



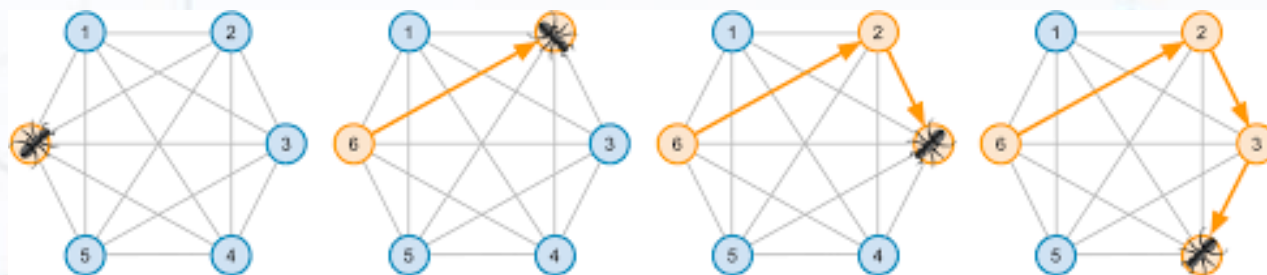
Algoritmos Bioinspirados

Unidad V : Inteligencia de enjambre

Programa: Ingeniería en Inteligencia Artificial

Optimización por Colonia de Hormigas

Optimización por Colonia de Hormigas (ACO de sus siglas en inglés) es una técnica de búsqueda general basada en poblaciones para la solución de problemas combinatorios difíciles, que se inspira en el comportamiento de rastros de feromonas de colonias de hormigas reales.

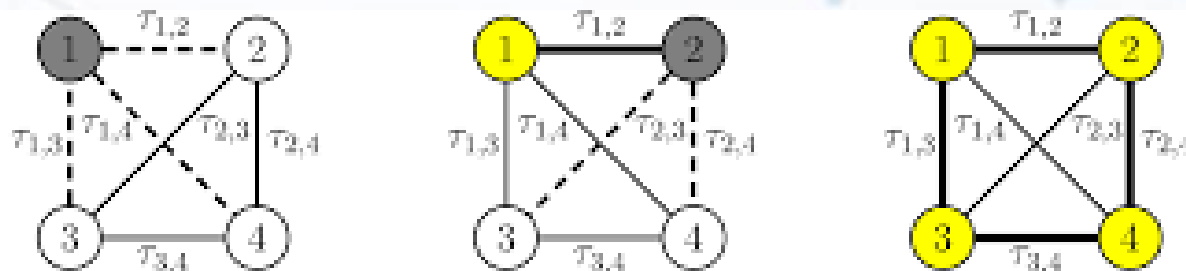


- En ACO, un conjunto de agentes de software llamados hormigas artificiales buscan buenas soluciones a un problema de optimización dado.
- Para aplicar ACO, el problema de optimización se transforma en el problema de encontrar el mejor camino en un grafo ponderado.

- Las hormigas reales encuentran las rutas más cortas entre la comida y el nido dejando rastros de feromonas, que actúan como una señal para otras hormigas (estigmergia).
- Si una hormiga decide seguir el rastro de feromonas, ella misma deposita más feromonas, reforzando así ese camino.
- Entre más hormigas sigan el rastro, más fuerte se vuelve y es más probable que sea seguido por otras hormigas.
- La fuerza de las feromonas decae con el tiempo.
- La feromona se acumula más rápido en el camino más corto (no hay tiempo para que decaiga).



La primera versión de ACO fue propuesta por Dorigo [1]. Inicialmente, las hormigas se distribuyen aleatoriamente en los nodos de un grafo. Cada hormiga artificial elige una arista que sale de su ubicación de acuerdo con una regla que toma en cuenta la longitud y la cantidad de feromonas de cada arista.



