

# 智能汽车路径规划与轨迹跟踪 系列算法精讲及Matlab程序实现

## 第二讲 蚁群算法

创作者: Ally

时间: 2020/12/26

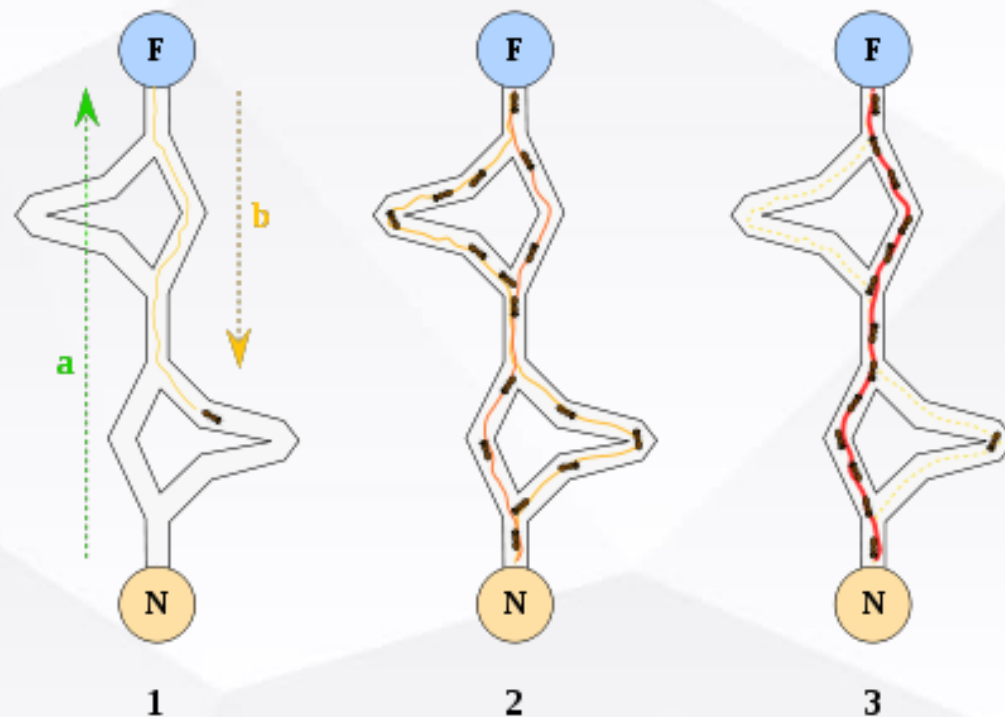


### 算法简介

- 蚁群算法 (Ant Colony Algorithm, ACA) 于1992年首次提出, 该算法模拟了自然界中**蚂蚁的觅食行为**。
- 蚂蚁在寻找食物源时, 会在其经过的路径上释放一种**信息素**, 并能够感知其它蚂蚁释放的信息素。信息素**浓度的大小表征路径的远近**, 信息素浓度越高, 表示对应的路径距离越短。
- 通常, 蚂蚁会以较大的概率优先选择信息素浓度较高的路径, 并释放一定量的信息素, 以增强该条路径上的信息素浓度, 这样, 会形成一个**正反馈**。最终, 蚂蚁能够找到一条从巢穴到食物源的最佳路径, 即距离最短。

### 算法思想

- 用蚂蚁的行走路径表示待优化问题的可行解, 整个蚂蚁群体的所有路径构成待优化问题的解空间。
- 路径较短的蚂蚁释放的信息素量较多, 随着时间的推进, **较短的路径上累积的信息素浓度逐渐增高**, 选择该路径的蚂蚁个数也愈来愈多。
- 最终, 整个蚂蚁会在正反馈的作用下集中到最佳的路径上, 此时对应的便是待优化问题的最优解。



