

生物智能算法课程报告-蚁群算法

王纪东

2017 年 4 月 23 日

1 简介

1.1 背景

人类认识事物的能力来源于与自然界的相互作用，自然界一直是人类创造力的源泉。自然界有许多自适应的优化现象不断地给人以启示，利用生物自身的演化能力解决了许多在人类看来高度复杂的优化问题。人类通过模拟自然生态系统来求解复杂优化问题的仿生学算法相继出现，如蚁群算法，遗传算法，粒子群算法等。

生物学家通过对蚂蚁的长期观察发现，每只蚂蚁的智能并不高，看起来没有集中的指挥，但它们却能协同工作，集中事物，建起坚固漂亮的蚁穴并抚养后代，依靠群体能力发挥出超出个体的智能。意大利学者 Dorigo M 等人在认真观察蚂蚁寻找食物的行为后，提出了蚁群算法，在研究了蚁群算法的基本原理和数学模型之后，结合了 TSP 优化问题与遗传算法，禁忌搜索算法，模拟退火算法等方法进行了仿真实验，为蚁群算法的发展奠定了了基础，并引起了全世界学者的关注与研究。

1.2 蚂蚁寻路

蚂蚁寻路本身是一个复杂的行为，原本难以用程序来计算，但是作者认为蚂蚁并不需要整个世界的信息，他们只关心很小范围内的信息，而根据局部信息利用几条简单的规则进行决策，最终就能涌现出智能

1. 范围 2. 环境 3. 觅食规则 4. 移动规则 5. 避障规则 6. 播撒信息素规则

简单来说，蚂蚁在运动过程中会在经过的路径上留下一种信息素来传递信息，其他蚂蚁能够感知到这种物质，并以此知道自己的运动方向，因此由大量蚂蚁组成的蚁群集体行为便变现出一种信息正反馈的现象，某一路径上走过的蚂蚁越多，则后来选择该路径的概率就越大。

1.3 人工蚁群

蚁群算法是从自然界中真实蚂蚁觅食的群体行为得到启发而提出的，其很多观点都来源于真实蚁群，因此算法中所定义的人工蚂蚁与真实蚂蚁存在如下共同点。（1）都存在一个群体中个体相互交流通信的机制人工蚂蚁和真实蚂蚁都存在一种改变当前所处环境的机制：真实蚂蚁在经过的路径上留下信息素，人工蚂蚁改变在其所经路径上存储的数字信息，该信息就是算法中所定义的信息量，它记录了蚂蚁当前解和历史解的性能状态，而且可被其他后继人工蚂蚁读写。蚁群的这种交流方式改变了当前蚂蚁所经路径周围的环境，同时也以函数的形式改变了整个蚁群所存储的历史信息。通常，在蚁群算法中有一个挥发机制，它像真实的信息量挥发一样随着时间的推移来改变路径上的信息量。挥发机制使得人工蚂蚁和真实蚂蚁可以逐渐地忘却历史遗留信息，这样可使蚂蚁在选择路径时不局限于以前蚂蚁所存留的“经验”。（2）都要完成一个相同的任务人工蚂蚁和真实蚂蚁都要完成一个相同的任务，即寻找一条从源节点（巢穴）到目的节点（食物源）的最短路径。人工蚂蚁和真实蚂蚁都不具有跳跃性，只能在相邻节点之间一步步移动，直至遍历完所有城市。为了能在多次寻路过程中找到最短路径，则应该记录当前的移动序列。（3）利用当前信息进行路径选择的随机选择策略人工蚂蚁和真实蚂蚁从某一节点到下一节点的移动都是利用概率选择策略实现的，概率选择策略只利用当前的信息去预测未来的情况，而不能利用未来的信息。因此，人工蚂蚁和真实蚂蚁所使用的选择策略在时间和空间上都是局部的。

