

Sistemas Meta-heurísticos para Resolver Problemas de Optimización

Hugo Alfonso¹, Patricia Graglia², Gabriela Minetti¹, Carolina Salto¹, Natalia Stark¹

Laboratorio de Investigación en Sistemas Inteligentes (LISI)

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de La Pampa

Calle 110 Esq. 9 (6360) General Pico – La Pampa – Rep. Argentina

Te. / Fax: (02302) 422780/422372, Int. 6302

e-mail: ¹{ alfonsoh, minettig, saltoc, starkn @ing.unlpam.edu.ar }, ²pmg_xxi@yahoo.com.ar

Resumen

Esta línea de investigación se centra en el diseño y el desarrollo de algoritmos heurísticos y meta-heurísticos que resuelvan problemas de optimización. En particular se pondrá especial énfasis en problemas tales como: el de corte y empaquetado y el de ruteo vehicular. Tanto la optimización de la planificación de recursos como la de generación de patrones de cortes, reducen significativamente los costos de los distintos recursos involucrados. Otro problema atacado es el de secuenciamiento genético, específicamente el de ensamblado de fragmentos de ADN (ácido desoxirribonucleico). Donde los volúmenes y la variedad de la información generada han crecido inconmensurablemente, hecho provocado por los importantes avances dados en la biología molecular y las técnicas subyacentes. Por lo tanto se necesitan de métodos de optimización que permitan estudiar la información funcional y estructural de una secuencia desconocida de ADN.

Las metaheurísticas y las técnicas modernas de la inteligencia artificial han sido juzgadas o evaluadas como eficientes por la comunidad científica, ya que con un esfuerzo limitado se pueden alcanzar buenos resultados con gran versatilidad. En la actualidad dos de las ramas con más éxito para diseñar meta-heurísticas, y dar solución a estos problemas, son la hibridación y el paralelismo.

Introducción

Muchos problemas de optimización discreta buscan la mejor configuración de un conjunto de variables para alcanzar el objetivo planteado por el mismo. Una clase de ellos que se destaca especialmente es la conocida con el nombre de *Problemas de Optimización Combinatoria (POC)*. Estos problemas requieren encontrar la mejor solución dentro de una determinada área finita de búsqueda, para ello se desarrollan diferentes algoritmos que pueden evidenciar distinto grado de *eficiencia* y *eficacia* en la búsqueda de tal solución. Para estos problemas se han desarrollado algoritmos que pueden ser clasificados como *completos* o *aproximados*. Los algoritmos *completos* garantizan encontrar para cada instancia del problema de tamaño finito una solución óptima en tiempo limitado (ver [17] y [18]). Para POC que sean NP-duros [8], no existe algoritmo en tiempo polinomial. Por lo tanto, los métodos completos necesitan tiempo de computación de orden exponencial en el peor de los casos. Esto conlleva que para mayores instanciaciones se requiera un tiempo computacional demasiado grande para el propósito práctico perseguido. El uso de métodos *aproximados* para la resolución de POC ha recibido mucha atención en por lo menos las últimas tres décadas. Estos métodos sacrifican la garantía de alcanzar soluciones óptimas por la de encontrar buenas soluciones en un tiempo significativamente reducido.

En las últimas dos décadas, emergió una nueva clase de algoritmos aproximados que combinan las características de los métodos heurísticos básicos en estructuras de mayor nivel intentando con ello alcanzar una mayor eficiencia y efectividad en la exploración del espacio de búsqueda. Actualmente, estos métodos reciben el nombre de meta-heurísticos [11]. Algunos de estos métodos están inspirados en la naturaleza y en vez de basar la búsqueda en un proceso constructivo que va explorando el espacio de búsqueda con una única solución, lo hacen sobre varias soluciones

simultáneamente. De estos métodos que trabajan sobre varias soluciones surgen los llamados métodos basados en población, siendo uno de ellos el conocido *Algoritmo Evolutivo (AE)* [3, 15].

