

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**  
**E.T.S.I. INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIÓN**



Departamento de Ciencias de la  
Computación e Inteligencia Artificial

**Metaheurísticas**

<http://sci2s.ugr.es/docencia/metah>  
<https://decsai.ugr.es>

**Guión de Prácticas**

**Práctica 4.a:**  
**Optimización basada en Colonias de Hormigas para el**  
**Problema de la Asignación Cuadrática**

Curso 2014-2015

Tercer Curso del Grado en Ingeniería Informática

## Práctica 4.a

# Optimización basada en Colonias de Hormigas para el Problema de la Asignación Cuadrática

## 1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es estudiar el funcionamiento de los algoritmos de Optimización basada en Colonias de Hormigas (OCH). Para ello, se requerirá que el alumno adapte dos variantes de estos métodos, el Sistema de Colonias de Hormigas y el Sistema de Hormigas Max-Min, ambos incorporando búsqueda local (SCH-BL y SHMM-BL), para resolver el problema de la asignación cuadrática (QAP) descrito en las transparencias del Seminario 2.a. Los resultados obtenidos deberán compararse con las estimaciones existentes para el valor de los óptimos de una serie de casos del problema y con un algoritmo *greedy* básico.

La práctica se evalúa sobre un total de **2 puntos**, distribuidos de la siguiente forma: SCH-BL (1 punto) y SHMM-BL (1 punto).

La fecha límite de entrega será el **Lunes 8 de Junio de 2015** antes de las 23:59 horas. La entrega de la práctica se realizará por Internet a través del acceso identificado de la web del departamento de CCIA (<https://decsai.ugr.es>).

## 2. Trabajo a Realizar

El alumno podrá desarrollar los algoritmos de la práctica siguiendo la modalidad que desee: trabajando con cualquiera de los frameworks de metaheurísticas estudiados en el Seminario 1, implementándolos a partir del código C proporcionado en la web de la asignatura o considerando cualquier código disponible en Internet.

En este caso, el código proporcionado se denomina *ACOTSP.V1.03.tar.gz* y se ha obtenido de la web de la metaheurística OCH (<http://www.aco-metaheuristic.org/>). Implementa los principales algoritmos OCH existentes para la resolución del problema del Viajante de Comercio (TSP). En el fichero README incluido en el paquete

*ACOTSP.V1.03* puede encontrarse una descripción del contenido e indicaciones sobre cómo compilar y ejecutar las distintas versiones de los algoritmos.

El código ha sido desarrollado en ANSI C bajo Linux. Una vez compilado usando el correspondiente *make* se genera un ejecutable llamado *acotsp* que permite recibir una serie de parámetros desde la línea de comandos. Puesto que ha sido implementado en ANSI C no es difícil de compilar en Windows teniendo en cuenta la información contenida en el fichero *Makefile*.

Los parámetros más importantes para las implementaciones del SCH y el SHMM son los siguientes:

- *-tries*: número de ejecuciones a realizar.
- *-ants*: número de hormigas en la colonia.
- *-time*: tiempo de ejecución (en segundos) empleado como criterio de parada.
- *-alpha* y *-beta*: parámetros de la regla de transición.
- *-rho*: parámetro de evaporación de los rastros de feromona.
- *-localsearch* y *-nnls*: búsqueda local y número de vecinos a generar, respectivamente.
- *-q0*: parámetro  $q_0$  de la regla de transición del SCH.

