

自适应蚁群算法在求解 TSP 问题中的应用

卢宇凡, 张莉

(西安工程大学 电子信息学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 围绕蚁群优化算法的理论及应用, 针对蚁群算法在 TSP 规划中求解能力不足的难题, 运用了一种基于自适应的蚂蚁算法, 并对 TSP 规划进行了设计。为了提高路径规划的效率, 将自适应与传统的蚂蚁算法相结合形成了自适应蚁群算法。仿真实验结果表明, 改进后算法能够在较短时间内找到全局最优路径, 相对于基本的蚁群算法在收敛速度、搜索质量和局部寻优方面都有了明显的提高。

关键词: 蚁群算法; 自适应; 旅行商问题

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)17-0078-02

Application of self-adaptive ant colony algorithm in TSP

Lu Yufan, Zhang Li

(School of Electronic and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: In this paper, we use an ant algorithm based on adaptive, around the ant colony optimization theory and application and the problem of insufficient in solving the TSP planning, to do design for the TSP planning. In order to improve the efficiency of path planning, we combine the adaptive theory and the traditional ant algorithm to form the adaptive ant colony algorithm. New algorithm has strong global and local search capabilities. Simulation results show that the improved algorithm could find the global optimal path in a relatively short time. Relative to the basic ant colony algorithm, there are obvious increase in the aspects of convergence speed, search quality and local optimization.

Key words: ant colony algorithm; adaptive; Traveling Salesman problem(TSP)

旅行商问题^[1](TSP)是数学领域中著名问题之一。假设有一个旅行商人要拜访 n 个城市, 他必须选择所要走的路径。限制条件是每个城市只能拜访一次, 而且最后要回到原来出发的城市。路径的选择目标是所有路程之中的最小值。TSP 问题是一个组合优化问题, 任何能使该问题的求解得以简化的方法, 都将受到高度的评价和关注。

蚁群算法^[2]是源于生物世界仿生类随机搜索算法, 它应用于组合优化中具有很强的发现解的能力, 且具有分布式计算、易于与其他方法相结合及鲁棒性强的优点。在仿真中表现出高度的灵活性、健壮性。但是还存在较多的问题, 例如搜索速度慢, 局部寻优能力差等。针对这些问题, 将算法进行改进, 调节信息素 Q 与信息素挥发系数 ρ , 使其变为动态的自适应信息素与动态的信息素挥发系数, 进行仿真测试改进的优化算法, 从而达到更优的结果。

1 基本蚁群算法及其改进

1.1 基本蚁群算法

蚂蚁在寻找食物过程中总能找到一条食物所在地和蚁穴地之间的最短路径, 经研究发现蚂蚁会在其走过的路径上留下称之为信息素的物质, 其他蚂蚁可以感知这种物质并以此指引其运动的方向。这种信息素允许叠加, 走过同一条路径的蚂蚁数量越多, 这条路径上的信息素浓度越大。由此可以吸引其他蚂蚁以更大的概率走此路径。反之, 走过的蚂蚁越少, 信息素的浓度就越低, 行走该路径的概率就越小, 同时, 这种信息素还会随着时间的推移而挥发^[3]。

设 m 表示蚂蚁总数量, $d_{ij}(i, j=0, 1, \dots, n-1)$ 表示节点 i 和节点 j 之间的距离, $\tau_{ij}(t)$ 表示 t 时刻 i, j 在连线上的信息素。在算法的初始时刻, 将 m 只蚂蚁随机地放到 n 个节点上, 此时各路径上的信息素相等, 设 $\tau_{ij}(0)$ 为常数, 每只蚂蚁根据路径上保留的信息素独立地选择下一

技术与方法 Technique and Method

个节点。在时刻 t , 蚂蚁 k 从节点 i 转移到节点 j 的概率为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t) \eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{s \in allowed_k} \tau_{is}^\alpha(t) \eta_{is}^\beta(t)}, & j \in allowed_k \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $allowed_k = \{0, 1, \dots, n-1\}$ 表示蚂蚁 k 下一步允许选择的所有节点; α 表示路径上的信息量对蚂蚁选择路径所起的影响程度; η_{ij} 是启发函数, 表示由节点 i 转移到节点 j 的期望程度; β 表示 η_{ij} 对蚂蚁选择路径的影响程度, 一般可取 $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$ 。每只蚂蚁将根据式(1)进行搜索前进。 N 个时刻遍历所有节点后, 将依据式(2)对各条路径上的信息素进行更新。

