

Metaheurísticas para Optimización en Ambientes no 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

Los problemas de optimización en ambientes no estacionarios representan un área de importancia creciente. Esto se refleja en el número de publicaciones en las conferencias internacionales de los últimos años como también en las aplicaciones emergentes en la industria, por ejemplo, en tareas de control y *scheduling* dinámico.

Los problemas que en estos campos se presentan están actualmente asociados o acoplados con fenómenos tales como cambios en los criterios de optimización, emergencia-desaparición de restricciones, etc.

Desde el punto de vista de la presente línea de investigación los dos aspectos antes mencionados se atacan, el cambio en los criterios de optimización se refleja en el estudio de funciones de *fitness* dinámicas mientras que el segundo, relacionado con las restricciones, se centra en el caso de *on-line* planning para un objeto móvil, donde el dinamismo se produce por la aparición de nuevos obstáculos y/o desaparición de otros sobre los caminos que dicho objeto debe recorrer.

2. Dinamismo en los criterios de Optimización

En el caso de problemas dinámicos orientados hacia la función de *fitness*, la investigación está principalmente orientada al análisis experimental de heurísticas diversas sobre distinto tipo de problemas. Funciones *benchmark* clásicas son las que permiten “picos que se mueven”, en general sobre una superficie de conos, las que fueron recientemente desarrolladas de maneras distintas en varios generadores de problemas [1,2,3]. Estos problemas en general están determinados por la posición de los picos, su altura y amplitud y cómo ellos cambian en el tiempo.

En general la parametrización de dichos generadores difieren y tampoco existen bases comunes de comparación entre diferentes problemas de optimización dinámicos.

Una visión sobre problemas dinámicos también como de las técnicas que se usan en el caso de las heurísticas evolutivas puede encontrarse en [4].

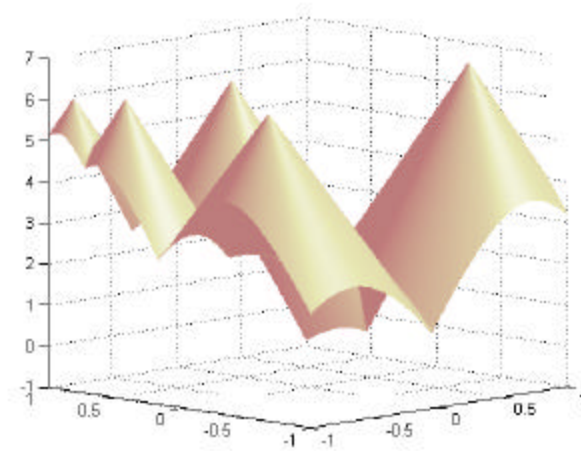
Pero independientemente del paradigma al cual corresponda una metaheurística, pareciera ser que aquellas basadas en poblaciones tienen ventajas respecto de las que trabajan construyendo una única solución. La ventaja principal es que al mantener una población de soluciones, ante la presencia de un cambio, aun pueden moverse dentro de la población para determinar si alguna de ellas sigue siendo relevante dentro del nuevo ambiente.

Además también, independientemente del tipo de heurística que se utilice, existen dos enfoques que favorecen la adaptación: el uso de memoria para mantener soluciones anteriores y el aumento de la diversidad en la población. La primera se basa en la influencia del pasado sobre el presente, explorar experiencias del pasado, junto con la existencia del conocimiento actual parece ser una idea útil cuando los cambios actuales del ambiente ya han sucedido en el pasado. La segunda, está

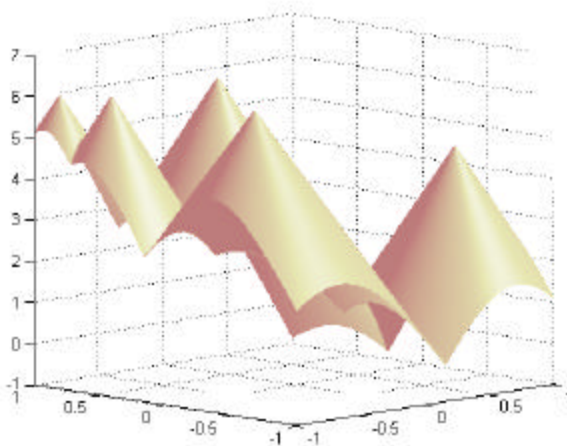
relacionada con el hecho que cuando se produce un cambio, el algoritmo puede haber convergido a una región puntual del espacio de búsqueda, en cuyo caso la población es muy similar y, en consecuencia, puede ser incapaz de seguir la pista de un cambio, por lo tanto, es necesario incorporar mecanismos que aumenten la diversidad de la población sin necesidad de reinicializarla totalmente desde cero [5].

