



# 蚁群算法

向大自然取经

化学01 张弘毅

# 旅行商人问题 (TSP)



超多项式级别的复杂度！

枚举搜索时间复杂度：

$$O(n!)$$

动态规划时间复杂度：

$$O(n^2 \times 2^n)$$



向大自然找答案！  
怎么办？



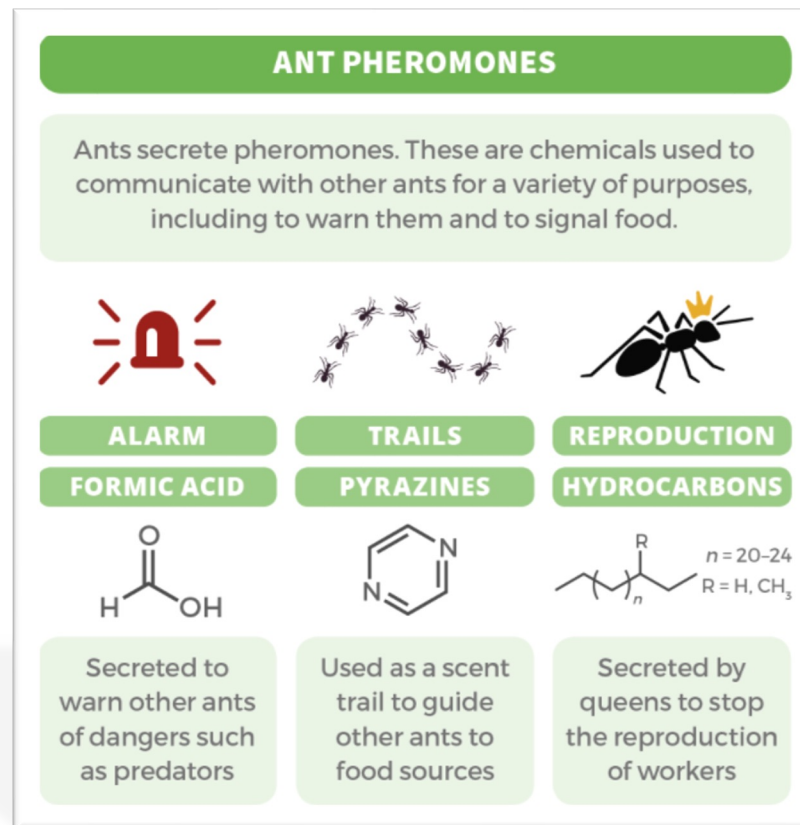
# 蚂蚁与信息素

## 信息素的释放

- 找到食物后，在返回巢穴的路上释放信息素
- 随后到达的蚂蚁在返回途中同样会释放信息素
- 信息素强度随着蚂蚁通量增长而上升

## 信息素的挥发

- 信息素会随着时间的推移逐渐挥发
- 路径越短，单位时间内重复这段路径的次数就越多，信息素就越不容易随挥发而减少



# 程序实现——以TSP为例

## 初始寻路

- 所有边的信息素初始化为定值, 随机寻路


$$\tau_{ij} = \tau_0$$

## 更新信息素

- 完成一条道路, 则在道路上所有的边释放信息素
- 总路径长度越短, 释放的信息素越多

$$\tau_{ij} += \sum_{\text{ant } k} \Delta\tau_{ij}^k$$

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} Q/L_k(\text{ant } k \text{ uses } e_{ij}) \\ 0 \text{ (otherwise)} \end{cases}$$