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t) \quad (2)$$

其中, 常数 $\rho \in (0, 1)$ 是信息素挥发系数, 表示路径上信息量的损耗程度, ρ 的大小关系到算法的全局搜索能力和收敛速度。 $\Delta\tau_{ij}$ 为一次遍历结束后路径 (i, j) 的信息素增量。

$$\Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^n \Delta\tau_{ij}^k(t) \quad (3)$$

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁走过 } ij \\ 0, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁没走过 } ij \end{cases} \quad (4)$$

式中, $\Delta\tau_{ij}^k$ 表示第 k 只蚂蚁在路径 (i, j) 上留下的信息量。根据不同的蚁群算法其取值不同, 在 ant system 模型中其取值如式(4)所示。 L_k 表示第 k 只蚂蚁本次遍历所走路程总长度; Q 为常数, 表示信息素强度, 在一定程度上影响算法的收敛速度。

最后可以根据适当条件来终止迭代运算, 求得解。

1.2 更新策略

蚁群算法中“信息素”更新机制的选择直接影响算法性能^[4]。本文蚁群算法采用自适应的信息素调节机制, 每次搜索迭代过程中, 局部地更新信息素。同时, 在完成一次循环后, 选出全局最优解, 进行信息素的全局更新。这样, 采取全局最优蚂蚁的信息素不断地进行全局更新, 可使信息素尽可能地均匀分布, 增强了正反馈机制, 提高蚁群算法的收敛速度。本文用函数 $Q(t)$ 代替基本算法中常数 Q , 在蚂蚁搜索过程中信息素改变的情况下, 能自适应^[5-6]地调节以使在后续的随机搜索过程中, 避免由于某条路径上信息素过多或过少使算法陷入局部最优解中, 有效地保证了算法的求解精度, 加快了收敛速度。

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q(t)}{L_k}, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁走过 } ij \\ 0, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁没走过 } ij \end{cases} \quad (5)$$

$$Q(t) = \begin{cases} Q_1, & \text{若 } t \leq T_1 \\ Q_2, & \text{若 } T_1 < t \leq T_2 \\ Q_3, & \text{若 } T_2 < t \leq T_3 \end{cases} \quad (6)$$

在基本的算法中信息素挥发系数 ρ 为常数, 当处理的问题规模比较大时, 由于 ρ 的存在会使那些从未被搜索到的路径信息素减小到几乎为 0, 因而降低了算法的全局搜索能力。而当 ρ 过大时, 以前搜索过的路径被再次选择的可能性过大, 也会影响算法的随机性和全局搜索能力; 反之, 通过减小 ρ 虽然可以提高算法的随机性能和全局搜索能力, 但又会使算法的收敛速度降低^[1]。因此本文采取自适应改变 ρ 的值, 初始值 $\rho=1$, 当最优解在一段时间内无明显改进时, ρ 会按式(7)进行自适应调节以加快收敛速度, 提高搜索质量。

$$\rho(t) = \begin{cases} 0.95\rho(t-1), & \text{若 } 0.95\rho(t-1) \geq \rho_{\min} \\ \rho_{\min}, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

其中, ρ_{\min} 为 ρ 的最小值, 可以防止 ρ 太小降低算法的收敛速度。

2 仿真实验结果及分析

本文选用 Matlab7.0 平台进行仿真。在 Matlab 中对基本 ACA 算法和改进后自适应 ACA 算法参数进行设置。本文的最大迭代次数为 100, $n=30$, $\alpha=1$, $\beta=1$, $m=50$, 初始的 $\rho=1$ 。其中以 Y 代表 n 个城市的坐标, $n \times 2$ 的矩阵。城市坐标可取随机数, 本文取:

$Y = [40 \ 90; 36 \ 85; 53 \ 68; 26 \ 61; 7 \ 64; 2 \ 99; 68 \ 58; 71 \ 44; 54 \ 62; 84 \ 68; 63 \ 61; 19 \ 53; 23 \ 61; 85 \ 45; 92 \ 38; 25 \ 38; 24 \ 42; 58 \ 69; 71 \ 71; 74 \ 78; 87 \ 76; 18 \ 40; 13 \ 40; 82 \ 7; 62 \ 33; 58 \ 36; 45 \ 21; 42 \ 26; 43 \ 35; 4 \ 52]$;

$$Q(t) = \begin{cases} 0.5, & \text{若 } t \leq 100 \\ 1, & \text{若 } 100 < t \leq 200 \\ 2, & \text{若 } t \geq 200 \end{cases}$$