Dos ejemplos del tipo de dinamismo producido por el generador propuesto por De Jong se muestran en la figura 1 y 2.

Cambios en la Altura de los Conos



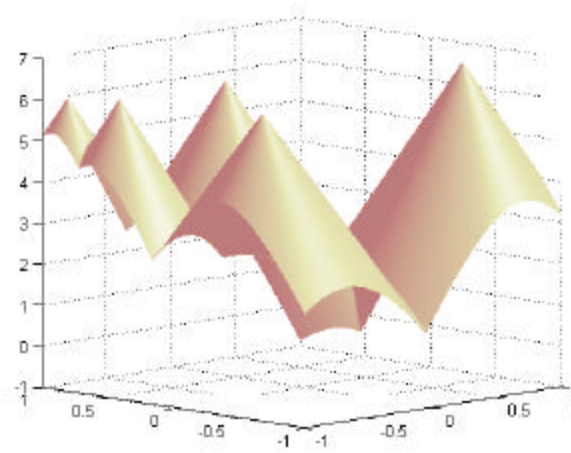
a)



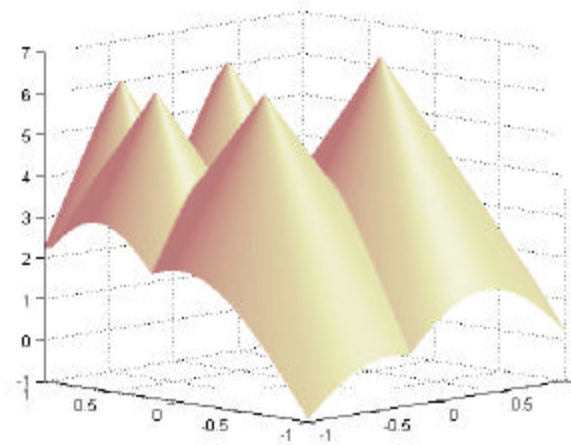
b)

Figura 1. a) Función de dos dimensiones con 5 conos. b) Función obtenida a partir de a) modificando la altura de dos de los conos.

Cambios en la Ubicación de los Conos



a)



b)

Figura 5.7. a) Función de dos dimensiones con 5 conos. b) Función de dos dimensiones con 5 conos, obtenida a partir de a) modificando la ubicación de todos los conos.

2.1 Objetivos:

Dentro de este marco de la investigación los objetivos principales son:

- Encarar la definición de un marco matemático general que permita la definición de características del problema y de su influencia sobre la severidad de las dinámicas a implementar.
- Para cada tipo de ambiente dinámico determinado por las características de los problemas estudiar, para diferentes heurísticas, qué modificaciones introducir para lograr la adaptabilidad de las mismas a distintas severidades de cambio.

- Definición de métricas para evaluar la *performance* de los algoritmos en dichos ambientes y validación experimental de las mismas.
- Estudio del comportamiento de los algoritmos modificados propuestos con la finalidad de comprender y fundamentar los resultados obtenidos.

3. Dinamismo en las Restricciones del problema de Optimización

El problema de *on-line path planning* ha probado ser un problema duro [6]. Aunque algoritmos generales y completos se han propuesto [7, 8] su nivel de complejidad computacional los excluyen de aplicaciones útiles [9]. Por esta razón esta línea de investigación se propone encararlos con distintas metaheurísticas.

Ya en la línea que trabaja con heurísticas para optimización en ambientes estacionarios algunos resultados se han obtenido para el caso del problema de *off-line path planning*, utilizando heurísticas evolutivas y de colonias de hormigas [10, 11].

Sin embargo, los problemas de *off-line path planning* que buscan por ejemplo caminos libres de colisiones asumiendo entornos estacionarios y perfectamente conocidos representan el problema de *motion planning* más básico en el área de objetos móviles (robots, animaciones, etc.).

Es por lo antedicho que la tarea dentro de la presente línea de investigación apunta a planificadores que puedan tratar con aspectos tales como incertidumbre, movimiento de obstáculos y restricciones dinámicas [12,13]. Pero cada tipo de extensión al problema básico involucra agrega mayor complejidad computacional, por ejemplo, adicionar obstáculos que se mueven transforma al problema en un problema exponencial con respecto al número de obstáculos que se mueven [7, 14], por lo tanto, parece ser prioritario investigar cómo solucionar prácticamente tales problemas antes que efectivamente investigar tales extensiones en grandes espacios de configuración.

