

基于群智能的三维路径规划算法 及Matlab程序实现

第3讲 蚁群算法

创作者: Ally

时间: 2021/7/19

基于群智能的三维 路径规划算法

第1讲：三维地图定义与散点拟合插值

第2讲：粒子群算法

第3讲：蚁群算法

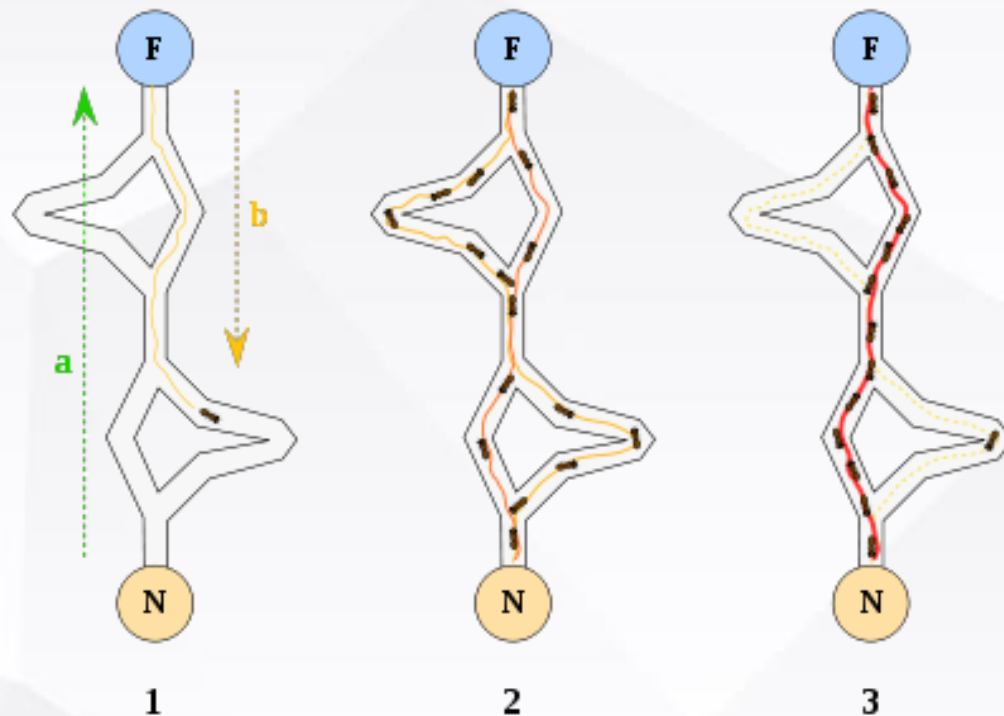
第4讲：遗传算法

第5讲：人工蜂群算法

第6讲：狼群算法

第7讲：人工鱼群算法

- ◆ 蚁群算法 (Ant Colony Algorithm, ACA) 于1992年在首次提出, 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。



