

计算机技术

改进蚁群算法及在电力线路优化问题中的应用

霍凤财 任伟建 韩 博¹

(大庆石油学院电气信息工程学院, 大庆 163318; 长城钻探工程有限公司钻井一公司¹, 盘锦 124000)

摘要 电力线路优化在整个电力规划方案中占有很大比重。为节约投资, 采用改进蚁群算法对电力线路优化问题进行求解, 得到电力规划的最短路径。在改进算法中提出将启发因子 α 随着进化代数的增加而逐渐增至某一常值的方式, 提高了算法的收敛速度。首先通过旅行商问题验证了该算法的有效性, 然后应用到具体的电力线路优化问题中证实了该算法是优于基本蚁群算法的。

关键词 启发因子 蚁群算法 电力线路

中图法分类号 TP181; **文献标志码** A

电力系统是一个国家经济发展的命脉, 而电力线路规划是电力系统的重要组成部分, 其投资及运行费用在整个电力系统费用中所占的比例十分可观, 而电力线路方案优化可以为电力公司节约大量资金。电力线路优化是一个离散的、非线性的、多约束问题, 常规的数学方法难以处理这样复杂的问题。

蚁群算法遵循了蚂蚁觅食的一些规则, 即蚂蚁走过道路的信息素的处理、蚂蚁转移概率、路径的可见度等。其中, 信息素的处理是整个蚂蚁算法的核心。显然某条路径上走过的蚂蚁越多、越频繁, 该路径上的“信息素”越大。蚂蚁沿着某路径前进的概率和该街道的“信息素”成正比。对蚂蚁行为的研究发现, 嗅觉在蚂蚁觅食的过程中起到了非常重要的作用。因此, 提出将需供电的负荷点作为“食物”, 给各条可能的路径赋予“味道”, 通过对“信息素”和“味道”的处理来模仿蚂蚁寻找食物的过程, 并对该算法的启发因子 α 进行了改进。将该算法应用到电力线路优化问题中, 提高了解的收敛速度, 并取得了较好的优化效果。

1 基本蚁群算法

蚁群算法的提出借鉴和吸收了自然界中蚂蚁种群的行为特征: 蚂蚁在觅食过程中会释放信息素 (Pheromone), 后面的蚂蚁会根据前面蚂蚁所释放的信息素选择下一条路径。一条路径上的信息素越高, 表明通过的蚂蚁越多, 说明该路径被选择的次数越多, 即该路径的性能越好, 从而导致后来蚂蚁选择该条路径的概率越高。这样就产生一个学习信息的正反馈过程, 蚂蚁正是基于此建立最短路径^[1,2]。

蚁群在寻找最优路径的过程中会在相应的路径上留下信息素。当蚂蚁完成了一次循环之后, 相应边上的信息素浓度 τ_{ij} 必须进行更新处理^[3]。模仿人类记忆的特点, 对旧的信息进行削弱。同时, 必须将最新的蚂蚁访问路径的信息加入到 τ_{ij} , 这样得到

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij} \quad (1)$$

式(1)中 ρ 为取值范围在 0 到 1 之间的常数系数, 表示信息素的残留因子, 则 $(1-\rho)$ 表示信息素的挥发程度。

$$\Delta\tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k \quad (2)$$

式(2)中 $\Delta\tau_{ij}^k$ 是第 k 只蚂蚁在时间 t 到 $t+n$ 之间, 在边 (i,j) 上增加的信息素改变量。它的值由以下公式确定:

2009年7月7日收到

第一作者简介: 霍凤财(1976—), 男, 讲师, 博士生, 研究方向: 优化算法、智能控制等。

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{若第 } k \text{ 只蚂蚁在本次循环中经过 } ij \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中 Q 是一个常量,用来表示蚂蚁完成一次完整的路径搜索后,所释放的信息素总量; L_k 是第 k 只蚂蚁的路径长度,它等于第 k 只蚂蚁经过的各段路径上 C_{ij} 的总和。

