía básica

Bubnicki Z. Modern control theory, Springer-Verlag, 2005.

Levine W. The control systems handbook: Control system advanced methods, CRC Press, 2009.

Liberzon D. Calculus of variations and optimal control theory: A concise introduction, Princeton Univ Press, 2012.

Parks P and V Hahn. Stability theory, Prentice-Hall Inc., 1993.

Petersen I and A Savkin. Robust Kalman filtering for signals and systems with large uncertainties, Birkhauser, 1999.

Trentelman H, Stoorvogel A and M Hautus. Control theory for linear systems, Springer-Verlag, 2001.

ESTADÍSTICA PARA DATOS DE ALTA DIMENSIONALIDAD

Objetivos

Al finalizar el curso el estudiante estará familiarizado con los métodos estadísticos destinados a problemas en los que el número de variables intervinientes es muy grande en relación con el tamaño de la muestra disponible. Habrá adquirido las herramientas necesarias para el análisis teórico de estos métodos, como así también las nociones básicas para su implementación numérica eficiente.

Programa sintético

UNIDAD I: Introducción a los problemas estadísticos de alta dimensionalidad. Ejemplos de aplicaciones. Posibilidades y limitaciones.

UNIDAD II: Herramientas previas: desigualdades de concentración de medida; nociones básicas de optimización convexa y no lineal.

UNIDAD III: Regularización L1 para modelos lineales. Mínimos cuadrados y funciones de costo convexas generales. Umbralado. Formas con pesos y adaptativas. Selección de variables. Grados de libertad. Extensión a redes elásticas.

UNIDAD IV: Regularización L1/L2 para modelos lineales. Regresión sobre predictores con estructura de grupo. Modelos aditivos en alta dimensión. Modelos lineales con coeficientes variables en el tiempo. Modelos lineales multivariados y aprendizaje multitarea.

UNIDAD V: Regularización L1 para funciones de costo no convexas. Regresión con modelos de mezclas finitas. Modelos lineales de efectos mixtos. Estimadores penalizados de máxima verosimilitud.

UNIDAD VI: Complementos. Regularizadores descomponibles y marco unificado.

Conocimientos requeridos requeridos

Haber cursado y aprobado los siguientes cursos de posgrado: Estadística Aplicada; Análisis y Procesamiento Avanzado de Señales; Tópicos Selectos de Aprendizaje Maquinal.

Carga horaria: Teoría: 36 horas. Práctica/coloquio: 9 horas. Total: 45 horas.

Duración: 15 semanas (3 horas semanales)

Formas de evaluación: Exámenes parciales: 2 (dos) exámenes parciales, escritos. Examen final: Oral, de 1 hora de duración.

Bibliografía básica

⌘ Bühlmann, P. y van der Geer, S.: Statistics for High-Dimensional Data. Methods, Theory and Applications. Springer Series in Statistics, Springer, 2011.

⌘ Ledoux, M. The Concentration of Measure Phenomenon. American Mathematical Society, 2005.

⌘ James, G., Witten, D., Hastie, T. y Tibshirani, R. An Introduction to Statistical Learning, with Applications in R. Springer, 2013.

—Eldar, Y. y Kutyniok, G (editors). Compressed Sensing: Theory and Applications. Cambridge University Press, 2012.

CONTROL DE PROCESOS

Objetivos

Fundamentar teóricamente e ilustrar con ejemplos una selección de herramientas de control de procesos, representativas del estado actual del área y orientadas hacia profesionales e investigadores de Ingeniería Química y disciplinas relacionadas. Resaltar las conexiones con otras áreas (modelación, simulación, optimización de procesos, reactores químicos, catálisis, procesos batch).

