



Desarrollo de un algoritmo de optimización global en colonias de hormigas con selección de región factible para espacios continuos

J.A. Fernández-Vargas^a y A. Bonilla-Petriciolet^{b,*}

^a Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México

^b Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Aguascalientes, México

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 25 de julio de 2012

Aceptado el 4 de junio de 2013

On-line el 26 de octubre de 2013

Palabras clave:

Optimización global
Métodos estocásticos
Colonia de hormigas

R E S U M E N

En este estudio se introduce un nuevo algoritmo para la metaheurística de optimización de colonias de hormigas (ACO) que se ha desarrollado para resolver problemas de optimización global con variables de decisión continuas. El algoritmo propuesto, denominado ACO-FRS, comprende una estrategia para la selección de regiones factibles para el proceso de optimización y realiza la exploración del espacio de solución de forma similar al proceso que realizan las hormigas para la búsqueda de alimento. Se han evaluado 4 variantes de este algoritmo empleando varios problemas clásicos de optimización global, y los resultados obtenidos se han comparado con los informados en la literatura para otros algoritmos del tipo ACO para espacios continuos. En general, los resultados obtenidos indican que la inclusión de una selección de regiones factibles permite realizar una búsqueda global mediante la eventual exploración de regiones con bajos niveles de feromonas, aumentando así la viabilidad del método para la localización de la solución del problema de optimización.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Development of a global optimization algorithm in ant colonies with feasible region selection for continuous search spaces

A B S T R A C T

This study introduces a new algorithm for the ant colony optimization (ACO) method, which has been proposed to solve global optimization problems with continuous decision variables. This algorithm, namely ACO-FRS, involves a strategy for the selection of feasible regions during optimization search and it performs the exploration of the search space using a similar approach to that used by the ants during the search of food. Four variants of this algorithm have been tested in several benchmark problems and the results of this study have been compared with those reported in literature for other ACO-type methods for continuous spaces. Overall, the results show that the incorporation of the selection of feasible regions allows the performing of a global search to explore those regions with low level of pheromone, thus increasing the feasibility of ACO for finding the global optimal solution.

© 2012 CIMNE (Universitat Politècnica de Catalunya). Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Keywords:

Global optimization
Stochastic method
Ant colony

1. Introducción

La mejora de las capacidades de cómputo y la formulación rigurosa de los problemas con modelos precisos ha abierto la

posibilidad de plantear diversos problemas de ingeniería altamente no lineales y complejos como problemas de optimización. En ingeniería química, como ejemplo de los diversos campos de aplicación, la optimización es clave para la calendarización de actividades y la operación de reactores, los procesos de separación, el análisis de redes de intercambiadores de calor y el diseño de plantas completas [1]. Sin el uso de técnicas de optimización, los procesos industriales no serían tan eficientes como ahora. En varias aplicaciones es necesario encontrar el óptimo global, y no solo un óptimo local, ya que el primero es obviamente mejor que el segundo en términos del valor de la función objetivo planteada. Incluso en algunas aplicaciones, el

* Autor para correspondencia: Instituto Tecnológico de Aguascalientes, Depto. de Ing. Química, Av. López Mateos 1801, Fracc. Bonagens, C.P. 20256, Aguascalientes, México. 52 499 9105002 ext. 127.

Correo electrónico: petriciolet@hotmail.com (A. Bonilla-Petriciolet).

óptimo global es la única solución correcta y con significado físico para el sistema analizado.

Los métodos de optimización global se pueden clasificar en 2 grandes grupos: técnicas deterministas y estocásticas (o probabilísticas). Los métodos actuales de optimización global deterministas pueden ser demasiado costosos (en términos de esfuerzo computacional), sobre todo para problemas multivariables, y en algunos casos requieren reformulaciones del problema dependiendo de las características del modelo utilizado. En el caso de las técnicas estocásticas de optimización global (SGO, por sus siglas en inglés) intervienen elementos probabilísticos y, por consiguiente, se utilizan números aleatorios durante la búsqueda del óptimo global. Las técnicas SGO tienen diferentes características que son atractivas para el campo de la ingeniería: son simples y fáciles de implementar, no requieren estimaciones previas, pueden resolver una gran variedad de problemas, tienen la capacidad de proveer resultados robustos para problemas altamente no lineales con múltiples variables de decisión y generalmente presentan una rápida convergencia hacia la solución óptima [1–3]. Estos métodos explotan diversas estrategias numéricas basadas en conceptos heurísticos para diversificar e intensificar la búsqueda en algunas áreas promisorias durante la localización del óptimo global, escapando así de los mínimos locales de la función objetivo.

En particular, las técnicas SGO que adaptan ideas de comportamientos naturales de poblaciones de individuos se catalogan como métodos de inteligencia de enjambre, y estos métodos de optimización normalmente se consideran efectivos para la resolución de diferentes tipos de problemas. En particular, el algoritmo de optimización con colonias de hormigas (ACO, por sus siglas en inglés) está inspirado en la capacidad de las hormigas (en una colonia) para interactuar de manera eficaz en el proceso de búsqueda de alimento [4]. Hasta la fecha se han probado diferentes algoritmos de optimización del tipo ACO en problemas diversos, y los resultados indican que estos poseen un desempeño destacado, especialmente en problemas con múltiples variables y espacios discretos [5,6]. En particular, ACO ha encontrado aplicaciones en la resolución de problemas reales de las ciencias básicas y aplicadas. Concretamente, este método se ha probado con éxito en problemas clásicos tales como el problema del vendedor viajero [4,7,8], el problema de asignación cuadrática [6,9,10], la determinación de rutas de vehículos [11–13], aplicaciones industriales de problemas de calendarización [14,15], la optimización dinámica de procesos químicos [16], entre otros. Es conveniente indicar que los algoritmos del tipo ACO inicialmente se diseñaron para aplicaciones en optimización combinatoria, es decir, problemas de optimización discretos [6].