Otros ejemplos de métodos meta-heurísticos son: Ant Colony [4, 5 y 6], Simulated Annealing presentado por Kirkpatrick et al. en 1983 [14], Tabu Search introducido en 1986 por Glover [9,11] y extendido en 1993 en [10], Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP) [7], Variable Neighborhood Search (VNS) [12], Guided Local Search (GLS) [22], Iterated Local Search (ILS) [13 y 16], entre otros.

Dos de las ramas con más éxito para diseñar algoritmos eficientes en la actualidad son la hibridación y la descentralización. La hibridación permite incorporar información del problema en el algoritmo de resolución para trabajar en contacto con sus características diferenciadoras; esto tiene también relación con la posibilidad de involucrar a varios algoritmos distintos en el proceso de búsqueda de una solución de manera más eficiente, ya que usualmente se obtienen reducciones notables en el esfuerzo cuando se utiliza un algoritmo híbrido. Por otro lado, el uso de múltiples procesadores para resolver en forma descentralizada y paralela un problema permite acelerar la búsqueda en tiempo real y alcanzar nuevos dominios de aplicación antes imposibles.

Por otra parte, la optimización combinatoria estudia problemas que están caracterizados por un número finito de soluciones factibles. Son problemas en los que se intenta alcanzar una mejor productividad. Particularmente, los problemas seleccionados para hacer el abordaje en este proyecto son el de corte y empaquetado y el de ruteo vehicular. Tanto la optimización de la planificación de recursos como la de generación de patrones de cortes, reducen significativamente los costos de los distintos recursos involucrados. Otro problema atacado es el de secuenciamiento genético, específicamente el de ensamblado de fragmentos de ADN (ácido desoxirribonucleico), donde los volúmenes de información generada han crecido inconmensurablemente.

Con estas líneas de investigación se pretende encontrar soluciones a los problemas de optimización ya mencionados mediante técnicas meta-heurísticas (algoritmos evolutivos, tabu search, simulated annealing, ant colony,) que resulten más eficaces y eficientes que las actuales; logrando un conjunto de diversas soluciones de buena calidad y en un intervalo de tiempo razonable, como es requerido en situaciones reales. Desde hace ya unos años este grupo de investigación ha estado trabajando en el área de las meta-heurísticas, específicamente en el campo de los algoritmos evolutivos paralelos y descentralizados [1,2,16]. Además se ha avanzado en el planteo de algoritmos meta-heurística para la resolución del problema de corte y empaquetado [20, 21].

Tareas de Investigación y Desarrollo

- Profundizar y modificar la herramienta de software MALLBA, la cual permite la generación de algoritmos meta-heurísticos híbridos, multiobjetivos, descentralizados y paralelos.
- Análisis de codificaciones para la representación de las soluciones de los problemas en estudio.
- Diseño del conjunto de operadores genéticos apropiados que incorporen características propias de cada problema.
- Implementar un generador de instancias de complejidad variables para aquellos problemas cuyas instancias encontradas en la bibliografía resultan de desigual complejidad para la prueba de los algoritmos.
- Analizar el comportamiento de los algoritmos implementados, poniendo especial énfasis en las ventajas proporcionadas por los algoritmos distribuidos y paralelos con respecto a sus pares secuenciales.
- Evaluar el efecto de los modelos algorítmicos paralelos heterogéneos para la resolución de los problemas en estudio.
- Estudiar la escalabilidad de los algoritmos, tanto desde el punto de vista de la robustez de los modelos como desde el punto de vista del paralelismo. En el último caso midiendo speedup y analizando la eficiencia a medida que se incrementa la cantidad de procesadores.

- Extender la aplicación que haya resultado más provechosa a otros problemas de optimización relacionados.
- Delimitar propiedades y formalismos teóricos de alguna de las propuestas a partir de los análisis estadísticos realizados.

Resultados Esperables

Se espera obtener algoritmos meta-heurísticos que resuelvan eficaz y eficientemente cada uno de los problemas atacados. Donde se halla logrado incorporar un diseño apropiado de la representación de las soluciones, junto con un conjunto de operadores que incorporen conocimiento del problema. Además de, definir y estudiar extensiones paralelas de los modelos desarrollados, de manera que, no solo se aproveche la potencia numérica inherente a las técnicas descentralizadas sino, que también se pueden obtener ganancias en tiempo real al utilizar un conjunto de computadoras para resolver los problemas mencionados.