Programa sintético

- 1.1. Control de sistemas lineales en el dominio frecuencial.
 - 1.1.1. Conceptos básicos: respuesta impulsional, función de transferencia. Repaso de transformada de Laplace. Sistemas en serie. Polos y ceros.
 - 1.1.2. Problemas de regulación, cambio de consigna (set-point), seguimiento de trayectorias (tracking). Comportamiento cualitativo de sistemas de bajo orden. Repaso de los principales métodos gráficos. Simulink.
 - 1.1.3. Diseño de controladores de una entrada y una salida (SISO). Controladores PID. Nociones de feedback, control feedforward, control en cascada. Tratamiento de sistemas con retardo.
 - 1.1.4. Métodos de diseño basado en modelos: Control con Modelo Interno (IMC), algoritmos de bajo orden, algoritmos de cancelación, algoritmos para tiempo finito de asentamiento.
 - 1.1.5. Aplicaciones a columnas de destilación.
 - 1.1.6. Panorama sobre controladores industriales.
- 1.2. Modelos de sistemas lineales de control en variables de estado.
 - 1.2.1. Convolución. Respuesta impulsional y función de transferencia en variable de estado. Realización.
 - 1.2.2. Teorema de Cayley-Hamilton. Controlabilidad y observabilidad.
 - 1.2.3. Colocación de polos *via* feedback.
 - 1.2.4. Observadores.
- 1.3. Sistemas lineales discretos.
 - 1.3.1. Transformada z. Estabilidad. Controlabilidad y observabilidad.
 - 1.3.2. Control con modelo interno. Controlador de mínima variancia (MVC). Predictor de Smith. Control Predictivo Simple (SPC).
- 1.4. Control adaptativo e identificación. Modelos ARMA y relacionados, mínimos cuadrados recursivos. Aplicación a un proceso de ultrafiltración.
- 1.5. Sistemas de control no lineales.
 - 1.5.1. Aspectos cualitativos de sistemas dinámicos. Reactores químicos. Ciclos límites. Bifurcación. Caos. Reacciones autocatalíticas. Estabilidad de un punto de equilibrio y de una órbita cerrada. Método de Lyapunov.
 - 1.5.2. Linealización local y global de sistemas de control. Gain scheduling.
 - 1.5.3. Extensión del método de Lyapunov a sistemas de control.
 - 1.5.4. Aplicación al control de reactores químicos.
- 1.6. Control robusto
 - 1.6.1. Sistemas lineales con múltiples entradas y/o salidas (MIMO).

- 1.6.2. Desacoplado y eliminación de perturbaciones. Norma L_1 y relacionadas
- 1.6.3. Robustez en el control de una columna de destilación.
- 1.7. Control predictivo. Model predictive control (MPC).
 - 1.7.1. Tipos de problemas y restricciones a tratar.
 - 1.7.2. Concepto de horizonte deslizante. Estabilidad y factibilidad recursiva.
 - 1.7.3. Formulaciones típicas de controladores predictivos.
 - 1.7.4. Robustez en controladores predictivos.
 - 1.7.5. Aplicación a reactores químicos y procesos batch.
 - 1.7.6. Simuladores industriales y MPC.
- 1.8. Control óptimo
 - 1.8.1. Relación con el Cálculo Variacional. Función de valor. Programación Dinámica. Ecuación de Hamilton-Jacobi-Bellman.
 - 1.8.2. Problema lineal-cuadrático (LQR) con horizonte finito e infinito.
 - 1.8.3. Ecuaciones de Hamilton. Problemas de control óptimo con restricciones. El Principio de Máximo de Pontryagin.
 - 1.8.4. Aplicación al problema de "mínima energía de frenado".
- 1.9. Control estocástico.
 - 1.9.1. Nociones de procesos estocásticos. Procesos Brownianos y ruido blanco.
 - 1.9.2. El problema lineal-cuadrático Gaussiano (LQG). Filtro de Kalman. Versión para sistemas discretos y continuos.
 - 1.9.3. Aplicación al seguimiento de trayectorias de referencia.

Conocimientos previos requeridos

Matemática de Ingeniería o similar.

Carga horaria: Teoría: 60 horas. Coloquio y/o práctica, en el aula o en el laboratorio: 30 horas. Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: Número de tareas a realizar fuera del aula: 4 (cuatro); 20 % de la nota final. Número de exámenes parciales: 1 (uno); 30 % de la nota final. Tipo y duración del examen final: escrito, 3 horas; 50 % de la nota final.