蚁群算法最早由Marco Dorigo于1992年在他的博士论文中提出

## 信息素挥发

$$\tau_{ij} *= (1 - \rho)$$

## 再次寻路

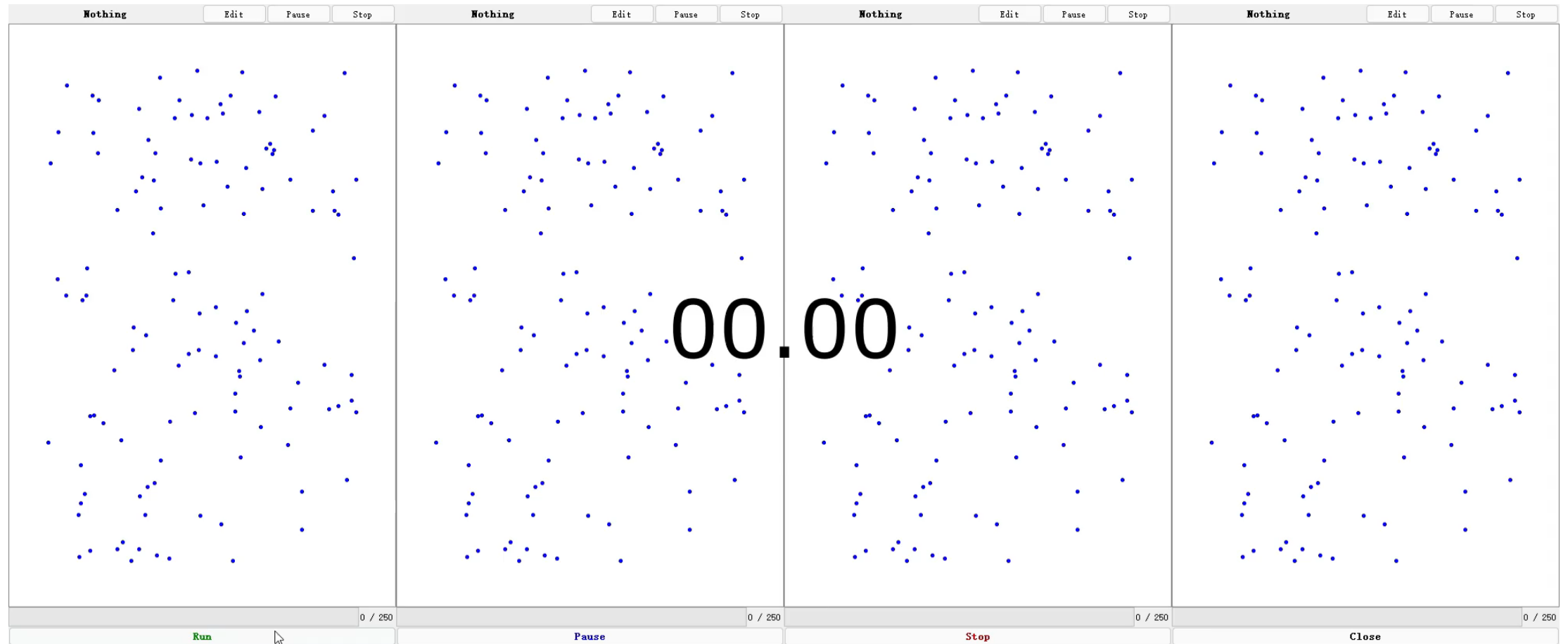
- 根据边的长度和信息素强度计算下一步选择某条边的可能性

$$p_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta}{\sum_{x \in \text{allowed}_i} \tau_{ix}^\alpha \eta_{ix}^\beta}$$

$$\eta_{ix} = \frac{1}{d_{ix}}$$

# 蚁群算法 TSP Demo

<https://github.com/Bleuje/antcolony-system-tsp-qt>



# 蚁群算法的优化



## 精英蚂蚁优化

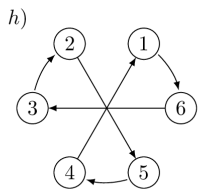
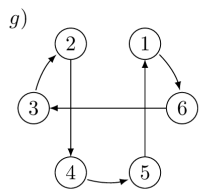
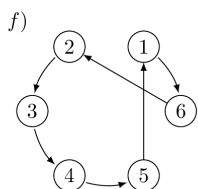
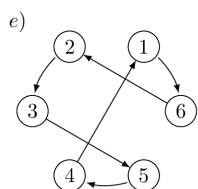
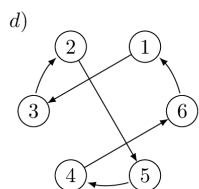
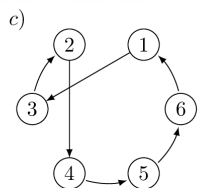
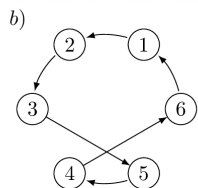
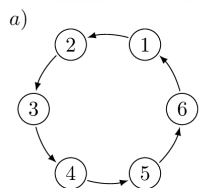
- 每一次迭代后，目前的全局最优解无论是否有蚂蚁经过都会产生信息素

