

Metaheurísticas aplicadas de problemas de scheduling con restricciones

Pandolfi D.¹, Villagra A.¹, Leguizamón G.^{1,2}, Orozco S.¹, Rasjido J.¹, Varas V.¹, Seron N.
{dpandolfi, avillagra,sorozco,jrsjido,vvaras,nseron,}@uaco.unpa.edu.ar, legui@unsl.edu.ar

¹ Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM)
Instituto de Tecnología Aplicada - Unidad Académica Caleta Olivia
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

² Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional
(LIDIC) Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis

Resumen

La mayoría de los problemas de optimización incluyen restricciones de cierta clase, que constituyen grandes desafíos a la resolución de problemas de optimización. Las restricciones son límites impuestos a las variables de decisión y en general las restricciones son una parte integral de la formulación de cualquier problema.

Los problemas de *Scheduling* consisten en la asignación de tareas a recursos limitados donde ciertos objetivos deben optimizarse y varias restricciones deben cumplirse. La mayoría de los problemas del mundo real tienen varios objetivos que tratamos de optimizar al mismo tiempo. Particularmente, la planificación de las actividades en un yacimiento que requiere de un proceso altamente complejo e implica un número considerable de actividades sujetas a restricciones. Las actividades en los pozos WAS (en inglés, *Well Activity Scheduling*) se ocupa de la coordinación

para formar así cronogramas de actividades que deben cumplir un conjunto de restricciones.

Este proyecto propone desarrollar algoritmos metaheurísticos, que incorporen heurísticas y reglas de despacho que sean competitivas con los algoritmos del estado del arte. Los enfoques propuestos tomarán como base metaheurísticas tales como cGA (*cellular Genetic Algorithm*) y técnicas de manejo de restricciones tales como funciones de penalidad y algoritmos de reparación.

Palabras clave: Metaheurísticas, Scheduling, Manejo de Restricciones

Contexto

La línea de trabajo se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEM), Instituto de Tecnología Aplicada (ITA) de la Unidad Académica Caleta Olivia Universidad Nacional de la Patagonia Austral, en el marco del proyecto "Inteligencia Computacional aplicada a la optimización

multiojetivo de problemas de *scheduling* con restricciones”.

Introducción

Los problemas de planificación (*Planing Problems*) son una sub-clase de problemas de optimización combinatoria en campos tales operaciones de producción y despacho en la industria manufacturera y extractiva. Particularmente los problemas de secuenciamiento de tareas conocidos como *Scheduling Problems* tienen su aplicación en la industria y por lo tanto un fuerte impacto económico y social, donde el objetivo principal de los investigadores es la reducción de los costos de producción en la industria [Leu04].

Los problemas de *Scheduling* incluyen la combinación de recursos, tareas, objetivos y restricciones, donde un incremento en el tamaño del problema produce un incremento exponencial del espacio de soluciones. Muchos de los problemas de *Scheduling* son computacionalmente complejos y el tiempo requerido para calcular una solución óptima se incrementa con el tamaño del problema. Además, se ha demostrado, que muchos problemas de *Scheduling* pertenecen a la clase de NP-Hard [Bru04]

Las Metaheurísticas (MHs) son métodos que integran de diversas maneras, procedimientos de mejora local y estrategias de alto nivel para crear un proceso capaz de escapar de óptimos locales y realizar una búsqueda robusta en el espacio de búsqueda. En su evolución,

estos métodos han incorporado diferentes estrategias para evitar la convergencia a óptimos locales, especialmente en espacios de búsqueda complejos. En otras palabras, las MHs proveen de un marco general que permite crear nuevos híbridos a través de la combinación de conceptos derivados de: heurísticas clásicas, inteligencia artificial, evolución biológica, sistemas naturales, mecánica estadística, etc.

La complejidad de muchos problemas optimización discreta del mundo real está asociada con grandes espacios de búsqueda, demandas de rendimiento de tiempo real y ambientes dinámicos que no pueden ser resueltos por métodos exactos en tiempo razonable. Esto ha promovido en la comunidad científica el desarrollo de nuevos enfoques conocidos como metaheurísticas [CD09].

Los cGAs son una subclase de metaheurísticas con una población estructurada espacialmente, es decir, los individuos de la población pueden aparearse solo con sus vecinos. Los cGAs, se diseñaron inicialmente para trabajar en máquinas paralelas, formadas por muchos procesadores que ejecutaban simultáneamente las mismas instrucciones sobre diferentes datos (máquinas SIMD - El primer modelo de cGA fue propuesto por Robertson en 1987 [Rob87] y fueron inicialmente desarrollados para trabajar en máquinas paralelas, y más tarde se fueron adaptando para funcionar también en máquinas de procesamiento secuencial.

La mayoría de los problemas de optimización incluyen restricciones de cierta clase, que constituyen grandes desafíos a la resolución de problemas de optimización. Las restricciones son límites impuestos a las variables de decisión y en general las restricciones son una parte integral de la formulación de cualquier problema [DR90]. El manejo de restricciones en algoritmos evolutivos puede abordarse de distintas técnicas y un amplio estudio del estado del arte es propuesto por Coello Coello [Coe02].