Así, por ejemplo, una llamada correcta al programa SCH-BL para la instancia *eil76.tsp* del TSP cuyo óptimo es 538 sería:

```
./acotsp -tsplibfile eil76.tsp -tries 5 -acs -localsearch 3 -nnls 40 -alpha 1 -beta 2  
-rho 0.2 -q0 0.8 -time 300 -optimum 538 -ants 15
```

y en el caso del SHMM-BL:

```
./acotsp -tsplibfile eil76.tsp -tries 5 -mmas -localsearch 3 -nnls 40 -alpha 1 -beta 2  
-rho 0.2 -time 300 -optimum 538 -ants 15
```

Los métodos desarrollados serán ejecutados sobre una serie de casos del problema del QAP. Se realizará un estudio comparativo de los resultados obtenidos y se analizará el comportamiento de cada algoritmo en base a dichos resultados. **Este análisis influirá decisivamente en la calificación final de la práctica.**

En las secciones siguientes se describen los aspectos relacionados con cada algoritmo a desarrollar y las tablas de resultados a obtener. Los casos del problema y los estadísticos de calidad (*Desv* y *Tiempo*) serán los mismos que en la Práctica 1.a (véase la Sección 3 de dicho guión de prácticas).

### 3. Componentes de los Algoritmos

#### Algoritmos

Los algoritmos de OCH de esta práctica tienen en común las siguientes componentes:

- *Esquema de representación:* Las componentes de la solución  $L$  son el conjunto de unidades y el de localizaciones. El grafo de construcción  $G$  es un **grafo bipartito** compuesto por  $2 \cdot n$  nodos ( $n$  localizaciones y  $n$  unidades) totalmente conexo. Cada nodo unidad  $u_r$  está conectado a los  $n$  nodos localización  $l_s$ .
- *Restricciones:* Cada unidad sólo puede estar asociada a una localización y viceversa.
- *Función objetivo:* 
$$\min_{\pi \in \Pi_N} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot d_{\pi(i)\pi(j)} \right)$$
- *Rastros de feromona:* Se asocia un rastro de feromona  $\tau_{rs}$  a cada arco del grafo  $a_{rs}$ . Indica la preferencia memorística de asignar la unidad  $u_r$  a la localización  $l_s$ .
- *Información heurística:* Se asocia a los nodos localización. Se define como la inversa del potencial de distancia de la unidad correspondiente,  $\eta_s = 1/d_s$ . Así, los nodos de menor distancia potencial tienen mayor preferencia.
- *Proceso constructivo:* De forma general, antes de iniciar el bucle principal del algoritmo, se ordenan las unidades de menor a mayor potencial de flujo  $f_r$ . En cada uno de los  $n$  pasos necesarios para construir la solución ( $k=1$  hasta  $n$ ), se repiten los tres pasos siguientes:
  - Se escoge la unidad situada en la posición  $k$  del orden,  $u_{ok}$ .
  - Se escoge una localización libre  $l_s \in J(u_{ok})$  usando la regla de transición (que tiene en cuenta la feromona  $\tau_{u_{ok} l_s}$  y la heurística  $\eta_{l_s}$ ).
  - Se guarda en  $L$  la asignación  $u_{ok} \leftrightarrow l_s$  escogida:  $L[u_{ok}] \leftarrow s$ .
- *Reinicialización:* No es necesario emplear reinicialización.
- *Algoritmo de búsqueda local:* Se considerará la búsqueda local (BL) que sigue el enfoque del primer mejor vecino propuesta en la Práctica 1.a. **Se aplica sobre las soluciones generadas por todas las hormigas en cada iteración del algoritmo OCH, antes de actualizar la feromona.** Se detendrá la ejecución de la BL después de haber realizado **una única iteración**, se haya encontrado mejora en el entorno o no.

#### Valores de los parámetros y ejecuciones

Los valores considerados para los parámetros de los algoritmos serán los siguientes. Se realizará una única ejecución sobre cada caso del problema. Se considerarán  $m=10$  hormigas en la colonia. El criterio de parada consistirá en realizar

**25000 evaluaciones** de la función objetivo, incluidas por supuesto las de la BL. Los parámetros de la regla de transición serán  $\alpha=1$  y  $\beta=2$ .

