

1. Nombre: Modelado de sistemas con decisiones discretas

2. Docente: Dr. Aldo Vecchiotti – Profesor Titular Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe.

3. Duración: 48 horas.

4. Fundamentos

Las actividades de Ingeniería se enmarcan en los sistemas productivos cuyo núcleo son los sistemas tecnológicos, que refieren a la relación hombre-máquina como conjunto transformador de recursos en bienes o servicios. Su actuación está estrechamente vinculada con el planeamiento operativo, táctico y estratégico de los sistemas productivos y el manejo de tecnología avanzada con el propósito de analizar, diseñar y mejorar sistemas industriales, de evaluar su comportamiento, y facilitar la toma de decisiones. Para ello recurre a la aplicación de modelos matemáticos de optimización y de simulación, metodologías de integración de empresas, y métodos de análisis y diseño propios de la ingeniería. La formación a nivel de doctorado en esta área se concibe como un profesional con conocimientos de máximo nivel que contribuya a mejorar y optimizar los métodos de trabajo y al uso eficiente de los recursos humanos, materiales, financieros, equipos, etc. de un sistema productivo. El fundamento de este curso de posgrado es el estudio de los últimos avances teórico-prácticos de las técnicas de modelado y optimización matemática diseñadas para modelar alternativas de decisión discretas frecuentemente presentes en los sistemas productivos. Como ejemplos específicos en los que se presentan dichas alternativas de decisión se pueden mencionar: la síntesis y diseño de procesos, el planeamiento y programación de la producción y distribución de bienes o servicio, y el diseño de cadenas de suministro.

5. Justificación

La resolución de muchos problemas de ingeniería, y particularmente de la ingeniería industrial, requiere generar modelos matemáticos que incluyen decisiones discretas. Éstos pueden ser formulados como mixto-entero lineales y no-lineales y modelos basados en lógica y disyunciones. Por lo general, los modelos resultantes son combinatorios y complejos, por lo cual caen en la categoría de “NP-hard”, que son difíciles de resolver. En este sentido, este curso permitirá al alumno capacitarse en el uso de técnicas de modelado y resolución de estos problemas, conocimiento que no se brinda en los cursos de grado. Los conceptos desarrollados en clases teóricas serán implementados en ejemplos de aplicación práctica representativos de los sistemas productivos. El énfasis será puesto en los fundamentos teóricos, la formulación de modelos y los algoritmos de solución.

6. Objetivos

El objetivo general del curso es lograr que el alumno se forme en la formulación y resolución de modelos matemáticos de optimización con decisiones discretas aplicable a los sistemas productivos y su cadena de suministros.

Al finalizar el curso, el alumno habrá adquirido la capacidad de:

- Identificar y caracterizar los problemas con decisiones discretas y definir la técnica de modelado y resolución que mejor se adapta al problema.
- Modelar decisiones discretas por medio de disyunciones, proposiciones lógicas y/o variables enteras/binarias.
- Definir y seleccionar algoritmos de resolución que permitan resolver con buen rendimiento problemas de gran tamaño y/o complejos aplicados a los sistemas productivos.
- Aplicar técnicas de agrupamiento de dimensiones y/o descomposición, en varios niveles, del problema a abordar para disminuir la complejidad de su formulación y/o ajustar su relajación.

7. Contenidos

Unidad I.

Introducción al problema de optimización con decisiones discretas. Análisis de las formulaciones más frecuentes: problemas clásicos de investigación de operaciones y su formulación.

Unidad II.

Lógica proposicional: simbología, tabla de verdad. Forma conjuntiva normal (FCN). Forma disyuntiva normal (FDN). Transformaciones entre ambas. Transformación de proposiciones lógicas en formas algebraicas.

Unidad III.

Programación disyuntiva generalizada (PDG). Caracterización de las disyunciones: propias e impropias. Tipos de disyunciones (Sí/No, "alternativas", anidadas). Representación geométrica. Transformación de disyunciones anidadas en la forma generalizada. Reducción de dominio por intersección de conjuntos. Presentación de formulaciones disyuntivas de problemas típicos de Ingeniería Industrial.

Unidad IV.

Relajaciones "Big-M" y "Convex-hull" de formulaciones disyuntivas. Representación geométrica de relajaciones. Métodos de resolución: "Branch and Bound", "Logic Based Outer

Approximation”, “Cutting Planes”, “Branch and Cut”. LogMIP: sistema de resolución de problemas disyuntivos: sintaxis del lenguaje y algoritmos de resolución.

