

# 一种改进的车辆路径调度算法研究

唐德权, 史伟奇

(湖南警察学院 信息技术系, 湖南 长沙 410138)

**摘要:**针对当前广泛研究的车辆路径调度问题, 为了处理来自多个数据源的数据收集服务并满足数据收集系统结构易部署、低成本的要求, 需要对传统的禁忌搜索和向前插入启发式等传统的车辆路径调度算法进行改进。利用大数据平台对多源数据计算的优势, 构建大数据知识服务平台的车辆路径调度模块的体系框架。首先对车辆路径问题进行了描述, 然后提出大数据知识服务平台车辆路径调度体系组成结构, 从而进一步提出基于大数据知识服务的车辆路径调度算法。通过数据模拟实验验证了算法的正确性和有效性, 并在时间性能上比传统车辆路径调度算法优越。

**关键词:**车辆路径问题; 禁忌搜索; 启发式搜索; 大数据平台; 车辆调度算法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2018)01-0112-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2018.01.024

## Research on an Improved Vehicle Routing Scheduling Algorithm

TANG De-quan, SHI Wei-qi

(Department of Information Technology, Hunan Police Academy, Changsha 410138, China)

**Abstract:** In view of the extensive research problem of vehicle routing scheduling presently, in order to handle data collection services from multiple data sources and meet the requirements of data collection system in easy deployment and low cost, it is necessary for traditional vehicle routing algorithm such as tabu search and forward insertion heuristic to be improved. In this paper we construct the vehicle routing scheduling module of large data knowledge service platform by advantages of big data platform to multi-source data calculation. First, vehicle routing problem is described. Secondly, the structure of vehicle routing scheduling system of big data knowledge service platform is designed. At last, a vehicle routing scheduling algorithm based on big data knowledge service is presented. The correctness and validity of the algorithm are verified by data simulation, and its time performance is superior to the traditional vehicle routing algorithm.

**Key words:** vehicle routing problem; tabu search; heuristic search; big data platform; vehicle scheduling algorithm

## 0 引言

车辆路径问题 (vehicle routing problem, VRP) 一直是网络优化问题中最基本的问题之一<sup>[1]</sup>。由于其应用的广泛性和经济上的重大价值, 倍受国内外学者的广泛关注<sup>[2]</sup>。VRP 是指一定数量的客户, 各自有不同数量的货物需求, 配送中心向客户提供货物, 由一个车队负责分送货物, 组织适当的行车路线, 目标是使得客户的需求得到满足, 并能在一定的约束下, 达到诸如路程最短、成本最小、耗费时间最少等目的<sup>[3]</sup>。Flood 提出的旅行商问题<sup>[4]</sup> (traveling salesman problem, TSP) 是 VRP 的特例, Gaery<sup>[5]</sup> 已证明 TSP 问题是 NP 难题, 因此 VRP 也属于 NP 难题。

为了满足目前大量车辆数据处理难的问题, 尝试利用大数据知识服务平台对数据进行计算、分析和处

理, 并对传统车辆路径调度算法进行优化改进<sup>[6]</sup>, 为全局优化线路提供决策依据。

文中提出一种基于大数据知识服务平台的车辆路径调度体系结构, 利用大数据计算工具和相关知识服务从各种来源收集数据, 并且高效实时地对数据进行存储、处理和分析, 为车辆路径调度算法提供一个可伸缩的、高效和优化的集成操作环境。

## 1 问题描述

### 1.1 VRP 问题

VRP 的一般定义为一个三元组的图  $G$ , 即  $G = (V, E, C)$ , 其中  $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$  是顶点集合,  $E = \{(v_i, v_j) \mid (v_i, v_j) \in V^2, i \neq j\}$  是边集合,  $C = (c_{ij})_{(v_i, v_j) \in E}$  是边的权, 表示距离、时间或运输成本, 顶

收稿日期: 2017-03-11

修回日期: 2017-07-11

网络出版时间: 2017-10-19

基金项目: 国家自然科学基金 (61271264, 61471169); 湖南省教育科研优秀青年项目 (15B076); 湖南省哲学社会科学基金项目 (16YBA144)

作者简介: 唐德权 (1979-), 男, 副教授, 博士研究生, 研究方向为数据挖掘、组合与优化。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20171019.1626.076.html>