El valor inicial de los rastros de feromona será  $\tau_0=10^{-6}$  para el SCH-BL y  $\tau_0=\tau_{\max}$  para el SHMM-BL. El parámetro de evaporación de feromona valdrá  $\rho=0.2$  en ambos casos. Los límites de los rastros de feromona del SHMM-BL se calcularán y actualizarán de la siguiente forma. Antes de comenzar la ejecución del algoritmo se generará y evaluará una solución inicial aleatoria, inicializando  $\tau_{\max}$  al valor  $1/(\rho \cdot \text{Coste}(S_{\text{aleatoria}}))$  y  $\tau_{\min}$  a  $\tau_{\max}/500$ . Luego se inicializarán los rastros de feromona a  $\tau_{\max}$  y comienza la ejecución del algoritmo. Posteriormente, cada vez que se actualice la mejor solución global en una iteración del algoritmo de OCH se actualizarán también los valores de  $\tau_{\max}$  a  $1/(\rho \cdot C(S_{\text{mejor\_global}}))$  y de  $\tau_{\min}$  a  $\tau_{\max}/500$ . Justo después de actualizar los límites se recorrerá la matriz de rastros de feromona para truncar los valores que excedan  $\tau_{\max}$  a  $\tau_{\max}$  y los que queden por debajo de  $\tau_{\min}$  a  $\tau_{\min}$ .

Por último, en el caso del SCH-BL, el valor del parámetro  $q_0$  en la regla de transición será 0.8 y el del parámetro de evaporación  $\phi$  en la regla de actualización local de feromona será 0.2.

## 4. Tablas de Resultados a Obtener

Se diseñará una tabla para cada algoritmo (SCH-BL y SHMM-BL) donde se recojan los resultados de la ejecución de dicho algoritmo al conjunto de casos del problema. Tendrá la misma estructura que la Tabla 5.1 del guión de la Práctica 1.a.

Finalmente, se construirá una tabla de resultados global que recoja los resultados medios de calidad y tiempo para todos los algoritmos considerados, tal como se muestra en la tabla 4.1. Aunque en la tabla que sirve de ejemplo se han incluido todos los algoritmos considerados en esta práctica, naturalmente sólo se incluirán los que se hayan desarrollado.

Tabla 4.1: Resultados globales en el QAP

Algoritmo	Desv	Tiempo
<i>Greedy</i>	x	x
SCH-BL	x	x
SHMM-BL	x	X

A partir de los datos mostrados en estas tablas, el alumno realizará un análisis de los resultados obtenidos, que influirá significativamente en la calificación de la práctica. En dicho análisis se deben comparar los distintos algoritmos en términos de calidad de las soluciones y tiempo requerido para obtenerlas. Por otro lado, se puede analizar también el comportamiento de los algoritmos en algunos de los casos individuales que presenten un comportamiento más destacado.

## 5. Documentación y Ficheros a Entregar

Además de la documentación detallada en la Sección 6 del guión de la Práctica 1.a, en lo referente al punto 4 se incluirá, al menos, la siguiente información:

- a) Esquema de representación de soluciones empleado.
- b) Descripción en pseudocódigo de la función objetivo.
- c) Definición de los rastros de feromona y descripción en pseudocódigo del cálculo de la información heurística.
- d) Descripción en pseudocódigo del proceso constructivo para generar soluciones.
- e) Descripción en pseudocódigo del algoritmo de BL empleado, incluyendo el método de creación de la lista de candidatos, el de exploración del entorno, el operador de generación de vecino y su factorización.

En lo que respecta al punto 5, se incluirá la siguiente información:

- a) Descripción en pseudocódigo del esquema de búsqueda seguido por cada algoritmo (SCH-BL y SHMM-BL).
- b) Mecanismos de actualización y evaporación de feromona.

En el punto 6, se incluirá una breve descripción del algoritmo de comparación, el *Greedy*. Como recomendación, el apartado 4 debería describirse en un máximo de tres páginas y los apartados 5 y 6 en un máximo de 2 páginas cada uno.

Se recuerda que **la documentación nunca deberá incluir listado total o parcial del código fuente en caso de haberlo implementado.**

En lo referente al **desarrollo de la práctica**, se seguirán los mismos criterios descritos en la Sección 6 del guión de la Práctica 1.a. El **método de evaluación** será el descrito en la Sección 7 de dicho guión.