Bibliografía básica

- Adam, E.: Instrumentación y Control de Procesos. UNL, Santa Fe, 2011.
- Åström, K.J.; Wittenmark, B.: Adaptive Control. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1989.
- Bryson, A.E.: Applied Linear Optimal Control. Examples and Algorithms. Cambridge University Press, 2002.
- Corriou, J.-P.: Process Control. Theory and Applications. Springer, 2004.
- Camacho, E.F.; Bordons, C.: Model predictive control. Springer-Verlag; 1999.
- Goodwin, G. C.; Seron, M. M.; De Doná, J.: Constrained control and estimation. An optimization approach. Springer; 2005.
- Isidori, A.: Nonlinear Control Systems. Springer-Verlag, Berlín, 1989.

- Khalil, H. K.: Nonlinear Systems, 3rd. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey; 2002.
- Ljung, L.: System Identification. Theory for the User. Prentice-Hall, 2nd. Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey; 1999.
- Pearson, R.K.; Discrete-Time Dynamic Models. Oxford University Press, 1999.
- Rawlings, J.B.; Mayne, D. Q.: Model predictive control: theory and design. Nob Hill Publishing; 2009.
- Strogatz, S.H.: Nonlinear Dynamics and Chaos. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1994.
- Troutman, J.L.: Variational Calculus and Optimal Control. Optimization with Elementary Convexity, 2nd Edition. Springer-Verlag, New York; 1996.

MÉTODOS DE HORIZONTE MÓVIL EN CONTROL

Objetivos

El objetivo de este curso es el de presentar la teoría y principios fundamentales de los métodos de control basados en horizonte móvil, proveyendo un sólido background en los fundamentos teóricos y aspectos prácticos. El curso proveerá los fundamentos teóricos de las áreas relacionadas con la teoría optimización, control y estimación, los fundamentos teóricos de los métodos y algoritmos más populares, y los aspectos prácticos para su uso en diferentes aplicaciones. El curso incluirá temas avanzados como control predictivo distribuido y control predictivo explícito.

Programa sintético

1 - Teoría de sistemas lineales

Sistemas lineales discretos. Controlabilidad. Observabilidad. Estabilidad. Teorema de Lyapunov. Estabilisibilidad. Detectabilidad

2 - Teoría de optimización

Conjuntos y secuencias. Funciones diferenciables. Teorema Weierstrass. Conjuntos convexos. Separación y soporte de conjuntos convexos. Funciones convexas. Generalización de funciones convexas. Optimización sin restricciones: Condiciones de optimalidad. Interpretación geométrica. Optimización con restricciones: Condiciones de optimalidad. Interpretación geométrica. Problemas con restricciones de igualdad y desigualdad. Condiciones de Karush-Kuhn-Tucker. Programas cuadráticos. Dualidad: Problema dual del Lagrangiano. Interpretación geométrica del dual del Lagrangiano. Dualidad débil y fuerte. Problemas multiconvexos.

3 - MPC sin restricciones

Formulación básica del MPC. Predicción: utilizando modelos y observadores. Características generales. El concepto de horizonte móvil. Relación con control óptimo. Formulación como un problema de mínimos cuadrados. Estructura del controlador. Relación con el regulador LQ. Análisis de estabilidad. Efectos de los parámetros en el comportamiento de lazo cerrado. Los parámetros y el número de condición. Guía para la selección de los parámetros. Eliminando el offset en el seguimiento de referencias. Observadores y acción integral.

4 - MPC con restricciones

Problemas de control óptimo en el MPC: Horizonte infinito y horizonte finito. Formulación del MPC como un problema QP. Soluciones numéricas utilizando programas QP: MPC con restricciones en las variables manipuladas. MPC con restricciones en los estados y salida. Consecuencias de la inviabilidad de la solución. Viabilidad recursiva. Técnicas para evitar la inviabilidad. Priorización de objetivos.

