

文章编号: 1005-0523(2007)04-0111-04

车间配送路径优化的研究

黄志刚, 林凤涛

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 路径优化问题是车间配送系统中重要的环节之一, 最短路径的选择决定着配送效率. 但随着问题规模的扩大, 很难精确求解. 实验表明采用蚁群算法来解决路径搜索问题, 能有效地发现最优解.

关键词: 路径优化; 蚁群算法; 最优解

中图分类号: TP18

文献标识码: A

车间配送路径优化问题是生产、运输系统研究中的一重要内容, 选取合适的配送路径^[1], 优化调度^[2], 可以加快对车间需求的响应速度, 减少配送时间、降低生产成本, 提高经营效益.

路径优化是一个典型的组合优化问题, 是一个 NP 难题, 其可能的路径总数与车间数目 N 是成指数型增长的, 一般很难精确地求出其最优解, 因而寻找出有效的近似求解算法就具有重要的意义.

目前主要的启发式方法有遗传算法^[3]、禁忌搜索算法、模拟退火算法和神经网络算法等. 而将蚁群算法^[4]运用于这类问题的解决是种全新的途径.

1 问题描述

路径优化可以归结为旅行商(TSP)问题, 描述为:

将一批工件分配到 n 个车间, 每两个车间 c_i 和 c_j 之间的距离为 $d(c_i, c_j)$, 如何选择一条路径使得每个车间走一遍后回到起点, 且所走的路径最短. 其中一条路径用 n 维向量表示为: $X = (C, C, \dots, C)$, 则目标函数为:

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^{n-1} d(c_i, c_{i+1}) + d(c_1, c_n) \quad (1)$$

2 蚁群算法

2.1 基本原理

经过研究发现, 蚂蚁在觅食的过程中在其所经过的路径上留下信息素, 在运动过程中能够感受到这种信息素的存在及其强度, 并以此指导自己的运动方向. 蚂蚁倾向于朝着信息素浓度高的方向前进, 因此, 由大量蚂蚁组成的蚁群的行为便表现出一种信息的正反馈现象: 某一路径上走过的蚂蚁越多, 则后来者选择该路径的概率就越大. 这个过程一直持续下去, 直到所有蚂蚁最终选择最短路径.

2.2 蚁群算法描述

为模拟蚂蚁的行为, 以求解 N 个城市的 TSP 问题为例. 已知有 N 个城市, 寻找一条访问两个城市之间的最短路径. 选用无向图 $G(N, E)$, 即 $d_{ij} = d_{ji}$, 其中, N 为定点集, E 为各顶点连接组成的边集, 则各顶点间的连接距离已知, 要求确定一条长度最短 Hamilton 回路, 即遍历所有顶点当且仅当一次的最短回路.

TSP 求解中, 引入记号:

N —— 城市个数,

m —— 蚁群中蚂蚁数量,

d_{ij} —— $(i, j=1, 2, \dots, N)$ 城市 i 和 j 之间的路径长度,

$e(i, j)$ —— 城市的连通的边的集合,

$B(t)$ —— t 时刻位于城市 i 的蚂蚁个数. 则有

$$m = \sum_{i=1}^N B_i(t); \tag{2}$$

$\tau_{ij}(t)$ 表示 t 时刻在边 $e(i, j)$ 上残留的信息量.

初始时刻, 在各条路径上的信息量相等, 设 $\tau_{ij}(0) = C$ (C 为常数). 蚂蚁 k ($k=1, 2, \dots, m$) 在运动过程中, 根据各条路径上的信息量决定转移方向, t 时刻蚂蚁 k 由位置 i 转移到 j 的概率 p_{ij}^k 由式(3)表示:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{s \in allowed_k} [\tau_{is}(t)]^\alpha [\eta_{is}(t)]^\beta} & \text{if } j \in allowed_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{3}$$

其中, $allowed_k = \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ 表示蚂蚁 k 下一步允许选择的城市, $tabu_i$ 表示第 k 个蚂蚁的禁忌表, $tabu_k(s)$ 表示禁忌表中第 S 个元素; 用 $tabu_i(k=1, 2, \dots, m)$ 记录蚂蚁目前已走过的城市,

η_{ij} 表示由城市 i 转移到城市 j 的期望程度, 可根据某种启发式算法具体确定, 当 $\eta_{ij} > 0$ 时, 邻域 i 处蚂蚁按概率 P_{ij} 移至邻域 j ; 当 $\eta_{ij} \leq 0$ 时, 邻域的蚂蚁做邻域搜索, 其搜索半径(或步长)为 r .