点  $v_0$  称为仓库,其余的顶点  $V$  代表需要服务的顾客或需求方<sup>[7]</sup>。VRP 在于连接一组路线基于  $K$  相同的车辆在仓库,这样每个顶点访问一次,同时达到目标函数即使得整个路线成本最小化<sup>[8]</sup>。

设有一仓库  $V_0$ ,共有  $M$  辆货车,车辆容量为  $Q$ ,有  $N$  位顾客,每位顾客的需求量为  $D$ 。车辆从  $V_0$  出发,对顾客进行配送服务,最后返回  $V_0$ ,要求整个路线的顶点都被配送,每位顾客配送一次即可完成,且不能超过车辆容量  $Q$ ,目标是车辆路线的总成本最小。在实际车辆路线图中的权值  $C$  可能是时间或距离等问题的描述,如图1所示。

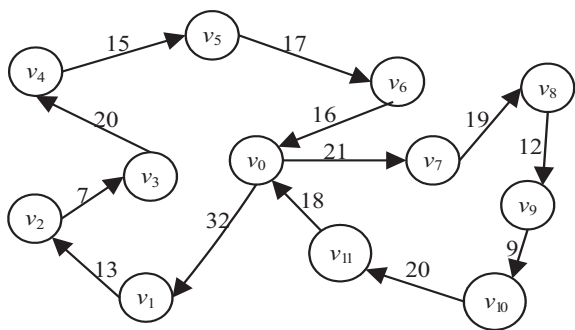


图1 VRP 示意

根据 VRPTW 问题的定义,其数学模型可以描述为:如果车辆  $s$  访问客户  $m$  后访问客户  $n$ ,则  $Y_{mns} = 1$ , 否则  $Y_{mns} = 0$ 。目标函数定义为:

$$\begin{cases} \text{Min} P = \sum_{s \in N} \sum_{m \in U} \sum_{n \in U} U_{mn} Y_{mns} \\ D(n, s) + \sum_m u_{mn}^s = \sum_k u_{nk}^s, n = 1, 2, \dots, k, \\ s = 1, 2, \dots, q, n \neq s \\ u_{mn}^s \geq 0, (m, n) \in A, s = 1, 2, \dots, q \end{cases} \quad (1)$$

## 1.2 大数据知识服务平台车辆路径调度体系结构

### (1) 数据收集器。

数据收集器从车辆主节点和传感装置收集动态时序数据,每个传入的数据流映射到一个数据收集器节点<sup>[9]</sup>。每个数据收集器节点有数据聚合器、数据过滤器和数据存储服务器模块。对大量原始位置和传感器车辆数据流形式的原始数据,使用大数据分析软件 Hadoop 进行预处理数据分析。Hadoop 是一个能够对大量数据进行分布式处理的软件框架,对数据预处理更有效率。另外,Hadoop 实现了一个分布式文件系统 (Hadoop distributed file system, HDFS)。在 Hadoop 中,用于执行 MapReduce 任务的机器角色有两个:一个是 JobTracker;另一个是 TaskTracker。JobTracker 用于调度工作,TaskTracker 用于执行工作。一个 Hadoop 集群中只有一台 JobTracker。在分布式计算中,MapReduce 框架负责处理并行编程中分布式存储、工作调度、负载均衡、容错均衡、容错处理以及网络通信等复杂问题,

把处理过程高度抽象为两个函数:map 和 reduce。map 负责把任务分解成多个任务,reduce 负责把分解后多任务处理的结果汇总起来。

### (2) 数据管理模块。

对收集到的数据进行处理、分析、过滤和存储,然后收集到数据库,形成一个 HDFS 能管理的数据结构。

### (3) 数据挖掘模块。

因为使 HDFS 和 MapReduce 优化处理大文件、数据转到一个记录结构文件更有效,所以数据挖掘要将聚集本地磁盘的车辆位置和传感器非结构化流数据转换为结构化记录文件,并在非结构化序列文件中解析记录和提取传感器相关知识,最后数据挖掘模块将结构化的记录移动到 HDFS。

### (4) 能源经济政策和节能减排数据库。

主要功能是用大数据分析平台评价车辆路径综合管理指标。大数据分析平台需要法律政策数据库系统和统计数据库系统的支撑,主要包括评价指标库、标杆库、空间数据库、政策法规库等,实现指标库管理、指标体系管理、标杆库管理、指标查询、指标体系查询、指标对标评价、达标率统计、报表统计等功能,这些法律法规数据是车辆路径调度管理决策依据。

