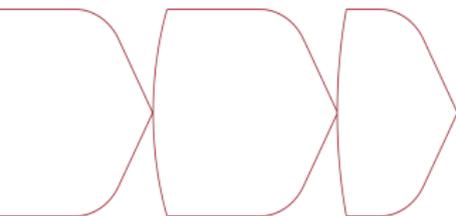




Ant Colony Optimization

Paulo Raul Sánchez 21401, Joab Alexander Hernandez 21105

November 15, 2024



Pioneros



Vittorio Maniezzo



Alberto Colorni



Marco Dorigo

¿Qué hace a especiales a las hormigas?

- ▶ Individuos simples
- ▶ Estructuras sociales altamente organizadas.
- ▶ LLevan a cabo tareas complejas.
- ▶ De manera individual no pueden lograr lo que colectivamente sí.
- ▶ Tienen su propia forma de comunicación



¿Porqué es útil conocerlas?

- ▶ Los principios de autoorganización permiten un comportamiento altamente coordinado que puede aprovecharse para coordinar población de agentes artificiales para resolver problemas computacionales.

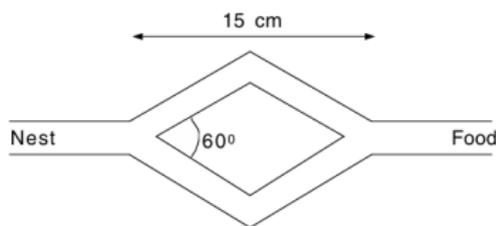
Algoritmos donde se aplican:

Búsqueda de alimento

División de trabajo

Transporte cooperativo

Double Bridge Experiment



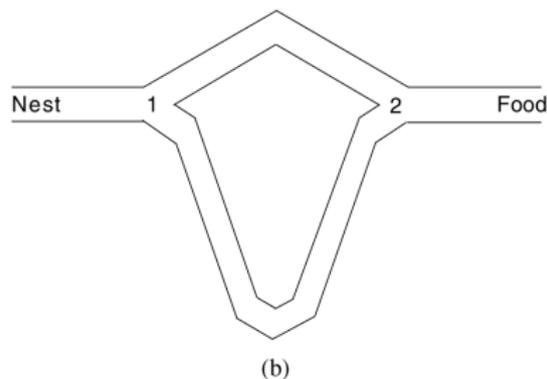
Características

1. Sistema de nido a comida
2. Dos posibles caminos del mismo tamaño
3. Después de cierto tiempo las hormigas agarran el mismo camino

Part 2

Características

1. Dos posibles caminos de distintos tamaños
2. Después de cierto tiempo las hormigas van por el mismo camino.



Insights importantes

- ▶ Las hormigas iniciales eligen aleatoriamente que camino seguir.
- ▶ Luego de cierto tiempo, empiezan a elegir el camino, a partir de los caminos marcados por concentraciones de feromonas más fuertes.
- ▶ No siempre se elige el camino más óptimo.



Modelo Estocástico

$$p_{is}(t) = \frac{(t_s + \varphi_{is}(t))^\alpha}{(t_s + \varphi_{is}(t))^\alpha + (t_s + \varphi_{il}(t))^\alpha}, \quad (1)$$

$p_{is}(t)$ = probabilidad de decisión del agente en un instante t de elegir el camino mas corto

t_s = Es una constante de tiempo aleatorio en un rango positivo

α = número de caminos

φ_{is} = cantidad de feromonas en el camino corto

φ_{il} = cantidad de feromonas en el camino largo

Evolución del sistema estocástico

$$\frac{d\varphi_{is}}{dt} = \psi\rho_{js}(t - t_s) + \psi\rho_{is}(t), \quad (2)$$

- ▶ ψ = Flujo de hormigas
- ▶ t_s = Tiempo de atraso

$$\frac{d\varphi_{il}}{dt} = \psi\rho_{jl}(t - r * t_s) + \psi\rho_{il}(t), \quad (3)$$

r = Proporción de rama

ρ = Probabilidad de éxito en el instante j o i

Interpretacion

Se puede interpretar como la variación de feromonas en el camino corto, a partir del flujo de hormigas que se asume constante, multiplicado por la probabilidad de elegir la ruta más pequeña. En el caso contrario, representa la variación de las feromonas en el camino más largo sumado a la probabilidad de elegir la ruta más prolongada.



$$p_{is}(t) = \frac{[\varphi_{i,s}(t)]^\alpha}{[\varphi_{i,s}(t)]^\alpha + [\varphi_{i,l}(t)]^\alpha}, \quad p_{i,l}(t) = \frac{[\varphi_{i,l}(t)]^\alpha}{[\varphi_{i,s}(t)]^\alpha + [\varphi_{i,l}(t)]^\alpha}.$$