4 - Estabilidad del MPC

Ingredientes y principios para probar estabilidad: Método directo, monotonía, optimalidad inversa. Estabilidad a través de restricciones: restricción terminal de igualdad, conjunto terminal y función de costo terminal. Estabilidad a través del uso de función de costo y conjunto terminales.

5 - Otras formulaciones del MPC

Funciones objetivos no cuadráticas: Problemas LP y problemas min-max. Control con dos modos (Dual mode control): Estructura de las predicciones.

Algoritmos de MPC basados en dual mode control. Implementación. Manejo de restricciones. Cálculo del controlador. Estabilidad y desempeño. MPC de lazo cerrado: Predicciones. Estructura. Función de costo. MPC de lazo cerrado con restricciones.

6 - MPC robusto

Paradigmas de control robusto: Incertidumbre acotada por norma, incertidumbre politópica. Efectos de la incertidumbre en las restricciones. Viabilidad recursiva de las soluciones. Máximos conjuntos de salida admisibles. Conjuntos invariantes: Conjuntos elipsoidales, conjuntos poliédricos. Relación entre invariancia y estabilidad. Invariancia y manejo de restricciones. Uso de conjuntos invariantes en MPC robusto. Algoritmos MPC de lazo cerrado.

7 - MPC distribuido

Control descentralizado. Control distribuido. Control coordinado de sistemas independientes e interconectados. Tipos de acoplamientos. MPC distribuido: MPC basado en descomposición del problema. MPC basado en descomposición del modelo. MPC basado en teoría de juego. Desafíos: Restricciones de entrada acopladas. Fallas en las comunicaciones. Cooperación parcial. Estabilidad y desempeño.

Conocimientos previos requeridos

Algebra lineal. Teoría de control de sistemas dinámicos lineales. Conocimientos básicos de Matlab u Octave.

Carga horaria: Teoría. 60 hs. Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo. 30 hs. Total. 90 hs.

Duración: 15 semanas.

Forma de evaluación: Cantidad y tipo de exámenes parciales: No se tomarán exámenes parciales. El alumno deberá presentar el 100% de guías de práctica resueltas. Tipo y duración del examen final: El examen final será oral y escrito. Consistirá en la presentación y defensa oral de un trabajo final. El trabajo final incluirá la reproducción de los resultados de un trabajo publicado en una revista científica internacional oportunamente asignado los profesores y su defensa oral. Durante la defensa se requerirán justificaciones y desarrollos teóricos. Previamente deberá entregarse un informe escrito el cual deberá ser aprobado para acceder a la instancia oral.

Bibliografía básica

- ⌞ Baocang D. Modern predictive control, CRC Press, 2010.
- ⌞ Kwon W and S Han. Receding horizon control: model predictive control for state models, Springer Verlag, 2005.
- ⌞ Goodwin G, Seron M and J De Dona. Constrained control and estimation: an optimisation approach, Springer Verlag, 2005.
- ⌞ Maciejowski J. Predictive control with constraints, Pearson education, 2002.
- ⌞ Rossiter J. Model-based predictive control: a practical approach, CRC Press, 2003.
- ⌞ Shamma J. Cooperative control of distributed multi-agent systems, Wiley, 2007.

Wang L. Model predictive control system design and implementation using MATLAB, Springer Verlag, 2009.

PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE SEÑALES

Objetivos

Son objetivos generales de este curso que el alumno logre: comprender los conceptos fundamentales del procesamiento estadístico de señales y conozca las técnicas más recientes; incrementar sus habilidades de pensamiento lógico; afianzar destrezas de resolución creativa de problemas; adquirir el hábito de la actualización bibliográfica permanente en el área.

Los objetivos específicos son que el alumno logre: comprender los conceptos y métodos del tratamiento de señales aleatorias de tiempo discreto; adquirir conocimientos elementales de estimación y filtrado óptimo; desarrollar habilidades para el tratamiento de señales del mundo real; incorporar herramientas de modelado de señal y estimación espectral; comprender los métodos de sub-espacios para procesamiento de señales; conocer los tópicos más recientes de procesamiento estadístico de señales; aplicar las herramientas adquiridas al tratamiento de señales discretas en un entorno de programación.

