

Programa de Asignatura

Nombre de la asignatura

Metaheurísticas y Optimización sobre Redes (MOR)

Créditos

11 créditos

Objetivos de la asignatura

El objetivo del curso es transmitir la potencia del enfoque Metaheurístico y Técnicas Aproximadas para la resolución de problemas combinatorios, en particular aquellos relacionados al diseño de redes que surgen de diferentes aplicaciones reales.

Metodología de enseñanza

El curso consta de clases teóricas a cargo del plantel docente, seguidas del diseño e implementación de una aplicación basada en metaheurísticas, para resolver instancias de alguno de los problemas propuestos en clase. El diseño se hará en estricta coordinación con los docentes del curso. En la fase de implementación se prevén clases semanales de seguimiento.

El curso se desarrolla en tres fases. **En la primer fase** los docentes de teórico brindan una introducción general a la optimización combinatoria, la complejidad computacional, y a las metaheurísticas, como instrumento para encontrar soluciones de buena calidad para instancias de tamaño realista de problemas complejos. Luego se brindarán diferentes ejemplos específicos de la aplicación de algunas de las metaheurísticas más importantes, para encontrar soluciones a diversos problemas de optimización combinatoria asociados al diseño de redes. Los ejemplos buscan un cubrimiento de las familias de metaheurísticas, así como ejemplos representativos de las variantes en problemas de diseño de redes. Además, los docentes propondrán dos problemas de optimización en redes a ser resueltos metaheuristicamente. Cada grupo deberá resolver uno de esos problemas mediante la aplicación de alguna de las técnicas vistas en clase, lo que constituirá el objeto del obligatorio final del curso.

En una segunda fase, los docentes orientarán a los estudiantes en el diseño de las heurísticas a utilizar, distribuirán material relacionado al problema concreto, y de ser posible, a la aplicación de la metaheurística elegida por cada grupo para resolverlo. El análisis del material entregado, la contextualización del mismo en el marco del problema a resolver, el diseño de los algoritmos a implementar, e idealmente la implementación de algún prototipo, serán responsabilidad de cada grupo. Se entregará un documento describiendo el análisis realizado, así como el diseño y las definiciones adoptadas, que deberá ser aprobado por los docentes previo a la implementación. Este documento deberá incluir un detalle de las instancias de prueba que se busca resolver y por qué se eligieron.

En la tercer fase se concentra el desarrollo e implementación de los algoritmos a usar, los que también serán responsabilidad de cada grupo. Se deberán hacer pruebas experimentales y un análisis de los resultados obtenidos, para las instancias acordadas en la segunda fase.

Se deberá elaborar otro informe complementario, con los detalles de implementación, los resultados experimentales, y las conclusiones correspondientes.

Como cierre se coordinará una defensa oral del trabajo.

El detalle del esfuerzo planificado es el siguiente:

- Horas clase (teórico): 26
- Horas clase (práctico):
- Horas clase (laboratorio):
- Horas consulta: 22
- Horas evaluación: 4

▪ Subtotal horas presenciales: 52

- Horas estudio:20
- Horas resolución ejercicios/prácticos:
- Horas proyecto final/monografía:100
- **Total de horas de dedicación del estudiante: 172**

Temario

- i) Problemas NP-Hard. Optimización combinatoria. Complejidad. Clases de algoritmos. Búsqueda global vs. búsqueda local.
- ii) Taxonomía de metaheurísticas (técnicas determinísticas y probabilísticas; trayectorias y poblaciones).
- iii) Metaheurísticas más empleadas: Simulated Annealing (SA); Tabu Search (TS); Variable Neighborhood Search (VNS); Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP); Trayectorias múltiples, multi-arranque (Iterated LS, Variable LS); Algoritmos Genéticos (AG); Ant Systems (AS); Scatter Search (SS); Algoritmos Meméticos.
- iv) Estrategias: intensificación y diversificación. Elección de parámetros. Análisis de resultados.
- v) Modelo RNN (Random Neural Network) y su aplicación como técnica de optimización.
- vi) Presentación (por parte de los docentes) de diversas aplicaciones reales de problemas de optimización sobre redes que han sido resueltos eficientemente mediante un enfoque metaheurístico. Estas ponencias buscaran cubrir las metodologías más empleadas y diferentes formas de customización a problemas de optimización relevantes. En particular algunos de los trabajos a presentar son publicaciones realizadas por los docentes en sus diferentes tareas de investigación.

