

Capítulo 10

Optimización basada en Colonia de Hormigas

10.1 Introducción

Optimización de colonia de hormigas (*ant colony optimization* o ACO) está inspirado en el rastro y seguimiento de feromonas realizado por las hormigas como medio de comunicación.

Los caminos de feromonas sirven como información distribuida que las hormigas usan en forma probabilística para construir soluciones a un problema y que las hormigas adaptan para reflejar su experiencia.

ACO es una estrategia de construcción, donde la solución se forma probabilísticamente al ir añadiendo componentes de soluciones parciales considerando: (i) heurísticas para resolver el problema particular y (ii) trazas de feromona.

Para la representación de un problema se requiere definir: (i) un conjunto de componentes y (ii) estados definidos en términos de secuencias de componentes (transiciones entre estados).

ACO construye soluciones moviéndose en un grafo de construcción, donde los vértices son componentes del problema y los arcos conexiones entre estos

Tabla 10.1: Algoritmo de ACO.

procedimiento ACO

Actividades

control de actividades de las hormigas

evapora feromona

acciones de demonio (opcional)

componentes.

Para construir una solución siguen cierta política dada por las restricciones del problema.

Los componentes y las conexiones pueden tener asociadas cierta cantidad de feromona e información heurística acerca del problema.

Al añadir un componente en una solución parcial, puede actualizar la cantidad de feromona (*on-line step-by-step pheromone trail*).

También al llegar a una solución completa, puede ver todos los pasos que se siguieron y también actualizar los niveles de feromona del camino (*online delayed pheromone update*).

Las hormigas se mueven concurrentemente e independientemente.

Además ACO incluye dos procedimientos adicionales: (1) evaporación (*pheromone trail evaporation*) y (2) demonios (*daemon actions*).

El proceso de evaporación define como decrecer la cantidad de feromona en el tiempo.

Acciones tipo demonio pueden usarse para acciones centrales/globales que no pueden lograrse con las hormigas individuales.

Los procedimientos generales se muestran en la tabla 10.1.

10.2 TSP y el Ant System

La primera versión de ACO se utilizó para resolver el agente viajero.

Al construir soluciones, una hormiga k decide irse de la ciudad i a la ciudad j con la siguiente probabilidad:

$$p_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in \mathcal{N}_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta} \text{ si } j \in \mathcal{N}_i^k$$

donde $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$ es información disponible, α y β son parámetros que se tienen que definir, y \mathcal{N}_i^k es la vecindad factible de la hormiga k (el conjunto de ciudades que k no ha visitado).

Si $\alpha = 0$ se visita la ciudad más cercana. Si $\beta = 0$ se basa solo en las trazas de feromona y tiende a converger rápidamente a un punto de no mejora subóptimo.

Cuando todas las hormigas completan un circuito, se actualizan las feromonas. Primero se reducen todos los caminos por un factor constante (evaporación) y después cada hormiga deposita la siguiente cantidad de feromona en los nodos de su circuito:

$$\forall (i, j) \tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t)$$

donde $0 \leq \rho \leq 1$ es la razón de evaporación de feromona y m es el número de hormigas.

$\Delta\tau_{ij}^k(t)$ es la cantidad que deposita cada hormiga en cada nodo, definida por:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} 1/L^k(t) & \text{si la liga } (i, j) \text{ es usada por la hormiga } k \\ 0 & \text{de otra forma} \end{cases}$$

donde $L^k(t)$ es la longitud del circuito de la hormiga k .

10.3 Extensiones

Una primera extensión fué la de premiar de más a la mejor solución global obtenida hasta el momento, algo parecido a una estrategia elitista.

Otra variante fue ordenar las hormigas de mejor a peor y solo permitir a las N mejores poner feromonas (además de la mejor ruta global).

Otra variante fué el mover a las hormigas usando una política ϵ -*greedy*.

Algunas variantes solo actualizan la cantidad de feromona del camino de la mejor hormiga.

El uso de feromonas sirve para balancera entre exploración y explotación.

Un sistema utiliza un límite inferior y superior de cantidad de feromona. El inferior garantiza un nivel mínimo de exploración.

También se pueden variar los parámetros α y β para balanciar de forma diferente la exploración y explotación durante la búsqueda.

Se puede combinar con búsqueda local (parecido a GRASP). Se construye con ACO y se sigue con búsqueda local.

Si existen muchos posibles candidatos en la parte de construcción de soluciones de puede tener también una lista de candidatos.