## 蚁群系统

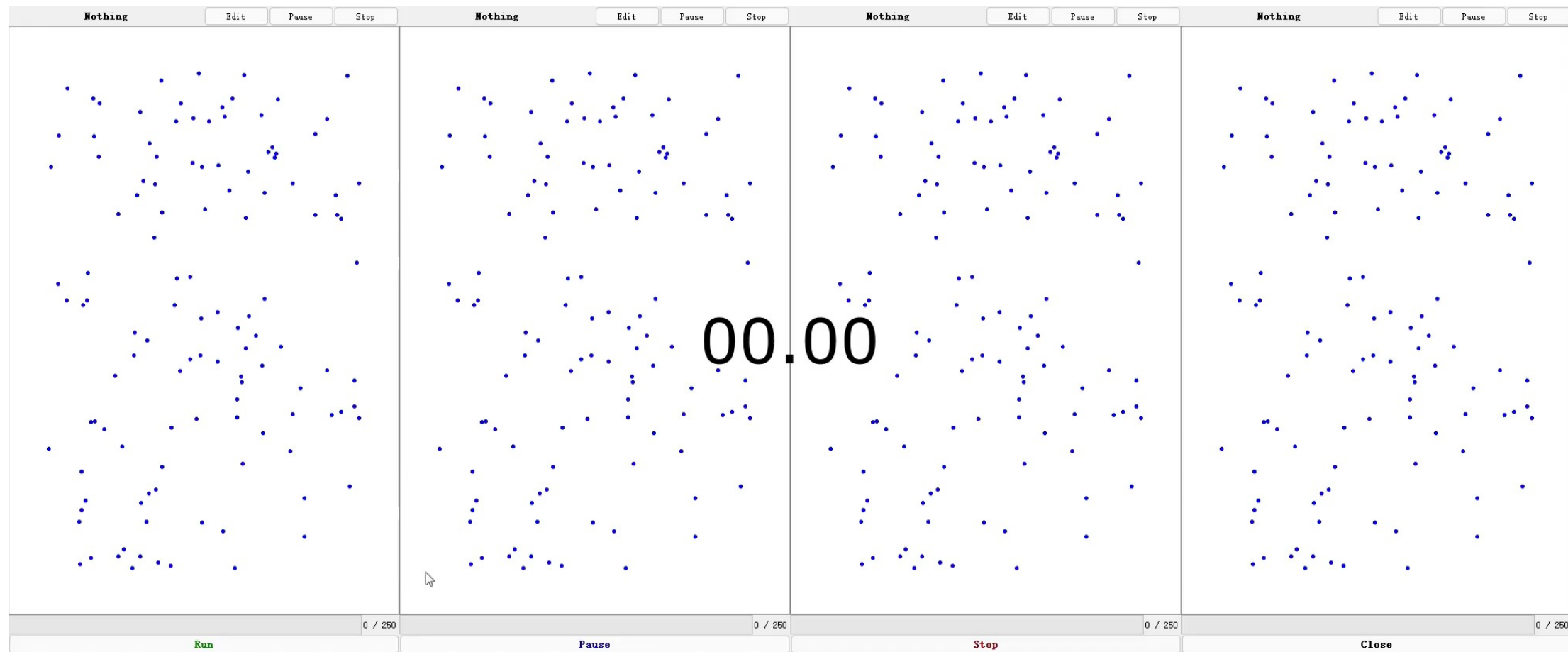
- 蚂蚁有可能依据信息素选择路径，也可能随机选择路径
- 蚂蚁经过会导致路径信息素会减少
- 每一次迭代后，只有目前的全局最优解会产生信息素
- 鼓励蚂蚁在全局最优解附近寻找新路径

## 局部搜索

- 在一定范围内尝试将某几个点访问顺序对调搜索更优的解



# 优化的蚁群算法 TSP Demo







# 谢谢大家

参考文献：

M. Dorigo, V. Maniezzo, et A. Coloni, *Ant system: optimization by a colony of cooperating agents*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics--Part B, volume 26, numéro 1, pages 29-41, 1996.

M. Dorigo et L.M. Gambardella, *Ant Colony System : A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem*, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, volume 1, numéro 1, pages 53-66, 1997.