Bibliografía y referencias

Bibliografía recomendada:

- Las transparencias de las clases teóricas (disponibles en la página web del curso).
- Una carpeta con los artículos en los que apoyarse para el diseño (disponibles en la página web del curso).
- Referencias bibliográficas adicionales de referencia que tendrán los diferentes grupos según la metodología que emplearán para resolver el caso de estudio que les toque (dichas referencias se les otorgará en forma oportuna).
- Essays and surveys in metaheuristics. C.C. Ribeiro, P. Hansen. Kluwer, 2001 (disponibles en biblioteca del InCo).
- Meta-heuristics: advances and trends in local search paradigms for optimization. Stefan Voss, Silvano Martello, Ibrahim H. Osman and Catherine Roucairol (eds.). Kluwer Academic Publishers, 1999. ISBN: 0-7923-8369-9 (disponibles en biblioteca del InCo).
- Local Search in Combinatorial Optimization (Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization). E. Aarts and J.K. Lenstra (eds.), John Wiley and Sons, 1997. ISBN: 0471948225 (disponibles en biblioteca del InCo).
- Meta-heuristics : theory and applications. Osman, Ibrahim H.; Kelly, James P. eds.. Kluwer, 1996. ISBN: 0-792397-002 (disponibles en biblioteca del InCo).

Bibliografía adicional:

- Facts, conjectures, and improvements for simulated annealing. Salamon, Peter; Sibani, Paolo; Frost, Richard. Siam, 2002. ISBN: 0898715083 .
- Genetic Algorithms in search, optimization, and machine learning. David E. Goldberg. Addison-Wesley, 1989. ISBN 0201157675.
- Swarm intelligence: from natural to artificial systems - Eric Bonabeau and Marco Dorigo and Buy Theraulaz - Oxford University Press - 1999 - ISBN 019513159 2.
- Surveys in combinatorial optimization. Martello, Silvano ed. North-Holland, 1987. ISBN: 0-444-70136-2.
- Integer programming and combinatorial optimization . Proceedings

- 4
web
- of the 6th International IPCO Conference. Bixby, Robert E.; Boyd, Andrew E.; Rios Mercado, Roger Z., eds. Springer 1998. Lecture Notes in Computer Science, 1412. ISBN: 354064590X .
- T.A. Feo and M.G.C. Resende (1995) Greedy randomized adaptive search procedures. *J. of Global Optimization*, 6:109–133, 1995.
 - L. Pitsoulis and M.G.C. Resende (2002) Greedy randomized adaptive search procedures. In P.M.Pardalos and M.G.C.Resende, editors, *Handbook of Applied Optimization*, pp. 168–181, Oxford University Press.
 - M.G.C. Resende and C.C. Ribeiro (2003) Greedy randomized adaptive search procedures. In F. Glover and G. Kochenberger, editors, *Handbook of Metaheuristics*, pp. 219–249, Kluwer Academic Publishers, 2003.
 - P. Festa and M.G.C. Resende (2002) GRASP: An annotated bibliography. In C.C. Ribeiro and P. Hansen, editors, *Essays and Surveys on Metaheuristics*, pp. 325–367, Kluwer Academic Publishers, 2002
 - Glover, F. and M. Laguna. (1997). *Tabu Search*. Kluwer, Norwell, MA.
 - Glover, F. "Tabu Search — Part I" *ORSA Journal on Computing* 1989 1: 3, 190-206.
 - Glover, F. "Tabu Search — Part II", *ORSA Journal on Computing* 1990 2: 1, 4-32.
 - J. De Vicente, J. Lanchares, R. Hermida "Placement by Thermodynamic Simulated Annealing", *Physics Letters A*, Vol. 317, Issue 5-6, pp.415-423, 2003.
 - V. Cerny, "A thermodynamical approach to the travelling salesman problem: an efficient simulation algorithm". *Journal of Optimization Theory and Applications*, 45:41-51, 1985.
 - E. Gelenbe. Stability of the random neural network model. *Neural Computation*, 2(2):239–247, 1990.
 - E. Gelenbe and F. Batty. Minimum cost graph covering with the Random Neural Network. *Computer Science and Operations Research*. (New York: Pergamon), pages 139–147, 1992.
 - E. Gelenbe, V. Koubi, and F. Pekergin. Dynamical Random Neural Network approach to the Traveling Salesman Problem. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Systems Engineering in the Service of Humans*, pages 630–635. Systems, Man and Cybernetics, 1993.

Conocimientos previos exigidos y recomendados Conocimientos previos exigidos: Investigación Operativa.

Conocimientos previos recomendados: Probabilidad y Estadística. Optimización Combinatoria, Programación orientada a objetos.

Anexo:

1) Cronograma tentativo

El cronograma de clases teóricas es el siguiente:

- (a) En las clases 1 y 2 se da la introducción al curso, los desafíos de los problemas combinatorios, y algunas de las técnicas que existen para atacarlos, antes de pasar al enfoque metaheurístico y las principales características de las MH a ver en el curso.
- (b) En la clase 3 se explica cómo usar GRASP en un problema de redes de transporte.
- (c) En la clase 4 se explica cómo usar Ant Colony Algorithms para resolver un problema de redes de pares (P2P).
- (d) En la clase 5 se ve cómo usar GRASP para resolver el Ring-Star Problem.
- (e) En las clases 6 y 7, se explican dos modelos complementarios para el diseño de redes de telecomunicaciones resilientes, concretamente, el diseño de una red IP/MPLS sobre infraestructura óptica. Ambos modelos van acompañados de sendas heurísticas para la resolución de instancias representativas del mundo real, concretamente: GRASP y Algoritmos Evolutivos (EA).
- (f) En las clases 8 y 9, se presenta un problema de planificación logística y se explica cómo usar Tabu-Search para su resolución.
- (g) En la clase 10, se explica otro problema de redes de telecomunicaciones. En este caso, el diseño de una red SDH, a ser desplegada sobre infraestructura óptica. La metaheurística aplicada en este caso será Variable Neighborhood Search (VNS).
- (h) En la clase 11, se presenta un modelo para la sincronización de semáforos en corredores urbanos y red de calles aledañas. Posteriormente explica cómo se usaron algoritmos evolutivos para resolver instancias reales de problema.
- (i) En las clases se presentarán los problemas propuestos por los docentes para resolución de los estudiantes. Se formarán grupos, y cada grupo debe elegir un problema y un metaheurística a aplicar.
- (j) Las dos clases de octubre se destinarán a apoyo y seguimiento de los grupos por parte de los docentes. Durante este mes, los estudiantes deben definir un diseño del algoritmo a implementar.
- (k) Durante noviembre y parte de diciembre se realizará la implementación de las propuestas de diseño presentadas, la ejecución de las instancias de prueba acordadas, su análisis, el documento de cierre, y la presentación final.

2) Modalidad del curso y procedimiento de evaluación

El curso está estructurado en tres fases:

En primer lugar está la exposición por parte de los docentes sobre diferentes metaheurísticas y técnicas aproximadas, y su aplicación a problemas NP-Hard que surgen de la modelización de aplicaciones reales de optimización sobre redes. Se incluye la presentación de dos problemas, uno de los cuales deberá ser resuelto como obligatorio final. Está previsto que esta fase demande unas **26 horas** presenciales (13 clases de dos horas cada una).

En la fase 2, los docentes orientarán a los estudiantes en el diseño de las heurísticas a utilizar, distribuirán material relacionado al problema concreto, y a la aplicación de la metaheurística elegida por cada grupo para resolverlo. Está previsto que esta fase demande **16 horas** presenciales (8 clases de 2 horas cada una), por concepto de consultas y análisis de conceptos. La fase prevé otras **20 horas** para el estudio del problema y la aplicación de la metaheurística elegida por parte del estudiante, a las que se suman **20 horas** más, por concepto de diseño de los algoritmos a ser implementados, y la confección de la documentación correspondiente. Se ha previsto **1 hora** de presentación de esos documentos.

La fase 3 comprende la implementación de los algoritmos (**50 horas**), las pruebas experimentales y el análisis de los resultados obtenidos (**15 horas**). Se deberá elaborar un informe con los detalles de implementación, los resultados experimentales, y las conclusiones correspondientes (**15 horas**). Se han previsto **6 horas** presenciales (3 clases de 2 horas cada una) para consultas.

Como cierre se coordinará una defensa oral del trabajo ante un tribunal, acompañada de una demostración de las ejecuciones realizadas (**3 horas**).

Forma de evaluación:

Para la evaluación final se tendrá en cuenta:

- 35% por el contenido del primer informe, que incluye: el análisis del material entregado, la contextualización correspondiente al problema, y el diseño elegido para resolverlo.
- 40% por el correcto funcionamiento y documentación del obligatorio final (entrega de los fuentes y ejecutables para la resolución del problema de estudio abordado), y el informe que lo acompaña, donde se deberán incluir las pruebas experimentales y el análisis de los resultados obtenidos.
- 25% por el resultado de la presentación y defensa oral del trabajo realizado.

La evaluación tiene carácter individual, y se basará en el desempeño mostrado por los estudiantes durante las clases de consulta y seguimiento, así como durante las defensas.

Quien no realice la presentación o algunos de los dos informes escritos será reprobado.

3) Materia

Ingeniería en Computación(plan 97)

Investigación Operativa

Licenciatura en Computación

Investigación Operativa

4) Previaturas

Ingeniería en Computación(plan 97)

Como previas de este curso se exige la aprobación de los exámenes de los cursos: Programación 3, Matemática Discreta 1, Matemática Discreta 2 e Introducción a la Investigación de Operaciones

Ingeniería en Computación(plan 87)

Las previas correspondientes a las electivas. No tiene previas específicas.
Debe ser considerada como una electiva técnica completa.

Licenciatura en Computación

Como previas de este curso se exige la aprobación de los exámenes de los cursos: Programación 3, Matemática Discreta 1, Matemática Discreta 2 e Introducción a la Investigación de Operaciones.

Esta asignatura no adhiere a resolución del consejo sobre condición de libre

Esta asignatura substituye a Metaheurísticas y Optimización sobre Redes (1613).

APROB. RES. CONSEJO DE FAC. ING.

de fecha 4.10.16 Exp. 060120-001859-16