### (5) 控制器。

控制器模块通过车辆路径调度算法向所有车辆发送当前最小成本路线,同时控制器能将当前附近的车辆新路径线路和附加信息增加到动态车辆路径数据中,用于实时更新路径数据。

大数据知识服务平台体系结构如图2所示。

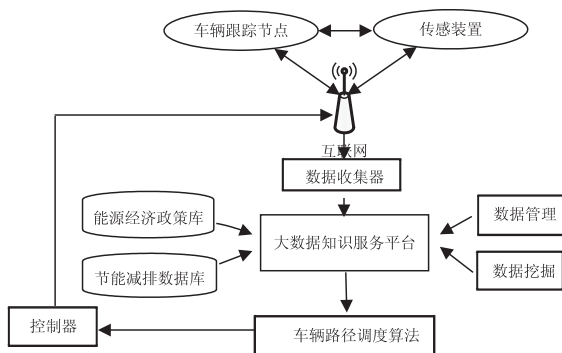


图2 大数据知识服务平台车辆路径调度体系结构

## 2 大数据知识服务平台车辆路径调度算法

用式(1)作为最小化目标函数的约束条件,基于大数据知识服务平台对传统的车辆路径调度算法—向前推动插入启发式<sup>[10]</sup> (push forward insertion heuristic, PFIH)和禁忌搜索<sup>[11]</sup> (tabu search, TS)进行改进。解决方案是通过最小化的目标函数,为每辆车选择一条目标函数最小到达目的地路径的顺序<sup>[12]</sup>。TS 是一种亚启发式 (meta-heuristic) 随机搜索算法<sup>[13]</sup>,它从一个

初始可行解出发,选择一系列的特定搜索方向(移动)作为试探,选择实现让特定目标函数值变化最多的移动。为了避免陷入局部最优解,TS 搜索中采用了一种灵活的“记忆”技术,对已经进行的优化过程进行记录和选择,指导下一步的搜索方向,这就是 Tabu 表的建立。首先利用 PFIH 产生初始解决方案<sup>[14]</sup>,再利用禁忌搜索的车辆路径(路线)算法得到全局车辆优化路径。

算法 1:基于大数据知识服务平台 PFIH 产生初始解的算法(PFIH based on big data platform, PFIH-BDP)。

输入:车辆集  $K = \{1, 2, \dots, k\}$ , 目标节点集  $N = \{0, 1, \dots, n\}$ ,  $N = 0$  时为中心仓库;

输出:初始路径序列  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ 。

$P_0$ :从大数据知识服务平台获取处理车辆路径数据集;

$P_1$ :从( $N = 0$ )开始,初始化一个空路线集,并且置  $R = 1$ ;

$P_2$ :如果所有节点都被访问,则转  $P_{10}$ ;

$P_3$ :否则,计算未被访问节点成本按升序将它们插入第一节点;

$P_4$ :在可行的时间和能力的限制条件下,从排序的列表中选择第一个成本最少的节点  $c_1$ ;

$P_5$ :将  $c_1$  附加到当前路线  $R$ ,并更新路线的总成本;

$P_6$ :计算  $N$  中没有被访问的节点,计算边( $c_i, c_j$ ),并按序插入到  $R$  中;

$P_7$ :如果节点  $N_i$  的边( $c_i, c_j$ )之间的成本最低,插入( $c_i, c_j$ )线路并更新当前路线的成本。转到  $P_6$ ;

$P_8$ :否则转到  $P_9$ ;

$P_9$ :从  $N_0$  开始规划一条新路线,并且置  $R = R + 1$ ,转  $P_2$ ;

$P_{10}$ :结束。

算法 2:基于大数据知识服务平台禁忌搜索(tabu search based on big data platform, TS-BDP)的车辆路径算法。

输入:初始路径序列  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ ;

输出:每辆车的最优路径及路径序列  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ 。

$T_1$ :使用 PFIH 得到初始路径  $P$ ,并设置全局最佳解决方案等于当前的解决方案  $P = S^*$ ;

$T_2$ :初始化禁忌列表和候选列表并添加当前解决 tabu 列表中;