Programa sintético

I - Introducción.

Vectores aleatorios. Señales aleatorias discretas. Matrices de correlación y covarianza: definiciones, estimación y propiedades. Esperanza y momentos. Función de densidad Gaussiana multivariada. Operación de reversión. Diagonalización. Descomposición en valores singulares (SVD). Blanqueo o de-correlación. Análisis de componentes principales (PCA). Relaciones entre SVD y PCA. Ejemplos y aplicaciones.

II - Filtros óptimos y adaptativos

Filtro de coincidencia (*matching filter*). Aplicaciones a señales de ECG. Filtro de Wiener y principio de ortogonalidad. Formulaciones en tiempo y frecuencia. Aplicaciones a reducción de ruido en señales reales. Filtros adaptativos. Filtro de máxima pendiente. Algoritmo LMS. Algoritmo

recursivo de mínimos cuadrados (RLS). Variantes de LMS y RLS. Filtro de Kalman. Aplicaciones a señales reales.

III - Métodos de subespacios

Algoritmos de proyección en sub-espacios. Modelos de menor rango. Reducción de ruido con SVD. Caso de ruido coloreado. Métodos basados en descomposición en autovalores (EVD).

IV - Estimación espectral

Métodos no paramétricos: Periodograma, Método de Bartlett, Método de Welch, Método de Blackman – Tuckey. Métodos paramétricos basados en modelos. Métodos de estimación espectral de alta resolución basados en sub-espacios. Método de Pisarenko. Método *Multiple Signal Classification* (MUSIC). Método ESPRIT.

V - Métodos avanzados

Análisis de Componentes Independientes (ICA). ICA como estimación de un modelo generativo. Restricciones y ambigüedades. Variables gaussianas. ICA por maximización de la no-gaussianidad. Descomposición Empírica en Modos (EMD). Transformada de Hilbert-Huang. Algoritmos asistidos por ruido. Descomposición empírica en modos por conjuntos (EEMD). Descomposición empírica en modos por conjuntos completa con ruido adaptativo.

Conocimientos previos requeridos

Álgebra lineal. Cálculo vectorial. Fundamentos de probabilidad y estadística. Fundamentos de señales y sistemas. Conocimientos de lenguajes programación.

Carga horaria: Teoría: 60 hs.

Duración: 15 semanas.

Forma de evaluación: Cada alumno deberá presentar todas las guías de trabajos prácticos resueltas de forma individual. Además deberá analizar un artículo científico elegido con la guía del docente. Deberá presentar un informe conteniendo el mencionado análisis y los códigos de los algoritmos implementados, así como también reproducir los resultados alcanzados en el artículo. Este trabajo deberá ser expuesto y defendido en una clase pública. Tipo y duración del examen final: Se exigirá la resolución de un examen final escrito que abarcará los conceptos teóricos vertidos en el curso, y ejercicios prácticos que deberán resolverse en el transcurso de un tiempo máximo de 3 horas.

Bibliografía.

1. J. Benesty y Y. Huang, *Adaptive Signal Processing: Applications to Real-World Problems*, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
2. J.V. Candy, *Model-Based Signal Processing*, Wiley-IEEE Press, 2005.

