

复杂路网条件下的物流配送方案研究

吴洁明, 李余琪, 万 励

(梧州学院 计算机科学系, 广西 梧州 543002)

摘 要: 为了有效提高在复杂路网条件下物流配送路径优化效率, 文中提出了采用蚂蚁算法复杂路网条件下物流配送路径优化算法. 算法运用 Repast Symphony 仿真平台和 GIS 技术, 对复杂路网条件下的城市物流配送进行仿真实验. 实验结果表明, 该物流配送方案可以较好地解决了复杂路网条件下的车辆路径问题 (VRP) 难题, 同时仿真模型简单, 具有非常优越的可扩展性能.

关键词: 城市物流; 复杂路网; 地理信息系统; 最短路径

中图分类号: TP391. 9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)07-0183-04

Study of Logistics Distribution in the Complex Road Network

WU Jie-ming, LI Yu-qi, WAN Li

(Department of Computer Science, Wuzhou University, Wuzhou 543002, China)

Abstract: In order to improve conditions in the complicated network path optimization efficiency logistics distribution, this paper proposes using ant algorithm complex network conditions logistics distribution path optimization algorithm. Algorithm utilizes Repast Symphony simulation platform and GIS technology, under the conditions of complex network city logistics distribution simulation experiment. The experimental results show that the proposed scheme of logistics distribution can well solve the complex network conditions, and simulation experiment VRP problem, have the very model simple superior extensible performance.

Key words: city logistics; complex road network; geographic information systems; shortest path

1 引言

城市物流以发生在城市区域内的货物配送为主, 它是城市正常运转和居民日常生活的必要条件. 然而, 物流配送在满足城市需要的同时, 也带了诸如交通拥挤、环境污染等一些负面影响; 另外随着电子商务的发展, 以及低库存和准时交货生产运作模式的普遍推广, 产生了大量频繁而小规模递送业务, 导致货运车辆的负载率低、空载率高, 物流效率低下. 如何在保障城市正常物流需要的前提下, 尽量减少物流配送的负面影响, 同时提高物流效率, 是一个需要深入研究的重要问题^[1].

车辆的优化调度问题则是城市物流配送中需要考虑的最为关键问题, 是一个公认的 NP-难问题.

它是一个有约束的组合优化问题, 随着其输入规模的扩大, 问题的求解难度大大增加, 求解的时间呈几何级数上升. 目前尚无有效的多项式时间算法来求解^[2]. 常用的方法可以分为精确算法、启发算法、智能算法. 精确算法主要有分支界定法、割平面方法、线性规划法、动态规划法等, 这些算法在物流配送路径优化过程存在搜索时间长, 得不到全局最优解, 导致物流配送效率低的难题.

为了有效提高在复杂路网条件下物流配送路径优化效率, 文中提出了采用蚂蚁算法复杂路网条件下物流配送路径优化算法. 算法运用 Repast Symphony 仿真平台和 GIS 技术, 对复杂路网条件下的城市物流配送进行仿真实验. 实验结果表明, 文中提出的物流配送方案可以较好地解决了复杂路网条件

收稿日期: 2010-10-25; 修回日期: 2010-11-22

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 0815003-4, 桂财教[2010]123)

下的车辆路径问题(VRP)难题,同时仿真实验模型简单,具有非常优越的可扩展性能.

2 车辆路径优化

2.1 问题描述

仿真模型中由一个仓库为若干个客户提供配送服务,要求使用尽量少的车辆,满足以下条件并使得车辆总行程最短^[4]:

- (1) 每辆车都从仓库出发,并最终返回仓库;
- (2) 每个客户被一辆车到访一次;
- (3) 每辆车的行程不能超过某一给定值.

可见,这是经典的车辆路径问题(VRP),只不过模型使用的是行程约束条件,而非常见的容量约束.

在经典的 VRP 问题中,两地之间的距离是已知的,不必考虑两地之间的路径连接问题.然而,在复杂路网条件下,从一地到另一地的可选路径会很多.因此要求解 VRP 问题,就必须找到连接两地的最短路径,并算出最短路径的长度.下面先介绍两点间的最短路径的算法,然后说明仿真模型使用的 VRP 问题的算法^[5].

