Optimización mediante colonias de hormigas (Problema de la Mochila)

Introducción

Aunque no se trata propiamente en el temario de IA1, la optimización basada en colonias de hormigas (en inglés ACO "Ant Colony Optimization") es una metaheurística bioinspirada que se enmarca de manera natural en el Tema 6: *Búsqueda local y algoritmos genéticos*. Se trata de un método de resolución de problemas de optimización de propósito general que nace motivado por la observación de que una colonia de hormigas es capaz de encontrar el camino más corto entre el hormiguero y una fuente de comida.

Simplificando mucho, la idea es que cada hormiga exploradora se mueve en principio de forma aleatoria, pero va dejando tras de sí un rastro de *feromona*. La intensidad del rastro de feromona afecta a las exploradoras que vengan detrás, haciendo que poco a poco todas converjan hacia el camino óptimo.

Este campo se inició en 1991, y desde entonces ha tenido un gran éxito, pudiendo encontrarse actualmente no sólo libros de referencia, sino también varios congresos y revistas especializadas en este tema. Al final de este documento se proporcionan varios enlaces a documentos y webs donde se puede encontrar más información. Como curiosidad, cabe mencionar que este año en el concurso anual de Inteligencia Artificial patrocinado por Google (http://aichallenge.org/) el juego elegido es una batalla entre colonias de hormigas.

Requisitos del trabajo

Primera parte

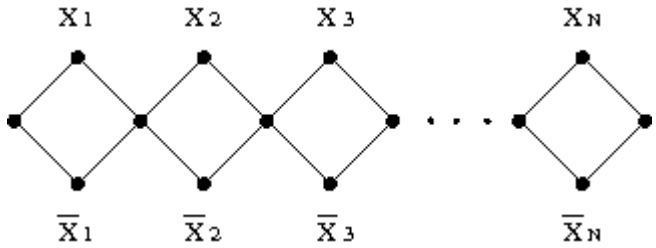
El trabajo consiste en implementar en Lisp un algoritmo de optimización con colonia de hormigas para el problema de la mochila, siguiendo las directrices generales aquí descritas (más detalles en el primer artículo citado en la bibliografía).

> **Problema de la mochila**: disponemos de N objetos, y cada uno de ellos tiene asociado un peso y un valor. El problema consiste en encontrar el subconjunto de objetos de valor máximo que cumpla la restricción de que la suma de sus pesos sea menor o igual que una cota *k* prefijada (la capacidad de la mochila).

Pseudocódigo del "Algoritmo de hormigas" propuesto:

```
Capturar Parámetros
Inicializar los rastros de feromonas
Colocar hormigas en posición inicial
Repetir
    Para K desde 1 Hasta el numero de hormigas Hacer
        Construir la solución para la hormiga K
        Seleccionar la mejor solución
        Actualizar los rastros de feromonas
Hasta Alcanzar el número de ciclos
```

Dado que el objetivo del problema es encontrar un subconjunto y las hormigas lo que hacen es buscar caminos, se puede considerar el siguiente grafo:



donde para cada hormiga si su camino pasa por el nodo X_i interpretaremos que el objeto *i*-ésimo pertenece al subconjunto, y si por el contrario el camino pasa por $\overline{X}_i$ entonces interpretaremos que el objeto i-ésimo no pertenece al subconjunto.

También se puede realizar el diseño prescindiendo del grafo y asociando los niveles de feromona directamente a los objetos, en lugar de a las aristas.

En cuanto a la construcción de una solución por una hormiga, en cada instante la probabilidad de que un objeto X_i sea elegido (p(i)) depende del nivel de feromona $\tau(i)$, del peso del objeto *w(i)* y de su valor *v(i)*:

$$p(i)=\frac{f(i)}{\sum_{j=1..N} f(j)}$$

$$f(i) = \tau(i)^{\alpha} \cdot (1/w(i))^{\beta} \cdot (1-1/v(i))^{\gamma}$$

(los parámetros α, β, y γ se pueden ajustar experimentalmente)

En cuanto a la actualización del nivel de feromona, hay que considerar por un lado que en cada vuelta del bucle se añade una cantidad a las aristas del mejor camino (o los objetos de la mejor solución), y por otro lado que los niveles anteriores deben disminuirse en función de una tasa de evaporación. La cantidad a añadir y la tasa de evaporación se pueden ajustar experimentalmente.

Se podrá modificar el diseño respecto al que se explica en el artículo de referencia (el primero de la bibliografía), siempre y cuando se mantengan las siguientes condiciones:

1. La probabilidad de que una hormiga seleccione un objeto dependerá del nivel de feromona acumulado, del peso del objeto y de su valor.

2. El algoritmo debe diseñarse para que lea la instancia que tiene que resolver a través de un fichero de texto, donde aparecerán tres columnas (una línea por cada objeto): la primera columna con el índice que identifica al objeto, y las otras dos para el peso y el valor del objeto, respectivamente. Se presentarán al menos cinco ficheros con instancias.

Segunda parte

Se realizará una modificación del diseño realizado en la primera parte para incluir un paso de búsqueda local. Concretamente, en cada vuelta del bucle, cada hormiga realizará una mejora iterativa buscando si existe algún vecino mejor que pueda obtenerse añadiendo o quitando un solo objeto. Si se decide sustituir la solución, se vuelven a revisar los nuevos vecinos, y así sucesivamente hasta que no se encuentre mejora.

Tercera parte

Importante: deberá entregarse una memoria en pdf, donde se expliquen las decisiones de diseño tomadas durante la realización del trabajo. En la memoria aparecerán los resultados experimentales (soluciones encontradas y rendimiento del programa Lisp) obtenidos al resolver las instancias probando con distintos valores de los parámetros del algoritmo, comparando la versión de la primera parte con la de la segunda. También habrá que incluir las referencias de cualquier material utilizado (bibliografía adicional, enlaces a material web, etc).

Bibliografía

- J.C. Ponce *et al.* "ACHPM: Algoritmo de optimización con colonia de hormigas para el problema de la mochila" *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática*, vol.3, nº2 (2006), pp: 54-57.
- M. Dorigo "Ant Colony Optimization" MIT Press, 2004.
  (Libro de referencia, disponible como recurso electrónico a través de la web de la biblioteca)
- S. Alonso *et al.* "La metaheurística de optimización basada en colonias de hormigas: Modelos y Nuevos Enfoques", capítulo del libro *Optimización inteligente : técnicas de inteligencia computacional para optimización* de la Univ. Málaga (2004).
- Página web oficial de *Ant Colony Optimization*
- *Ant Colony Optimization* en Scholarpedia