

METAHEURÍSTICAS PARA OPTIMIZACIÓN EN AMBIENTES ESTACIONARIOS

Susana Esquivel y Guillermo Leguizamón
LIDIC (Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional)
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950, 1° Piso, Box 106
(5700) San Luis - Argentina
{esquivel, legui}@unsl.edu.ar

1. Resumen

La optimización es un tópico clave en Ciencias de la Computación, y dentro de ella especialmente en Inteligencia Artificial, y en otras disciplinas como la Investigación Operativa y áreas relacionadas. La presente propuesta de investigación tiene como objetivo el desarrollo, aplicación y estudio del comportamiento de diferentes metaheurísticas. Esto no sólo permitirá profundizar en los aspectos teóricos involucrados en su funcionamiento, sino que además, permitirá la posibilidad de obtener enfoques híbridos que eventualmente puedan mejorar su *performance*.

2. Fundamentación

La optimización es un tópico clave en Ciencias de la Computación, y dentro de ella especialmente en Inteligencia Artificial, y en otras disciplinas como la Investigación Operativa y áreas relacionadas. En el contexto del proyecto de investigación, optimizar significa tratar de encontrar la mejor solución posible a un problema de optimización dentro de período de tiempo limitado. El mundo real está lleno de problemas que requieren de optimización, por ejemplo, existen muchas formas de diseñar una red de comunicaciones, pero ¿cuál es la más confiable? o existen diferentes formas de planificar la producción de una planta industrial, pero ¿cuál da el mejor beneficio, según alguna función objetivo determinada?.

Problemas como los arriba mencionados y muchos otros son problemas "duros". La idea de lo que un problema duro significa corresponde a ideas muy precisas en Ciencias de la Computación provistas por la teoría de complejidad computacional [1,2], esencialmente, un problema de este tipo es uno para el cual no puede garantizarse encontrar la mejor solución en un tiempo razonable para toda instancia del problema. A pesar de ello, este tipo de problemas suele resolverse por medio de metaheurísticas que son una clase de métodos de aproximación.

Como la mayoría de los problemas de optimización del mundo real tienen dos características importantes, una ser NP-duros y la otra, también ser prácticamente duros, en el sentido de que instancias prácticas del problema no resultan siempre fáciles de resolver, la investigación en metaheurísticas es importante y por ello está recibiendo una atención considerable en la comunidad científica internacional.

Cualquier desarrollo nuevo en el campo de la optimización que conduzca a mejores resultados para un problema determinado, o a nuevas metaheurísticas que puedan ser aplicadas a un amplio rango de problemas, es de valor considerable tanto para la ciencia como para la industria.

Más específicamente una metaheurística es un proceso de generación iterativo que guía a una heurística subordinada combinando inteligentemente diferentes conceptos derivados de: Heurísticas convencionales, inteligencia artificial, evolución biológica, sistemas neuronales, inteligencia colectiva (*swarm intelligence*), sistemas inmunes, entre otros [3].

En el presente proyecto la propuesta es trabajar sobre enfoques basados en metaheurísticas, en el cual el grupo tiene amplia experiencia.

Estos métodos son preferidos por tres razones principales: primera, su simplicidad de implementación; segunda, son muy generales, no existe un requerimiento "a priori" sobre la clase de problemas de optimización sobre los que pueden trabajar, por ejemplo, no requieren funciones diferenciables de parámetros reales y no requieren que sean expresadas en ningún lenguaje de restricciones particular y, tercera, han probado ser exitosos en encontrar soluciones buenas y rápidamente para problemas de optimización duros, en una gran variedad de aplicaciones académicas, prácticas y científicas.

El éxito se basa en dos aspectos: primero, un método de optimización basado en una búsqueda metaheurística (correctamente modularizado) puede ser aplicado a casi cualquier problema de optimización con poco esfuerzo, sólo el requerido en la tarea de escribir código que evalúe una solución candidata acorde al problema que se está tratando y, segundo, estas técnicas proveen un marco de trabajo que puede ser fácilmente enriquecido con heurísticas especializadas para explotar el conocimiento del problema que se está tratando.

Los métodos con los que se propone trabajar caen en dos grandes categorías: búsqueda basada en poblaciones e hibridización, en este último caso, los algoritmos meméticos [4] representan una forma particular de realizar la hibridización. En la búsqueda basada en poblaciones se reemplaza la idea de una única solución por la de una población de soluciones, las nuevas soluciones se generan a través de distintas clases de interacciones entre los individuos de la población (algoritmos evolutivos [5], inteligencia colectiva [6], colonia de hormigas[7,8], algoritmos culturales[8], entre otros).