2.2 最短路径问题的算法

文中选取的是复杂的网格状的路网,这种路网基本上反映了现实城市的路网结构,其复杂性主要体现在两点间的连接路径可能有许多条,下面说明如何从中选出最短的路径.如图 1 所示,假设 A 是出发地, H 是目的地, C、D、E、F 是道路节点, B 是路段 CD 上距离出发地最近的点, G 是路段 EF 上距离目的地最近的点.节点间的虚线,代表连接这两个节点的所有可能路径中最短的那一条.在上述假设条件下,由 A 到 H 就有 4 条路径可供选择: ABCEGH、ABDFGH、ABCEFGH、ABDEGH. 得到了相应路段和路径的长度,就可以从这 4 条路径中选出最优路径.

模拟仿真模型中可以方便读取 A—H 这些点的坐标;使用 DistanceOp 类的 distance() 方法则可以计算 AB、BC、BD、EG、FG、GH 等路段的长度.图 1 中虚线表示的是连接两个节点的最短路径, Repast Symphony 中的 ShortestPath 类使用 Dijkstra 算法^[3],提供了连接两个道路节点所最短路径的计算方法.有了各个路段和虚线所代表的路径的长度,就可以计算 ABCEGH、ABDFGH、ABCEFGH、ABDEGH 这 4 条路径的长度,最终获取行驶路程最短的那条路径.

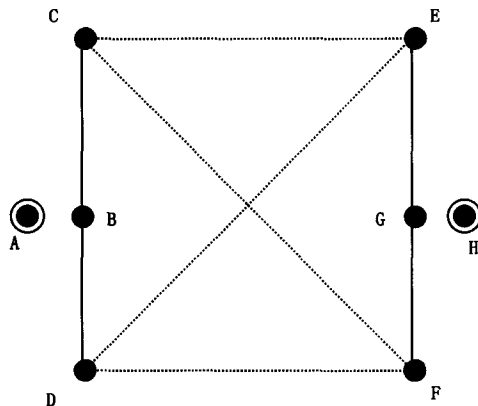


图 1 两点间最短选择路径示意图

3 基于蚂蚁算法物流车辆配送

3.1 蚂蚁算法

蚁群算法是由意大利学者 M. Dorigo 于 1992 年提出的一种启发式进行算法.各个蚂蚁在没有事先告诉他们食物在什么地方的前提下开始寻找食物.当一只找到食物以后,它会向环境释放一种信息素,吸引其他的蚂蚁过来,这样越来越多的蚂蚁会找到食物.有些蚂蚁并没有象其它蚂蚁一样总重复同样的路,他们会另辟蹊径,如果令开辟的道路比原来的其他道路更短,那么更多的蚂蚁被吸引到这条较短的路上来.最后经过一段时间运行,可能会出现一条最短的路径被大多数蚂蚁重复着.

因此通过信息素浓度的高低到快速搜索食物的目的.蚂蚁群体的路径搜索原理和机制如图 2 所示^[8].

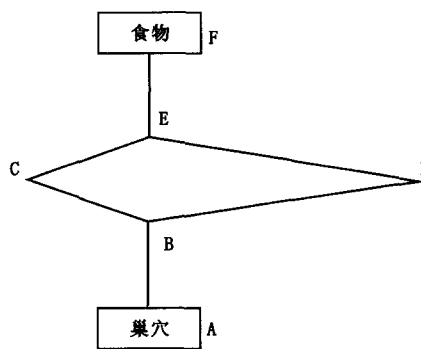


图 2 蚂蚁群体的路径寻优原理

其中, CD 表示一障碍物, 蚂蚁只能由 B 或 E 绕过障碍物进行觅食.

3.2 基于蚂蚁算法物流车辆调度优化

用蚁群算法求解 VRP 问题,每次迭代通常由构建可行解、局部搜索和信息素更新等三个步骤组成,下面对算法的相关内容做必要的说明.

