

Busqueda local iterada para resolver problemas de planificación

Carlos Bermudez, Gabriela Minetti, Carolina Salto

Departamento de Informática/ Facultad de Ingeniería/ Universidad Nacional de
La Pampa

Calle 110 N°390, General Pico, La Pampa
{bermudezc, minettig, saltoc}@ing.unlpam.edu.ar

Resumen

El diseño de técnicas y algoritmos eficientes que resuelvan adecuadamente problemas complejos de optimización es uno de los campos dentro de la investigación en Informática con mayor repercusión en la actualidad. Por tanto, se han estudiado, diseñado y desarrollado un conjunto heterogéneo de metaheurísticas para resolver importantes problemas de optimización en el campo de la ingeniería.

Por tal motivo nuestra propuesta es proporcionar herramientas de software que permitan resolver problemas comunes en la mayoría de las empresas de la región en el sector productivo y en la logística de las mismas.

Palabras clave: Metaheurísticas, optimización combinatoria, planificación de tareas, búsqueda local iterada

Contexto

Esta línea de investigación se desarrolla en el marco del proyecto de investigación dirigido por la Dra. Gabriela Minetti (acreditado por la Facultad de Ingeniería – UNLPam) y del

PICTO0278-UNLPam (acreditado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica). Ambos llevados a cabo en el Laboratorio de Investigación de Sistemas Inteligentes (LISI), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa (entidad que acredita). Cabe destacar que desde hace varios años, los integrantes de estos proyectos mantienen una importante vinculación con investigadores de la Universidad Nacional de San Luis (Argentina) y de la Universidad de Málaga (España), con quienes se realizan publicaciones conjuntas.

Introducción

La búsqueda local iterada (Iterated Local Search, ILS) [1] es una metaheurística basada en un concepto simple pero muy efectivo. En cada iteración, la solución actual es perturbada y a esta nueva solución se le aplica un método de búsqueda local para mejorarla. Este nuevo mínimo local obtenido por el método de mejora puede ser aceptado como nueva solución actual si pasa un test de aceptación. La importancia del proceso de perturbación es obvia: si es demasiado pequeño puede que el

algoritmo no sea capaz de escapar del mínimo local; por otro lado, si es demasiado grande, la perturbación puede hacer que el algoritmo sea como un método de búsqueda local con un reinicio aleatorio. Por lo tanto, el método de perturbación debe generar una nueva solución que sirva como inicio a la búsqueda local, pero que no debe estar muy lejos de la actual para que no sea una solución aleatoria. El criterio de aceptación actúa como contrabalance, ya que filtra la aceptación de nuevas soluciones dependiendo de la historia de búsqueda y de las características del nuevo mínimo local.

Este algoritmo es relativamente simple de implementar y usa muy pocos parámetros, lo cual facilita el proceso de ajuste de los mismos. Por lo tanto, ILS se transforma en un algoritmo atractivo para dar solución a problemas del mundo real. El método ha sido aplicado exitosamente a varios problemas de optimización combinatorial, entre los que se puede mencionar: planificación jobshop [1] [2] [3], problema de flowshop [3], ruteo de vehículos [4], MAXSAT [6].

El poder potencial de la búsqueda local iterada reside en su muestreo sesgado del conjunto de óptimos locales. La eficiencia de este muestreo depende tanto de los tipos de perturbaciones como de los criterios de aceptación. Pero todavía se pueden obtener mucho mejores resultados si se optimizan los módulos de búsqueda local iteradas.

El objetivo que se persigue con el desarrollo de esta línea de investigación está relacionada con la optimización del ILS para resolver problemas de optimización relativos a la producción y la logística, en particular a problemas de programación de tareas en ambientes industriales, tales como flowshop y jobshop.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

En esta línea de investigación se considera una variante al jobshop clásico, donde cada operación se puede realizar en una máquina elegida de un conjunto finito de máquinas elegibles. El objetivo es hallar una asignación para cada operación en una máquina apropiada (problema de ruteo) y definir una secuencia de operaciones en cada máquina que minimice el tiempo necesario para terminar todas las tareas (*makespan*). A esta variante se la conoce como problema de jobshop flexible (*flexible jobshop problem* FJSP)

Para este problema, se desarrollan variantes del ILS, donde se analizan varios operadores para generar la perturbación de la solución actual y distintas búsquedas locales, a fin de determinar cuál de las combinaciones permite una mejor exploración del espacio de soluciones del FJSP. Como operadores de perturbación y de búsqueda se consideran operadores que no requieren mucho cómputo como lo son el operador de inserción y el de intercambio para permutaciones. La diferencia entre el operador de perturbación y el de búsqueda local, es que considerando la solución actual, el primero realiza un solo movimiento (intercambio o inserción según corresponda), mientras que el segundo considera todos los posibles movimientos.