经过 Δt 时段, 蚂蚁完成一次循环, 各路径 $e(i, j)$ 上信息激素量需按式(4)、式(5)刷新:

$$\tau_{ij}(t+n) = \rho \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}(t, t+n) \tag{4}$$

$$\Delta \tau_{ij}(\Delta t) = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k \Delta t \tag{5}$$

式中: $\Delta \tau_{ij}^k$ 第 k 只蚂蚁在本次循环(Δt 时间内)中在路径 $e(i, j)$ 边上留下的信息素量;

ρ ($0 < \rho < 1$) 信息激素的保留系数, 它体现了信息素强度的持久性; 而 $1 - \rho$ 表示信息激素的消逝程度(信息激素蒸发);

$\Delta \tau_{ij} \Delta t$ 表示全部 m 只蚂蚁在本次循环(Δt 时间内)中在路径 $e(i, j)$ 边上留下的信息素的增量;

而 $\Delta \tau_{ij}^k$ 根据具体的问题不同而定. M. Dorigo 给出了三种不同的模型^[1], 分别称为蚁量系统(ant-quantity system)、蚁密系统(ant-density system)、蚁周系统(ant-cycle system).

实验表明, 在这三种算法中, ant-cycle 模型算法的效果最好, 这是因为 ant-quantity 模型和 ant-density 模型两种算法用的是局部信息 Q/d_{ij} 和 Q , 而在 ant-cycle 模型是全局信息 Q/L_k 更新路径上的信息素量.

在 ant-cycle 模型中,

$$\Delta \tau_{ij}^k(t, t+n) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k} & \text{若蚂蚁 } K \text{ 本次循环经过 } e(i, j) \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \tag{6}$$

式中: Q 为常数, L_k 表示第 k 只蚂蚁在本次循环中所走过路径的长度, 它可表示为

$$L_k = \sum_{r=1, j=1}^n d_{ij}, (n \leq N) \tag{7}$$

而 n 表示蚂蚁 k 在本次循环中所漫游的城市数目.

2.3 蚁群算法中参数的意义^[5]

参数 α, β, Q 对算法的性能有很大的影响. α 值的大小表明留在每个节点上的信息量受重视的程度, α 值越大, 蚂蚁选择以前经过的点的可能性越大, 过大会使搜索过早陷于局部最小点; β 的大小表明启发式信息受重视的程度; Q 值会影响算法的收敛速度.

2.4 蚁群算法的伪码程序

```

1) 初始化
   初始化  $\alpha, \beta, \rho, Q$  等参数
   Set NC := 0; {NC 为迭代次数计数器}  $\tau_{ij}(0) := c,$ 
    $\Delta \tau_{ij} = 0;$ 
   将  $m$  个蚂蚁随机放置到  $n$  个节点上;
2) Set s := 1 {S 为 tabu 列表索引}
   For k := 1 to m do
   将第  $k$  个蚂蚁的开始城市置于  $tabu_k$  列表
3) 重复下列操作至  $tabu$  列表满 {重复  $(n-1)$  次}
   Set s := s + 1
   For k := 1 to m do
   根据  $P_{ij}^k$  移动蚂蚁  $k$  到城市  $j$ 
   将城市  $j$  加入  $tabu_k(s)$  列表
4) For k := 1 to m do
   清空到  $tabu_k(n)$  到  $tabu_k(1)$  计算第  $k$  个蚂蚁路径长度  $L_k$  修改找到的最短路径  $\min\{L_k\}$  对每条边  $e(i, j)$ 
   For k := 1 to m do
   计算  $\Delta \tau_{ij}^k;$ 
    $\Delta \tau_{ij} := \Delta \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij}^k;$ 
5) 对每条边  $e(i, j)$ , 计算  $\tau_{ij}(t+n)$ 
   Set t := t + n;
   Set NC := NC + 1;
   对每条边  $e(i, j)$ , 置  $\Delta \tau_{ij} = 0;$ 
6) IF (NC < 预定迭代次数)
   清空所有  $tabu$  列表
   返回(2)继续
Else
   输出最短路径
End
    
```

3 实例仿真

在面积为 $240 \times 300(\text{cm})^2$ 的实验模拟区域中, 设置 10 个模拟作业区, 由一辆配送车从 1# 仓库出发, 负责将工件配送到 2# - 10# 车间工作区, 之后回到仓库, 要求最佳路径. 构成的模拟车间坐标见表(1).

表 1 各个仓库(车间)坐标(中心点)

	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
x	0	0	60	60	120	120	180	180	240	240
y	0	120	180	60	60	120	180	0	60	120

其中 1# :代表仓库, 2# - 10# :代表车间

3.1 参数设置

1) 采用文献[5]提出的建议值: $\alpha=1, \beta=5, \rho=0.5, q_0=0.5, \tau_{\max}=10, \tau_{\min}=10$, 蚂蚁数目取为 $m=10$.

2) 停止条件

采用固定循环次数或当进化趋势不明显作为停止条件, 为简便起见, 这里采用固定循环次数为 $NC=1000$ 的方法.

3) 选用使用 VC 6.0 编程求解问题.