算法开始时,先根据式(1)计算每两个客户的节

约值^[6]:

$$S_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij} \quad (1)$$

式中,下标0表示配送中心, i 和 j 代表客户编号。 S_{ij} 表示把客户 i 和客户 j 合并到同一条回路能够节约的路程, d 表示两点间最短路径的长度。

每只蚂蚁随机选择第一个客户,然后根据式(2)计算转移概率, P_{ij} 表示蚂蚁在到访客户 i 之后选择客户 j 的可能性大小。蚂蚁根据上述概率规则不断选择客户,如果无法满足最大行程约束,就回到仓库完成一个回路,再出发访问其余未到访客户,直到所有的客户被访问。

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha S_{ij}^\beta}{\sum_{l \in \Omega_k} \tau_{il}^\alpha S_{il}^\beta}, & j \in \Omega_k \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中, τ_{ij} 是连接客户 i,j 路径上的信息素,参数 α, β 反映了信息素和节约值对选择概率的相对影响, Ω_k 表示可以访问的节约量最大的 k 个客户集合。

每只蚂蚁完成可行解构建之后,按照先 swap^[7]、再 2-opt^[8]的顺序进行局部搜索,对蚂蚁所构建的可行解进行改进。其中,swap方法通过交换不同回路上的两个客户来改进解的质量,2-opt方法则通过交换同一个回路中的两个路段的方式进行改进。

在完成路径构造和改进之后,根据解的质量对信息素进行更新,更新规则如下:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij} + \sum_{\mu=1}^m \Delta \tau_{ij}^\mu + \sigma \Delta \tau_{ij}^* \quad (3)$$

式中, ρ 为信息素的挥发系数, $\sigma = m + 1$ 是精英蚂蚁的数量。每次迭代所有路径上的信息素挥发 $\rho \tau_{ij}$,但只有精英蚂蚁释放信息素。信息素释放有两种情况:(1)至今最优路径上的信息素增量为 $\sigma \Delta \tau_{ij}^* = \sigma / L^*$, L^* 是至今最优解的路径长度;(2)本次迭代中表现最好的 m 只蚂蚁释放信息素 $\Delta \tau_{ij}^\mu = (m - \mu + 1) / L^\mu$, μ 是路径的优劣排名, L^μ 是路径长度。

算法的参数设置如下:迭代次数为200,蚂蚁数量等于客户数量,精英蚂蚁数量 $\sigma = 6$,信息素影响系数 $\alpha = 5$,节约值影响系数 $\beta = 5$,信息素挥发系数 $\rho = 0.05$,可选集合中客户数量的上限 $k = 15$,每条路径上的初始信息素 $\tau_0 = 0.5\sigma(\sigma - 1) / \rho C^m$ 。其中 C^m 是按最近邻算法得到的路径长度。

4 实验结果与分析

4.1 仿真实验平台

Repast是一个免费和开放源代码的仿真建模

工具包,主要用于基于Agent的离散事件仿真。Repast最早产生于美国芝加哥大学,随后由Argonne国家实验室的研究人员维护,现在由非盈利性组织ROAD(Repast Organization for Architecture and Development)负责维护。随着开发理念和软件功能的不断完善和发展,Repast已经发布了多个版本,其中Repast 3.0在我国得到了普遍推广与使用。文中运用Repast Symphony仿真平台和GIS技术

4.2 实验结果分析

实验结果如图3所示。仿真实例中有30个客户(用圆环表示),散乱分布于路网所覆盖的区域,仓库(用方框表示)位于路网区域的左边。由于本文在Repast Symphony仿真平台中引入了GIS技术,因此可以方便的读取仓库、客户等物流节点,以及路网的空间属性数据,使用Dijkstra算法就可以计算物流节点之间的最短路径及其长度。结算结果显示,仓库到30个客户最短路径长度的最小值、平均值和最大值分别为1.51、5.16、9.03。

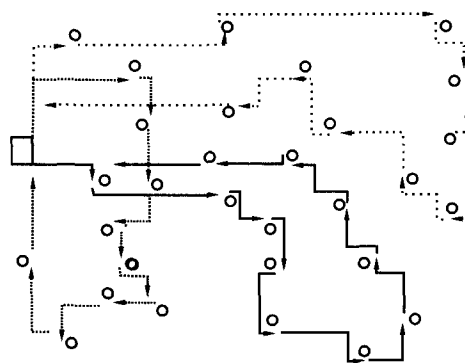


图3 货车行驶路线图

在求解VRP问题时,需要的货车数量取决于每辆货车的最大行驶里程和每个客户的卸货时间,最大行驶里程设定得越大,卸货时间越长,完成配送任务所需要的货车数量就越多^[9-10]。把货车最大行驶里程设为80,每个客户的卸货时间设为6,行驶长度为65的距离所花费的时间,这样3辆货车就可以完成配送任务。