$T_3$ :大数据知识服务计算,强化当前区域的解决方案  $P$ ,更新候选列表保证列表的顶部为最佳解决方案; 万方数据

$T_4$ :设置  $S_0$  等于候选列表第一个解;

$T_5$ :如果  $S_0$  在禁忌列表中,从候选列表选择下一个最佳解并将它置为  $S_0$ ;

$T_6$ :如果  $C_i < C_j$ ,则最佳解  $S^* = S_i$ ,并更新禁忌列表;

$T_7$ :判断是否用随机跳产生随机解做多元化和更新候选列表;

$T_8$ :如果迭代的总数小于最大允许迭代次数,则进入  $T_3$ ;

$T_9$ :否则,算法结束。

### 3 数据模拟实验

为了验证基于大数据知识服务平台动态车辆路径算法的正确性和有效性,开发了一个原型系统。数据来源于某物流配送公司,分别用 10/4、50/10、100/20、500/50、1 000/100(路径节点数/车辆数)数据对算法进行测试。

为了评估大数据计算平台框架处理的性能,使用 Amazon Elastic Compute Cloud(EC2)基础设施进行实验,结果如图 3 和图 4 所示。

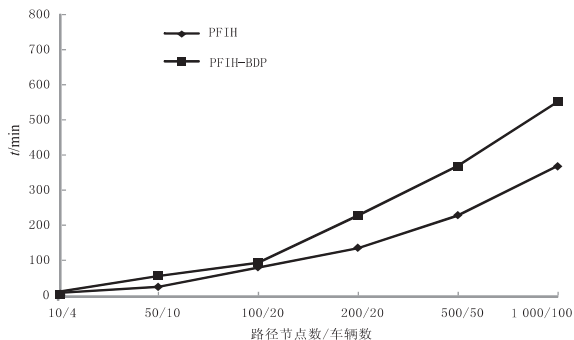


图 3 PFIH 与 PFIH-BDP 时间性能比较

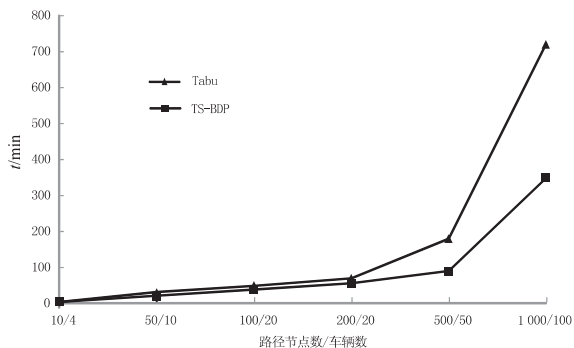


图 4 TS 和 TS-BDP 时间性能比较

由图 3 和图 4 所示,与传统 PFIH 和 TS 算法相比较,基于大数据知识服务平台的两种改进算法在时间性能上具有一定优势。与传统算法相比,随着数据量增加,两种算法的运行时间都随之上升。但数据量在 500/50 时,PFIH 和 TS 算法的时间急剧上升,而基于大数据知识服务平台的算法由于利用大数据计算平台对初始数据进行了处理,在时间性能上有明显优势。

4 结束语

提出一种基于大数据知识服务平台的车辆路径调度算法。该算法利用大数据超性能计算工具对传统算法进行优化,增强了算法收集和处理车辆数据的能力,提高了算法的时间性能。模拟实验表明,改进后的两个算法能够有效处理车辆路径调度问题,同时解决了传统算法寻找最优解的问题,具有重要的参考价值。虽然该算法在数据模拟实验中得到了较好的时间性能指标,但在实际应用中仍受到了一些限制,未来的研究工作将进一步对该算法进行优化。

参考文献:

[1] 汤雅连. 配送中心选址与车辆路径问题的优化[J]. 北京联合大学学报:自然科学版,2014,28(3):47-52.

[2] 张强,荆刚,陈建岭. 车辆路线问题研究现状及发展方向[J]. 交通科技,2004(1):60-62.

[3] 殷龙,衡红军. 基于最邻近算法的机场特种车辆调度应用研究[J]. 计算机技术与发展,2016,26(7):151-155.

[4] 姜坤霖,李美安,张宏伟. 面向旅行商问题的蚁群算法改进[J]. 计算机应用,2015,35:114-117.