- ◆ 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。

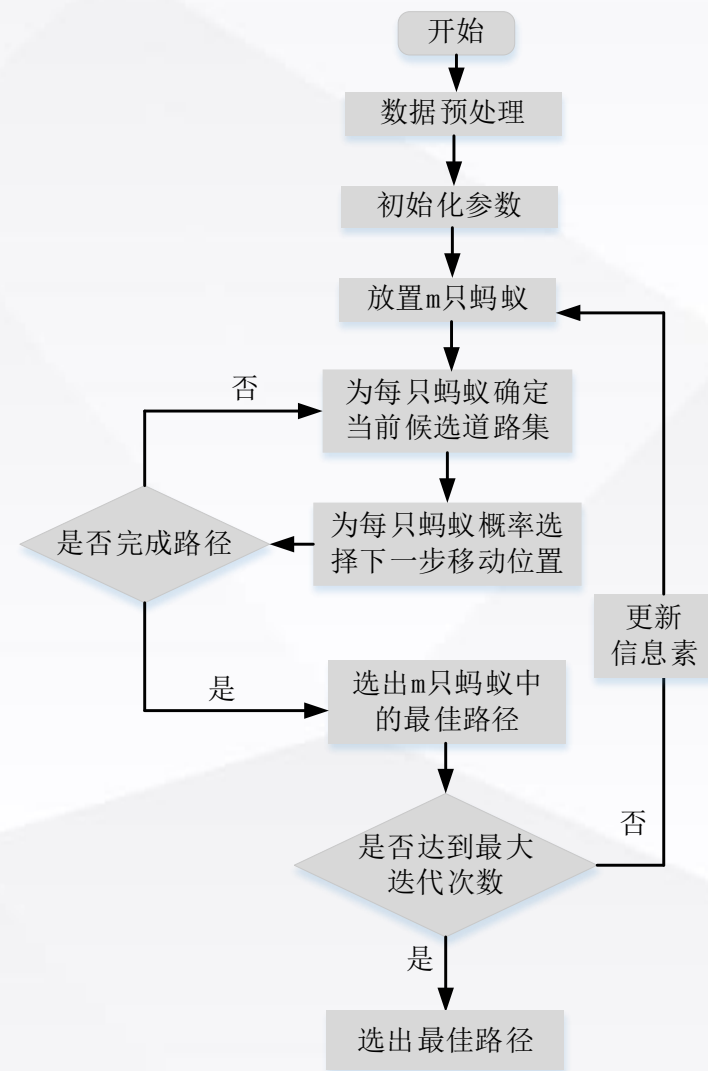
不失一般性，设整个蚂蚁群体中蚂蚁的数量为 m ，城市的数量为 n ，城市 i 与城市 j 之间的相互距离为 $d_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, n)$ ， t 时刻城市 i 与城市 j 连接路径上的信息素浓度为 $\tau_{ij}(t)$ 。初始时刻，各个城市间连接路径上的信息素浓度相同，不妨设为 $\tau_{ij}(0) = \tau_0$ 。

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。 α 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； β 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。



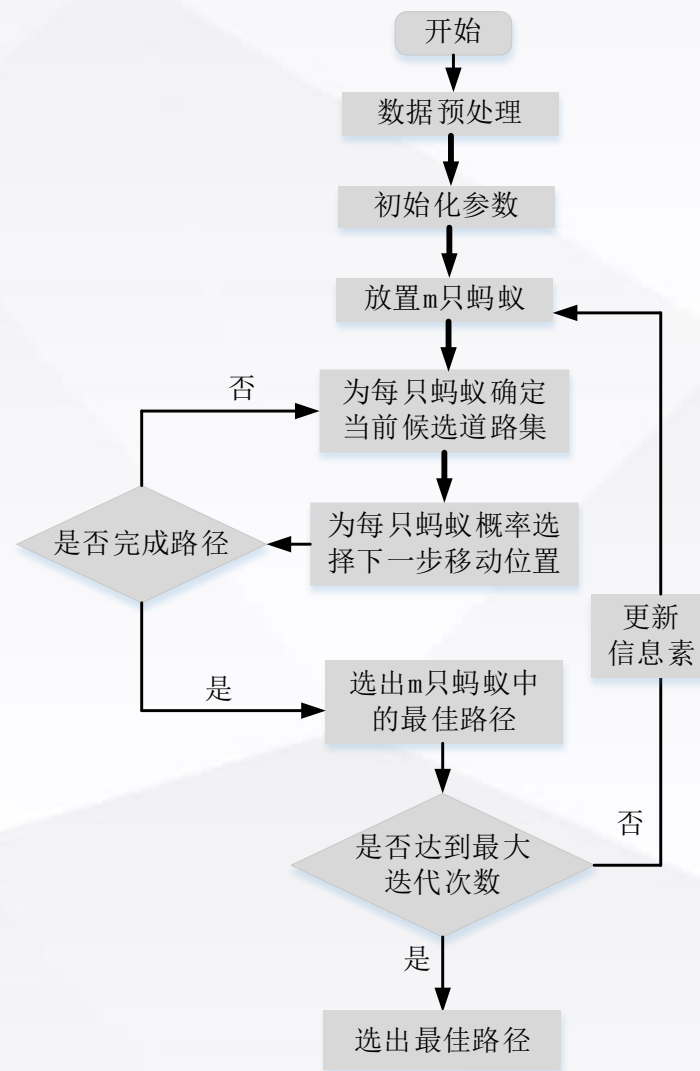
在蚂蚁释放信息素的同时，各个城市间连接路径上的信息素逐渐消失，设参数 $\rho (0 < \rho < 1)$ 表示信息素的挥发程度。因此，当所有蚂蚁完成一次循环后，各个城市间连接路径上的信息素浓度需进行实时更新，具体公式如下：