文中在仿真模型中把货车行驶行为的时间表参数设定如下:

ScheduleParameters vehicleParam=

ScheduleParameters.createPepeating(1,1,0)

可以看出,货车在时期1开始行驶,每次移动的时间间隔为1,行为的优先级为0。货车每次移动距离设定得越大,货车的移动速度就越快。文中把每次移动的距离设为一个常数,假定货车按恒定的速度行驶。

算法模型首先会求解 VRP 问题,得到货车数量和最优路径之后,货车开始沿既定路线行驶.从整个仿真模型的运行过程来看,货车沿着道路移动,依次访问目标客户,实现了较好的可视化效果,有助于实时观察配送全过程.使用相同的参数设置,把模型运行 10 次,10 个解的最小行程、最大行程和平均行程分别为 60.7、61.8、61.1,货车数量都是 3.图 3 显示了最优解每辆货车的行驶路线.

假设由于某种原因要把仓库搬迁到城市区域的上部,如图 4 所示.现在要对这种仓库位置变动进行评价,只要打开 GIS 文件,把仓库对象拖动到新的位置,再运行仿真模型,就可以与原来的选址方案进行比较了.把仓库拖动到新位置,同样把仿真模型运行 10 次,10 个解的货车数量都是 3,最小行程、最大行程和平均行程分别为 57.9、59.9、58.1,最优解的车辆路径如图 4 所示.因此仓库位置改变后,货车总行驶里程有所下降,如果不考虑其他因素,新的仓库位置优于原来的位置.

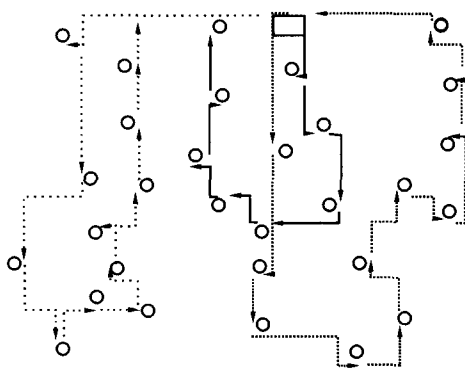


图 4 改变仓库位置后货车行驶路线图

5 结束语

针对传统方法在物流配送路径优化过程存在搜索时间长,得不到全局最优解,导致物流配送效率低的难题,文中提出了采用蚂蚁算法复杂路网条件下物流配送路径优化算法.仿真实验结果验证了算法的有效性和实用性.当然在物流企业实际过程中,最优配送路径的选择受到多种因素的影响,需要进一步研究,使其

更好地能够运用于物流配送路径的实践中.

参考文献:

- [1] Howe T R, Collier N T, North M J, et al. Containing agents: contexts, projections, and agents [J]. Computer and Information Science, 2006, 107-113.
- [2] Dorigo M, Stützle T. Ant colony optimization cambridge [M]. Massachusetts, London: The MIT Press, 2004.
- [3] Reimann M, Stummer M, Doerner K. A savings based ant system for the vehicle routing problem [C] // Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2002). San Francisco: Morgan Kaufmann, 2002, 1317-1325.
- [4] Clarke G, Wright J W. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points [J]. Operations Research, 1964(12): 568-581.
- [5] 陈以, 万梅芳. RBF 神经网络在物流系统中的应用 [J]. 计算机仿真, 2010, 27(4): 159-163.
- [6] 余玥, 胡宏智. 基于改进遗传算法的物流配送路径求解 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(3): 52-55.
- [7] 张万旭, 林健良, 杨晓伟. 改进的最大-最小蚂蚁算法在有时间窗车辆路径问题中的应用 [J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(4): 572-576.
- [8] 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.
- [9] 李宁, 陈彬, 徐凯. 一种基于道路网路拓扑改进的格网空间索引算法 [J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2008, 37(5): 482-483.
- [10] 陶波, 朱玉琴. 改进的动态规划法在车辆最短路径问题中的应用 [J]. 重庆工学院学报, 2009, 23(1): 24-27.

作者简介:

吴洁明 女, (1959-), 研究生, 副教授. 研究方向为计算机件与理论.

李余琪 男 (1980-), 硕士, 讲师. 研究方向为数据分析预测.

万 励 女 (1972-), 硕士, 工程师. 研究方向为数据库和计算机应用.