La forma más común de incorporar restricciones en un algoritmo evolutivo ha sido a través de funciones de penalidad [Sch95]. La idea de este método es transformar un problema de optimización con restricciones en un uno sin restricciones agregando (o sustrayendo) un cierto valor a la función objetivo basado en la cantidad de violación la restricción presentada en una solución. Las técnicas basadas en algoritmos de reparación mapean una solución desde el espacio no factible al espacio factible. Los procesos de reparación que modifican genéticamente la solución no factible son conocidos como Lamarckianos y transforman una solución no factible en factible la que es evolucionada por el algoritmo. Un enfoque menos destructivo de la solución no factible, permite combinar el aprendizaje y la evolución, estrategia conocida como Baldwiniana. En este último enfoque las soluciones son reparadas solo para su evaluación. Estudios analíticos y empíricos indican que esta técnica reduce la velocidad de convergencia del algoritmo evolutivo y

permite converger a óptimo globales [WG+94].

Líneas de investigación y desarrollo

Las empresas petroleras realizan visitas de mantenimiento preventivo a cada una de sus locaciones petroleras (pozos productores, inyectores, baterías y colectores). Un yacimiento está formado por bloques y a su vez éste por baterías. Cada batería está formada por pozos de producción que son en promedio entre 15 y 20. Cada pozo tiene diferente nivel de producción que es conocido a priori y varía en el tiempo. La producción del pozo define la categoría y la cantidad de veces que debe visitarse al mes. Los pozos no pueden ser visitados más de una vez al día y dependiendo del tipo de pozo existen ciertas tareas que se deben realizar. Cada tarea tiene asignado un determinado equipamiento necesario, una frecuencia de realización y un tiempo aproximado de su duración.

Este proyecto propone desarrollar un conjunto metaheurísticas basadas en un Inteligencia Computacional que proporcionen información detallada para decisiones a corto y largo plazo, mono-criterio, multi-criterio. Esta herramienta permitirá determinar el orden óptimo de perforación, hora y lugar, tipos de pozos y por lo tanto el número de nuevos pozos inyectores y productores. Además, proporcionará planes de mantenimiento correctivos y preventivos. Todos los planes se deben cumplir las restricciones de actividades y recursos dispuestos y para los criterios de optimización establecidos.

Resultados obtenidos/esperados

En esta línea de trabajo se pretende:

a) Estudiar estado del arte para algoritmos metaheurísticos, heurísticas y reglas de despacho para distintos problemas de scheduling (máquina única, flow shop, job shop), optimización multiojetivo y mecanismos para el tratamiento de restricciones.

b) Implementar motores de planificación basados en metaheurísticas con restricciones.

c) Estudiar los modelos de procesos para la planificación de actividades del desarrollo de reservorios de gas y petróleo. (actividades, restricciones).

Formación de recursos humanos

Esta línea de investigación proporcionará un marco propicio para la iniciación y/o finalización de estudios de posgrado de los integrantes docentes. De igual forma, será un ámbito adecuado para la realización de tesis de grado. En ese sentido, dos integrantes de este proyecto de investigación está desarrollando su Tesis de Maestría en temáticas afines y un integrante está desarrollando su Tesis de doctorado. Además, se cuenta con un becario alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas.

Referencias

- [Bru04] Brucker. P. (2004) Scheduling Algorithms. Springer-Verlag 3rd ed.
- [CD09] Chiong R. and Dhakal S., (2009). Natural intelligence for scheduling, planning and packing problems. Springer, Berlin.
- [Coe02] Coello Coello C., (4 January 2002), Theoretical and numerical constraint-handling techniques used with evolutionary algorithms: a survey of the state of the art, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 191, No. 11- 12, pp. 1245-128.
- [DR90] Dhar, V., and Ranganathan, N. (1990). Integer programming vs. expert systems: an experimental comparison. Communications of the ACM, 33(3), 323-336.
- [6] Ehrgott M. (2005), Multicriteria Optimization. Springer, Berlin, second edition, 2005. ISBN 3-540-21398-8.
- [7] Framinan J., Gupta J., and Leisten R. (2004). A review and classification of heuristics for permutation flow-shop scheduling with makespan objective. Operational Research Society, 55(12):1243-55.
- [Leu04] Leung J. (2004) Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Performance Analysis. Computer and Information Sciences Series. Chapman and Hall.
- [Rob87] G. Robertson. Parallel implementation of genetic algorithms in a classier system. In Second International Conference on Genetic Algorithms (ICGA), pages 140{147, 1987.
- [Sch95] Schwefel P. (1995), Evolution and Optimum Seeking. John Wiley & Sons, New York.
- [WG+94] Whitley, D., Gordon, S., and Mathias, K.: Lamarckian evolution, the Baldwin effect and function optimization, Parallel Problem Solving from Nature (1994).