Por otro lado, las aplicaciones de *on-line path planning* son tan diversas que diseñar algoritmos que funcionen para cada posible aplicación resulta no factible. En lugar de ello es razonable diseñar algoritmos prácticos lo suficientemente generales, no asociados a ningún objeto móvil particular, que estén entre los dos tipos de planificadores extremos: completos y heurísticos. En otras palabras, lograr un compromiso entre una completitud débil y una mayor eficiencia de computación.

Una completitud plena exige que el planificador siempre encuentre un camino sin obstáculos en un tiempo limitado asintóticamente mientras que una débil, pero aun interesante desde el punto de vista práctico requiere que si un camino existe, el planificador puede encontrar uno en un tiempo razonable, con una probabilidad alta. Tal probabilidad es conocida como "*probabilistic completeness*" en [9], este tipo de completitud es particularmente interesante si se logra mostrar que el tiempo de corrida del *planner* crece lentamente con la inversa de la falla que el diseñador del algoritmo esté dispuesto a aceptar.

Con esta filosofía en mente es que se propone el trabajo dentro de esta línea.

3.1 Objetivos

Dentro de este marco de la investigación los objetivos principales son:

- Encarar la definición de generador de ambientes aleatorios y controlados que permita la definición de características del problema y de su influencia sobre la severidad de las dinámicas a implementar.
- Para cada tipo de ambiente dinámico determinado por las características de los problemas, estudiar, para diferentes heurísticas, qué modificaciones introducir para lograr la adaptabilidad de las mismas a distintas severidades de cambio.

- Definición de métricas para evaluar la *performance* de los algoritmos en dichos ambientes y validación experimental de las mismas.
- Estudio del comportamiento de los algoritmos modificados con la finalidad de comprender y fundamentar los resultados obtenidos.

4. Referencias

- [1] Grefenstette, J. J. – “Evolvability in Dynamic Fitness Landscapes: A Genetic Algorithm Approach”, Congress on Evolutionary Computation’99, pp. 2031-2038, Piscataway, NJ: IEEE Service Center., 1999.
- [2] Branke, J. – “Memory Enhanced Evolutionary Algorithms for Changing Optimization Problems”, Congress on Evolutionary Computation’99, pp. 1875- 1882, Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 1999.
- [3] Morrison, R. W. & De Jong, K. A. – “A Test Problem Generator for Non-Stationary Environments”, Congress on Evolutionary Computation’99, pp. 2047-2053, Piscataway, NJ: IEEE Service Center, 1999.
- [4] Branke, J. – “Evolutionary Approaches to Dynamic Optimization Problems: A Survey”, J.Branke & T. Back (Eds.), Evolutionary Algorithms for Dynamic Optimization Problems, GECCO’99, pp. 134-137, 1999.
- [5] Trojanowski, K. – “Evolutionary Algorithms with Redundant Genetic Material for Non-Stationary Environments”, Institute of Computer Science, Warsaw University of Technology, Poland, 2000.
- [6] Reif, J. – “Complexity of the Mover’s Problem and Generalizations”, FOCS, pp. 421-427, 1979.
- [7] Canny, J. F. – “The Complexity of Robot Motion Planning”, MIT Press, Cambridge, MA, 1988.
- [8] Schwartz J. T. & Sharir M. – “ On the ‘Piano Movers’ Problem: II. General Techniques for Computing Topological Properties of Real Algebraic Manifolds”. Advances in Applied Mathematics, 4:298-351, 1983.
- [9] Barraquand J. et. al – “A Random Sampling Scheme for Path Planning”, International Journal of Robotics Research, 16(6):759-774, 1997.
- [10] Esquivel S., Leguizamón G., et. al. – “EPPP: An Evolutionary Approach to the Path Planning Problem”, aceptado para su defensa y publicación en los proceedings del CSITeA’03, Río de Janeiro, Brasil, Julio 2003.
- [11] Esquivel S., Leguizamón G., et. al. – “The Ant Colony Approach in Motion Planning”, aceptado para su defensa y publicación en los proceedings del del CSITeA’03, Río de Janeiro, Brasil, Julio 2003.
- [12] Latombe J. C. – “Robot Motion Planning”, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1991.
- [13] Latombe J. C. – “Controllability, Recognizability and Complexity Issues in Robot Motion Planning”, Proceedings 36th Annual Symposium on Foundations of Computer Science (FOCS), pp. 484-500, Wisconsin, 1995.
- [14] Reif J. H. & Sharir, M. – “Motion Planning in the Presence of Moving Obstacles”, Proceedings 25th IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, pp. 144-154, 1985.