También es esperable la evaluación conjunta de técnicas, escritura de informes de avances, y difusión de resultados a nivel internacional en conferencias y revistas de impacto.

Referencias Bibliográficas

- [1] E. Alba, H. Alfonso and B. Dorronsoro. Advanced Models of Cellular Genetic Algorithms Evaluated on SAT. Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference, vol 2, pág.1123-1130, 2005.
- [2] H. Alfonso. Nuevos Algoritmos Heurísticos Descentralizados Evaluados Sobre SAT. Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación, UNSL, Argentina, 2005.
- [3] T. Bäck, D. Fogel, and Z. Michalewicz. *Handbook of Evolutionary Computation*. Oxford University Press, New York NY, 1997.
- [4] M. Dorigo. Optimization, Learning and Natural Algorithms. Phd thesis, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano, Italy, 1992.
- [5] M. Dorigo, V.o Maniezzo, and Alberto Colomi. The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. In IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part B: Cybernetics, vol 26, nro 1, pág. 29-41, 1996.
- [6] M. Dorigo and G. Di Caro. The ant colony optimization meta-heuristic. In David Corne, Marco Dorigo, and Fred Glover, editors, *New Ideas in Optimization*, pág. 11-32, 1999.
- [7] T. Feo and M. Resende. Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of Global Optimization*, vol 6, pág. 109-133, 1995.
- [8] M. Garey and D. Johnson. *Computers and Intractability: a Guide to the Theory of NP-completeness*. Freeman, San Francisco, California, 1979.
- [9] F. Glover and M. Laguna. *Tabu Search*. Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [10] F. Glover and M. Laguna. Tabu search. In C. Reeves, editor, *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*, Oxford, England, 1993. Blackwell Scientific Publishing.
- [11] F. Glover. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers and Operations Research*, vol. 13, pág. 533-549, 1986.
- [12] P. Hansen and N. Mladenović. An introduction to variable neighborhood search. In S. Voss, S. Martello, I. Osman, and C. Roucairol, editors, *Meta-heuristics: advances and trends in local search paradigms for optimization*, Kluwer Academic Publishers, pág. 433-438., 1999.
- [13] Holger H. Hoos and Thomas Stutzle. Local search algorithms for SAT: An empirical evaluation. *Journal of Automated Reasoning*, vol 24, pág. 4, pág. 421-481, 2000.
- [14] S. Kirkpatrick, C. Gellat, and M. Vecchi. Optimization by simulated annealing. *Science*, vol 220, pág. 671-680, 1983.

- [15] P. Larrañaga and J. Lozano. *Estimation of Distribution Algorithms. A New Tool for Evolutionary Computation*. Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [16] G. Minetti, H. Alfonso. Variable Size Population in Parallel Evolutionary Algorithms. Proceedings of IEEE of the Fifth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, pág. 350-355, 2005.
- [17] G. Nemhauser and L. Wolsey. *Integer and Combinatorial Optimization*. Ed. John Wiley, New York, 1998.
- [18] C.H. Papadimitriou and I.C. Steiglitz. *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. In Prentice-Hall, Englewood Cliffs edition, 1982.
- [19] Helena Ramalhino Lourenco, Oliver Martin, and Thomas Stützle. A beginner's introduction to iterated local search. In Proceedings of MIC 2001, pág. 1-6, July 2001.
- [20] C. Salto, J.M. Molina, and E. Alba. Sequential versus Distributed Evolutionary Approaches for the Two-dimensional Guillotine Cutting Problem. Proceedings de la Conferencia Internacional de Logística Industrial, pág. 291-300, 2005.
- [21] C. Salto, E. Alba, J. M. Molina. Analysis of Distributed Genetic Algorithms for Solving Cutting Problems. *International Transactions in Operational Research*, vol 13, nro 5, pág. 403-423. Septiembre de 2006.
- [22] C. Voudouris and E. Tsang. Guided local search. Technical Report CSM-247, Department of Computer Science, University of Essex, 1995.