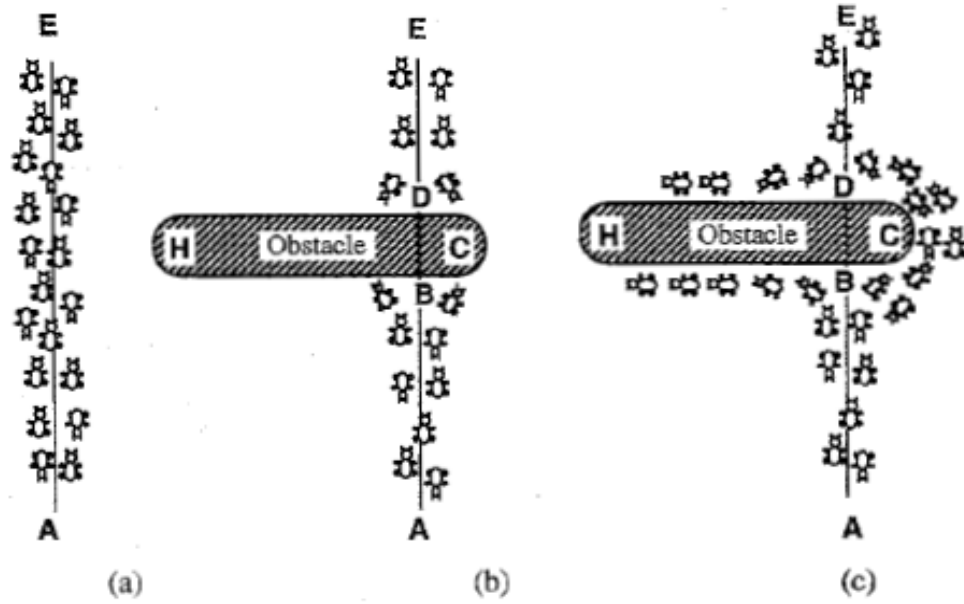


Fig. 1. An example with real ants. (a) Ants follow a path between points A and E. (b) An obstacle is interposed; ants can choose to go around it following one of the two different paths with equal probability. (c) On the shorter path more pheromone is laid down.

2 蚁群算法

2.1 旅行商问题

蚁群算法最早是用于解决旅行商问题,所以算法的定义也采用了旅行商的模型。旅行商问题(Traveling Salesman Problem,TSP)是旅行商要到若干个城市旅行,各城市之间的费用是已知的,为了节省费用,旅行商决定从所在城市出发,到每个城市旅行一次后返回初始城市,问他应选择什么样的路线才能使所走的总费用最短?此问题可描述如下:设 $G = (V, E)$ 是一个具有边成本 d_{ij} 的有向图, d_{ij} 的定义如下,对于所有的 i 和 j , $d_{ij} > 0$,若 $\langle i, j \rangle$ 不属于 E ,则 $d_{ij} = \infty$ 。令 $|V| = n$,并假设 $n > 1$ 。 G 的一条周游路线是包含 V 中每个结点的一个有向环,周游路线的成本是此路线上所有边的成本和。

2.2 蚁群算法

在蚁群算法中和自然蚁群一样,关键的因素就是信息素,它会影响蚂蚁的路径选择,最终保证算法收敛。参考自然蚁群,算法需要对蚂蚁经过的路径增加信息素,同时随着时间流逝,信息素会衰减。同时因为是群聚算法,所以肯定需要多个蚂蚁一起行动。由此我们可以得到蚁群算法的基本模型,设 d_{ij} 为城市 i, j 之间的几何距离(欧式距离)。蚂蚁总数 m ,城市总数 n , τ_{ij} 表示在 t 时刻在 i, j 连线上残留的信息量,初始时刻各条路径上的信息量为 $\tau_{ij} = C_0$,用参数 ρ 表示信息量的保留度,则经过 n 个时刻后,路径 ij 上的信息量根据下式做调整

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho \times \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}$$

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

表示第 k 只蚂蚁在本次循环中留在路径 ij 上的信息量为 $\Delta\tau_{ij}^k = 1/C^k$,如果边 (i, j) 在蚂蚁 k 的路径上。其中 C^k 为第 k 只蚂蚁所经历的路径总长度。同时定义 $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$,表示蚂蚁看到的环境。则 t 时刻蚂蚁 k 由位置 i 转移到位置 j 的概率为 $p_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{j \in \text{allowed}} \tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta(t)}$

3 蚁群算法的应用

以蚁群算法为代表的群体智能已成为当今分布式人工智能研究的一个热点,许多源于蜂群和蚁群模型设计的算法已越来越多地被用于企业的运转模式的研究。美国五角大楼正在资助关于群体智能系统的研究工作—群体战略 (SWARM STRATEGY), 它的一个实战用途是通过运用成群的空中无人驾驶飞行器和地面车辆来转移敌人的注意力, 让自己的军队在敌人后方不被察觉地安全行进。英国电信公司和美国世界通信公司以电子蚂蚁为基础, 对新的电信网络管理方法进行了试验。群体智能还被应用于工厂生产计划的制定和运输部门的后勤管理。美国太平洋西南航空公司采用了一种直接源于蚂蚁行为研究成果的运输管理软件, 结果每年至少节约了 1000 万美元费用开支。英国联合利华公司已率先利用群体智能技术改善其一家牙膏厂的运转状况。美国通用汽车公司, 法国液气公司, 荷兰公路交通部和美国一些移民事务机构也都采用这种技术来改善其运转的机能。又如美国 MCIWorld.com 公司一直研究人工蚂蚁, 并用于管理公司的电话网, 对用户记账收费等工作。