Actualización de trazo en caminos:

$$\varphi_{is}(t) = \varphi_{is}(t-1) + p_{is}(t-1)m_i(t-1) + p_{js}(t-1)m_j(t-1),$$

(i=1,j=2; i=2,j=1),

$$\varphi_{il}(t) = \varphi_{il}(t-1) + p_{il}(t-1)m_i(t-1) + p_{jl}(t-1)m_j(t-1),$$

(i=1,j=2; i=2,j=1),

φ_{is} = Actualización de feromonas

t-1=Valor anterior de la feromona

p=Probabilidades de transición

m=Número de hormigas en el instante

Parte 2

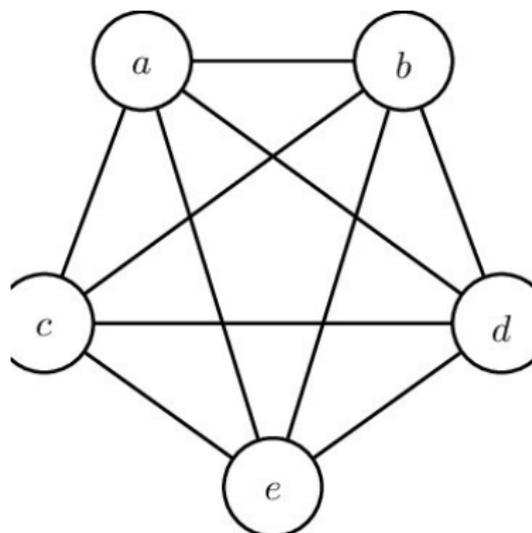
$m_i(t)$, número de hormigas en el nodo i en el tiempo t , es dado por:

$$m_i(t) = p_{s,i}(t-1)m_j(t-1) + p_{l,i}(t-r)m_j(t-r),$$
$$(i = 1, j = 2; i = 2, j = 1).$$

Se calcula usando las probabilidad de transición y el número de hormigas previo

Ventajas del sistema discreto

1. Considera el comportamiento del sistema y no el comportamiento estocástico individual de las hormigas
2. Permite una implementación algorítmica más sencilla al momento de considerar un grafo de múltiples nodos.
3. Los resultados son muy parecidos a los obtenidos en el sistema continuo.



Características de las hormigas artificiales

Nuevas características

- ▶ Memoria limitada donde almacenan caminos parciales que han seguido hasta al momento.
- ▶ Memoria de costo de las conexiones entre nodos atravesados
- ▶ Toma en cuenta la evaporación de las feromonas

Ventajas al tener memoria

Solucion probabilistica a partir del trazo de feromonas.

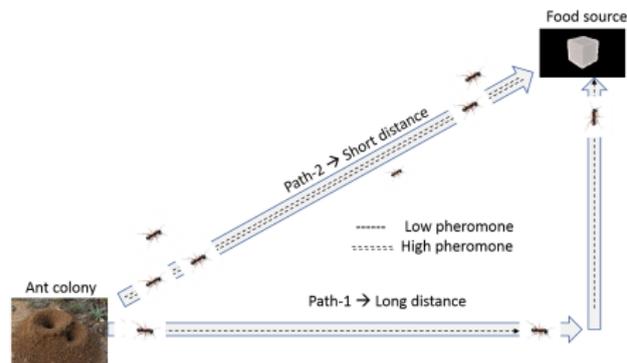
Camino hacia atrás deterministico que elimina bucles y actualiza las feromonas.

Evaluación de la calidad de las soluciones generadas

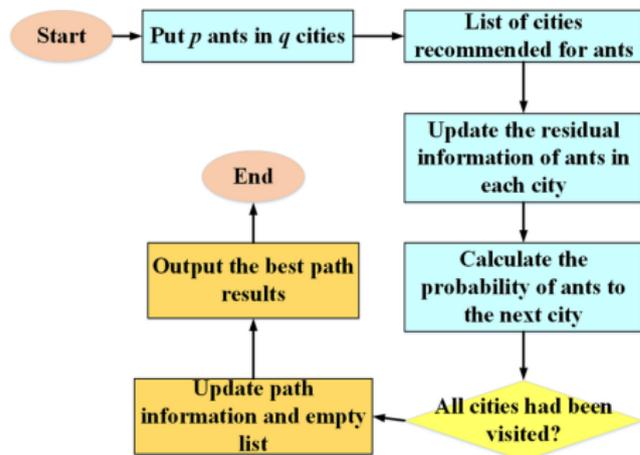
Uso de las soluciones de calidad para determina la cantidad de feromonas a depositar.