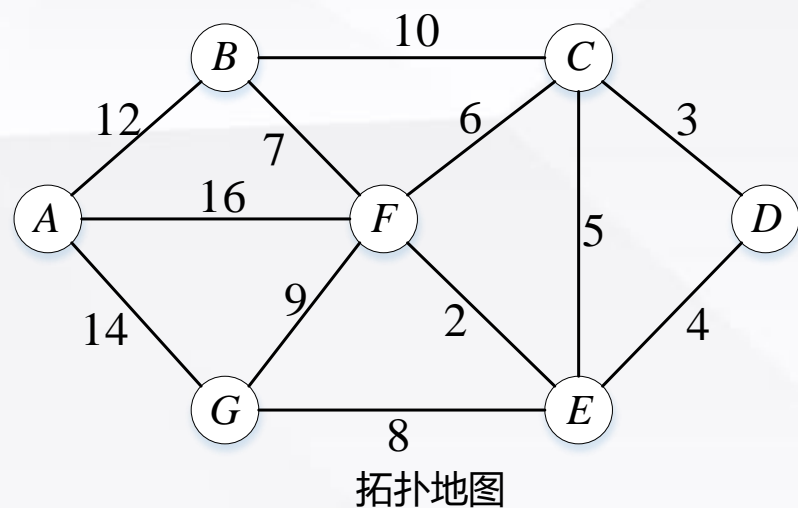
$$\begin{cases} \tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) * \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij} \\ \Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^n \Delta\tau_{ij}^k \end{cases}, 0 < \rho < 1 \quad (2)$$

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。

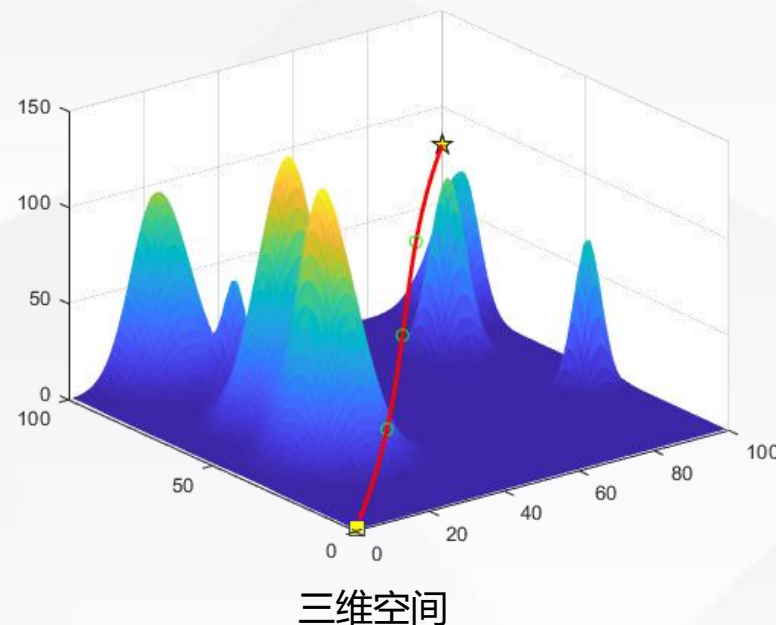
ant cycle system 模型中， $\Delta\tau_{ij}^k$ 的计算公式如式 (3) 所示。