P_{ij}^k 表示在 t 时刻蚂蚁 k 由位置 i 转移到位置 j 的概率

$$P_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{k=A_k} [\tau_{ik}(t)]^\alpha [\eta_{ik}]^\beta}, & j \in A_k \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中 $\eta_{ij} = 1/C_{ij}$, α 和 β 均称为启发因子, 分别用来控制信息素和路径长度的相对重要程度。 A_k 是第 k 只蚂蚁下一步可以选择的城市节点的集合。 $A_k = \{0, 1, \dots, n-1\} - T_k = C - T_k$, $T_k (k=1, 2, \dots, m)$ 。用以记录蚂蚁 k 当前所走过的城市节点,即禁忌表。

2 启发因子 α 的改进

蚁群算法在应用中取得了良好的效果,如果参数设置 α, β, ρ 不当,导致求解速度很慢且所得解的质量特别差。但在实际计算中,在给定一定循环数的条件下很难达到这种情况。以上这些问题的存在,限制了蚁群算法在实际应用中的进一步推广。这里把 α 的初值设定为一个函数的形式 $\alpha = b - e^{-0.1N}$,以达到最理想的寻优效果。其中 b 为给定的初始值, N 为算法的迭代次数。

3 在电力线路优化问题中的应用

电力线路规划与需供电的负荷点位置、地理条件、工业特殊要求等有直接关系,但最终需要将电力线路连接到所有负荷点并考虑到这些特殊因素^[4]。但是为了简化系统的模型,将需要考虑的地理条件、工业特殊要求等转化为“类负荷点”,即在这些特殊地点提前选定若干个最短的线路连同方式,绕过需要考虑的因素。这样就将所有的附加因素全部转化成等效的“负荷点”问题,电力线路优化问题就转化为旅行商(TSP)问题。

将基本蚁群算法($\alpha=1, \beta=5, \rho=0.3, N=150$)和改进的蚁群算法($b=1, \beta=5, \rho=0.3, N=150$)应用到我国 31 个省会城市问题的旅行商问题^[5]中通过 Matlab 仿真得到如图 1 和图 2 所示。

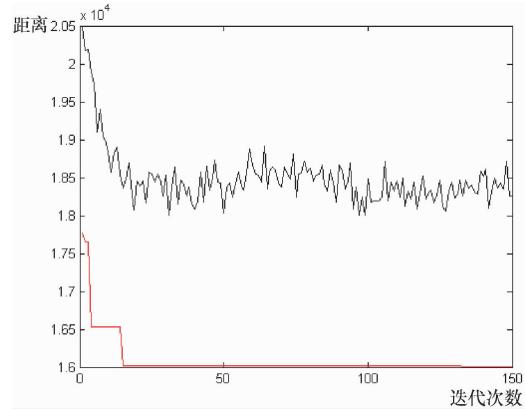


图 1 基本蚁群算法的仿真效果图

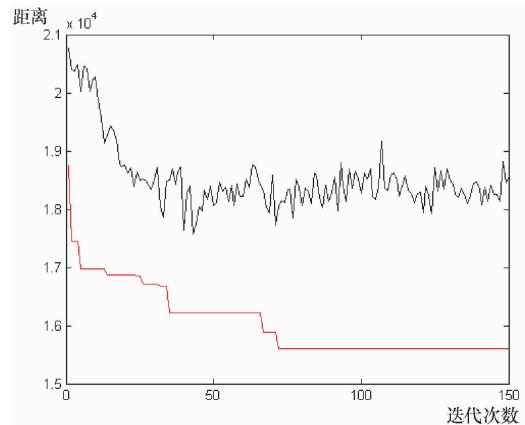


图 2 改进蚁群算法的仿真效果图

在图 1 和图 2 中,上面曲线表示当前迭代次数解的平均值,而下面曲线表示当前迭代次数下最优解。两种算法均得到了最优解图 3 所示。基本蚁群算法在第 130 次迭代左右时才找到了最优解,而改进的蚁群算法在第 70 次迭代时就已经找到了最优解,因此这种改进有利于在保证得到最优解的前提下,提高算法的运算速度。