Ant Colony Optimization

- ▶ Tiene dos modalidades: forward y backward
- ▶ Elige a que nodo dirigirse a partir de las feromonas depositadas.
- ▶ Usa una memoria explícita para llevar control del camino que ha utilizado y el costo.
- ▶ Cada cierto tiempo actualiza las feromonas en el grafo para encontrar mejores soluciones.
- ▶ Se modifica la intensidad de la feromonas, aplicando una norma de evaporación



Comportamiento del algoritmo



1. En el nodo de origen se generan hormigas, las cuales generan soluciones.
2. En cada nodo se almacena información de la recurrencia de las hormigas, el cual influye al siguiente agente.
3. Al principio la cantidad de feromonas por nodos es el mismo

Problema a resolver

Una empresa de logística necesita optimizar las rutas de entrega para minimizar los costos de transporte entre varias ciudades. Cada ciudad está conectada con varias otras mediante carreteras, y cada carretera tiene un costo asociado, que puede representar la distancia o el tiempo de viaje. La empresa desea encontrar la ruta más corta desde su almacén principal (nodo 0) hasta el destino (nodo 5).

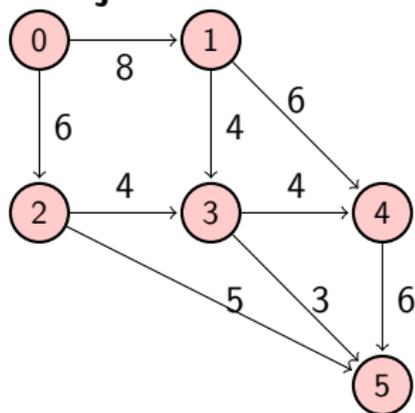
El grafo que representa las conexiones entre las ciudades tiene los siguientes valores:

- ▶ **Nodos:** 0, 1, 2, 3, 4, 5, donde cada nodo representa una ciudad.
- ▶ **Arcos:** Los valores en la matriz indican el costo de ir de una ciudad a otra. Si el valor es "inf", significa que no hay una conexión directa entre esas ciudades.

Parámetros del Problema

- ▶ **Nodo de inicio:** 0 (almacén principal)
- ▶ **Nodo de destino:** 5 (ciudad destino)
- ▶ **Matriz de costos del grafo y Dibujo del Grafo:**

Matriz de Costos del Grafo Dibujo del Grafo

$$\begin{bmatrix} \infty & 8 & 6 & \infty & \infty & \infty \\ 8 & \infty & \infty & 4 & 6 & \infty \\ 6 & \infty & \infty & 4 & \infty & 5 \\ \infty & 4 & 4 & \infty & 4 & 3 \\ \infty & 6 & \infty & 4 & \infty & 6 \\ \infty & \infty & 5 & 3 & 6 & \infty \end{bmatrix}$$


Parametros de la solución

- ▶ cantidad de hormigas: 3
- ▶ iteraciones: 20
- ▶ alpha: 1
- ▶ beta: 2

Solución

- ▶ simulación de las hormigas ant System Cicle-ant

Haz clic aquí para ver el video

- ▶ 0-2-5 con costo 11

Comparación de Modelos del Ant System (AS)

Ant-Density	Ant-Quantity	Ant-Cycle
La feromona se deposita inmediatamente después de recorrer un nodo, en cada paso del camino.	Similar a Ant-Density, pero la cantidad de feromona depositada depende de la distancia del tramo recorrido. Es decir, se hace una proporción entre la densidad de feromona y el recorrido	La feromona se deposita una vez que la hormiga ha completado su recorrido, y depende del rendimiento del recorrido completo. Su convergencia es más estable y su solución es mejor a diferencia de los otros 2 modelos

Otros modelos Ant Colony

Modelo	Descripción
Ant System (AS)	Es la versión más básica del ACO
Elitist AS	Variante del AS que da más peso a las mejores soluciones es decir da un refuerzo adicional de feromonas a las mejores rutas
Ant-Q	Mezcla ACO con aprendizaje con refuerzo, actualiza las feromonas de manera global y local además converge más rápido comparado con AS, pero su debilidad es que aumenta la complejidad computacional
Ant Colony System (ACS)	Utiliza actualización global y local de feromonas además incluye una regla de selección de movimiento que favorece la exploración
MAX-MIN AS	Establece límites para el nivel de feromonas, ayuda a prevenir que las feromonas dominen caminos subóptimos demasiado pronto
Rank-based AS	Similar al Elitist AS, pero otorga un ranking a cada hormiga, reduce el impacto de soluciones pobres en la actualización global de feromonas
ANTS	Se basa en una heurística adaptativa que combina ACO con técnicas de optimización local, se necesita mayor costo computacional, pero da mejores resultados
Hyper-cube AS	Normaliza las feromonas dentro de un hipercubo para controlar su rango, reduce dependencia en parámetros de ajustes específicos y ayuda a mantener un balance entre exploración y explotación

¿Preguntas?