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

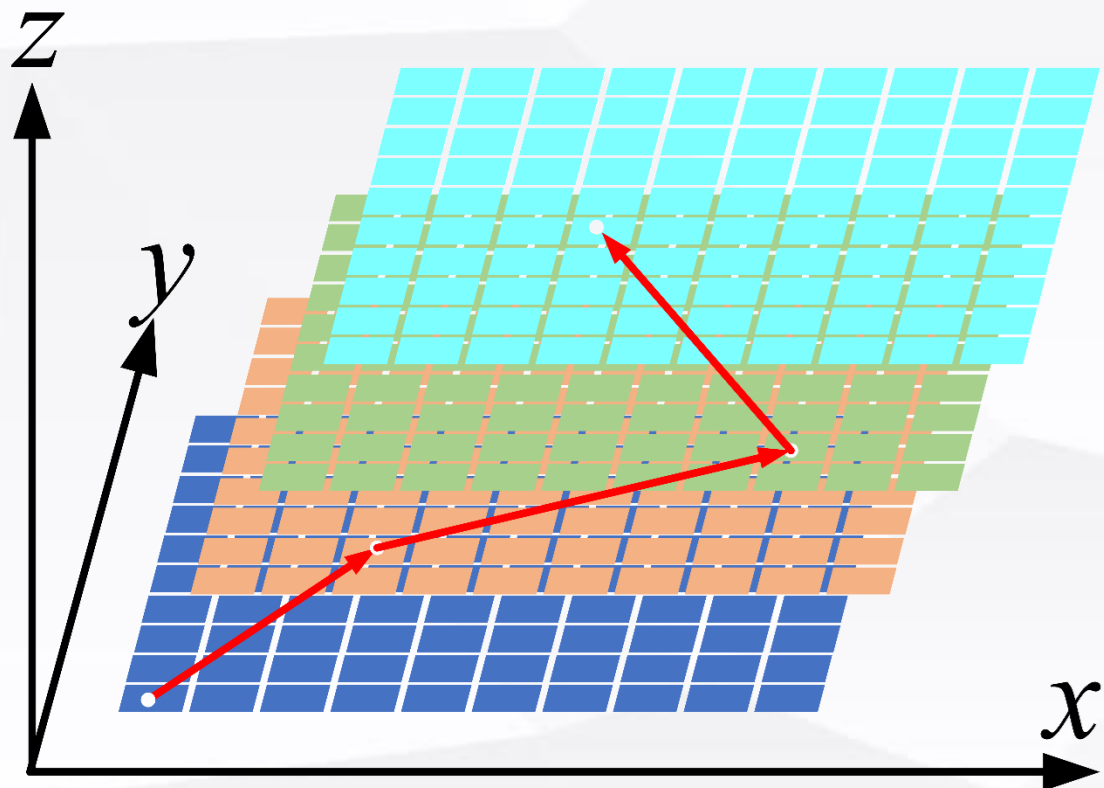




- ◆ 拓扑地图由若干个节点按照某种连接关系组合而成，强调不同节点间的连通性，节点之间的联通代价通常用权值代表（长度、时间等）。
- ◆ 蚁群算法在利用信息素选择路径时，可以考虑成在某个节点，按照该节点与其他节点的联通关系不同的权值比重（视为信息素比例），选择路径。



- ◆ 三维空间不具有拓扑地图那样的连通性约束，而是不同经纬度对应的海拔高度（山峰高度）作为约束，其余空间皆为自由解空间。
- ◆ 考虑在高度方向将三维空间切片分层，每一层的平面划分为若干个栅格，那么利用蚁群算法进行三维路径规划的本质是：在不同的切片平面确定不同的栅格，将这些栅格利用样条函数绘制成光滑的曲线。



- ◆ Step1: 将三维空间按照高度进行切片, 切片数量可以根据算法的精度要求和时间成本等综合考虑;
- ◆ Step2: 针对每一个切片进行栅格化处理, 如 10×10 个栅格;
- ◆ Step3: 某些栅格位于山峰高度以下, 若选择了该栅格会导致规划的路径与山体相交, 故需筛选可行栅格;
- ◆ Step4: 在Matlab定义切片信息结构体, 该结构体应当包含每一个切片的可行栅格, 本层切片与下一层切片的连接信息: 包括信息素、启发因子等等
- ◆ Step5: 本层切片的栅格与下一侧切片的栅格的选择操作 = 蚂蚁在路口根据信息素浓度按照轮盘赌法选择路径的操作。