将改进的蚁群算法应用到大庆油田有限责任公司某采油厂电力线路优化系统中,从某变电所到其它 29 个“负荷点”,这些点的相对地理坐标分别为:(200, 1 400); (500, 1 250); (650, 1 050); (680, 1 100); (700, 1 220); (850, 1 050); (900, 850); (1 140, 850); (1 170, 890); (1 270, 770); (1 380,

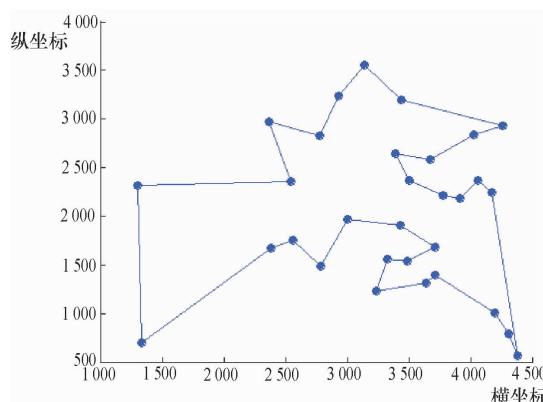


图3 31城市连接最优图

790); (1 440,690); (1 510,730); (1 620,910); (1 640,1050); (1 700,1020); (1 750,1 090); (1 800, 1 010); (1 850,880); (1 890,1 100); (1 930,860); (2 080,1 040); (2 080,880); (2 180,770); (2 200, 800); (1 910,490); (1 880,500); (1 800,450); (1 580,510); (2 000,280)。得到该系统的最优解如图4所示。

4 结论

对启发因子 α 随着代数增加而逐渐增加的改进蚁群算法具有收敛速度更快、稳定性更好等特点。算例结果验证了算法在电力线路优化中的有

效性和实用性。

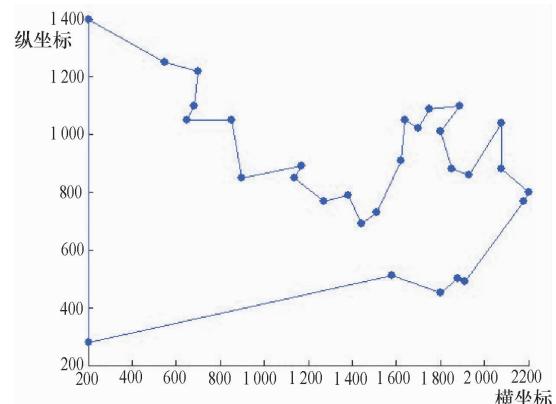


图4 电力线路连接最优图

参 考 文 献

- 1 Dorino M, Maniezzo V, Colorni A. The Ant System: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Part B*, 1996, 26(1):29—41
- 2 Dorino M, Gamhardella L M. Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1997;1(1):53—66
- 3 陈宏建,陈 岐,徐晓华,等.改进的增强型蚁群算法.控制与决策,2005;20(2): 176—178
- 4 黄训诚,庄奕琪,耿阿囡.基于改进蚁群算法的配电网优化规划.西安交通大学学报,2007;41(6):727—731
- 5 段海滨.智能蚁群算法原理及其应用.北京:科学出版社,2005

An Improved Ant Colony Algorithm and Its Application in Power Route Optimization

HUO Feng-cai, REN Wei-jian, HAN Bo¹

(School of Eletric and Information Engineering Daqing Petroleum Institute, Daqing

163318, P. R. China; Great Wall Dralling Company¹, Panjin 124000, P. R. China)

[Abstract] Power route optimization accounts for a large proportion in the whole plan of the electricity. In order to save investment, the adoption of improved ant colony algorithm solves this problem to get the shortest path. The inspired factor α approaches a constant value with the evolution generations is proposed, which enhances the convergence speed. Firstly this algorithm is applied to travelling salesman problem which shows this one is valid, then is applied to the power route optimization problem which verifies that the improved ant colony algorithm is better than the basic one.

[Key words] inspired factor ant colony algorithm power route