Unidad V.

Problema mixto entero no lineal: tipos de no-linealidades, productos bilineales, transformación exacta de producto de variables binarias (reformulaciones alternativas y comparación). Transformación exacta de producto de variable continua por binaria (reformulaciones alternativas y comparación). Producto de dos variables continuas: reformulaciones de McCormick, Ruiz y Grossmann, Adams y Sherali, Castro. Raíz cuadrada, reformulación lineal y “lower bound”, interpretación geométrica, reformulación considerando cota, “piece-wise linear approximation”, algoritmo de aproximación (MILP-NLP).

8. Metodología

El curso se llevará a cabo en 6 clases de 8 horas cada una. Las clases serán del tipo teórico-práctico, en donde se expondrán los conceptos teóricos y se realizará la discusión de problemas de aplicación típicos, con el propósito de afianzar los conocimientos. El resto de las clases tendrán lugar en un laboratorio informático en el que se empleará GAMS y LogMIP como sistemas de modelado y resolución de problemas. En las clases prácticas se propondrán problemas de diseño y optimización, propios de los sistemas productivos y su cadena de suministros, con consignas que los alumnos deberán resolver empleando los sistemas mencionados.

9. Requisitos y procedimientos de evaluación

Los alumnos deberán registrar un 75% de asistencia, aprobar 2 trabajos prácticos con una calificación superior o igual a 60/100, y aprobar un examen final escrito individual que se tomará después de finalizado el curso.

10. Bibliografía

10.1. Libros

1. Integrated Methods for Optimization (International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 170). Autor: John Hooker. Editorial Springer. 2011.
2. Algebraic Modeling Systems: Modeling and Solving Real World Optimization. Editor: Joseph Kallrath, Editorial: Springer. 2012.
3. Integer and Combinatorial Optimization. Autores: Nemhauser G. y Wolsey L. Editorial: Wiley Interscience. 1999.

10.2. Artículos

1. Biegler, L.T., y Grossmann, I.E. (2004). “Part I. Retrospective on optimization.” *Computers and Chemical Engineering*, 28, 1169-1192.
2. Grossmann, I.E. (2002). “Review of nonlinear mixed-integer and disjunctive programming techniques.” *Optimization and Engineering*, 3, 227-252.

3. Grossmann, I.E., y Lee, S. (2003). "Generalized disjunctive programming: nonlinear convex hull relaxation and algorithms." *Computational Optimization and Applications*, 26, 83-100.
4. Harjunkoski, I., Westerlund, T., Isaksson, J., y Skrifvars, H. (1996). "Different formulations for solving trim loss problems in a paper-converting mill with ILP." *Computers and Chemical Engineering*, 20, 121-126.
5. Harjunkoski, I., Westerlund, T., Pörn, R., y Skrifvars, H. (1998). "Different transformations for solving non-convex trim-loss problems by MINLP." *European Journal of Operational Research*, 105, 594-603.
6. Raman, R., y Grossmann, I.E. (1994). "Modeling and computational techniques for logic based integer programming." *Computers and Chemical Engineering*, 18, 563-578.
7. Rodriguez, M.A., y Vecchietti, A. (2013). "A comparative assessment of linearization methods for bilinear models." *Computers and Chemical Engineering*, 48, 218–233.
8. Ruiz, J.P. y Grossmann, I.E. (2010). "Strengthening of lower bounds in the global optimization of Bilinear and Concave Generalized Disjunctive Programs." *Computers and Chemical Engineering*, 34, 914–930
9. Ruiz, J.P. y Grossmann, I.E. (2013). "Using convex nonlinear relaxations in the global optimization of nonconvex generalized disjunctive programs". *Computers and Chemical Engineering*, 49, 2009, 70–84
10. Vecchietti, A., y Grossmann, I.E. (1999). "LOGMIP: A Disjunctive 0-1 Nonlinear Optimizer for. Process System Models." *Computers and Chemical Engineering*, 23, 555-565.
11. Westerlund, T., e Isaksson, J. (1998). "Some efficient formulation for the simultaneous solution of trim-loss and scheduling problems in the paper-converting industry." *Transactions of the Institution of Chemical Engineering Part A*, 76, 677-684.