蚂蚁觅食行为示意图

## 算法精讲

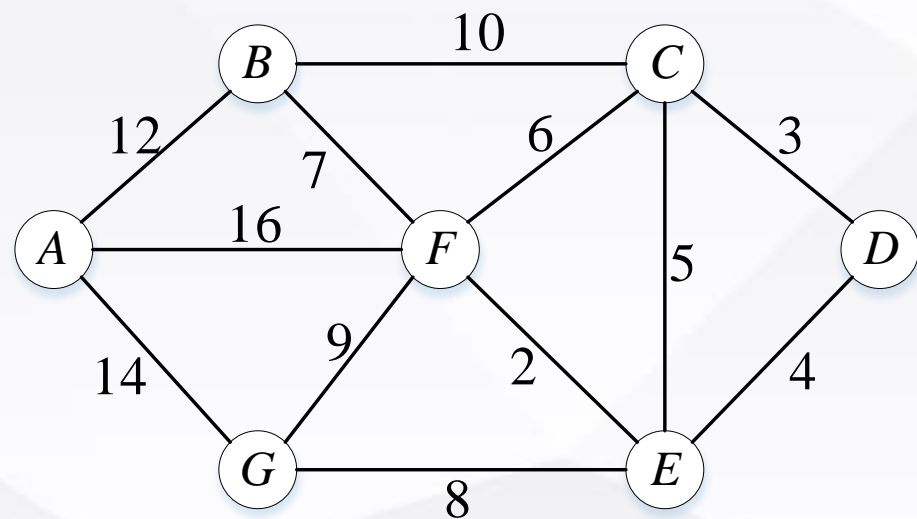
不失一般性，设整个蚂蚁群体中蚂蚁的数量为 $m$ ，城市的数量为 $n$ ，城市 $i$ 与城市 $j$ 之间的相互距离为 $d_{ij}$  ( $i, j=1, 2, \dots, n$ )， $t$ 时刻城市 $i$ 与城市 $j$ 连接路径上的信息素浓度为 $\tau_{ij}(t)$ 。初始时刻，各个城市间连接路径上的信息素浓度相同，不妨设为 $\tau_{ij}(0) = \tau_0$ 。

蚂蚁 $k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ ) 根据各个城市间连接路径上的信息素浓度决定其下一个访问城市，设 $P_{ij}^k(t)$ 表示 $t$ 时刻蚂蚁 $k$ 从城市 $i$ 转移到城市 $j$ 的概率，其计算公式如下：

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{s \in allow_k} [\tau_{is}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{is}(t)]^\beta}, & s \in allow_k \\ 0, & s \notin allow_k \end{cases} \quad (1)$$

其中， $\eta_{ij}(t)$ 为启发函数， $\eta_{ij}(t) = 1/d_{ij}$ ，表示蚂蚁从城市 $i$ 转移到城市 $j$ 的期望程度。 $allow_k$  ( $k=1, 2, \dots, m$ )

为蚂蚁 $k$ 待访问城市的集合。开始时， $allow_k$ 中有 $(n-1)$ 个元素，即包括除了蚂蚁 $k$ 出发城市的其它所有城市。随着时间的推进， $allow_k$ 中的元素不断减少，直至为空，即表示所有的城市均访问完毕。 $\alpha$ 为信息素重要程度因子，其值越大，表示信息素的浓度在转移中起的作用越大； $\beta$ 为启发函数重要程度因子，其值越大，表示启发函数在转移中的作用越大，即蚂蚁会以较大的概率转移到距离短的城市。



## 算法精讲

在蚂蚁释放信息素的同时，各个城市间连接路径上的信息素逐渐消失，设参数  $\rho (0 < \rho < 1)$  表示信息素的挥发程度。因此，当所有蚂蚁完成一次循环后，各个城市间连接路径上的信息素浓度需进行实时更新，具体公式如下：

$$\begin{cases} \tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) * \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij} \\ \Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^n \Delta \tau_{ij}^k \end{cases}, 0 < \rho < 1 \quad (2)$$

其中， $\Delta \tau_{ij}^k$  表示第  $k$  只蚂蚁在城市  $i$  与城市  $j$  连接路径上释放的信息素浓度， $\Delta \tau_{ij}$  表示所有蚂蚁在城市  $i$  与城市  $j$  连接路径上释放的信息素浓度之和。

ant cycle system 模型中， $\Delta \tau_{ij}^k$  的计算公式如式 (3) 所示。

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} Q / L_k, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁从城市 } i \text{ 访问城市 } j \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (3)$$