3. T. Chonavel, *Statistical Signal Processing: Modelling and Estimation*, Springer, 2002.
4. R.M. Gray y L.D. Davisson, *An Introduction to Statistical Signal Processing*, Cambridge University Press, 2010.
5. S. Haykin, *Unsupervised Adaptive Filtering, Volume 1: Blind Source Separation*, Wiley-Interscience, 2000.
6. S. Haykin, *Unsupervised Adaptive Filtering Volume 2: Blind Deconvolution*, Wiley-Interscience, 2000.
7. A. Hyvärinen, J. Karhunen, y E. Oja, *Independent Component Analysis*, Wiley-Interscience, 2001.
8. O.S. Jahromi, *Multirate Statistical Signal Processing*, Springer Netherlands, 2009.
9. S. Kay, *Intuitive Probability and Random Processes using MATLAB*, Springer, 2005.
10. P.C. Loizou, *Speech Enhancement: Theory and Practice*, CRC Press, 2007.
11. D.G. Manolakis, D. Manolakis, V.K. Ingle, y S.M. Kogon, *Statistical and Adaptive Signal Processing: Spectral Estimation, Signal Modeling, Adaptive Filtering and Array Processing*, Artech House Publishers, 2005.
12. D.B. Percival y A.T. Walden, *Spectral Analysis for Physical Applications*, Cambridge University Press, 1993.
13. M.B. Priestley, *Spectral Analysis and Time Series*, Academic Press, 1983.
14. L. Scharf, *Statistical Signal Processing*, Prentice Hall, 1990.
15. C.W. Therrien, *Discrete Random Signals and Statistical Signal Processing*, Prentice Hall, 1992.
16. N.E. Huang y S.S.P. Shen. *Hilbert-Huang Transform and Its Applications*, World Scientific, 2005.

MONITOREO Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Objetivos

El objetivo del curso es revisar los fundamentos y los principales métodos del Control Estadístico de Procesos (CEP) aplicables en la industria de procesos. El Control Estadístico de Procesos es la parte “preventiva” del Control Estadístico de Calidad, que además de considerar el comportamiento de las variables características del producto final, propone el seguimiento de variables intermedias del proceso de producción. El objetivo de estos métodos es proveer la posibilidad de acciones correctivas en forma anticipada con el consiguiente ahorro de insumos y tiempos que se produce al evitar la generación de productos fuera de especificación. Las condiciones competitivas del mercado y las nuevas reglamentaciones ambientalistas se traducen en importantes exigencias para la producción en general: hoy se requiere eficiencia, calidad reproducible, seguridad y alta flexibilidad a las variaciones de la demanda. Estas exigencias estimulan el uso de los métodos del CEP, especialmente en procesos complejos y difíciles de modelar, algo que ocurre frecuentemente en las industrias química, farmacéutica y biotecnológica.

Programa Sintético

Parte I: Introducción

1) Monitoreo estadístico de procesos de manufactura. Concepto de variabilidad. Causas comunes y especiales. Fallas localizadas y fallas del sistema. Aptitud del Proceso.

2) Repaso sintético de conceptos necesarios tales como: función densidad de probabilidad, simple, conjunta y condicionada; independencia y combinación lineal de variables aleatorias, esperanza. Modelado e inferencia. Distribuciones de muestreo más comunes. Estimadores sesgados y no-sesgados. Prueba de hipótesis sobre parámetros de una distribución.

Parte II: Control Estadístico Univariado

3) Gráficas de Shewhart. Diseño de la gráfica de media y rango, interpretación y ajustes necesarios. Función característica de operación y sensibilidad de la gráfica. Gráfica de media y desviación estándar. Gráfica de mediciones individuales. Diseño preliminar y operativo. Uso e interpretación de las gráficas, patrones y tendencias. Proceso bajo control estadístico. Índice de aptitud o desempeño del proceso. Análisis de R&R y su influencia en la evaluación de desempeño del proceso. Diferencia de tratamiento entre la industria de partes y la de procesos químicos.

4) Algoritmos para mayor sensibilidad de detección. Uso de la información previa. Promedio móvil aritmético. Promedio móvil geométrico, o pesado exponencialmente (EWMA). Suma acumulada (CUSUM), forma computacional.

Parte III: Autocorrelación y Modelado de una Señal

5) Sistemas de adquisición de datos y monitoreo por computadora. Muestreo automático con fines de control. Series temporales generadas en el muestreo de procesos continuos. Autorregresión y autocorrelación. Ruido blanco y color de una señal.

6) Modelos MA, AR, ARMA y ARIMA. Autocorrelación parcial. Determinación del tipo y orden del modelo (p,d,q). Predicción y residuo. Control estadístico de señales autocorrelacionadas.

Parte IV: Análisis Multivariado: Modelado y Calibración.

7) Diagrama de dispersión bivariada. Distancia de Mahalanobis, Test χ^2 (chic cuadrado) y T2 de Hotelling.