Además del FJSP, en esta línea de investigación se trata una variante del flowshop donde existen varias etapas en la producción con múltiples máquinas (idénticas o no) por etapa, además cabe la posibilidad de que algún trabajo no

necesite ser procesado en algunas de las etapas. Esta variante se conoce como problema de flowshop flexible híbrido (*hybrid flexible flowshop problem*, HFFSP). Además, en varias industrias (farmacéutica, metalúrgica, automotriz, entre otras) se consideran tiempos de puesta a punto (*setup*) de las máquinas entre dos trabajos diferentes, los cuales aportan mayor dificultad a los problemas de planificación de la producción. Estos tiempos de setup pueden o no depender de la secuencia. Considerando estas restricciones, el problema considerado en esta línea de investigación es el HSSFP con tiempos de setup dependientes de la secuencia (*sequence dependent setup time*, SDTS/FSSFP), cuyo objetivo es minimizar el tiempo de finalización.

Se analiza el comportamiento del ILS para el SDST/HFFSP considerando distintos operadores de búsqueda local, proponiéndose una mejora al algoritmo propuesto por Naderi et al. [7]. Este último utiliza una búsqueda local (Local Search, LS) basada en el operador de inserción. Con el objetivo de incrementar la calidad de las soluciones, en esta línea de investigación se propone una variante de la metaheurística propuesta por Naderi, denominada ILSint. Dicha variante consiste en modificar el proceso de búsqueda local. Esta nueva LS se basa en el operador de intercambio.

Con el fin de evaluar nuestro aporte, estas propuestas algorítmicas se comparan con algoritmos que representen el estado del arte para ambos problemas (SDST/HFFS y FJSP).

Desarrollo

Los resultados obtenidos usando ILS para resolver tanto el FJSP como el SDST/HFFS [9] son prometedores.

En el caso del ISL para resolver el FJSP, los resultados experimentales sobre varias instancias de un conocido caso de prueba [8] verifican la efectividad de este algoritmo cuando se lo compara con otros algoritmos de la literatura [9]. Es importante destacar que la versión de ILS propuesta obtuvo los mejores resultados empleando el menor esfuerzo computacional en un alto porcentaje de los casos de prueba.

Del análisis de los resultados obtenidos del SDST/HFFS, se desprendió que la mejora realizada al ILS, ILSint, usando el operador de intercambio realiza una explotación mucho más eficaz del espacio de búsqueda que al aplicar el operador de inserción (propuesta original de [10]). Este algoritmo se compara con distintas versiones del algoritmo de recocido simulado, determinándose que los algoritmos basados en ILS obtuvieron soluciones de mejor calidad que los basados en recocido simulado y el esfuerzo computacional para lograrlo fue significativamente menor.

Formación de Recursos Humanos

Cada año se incorporan al proyecto alumnos avanzados en la carrera Ingeniería en Sistemas, quienes trabajan en temas relacionados a la resolución de problemas de optimización usando técnicas inteligentes, con el objeto de guiarlos en el desarrollo de sus tesis de grado y, también, de formar futuros investigadores científicos. Por otra parte,

los docentes-investigadores que integran el proyecto realizan diversos cursos de posgrado relacionados con la temática del proyecto, con el objetivo de sumar los créditos necesarios para cursar carreras de posgrado.

Referencias

- [1] H. Lourenço, O. Martin y T. Stützle., «Iterated local search,» de *Handbook of Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, 2002, p. 321–353.
- [2] H. Lourenço, «Job-shop scheduling: Computational study of local search and large-step optimization methods,» *European Journal of Operational Research*, vol. 83, pp. 347-364, 1995.
- [3] H. Lourenço y M. Zwijnenburg, «Combining the large-step optimization with tabu-search: Application to the job-shop scheduling problem,» de *Meta-Heuristics: Theory & Applications.*, Kluwer Academic Publishers, 1996, pp. 219-236.
- [4] S. Kreipl, «A large step random walk for minimizing total weighted tardiness in a job shop,» *Journal of Scheduling*, vol. 3, nº 3, p. 125–138, 2000.
- [5] A. Juan, H. Lourenço, M. Mateo y Q. Castella, «Using iterated local search for solving the flow-shop problem: Parallelization, parametrization, and randomization issues,» *International Transactions in Operational Research*, vol. 21, nº 1, pp. 103-126, 2014.
- [6] P. Penna, A. Subramanian y L. Ochi, «An Iterated Local Search Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem,» *Journal of Heuristics*, vol. 19, nº 2, pp. 201-213, 2013.
- [7] A. Roli, «Design of a New Metaheuristic for MAXSAT Problems,» de *Principles and Practice of Constraint Programming - CP 2002*, Volume 2470 of the series Lecture Notes in Computer Science, 2002, pp. 767-767.
- [8] B. Naderi, R. Ruiz y M. Zandieh, «Algorithms for a realistic variant of flowshop scheduling,» *Computers & Operations Research*, vol. 2, nº 236-246, p. 37, 2010.
- [9] P. Brandimarte, «Routing and Scheduling in a Flexible Job-shop by Tabu Search,» *Annals of Operations Research*, vol. 22, nº 2, pp. 157-183, 1993.
- [10] M. González, C. Vela y R. Varela, «An Efficient Memetic Algorithm for the Flexible Job Shop with Setup Times,» de *Proceedings of the Twenty-Third International Conference on Automated Planning and Scheduling*, 2013.
- [11] B. Naderi, R. Ruiz y M. Zandieh, «Algorithms for a realistic variant of flowshop scheduling,» *Computers & Operations Research*, vol. 37, nº 2, pp. 236-246, 2010.