[5] 祝崇隽,刘民,吴澄. 供应链中车辆路径问题的研究进展及前景[J]. 计算机集成制造系统,2001,7(11):1-6.

[6] 赵传信,张雪东,季一木. 改进的粒子群算法在VRP中的

应用[J]. 计算机技术与发展,2008,18(6):240-242.

[7] CLAES R,HOLVOET T,WEYNS D. A decentralized approach for anticipatory vehicle routing using delegate multiagent systems[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,2011,12(2):364-373.

[8] 刘云忠,宣慧玉. 车辆路径问题的模型及算法研究综述[J]. 管理工程学报,2005,19(1):124-130.

[9] 钟雪灵,王雄志. 开放式车辆路径问题的混合算法[J]. 计算机仿真,2011,28(8):207-210.

[10] 张建勇,李军,郭耀煌. 带模糊预约时间的动态VRP的插入启发式算法[J]. 西南交通大学学报,2008,43(1):107-113.

[11] 袁庆达,闫昱,周再玲. Tabu Search算法在优化配送路线问题中的应用[J]. 计算机工程,2001,27(11):86-89.

[12] SCHMITT E,JULA H. Vehicle route guidance systems:classification and comparison[C]//IEEE intelligent transportation systems conference. Toronto:IEEE,2006:242-247.

[13] 李刚,刘景发. 基于禁忌搜索的启发式算法求解带平衡约束的圆形装填问题[J]. 中国科学:信息科学,2011,41(9):1076-1088.

[14] SOLOMON M M. Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints[J]. Operations Research,1987,35(2):254-265.

(上接第111页)

至预定流值,最终计算出最小费用流。该算法相对经典算法在时间上具有比较明显的优化,而且随着网络规模的增大,效果更显著。该算法在两种网络比较中更加适用于稀疏网络。在实际应用中,很多网络都是稀疏网络,因此文中算法能为这些领域提供较为有力的支持。

参考文献:

[1] 谢政. 网络算法与复杂性理论[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2003.

[2] 王桂平,王衍,任嘉辰. 图论算法理论、实现及应用[M]. 北京:北京大学出版社,2011.

[3] 谢凡荣. 运输网络中求最小费用最大流的一个算法[J]. 运筹与管理,2000,9(4):33-38.

[4] FAN J,LIAO I F,TAN S X D,et al. Localized on-chip power delivery network optimization via sequence of linear programming[C]//Proceedings of the 7th international symposium on quality electronic design. Piscataway:IEEE Computer Society,2006:272-277.

[5] RISETTI G G,RIZZINI D L,STACHNISS C,et al. Online constraint network optimization for efficient maximum likelihood map learning[C]//IEEE international conference on robotics and automation. [s. l.]:IEEE,2008:1880-1885.

[6] CARLONI C,NOBILE L. Maximum circumferential stress cri-

terion applied to orthotropic materials[J]. Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures,2005,28(9):825-833.

[7] DALMAS D,LAKSIMI A. On the method of determination of strain energy release rate during fatigue delamination in composite materials[J]. Applied Composite Materials,1999,6(5):327-340.

[8] 程德文,吴育华. 求最小费用最大流的改进标号法[J]. 系统管理学报,2009,18(2):237-240.

[9] 金友良,张同全. 最小费用排序问题[J]. 云南民族大学学报:自然科学版,2007,16(3):222-224.

[10] 赵礼峰,宋常城,白睿. 基于最小费用最大流问题的“排序”算法[J]. 计算机技术与发展,2011,21(12):82-85.

[11] 赵礼峰,白睿,宋常城. 求解最小费用最大流的新方法[J]. 计算机技术与发展,2012,22(5):94-96.

[12] 夏林林,叶茂莹,杨凌云,等. 求解最小费用流问题的蚁群算法[J]. 内江师范学院学报,2010,25(6):30-32.

[13] 徐凤生,李天志. 所有最短路径的求解算法[J]. 计算机工程与科学,2006,28(12):83-84.

[14] 孙小军,焦建民. 一种求解最少时间的最小费用路问题的算法[J]. 计算机工程与科学,2008,30(7):77-78.

[15] 谢政,汤泽滢. 最小费用最大双流[J]. 高校应用数学学报,1996(1):97-104.

[16] 汪小帆,李翔,陈光荣. 复杂网络理论及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,2005.