Las metaheurísticas si bien proveen soluciones que no son las óptimas sino cercanas a ellas, han sido utilizadas exitosamente en muchas aplicaciones prácticas de optimización, en diferentes áreas. Como ya ha sido mencionado, una metaheurística no asegura que la solución encontrada sea la óptima. Siempre que se usa una heurística, al usuario se le presenta el problema de determinar cuán buena es la solución encontrada. En consecuencia, también será de central interés la evaluación de las metaheurísticas desarrolladas a través de, siempre que sea posible, técnicas de relajación que permitan establecer límites superiores e inferiores, o en su defecto, a través de métodos analíticos, como por ejemplo análisis de *performance* del peor caso y del valor medio, pruebas empíricas y/o inferencia estadística [9] o comparaciones con *benchmarks* siempre que éstos existan.

3. Objetivos

Los principales objetivos en relación con esta línea de investigación, pueden dividirse en tres subobjetivos principales:

- Profundización en el desarrollo y aplicación de metaheurísticas a diversos problemas de optimización los cuales pueden incluir variables continuas y discretas, con funciones mono y multiobjetivo con y sin restricciones en ambientes estacionarios.
- Siguiendo las últimas tendencias, estudio del comportamiento de las metaheurísticas y propiedades de convergencia en función de la manera que cada una de ellas explora el espacio de búsqueda. Este estudio se realizará aplicando las metaheurísticas consideradas a los problemas del punto anterior, es decir, aplicarlas de manera de lograr mejoras en la calidad de los resultados y al

mismo tiempo intentar justificar su comportamiento con el objeto de derivar propiedades de las mismas.

- Hibridización de metaheurísticas combinando y explotando propiedades interesantes de cada una de ellas a fin de realizar una búsqueda más eficiente en el espacio de soluciones. Los enfoques híbridos han suscitado mucho interés en los últimos tiempos evidenciado por el creciente desarrollo y éxito de aplicaciones de metaheurísticas con dichas características.

Los tres puntos anteriores estarían vinculados en el sentido que desde el estudio del comportamiento se pueden generar híbridos que combinen las mejores características de ciertas metaheurísticas y así aplicarlas a distintos problema de optimización (primer punto).

Es de hacer notar que los integrantes de la línea tienen ya un interesante background en la aplicación de metaheurísticas (Algoritmos Evolutivos y Algoritmos Basados en Colonias de Hormigas) a problemas de optimización combinatoria (*Scheduling* estático, *Set Covering*, *Multiple Knapsack Problem*, *Maximum Independent Set Problem*), problemas de optimización numérica y optimización multiobjetivo. Todos estos involucrando restricciones de diferente tipo. También en la etapa inicial de *motion planning* para objetos móviles (*off-line path planning*).

4. Referencias

- [1] Miller R. E and Teacher J. W. - "Complexity of Computer Computation", Plenum Press, NY, 1972.
- [2] Garey R. Michael and Johnson David S. - "Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness", W.H. Freeman and Company, Novena Edición, 1997.
- [3] Osman I. H. and Kelly J. P. (Eds.) - "Meta Heuristics: Theory & Applications", Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [4] Norman M. G. and Moscato P. - "A Competitive and Cooperative Approach to Complex Combinatorial Search", Report 790, Caltech, Institute of Technology, California, 1998.
- [5] Back T., Fogel D. and Michalewicz Z. - "Handbook of Evolutionary Computation", Publishing Ltd. and Oxford University Press, NY, 1997.
- [6] Kennedy J. and Eberhart R. C. - "Swarm Intelligence", Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [7] Dorigo M. - "Optimization, Learning and Natural Algorithms", PhD Thesis, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano, Italy, 1992.
- [8] Corne D., M. Dorigo & F. Glover. - "New Ideas in Optimisation". McGraw-Hill, 1997.
- [9] Reynolds R. - "An Introduction to Cultural Algorithms", Proceedings of the 3rd Annual Conference on Evolutionary Programming, River Edge, NY., World Cientific Publishing, pp. 131 - 139, 1994.
- [10] Reeves C. (Ed.) - "Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems", McGraw-Hill, 1995.