8) Métodos multivariados de modelado. Modelos de regresión múltiple. Superficie de respuesta. Modelos de regresión multivariable múltiple. Matriz de covarianzas. Mal condicionamiento del sistema de variables.

9) Análisis por Componentes Principales (PCA). Interpretación geométrica, Compresión de datos y predicción. Uso del PCA en gráficos de control.

10) .Método de los cuadrados mínimos parciales (PLS). Regresión basada en PLS.

Conocimientos previos requeridos

Conocimientos de estadística y álgebra lineal. Manejo de Matlab.

Carga horaria: Teoría: 45 horas. Prácticos en el Laboratorio de Control de Procesos: 15 horas. Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

Formas de evaluación: Tareas o problemas de aplicación para resolver periódicamente fuera de los horarios de clase con y sin computadora, un examen parcial y un examen final. NÚMERO DE EXÁMENES PARCIALES: 1 (uno) escrito de dos horas. Conceptual y resolución de problemas. TIPO Y

DURACIÓN DEL EXAMEN FINAL: Escrito (tres horas como mínimo).
Conceptual y resolución de problemas.

Bibliografía básica

- Box, G. E. P. y Jenkins, G. M., Time Series Analysis, Forecasting and Control. Holden Day, 1976.
- Box, G. E. P. y Luceño, A., Statistical Control by Monitoring and Feedback Adjustment, John Wiley & Sons, 1997.
- Derman, C. and Ross, S. M.; Statistical Aspects of Quality Control, Academic Press, 1997.
- Duncan, A. J., Control de Calidad y Estadística Industrial, Alfaomega, 1989.
- Hines, W. W. y Montgomery, D. C.; Probability and Statistics in Engineering and Management Science, John Wiley & Sons, 1990.
- Johnson, R. A. y Wichern, D. W.; Applied Multivariate Statistical Analysis, Prentice Hall, 1998.
- Martens, H. y Naes, T., Multivariate Calibration. John Wiley & Sons, 1998.
- Montgomery, D. C.; Statistical Quality Control, John Wiley and Sons, 2009.
- Smith, G. M.; Statistical Process Control and Quality Improvement, Prentice Hall 1998.
- Thompson, J. R. y Koronacki, J.; Statistical Process Control. The Deming Paradigm and Beyond, Chapman and Hall, 2002.
- Otto, M., Chemometrics, Wiley-VCH, 1999.
- Varios artículos específicos del tema publicados en revistas internacionales

MÉTODOS ESTADÍSTICOS EN SERIES TEMPORALES

Objetivos

Que el alumno adquiera el conocimiento sobre diferentes métodos estadísticos aplicados en los denominados: análisis objetivo utilizado en geofísica y el análisis de series temporales aplicado no sólo en climatología e hidrología, sino también en las ciencias médicas y sociales. El énfasis del curso no está dirigido a los fundamentos matemáticos de los métodos utilizados, sino en el desarrollo de la habilidad por parte del alumno en la aplicación de los mismos.

Programa sintético

Gran parte del curso se ha basado en los contenidos de dos cursos de postgrado dictados en las Universidades de Arizona y Washigton. Temas adicionales no contemplados en los cursos mencionados han sido incluidos en el presente programa:

- Regresión
 - Ajuste lineal por cuadrados mínimos
 - Teoría de correlación
 - Regresión múltiple
 - Ajuste polinómico por cuadrados mínimos
- Las series no estacionarias- El efecto Hurst en hidrología
- Remoción de tendencias (Detrended fluctuation análisis)
- Filtrado de series temporales
- Métodos matriciales para el análisis de estructura de datos
 - Bases de datos como matrices bidimensionales
 - EOF/Análisis por componentes principales-Introducción
 - EOFs como eficientes representaciones de los datos
 - Manipulación EOFs y PCs
 - EOF Análisis vía Singular Vector Descomposición de la matriz de datos
- Aplicaciones del análisis de EOF/PC
- Interpretación de EOFs
- Rotación de EOFs y Factores
- Matrices no-cuadradas
- Análisis de series temporales
 - Autocorrelación
 - Ruido blanco y ruido rojo
 - Singular Spectrum Análisis
 - Nivel de significación
- Análisis de Correlación Canónica
 - La correlación canónica
 - Cuántas PCs deben ser retenidas?
- Singular value decomposition
- Campos acoplados