3.2 运行结果

通过仿真, 在第 325 代时(即算法循环了 325 次, 一共需要循环 1000 次)寻找到了最优路径: $1 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$, 该路径的总长度是 $833.9696(\text{cm})$ (如图 1 所示).

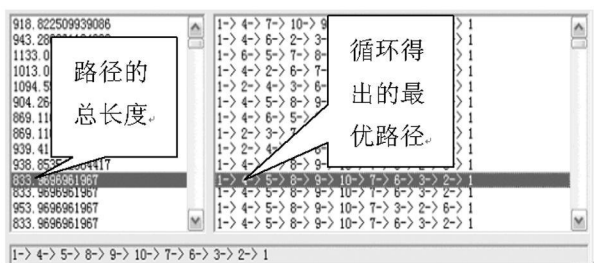


图 1 蚁群算法运行结果

即全局最优路径如图 2 所示.

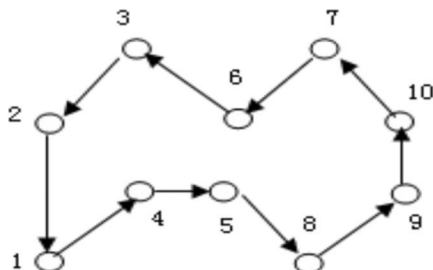


图 2 全局最优路径

同时与最差路径的比较结果差别明显(见表 2).

表 2 最优路径与最差路径比较

	路 径	路径长度
最优路径 t_n	$1 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 7 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$	833.9696
最差路径 t_c	$1 \rightarrow 7 \rightarrow 3 \rightarrow 9 \rightarrow 6 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 8 \rightarrow 10 \rightarrow 1$	1477.2535
$\Delta = t_n - t_c$		643.2839

对应的每一代搜索到的最优路径演化图和平均路径演化图 3、图 4, 可以看出该算法能够迅速地找出较优的解决方案, 但是却没有出现停滞的行为.

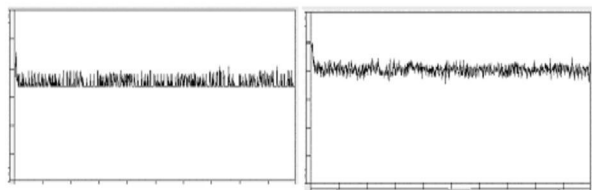


图 3 最优路径演化图

图 4 平均路径演化图

结论

用蚁群算法来求解最短路径问题, 并且取得了较为满意的实验效果, 同时, 蚁群算法具有正反馈、分布式计算特点, 从而发现较优解, 用这种方法解决路径优化问题具有一定的理论参考价值和实际意义.

但是, 目前蚁群算法本身还存在一些不足之处: 首先, 蚁群算法虽然具有较低的空间复杂度, 但其时间复杂度较高; 其次, 在解决某些问题时不可避免地陷入局部最优或者停滞, 这些问题还有待于做进一步研究.

参考文献:

- [1] 李祚泳. 基于蚁群算法的两地之间的最佳路径选择[J]. 系统工程, 2004, (7): 88-92.
- [2] 杨阿莉. 一种改进蚁群算法在车间作业调度问题中的研究与应用[J]. 机械与电子, 2005, (4): 9-12.
- [3] 姜大立, 杨西龙, 杜文等. 车辆路径问题的遗传算法研究[J]. 系统工程理论与实践, 1999, (6): 40-45.
- [4] 李士勇. 蚁群算法及其应用[M]. 重庆夏哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [5] 叶志伟. 蚁群算法中参数的设置的研究[J]. 武汉大学学报信息科学版, 2004, 29(7): 34-36.

The Research on Path Optimization of Workshop Distribution Route

HUANG Zhi-gang, LIN Feng-tao

(School of Mechanical and Electrical Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Path optimization is one of the most important problems in workshop distribution route since shortest path decision is essential for the efficiency of delivery. But it is difficult to gain the precise answer with the problem scale magnifying. The experimental calculation results demonstrate that the optimal solution to the path searching problem can be easily obtained by using Ant Colony Algorithm.

Key words: path optimization; ant colony algorithm; optimal solution

(上接第 110 页)

The Research about the Performance Evaluation and Application of the Middleman Based on BP Neural Network

SHEN Zong-qing, LIU Xi-lin

(Management School of Northwest Poly-technical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: Because of the shortage of the current method of evaluating the performance of the middleman, the paper presents a new method of evaluating the performance of the middleman, which is based on BP neural network. Firstly, it sets up an index system to evaluate the performance of the middleman, and then designs the BP neural network model according to the index system, and presents the workable evaluating procedure. On the method of computation, the Neural Network Toolbox (NNT) based on Matlab is used to make network design and compute. Through the training and test of lots of study samples, the error of the model is limited to a preliminary range. Finally, the model has been used in Jiangsu power machinery Ltd. And also some features and suitability of the model in evaluation of the performance of the middleman are discussed.

Key words: back propagation neural network; the performance of middleman; MATLAB neural network toolbox.