Es necesario señalar que la mayor parte de los problemas de optimización asociados a aplicaciones de ingeniería y diseño se catalogan como problemas de optimización continuos, puesto que las variables de optimización pueden tomar cualquier valor numérico real dentro de los límites establecidos. Generalmente, estos problemas presentan un número significativo de variables de optimización y las funciones objetivo son altamente no lineales y, por tanto, para su resolución se requieren métodos robustos y preferiblemente con una rápida convergencia. Bajo esta perspectiva, los métodos de optimización estocásticos basados en la metaheurística de ACO son una opción atractiva para la resolución efectiva de este tipo de problemas.

La primera aplicación de colonias artificiales de hormigas para la resolución de funciones continuas la realizaron Bilchev y Pramee [17,18]. Estos trabajos solo utilizaron procedimientos de búsqueda local como parte del algoritmo ACO. Posteriormente, Wodrich y Bilchev [19] extendieron estas estrategias para la resolución de problemas de optimización global mediante la inclusión del concepto de hormigas «locales y globales». Las hormigas «globales» usan mecanismos de *caminata aleatoria* y *difusión de rastro de feromonas*, mientras que las hormigas «locales» tienen la capacidad

de percibir el rastro de feromonas que han depositado las hormigas «globales». El algoritmo descrito se conoce como ACO-continuo (CACO), y su desempeño numérico fue mejorado posteriormente en otros estudios mediante la implementación de nuevos conceptos en la etapa de búsqueda global [14,20,21]. Por otra parte, API es otro algoritmo basado en el comportamiento de hormigas enfocado a espacios continuos [22]. El mecanismo base de API imita el comportamiento particular de la especie *Pachycondyla apicalis* en el proceso de caza de presas. En API, cada hormiga busca de forma independiente una solución mejor, aunque todas las hormigas empiezan desde el mismo punto, es decir, el nido. La exploración global se lleva a cabo mediante una *caminata en tándem*, en la que toda la colonia cambia su posición para cazar en otras regiones. Este algoritmo también utiliza una estrategia de reclutamiento para refinar la búsqueda; a dicha búsqueda local se la conoce como *captura de presas*, donde las hormigas utilizan mecanismos de comunicación directa y poseen una memoria limitada. En otro estudio, Dréo y Siarry [23] propusieron el algoritmo continuo de colonia de hormigas cooperativas (CIAC), en el cual se demuestra que es posible llevar a cabo la tarea de reclutamiento sin tener en cuenta los rastros de feromonas típicos de las estrategias ACO y el proceso de búsqueda se basa en relaciones entre individuos. Pourtaqdoust y Nobahari [24] propusieron el algoritmo CACS, donde la función probabilística discreta basada en feromonas se reemplaza por una función de densidad de probabilidad del tipo *gaussiana* (normal) cuyos parámetros de media y varianza adaptan las hormigas de manera dinámica en cada iteración. Recientemente, Socha y Dorigo [25] propusieron un nuevo algoritmo ACO para espacios continuos, identificado como ACO_R, que mantiene un archivo de las soluciones generadas en iteraciones previas. Las soluciones en el archivo se ordenan considerando el valor de la función objetivo y posteriormente se clasifican para asignar un factor de peso a cada solución. Dicho peso corresponde al rastro de feromonas y, al igual que en CACS, las hormigas usan distribuciones de probabilidad en cada paso de construcción de una solución. Finalmente, De França et al. [26] reportaron otro algoritmo tipo ACO para espacios continuos que está basado en una modificación de las funciones *gaussianas* para adaptar simultáneamente todas las dimensiones de la distribución aleatoria y generar nuevos individuos en cada iteración.

Cabe mencionar que los resultados de estudios comparativos reportados en la literatura [25] indican que los algoritmos ACO existentes para espacios continuos aún pueden presentar problemas de convergencia prematura para la localización del óptimo global. A pesar de que existen estrategias del tipo ACO que se han aplicado a la resolución de problemas continuos, todavía existen áreas de oportunidad para mejorar el desempeño numérico de los algoritmos ACO para la resolución de problemas multivariables. Hasta la fecha, una posibilidad inexplorada para mejorar el desempeño numérico de ACO consiste en almacenar la información del rastro de feromonas en cada dimensión del archivo de soluciones y adaptar el concepto de regiones factibles propio de los problemas combinatoriales que inicialmente fueron el campo de aplicación de las estrategias ACO. Teniendo en cuenta lo anterior, en este estudio se ha propuesto un algoritmo de optimización alternativo, referido como ACO con selección de región factible (ACO-FRS), con el propósito de fortalecer el desempeño de dicha metaheurística en la resolución de problemas multivariables con espacios continuos. Específicamente, ACO-FRS realiza la exploración del espacio de solución de forma similar al proceso que realizan las hormigas para buscar y recolectar alimento, explorando diferentes regiones y siendo capaces de encontrar el camino más corto después de un determinado tiempo. El desempeño de este algoritmo alternativo se ilustra con diferentes funciones objetivo clásicas del área de optimización global. Además, los resultados obtenidos con ACO-FRS se han comparado con el desempeño numérico de los algoritmos CACS [24], ACO_R [25] y MACACO [26].

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702549>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702549>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)