Conocimientos previos requeridos

1.- Sólidos conocimientos en programación (el alumno deberá desarrollar los programas necesarios para la realización de sus prácticas. La cátedra no proporcionará programas)

2.- Conocimientos del Análisis de Fourier de series temporales, transformada de Fourier, métodos espectrales, ventanas, etc. (Estos temas no serán vistos en el curso).

3.- La mayoría de los libros, notas de clases y publicaciones disponibles, están en inglés, por lo que será necesario un buen conocimiento de dicho idioma.

Carga horaria: Teoría: 36 horas (3hs.semanales). Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 36 horas (3hs.semanales). Total. 72 horas.

Duración: 12 semanas.

Forma de evaluación: El alumno deberá desarrollar y aprobar un trabajo práctico cada 2 semanas. Es decir, aprobar un total de 6 trabajos prácticos durante el curso como condición necesaria para acceder a la evaluación final. Tipo y duración del examen final: Examen oral.

Bibliografía básica

Course ATMS 552, Objective Análisis dictado por el Dr. Dennis L. Hartmann, Department of Atmospheric Sciences. University of Washington (archivo pdf).
Course GEOS 585^a, Applied Time series Análisis dictado por el Dr. David M. Meko, Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona (archivo pdf).
Venegas S.A. (2001). Statistical methods for singular detection in Climate. Danish center for Herat System Science (DCESS), report #2, 96 pp. (archivo pdf)

Krepper C.M. (2012). Series temporales (Filtros), Notas de Clase, 18 pp. (archivo doc)

Least-squared fit to a polinomial, Notas de clase, 3pp. (archivo doc)

(2006). Componentes principales-Singular spectrum analysis, Notas de clase. 67 pp. (archivo pdf)

Navarra A and Simonacini V. (2010). A guide to empirical orthogonal functions for climate data análisis. Springer Verlag, New Cork, 151 pp. (archivo pdf)

Jackson J.E. (1991). A user's guide to principal components. Jhon Wiley and Sons. New York, 358 pp. (archivo pdf)

Polyak I. (1996). Computacional statistics in climatology. Oxford University Press, New York, 358 pp. (archivo en pdf)

Shelton M.L. (2009). Hydroclimatology: Perspectives and Applications. Cambridge University Press. Cambridge, 426 pp. (archivo en pdf).

Press W.H., Tenkalsky S.A., Vetterling W.T. and Flannery B.P. (1992). Numerical recipes in Fortran 77: The art of scientific computing- Volume 1. Cambridge University Press. New York, 1486 pp. (archivo en pdf).

Eshel G. (2012). Spatio temporal data análisis. Princeton University Press, Princeton, 317 pp. (archivo en pdf)

Basilevsky A. (1994). Statistical factor analysis and related methods: Theory and applications. John Wiley & Sons. New York, 737 pp. (archivo en pdf)

van Dam J.C. (Editor)(1999). Impacts of climate change and climate variability on hydrological regimes. Cambridge University Press. Cambridge, 140pp. (archivo en pdf)

Strangeways I. (2006). Precipitation: Theory measurement and distribution. Cambridge University Press, New York, 290 pp. (archivo en pdf).

El-Shaarawi A.H. and Esterby (1981). Time series methods in hydrosociences. Elsevier, Ámsterdam, 641 pp.(archivo en pdf).

Hartmann D.L. (1994). Global physical climatology. Academia Press, San Diego, 425 pp. (archivo en pdf).

Vimeux F., Silvestre F. and Khodri M. (editors) (2009). Past climate variability in South America and surrounding regions: From the last glacial maximum to the holoceno. Vol. 14, Springer, New Cork, 418 pp. (archivo en pdf).