基于改进后 ACA 算法在 TSP 寻优流程图如 1 所示。

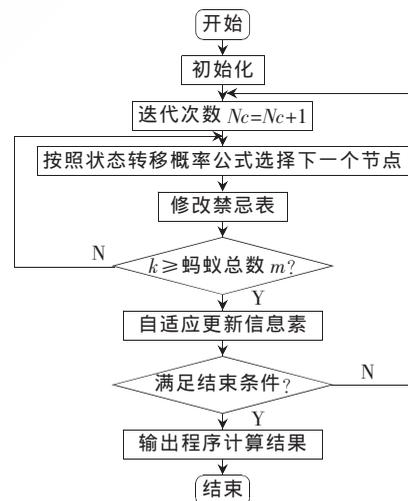


图 1 TSP 寻优流程图

将基本的 ACA 算法和改进后的 ACA 自适应算法同时用于 TSP 中进行比较分析, 通过 Matlab 绘出的最优解变化图形如图 2、图 3 所示。在 Matlab7.0 中编程对 ACA

技术与方法 Technique and Method

算法和改进后自适应 ACA 算法参数进行设置、种群初始化及寻找初始最优值。图 2(a)与图 2(b)为两次运行基本蚁群算法所得出的最优解,分别为 433.623 和 438.302 2,即所得到的结果稳定性很不好,且每次运行得出的结果相差都较大。图 3 为改进后算法所得最优路径,仿真中输出为 426.465 3。在图中可清晰看到最优值明显比基本算法中有所改进,表明改进后的自适应蚁群算法搜索效率和收敛速度明显提高了。

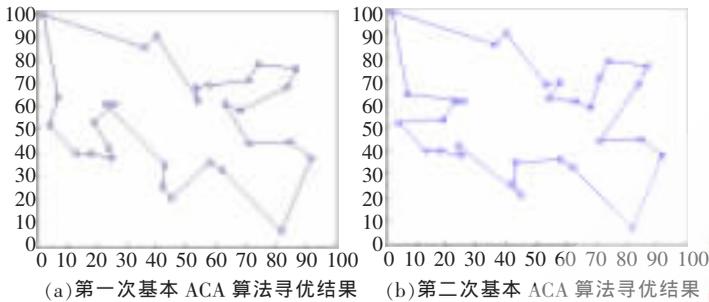


图 2 基本 ACA 算法寻优结果

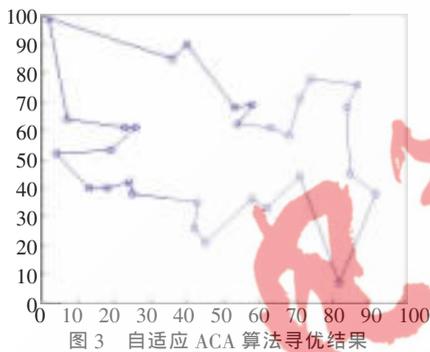


图 3 自适应 ACA 算法寻优结果

本文研究基于蚁群算法的 TSP 问题,描述了 TSP 的相关问题和蚁群算法原理。基本的蚁群算法具有较强的鲁棒性,但收敛速度缓慢。针对传统蚁群算法存在搜索

时间长、易陷局部最优解,在算法中改进重要的参量——信息素与信息素残留因子,形成动态的自适应信息素,并应用于 TSP 问题中使运算。论证了将改进后蚁群算法在 TSP 问题研究应用的可行性,平衡各路径的信息量,使蚂蚁在初始阶段在较大范围内进行搜索,能尽快地找到目标点,并找到最优路径,以避免陷入局部最优。仿真结果表明,相比一般 ACA 算法,使用改进后的算法可以完成预期的规划效果,在收敛速度、搜索质量和局部寻优方面有了显著的提高。

参考文献

- [1] DORIGO M, GAMBARDELLA L M. Ant colonies for the traveling salesman problem [J]. Bio-Systems, 1997, 43(2): 73-81.
- [2] DORIGO M, MANIEZZO V, COLORNI A. The ant system: Optimization by a colony of cooperating agents[J]. IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics-Part B, 1996;26(1):29-41.
- [3] 段海滨. 蚁群算法原理及其应用[M]. 北京: 科技出版社, 2005.
- [4] 杨志晓, 郭胜国, 等. 基于改进蚁群算法的机器人路径规划算法[J]. 微计算机信息, 2008(7-2): 252-253.
- [5] 覃刚力, 杨家木. 自适应调整信息素的蚁群算法[J]. 信息与控制, 2002, 31(13): 198-201.
- [6] 王颖, 谢剑英. 一种自适应蚁群算法及其仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(1): 31-33.

(收稿日期: 2012-04-13)

作者简介:

卢宇凡, 女, 1985 年, 硕士, 主要研究方向: 智能控制理论。

张莉, 女, 1977 年, 博士, 副教授, 主要研究方向: 先进控制理论与应用, 智能控制理论, 复杂系统建模。