- Arista que llevan a nodos ya visitados por la hormiga no son considerados en la selección.
- Una vez que todas las hormigas realizan un recorrido completo por el grafo, cada una de ellas vuelve sobre su propio recorrido depositando en las aristas recorridas una cantidad de feromonas inversamente proporcional a la longitud del recorrido.
- Antes de iniciar una nueva búsqueda, las feromonas de todas las aristas se evapora en una pequeña cantidad.

1. Dorigo, M. (1992). Optimization, learning and natural algorithms. Doctoral dissertation, Politecnico di Milano, Milan, Italy.

Características:

- **Paralela y distribuida:** una población de agentes que se mueven simultáneamente, de forma independiente y sin supervisor.
- **Cooperativa:** cada agente elige un camino con base en la información de otros agentes, que previamente han seleccionado el mismo camino. Este comportamiento cooperativo proporciona una retroalimentación positiva, ya que la probabilidad de elegir un camino aumenta con la cantidad de agentes que previamente eligieron ese camino.
- **Versátil:** se puede aplicar a versiones similares del mismo problema.
- **Robusto:** se puede aplicar con cambios mínimos a otros problemas de optimización combinatoria.

Sistema de hormigas [2] es el método más antiguo, productivo y popular usado entre los métodos ACO.

Cada hormiga artificial es un agente con las siguientes características:

1. Prefiere caminar por las aristas con valor de feromonas,
2. Los nodos ya visitados están prohibidos hasta que se complete el circuito (lista tabú)
3. Cuando finaliza el viaje, los valores de feromonas se actualiza en cada arista usada.

2. Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. (1996). Ant system: optimization by a colony of cooperating agents". Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), vol. 26(1), pp. 29-4.

El flujo operativo básico en un sistema de hormigas es el siguiente:

Paso 1: representar el espacio de soluciones mediante un grafo con pesos.

Paso 2: inicializar los parámetros.

Paso 3: generar soluciones aleatorias a partir de la caminata aleatoria de cada hormiga.

Paso 4: actualiza las intensidades de las feromonas.

Paso 5: ir al paso 3 y repetir hasta que se satisfaga una condición de parada



Supongamos que la hormiga k en el paso de tiempo t realiza una caminata aleatoria desde el nodo i hacia el siguiente nodo j . Esta decisión se toma de acuerdo con la probabilidad de transición definida por:

$$P_k(i, j) = \begin{cases} \frac{\tau(i, j)^a \cdot \eta(i, j)^b}{\sum_{c_{il} \in N_k} \tau(i, l)^a \cdot \eta(i, l)^b} & \text{si } c_{ij} \in N_k \\ 0 & \text{de otra forma} \end{cases}$$

donde:

- $\tau(i, j)^a$ es la intensidad de la feromona en la arista (i, j)
- $\eta(i, j)^b$ es la visibilidad de la arista (i, j) . Generalmente, el inverso de la distancia de la arista (i, j) . $\eta(i, j) = 1/d(i, j)$.
- a, b son los parámetros de control que determinan la importancia relativa de la feromona frente a la visibilidad.
- l es un nodo que no ha sido visitado por la hormiga k .
- N_k es el conjunto de nodos permitidos para la hormiga k que se encuentra en el nodo i (vecindario).

Una vez calculadas las probabilidades usarlas para aplicar un método de selección como la Ruleta

Cuando todas las hormigas de la colonia han logrado su solución, el rastro de feromonas se actualiza para todas las aristas mediante la regla de actualización global de feromonas definida por:

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

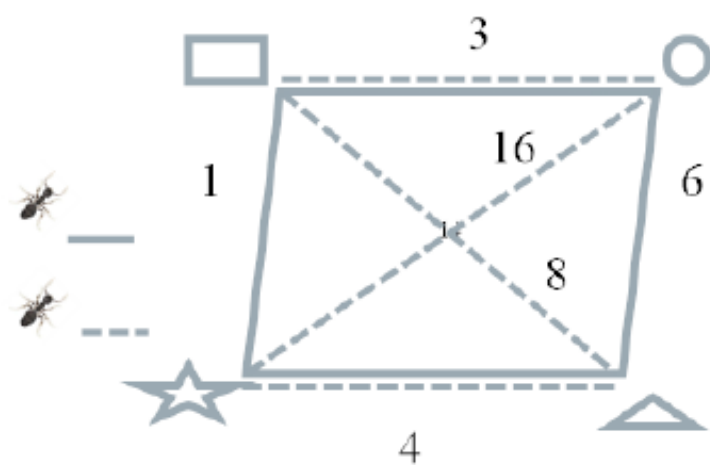
donde:

- $1 - \rho$ representa la evaporación de las feromonas.
- $\Delta t_k(i, j)$ es la cantidad de feromona depositada por hormiga k .

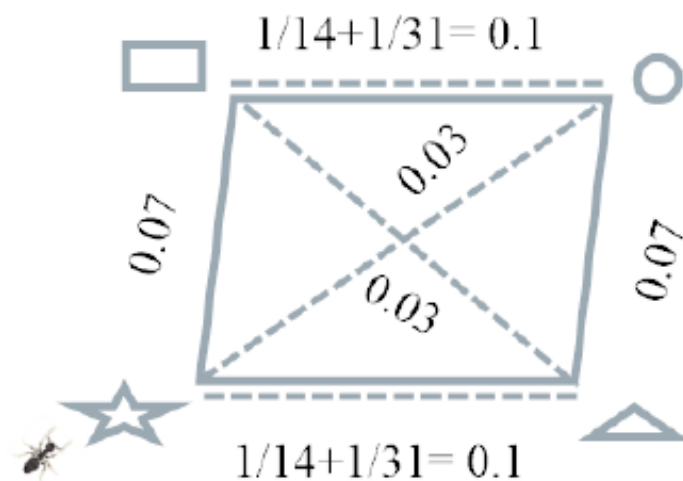
$$\Delta t_k(i, j) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{si la hormiga } k \text{ viaja por la arista } (i, j) \\ 0 & \text{de otra forma} \end{cases}$$


- Q es una constante, usualmente 1.
- L_k es la distancia total recorrida por hormiga k .


Grafo de costos



Grafo de feromonas




 $g_1 = (1+3+6+4) = 14; \Delta\tau^1_{(i,k)} = 1/14=0.07$


 $g_2 = (4+8+3+16) = 31; \Delta\tau^2_{(i,k)} = 1/31=0.03$

Algoritmo:

1. Colocar hormigas en diferentes nodos (generalmente el número de hormigas es igual al número de nodos).
2. Inicializar intensidades de feromonas para cada aristas.
3. El primer elemento de la lista tabú de cada hormiga es el nodo inicial.
4. Cada hormiga se mueve de nodo en nodo de acuerdo con la probabilidad $P_k(i, j)$.
5. Después de n movimientos, todas las hormigas tienen un recorrido completo y sus listas tabú están llenas; calcular L_k y $\Delta t_k(i, j)$.
6. Guardar la ruta más corta encontrada, vaciar las listas tabú y actualizar las feromonas.
7. Iterar hasta que el contador de recorridos alcance el máximo o hasta alcanzar el **estancamiento** (todas las hormigas hacen mismo recorrido)

Bibliografía

1. Dorigo, M. (1992). Optimization, learning and natural algorithms. Doctoral dissertation, Politecnico di Milano, Milan, Italy.
2. S. Olariu, A. Y. Zomaya. 2006. Handbook of Bioinspired Algorithms and Applications. Chapman and Hall/CRC, ISBN 978-1-58488-475-0.
3. Slowik, A. (Ed.). (2020). Swarm Intelligence Algorithms: A Tutorial.
4. Sivanandam, S.N., & Deepa, S.N. (2008). In Introduction to genetic algorithms. Springer, Berlin, Heidelberg.





¡ Gracias !

Thanks !

Obrigado

Xie xie ni

Domo arigatou

Спасибо

Merci

Grazie

Alfa Beta