

【文章编号】1672-5328(2005)01-0047-04

运输调度问题的现状与发展方向

邹谷山 蔡延光 王涛

(广东工业大学自动化学院, 广州 510090)

【摘要】VRP是网络优化问题中最基本的问题之一,由于其应用的广泛性和在经济上的重大价值,一直受到国内、外学者的广泛关注。介绍了运输调度问题的研究现状和问题模型分类方法,然后对运输调度问题的模型描述与求解算法进行总结和分析,最后分析了运输调度问题今后的发展方向。

【关键词】运输调度; 模型分类; 算法

【中图分类号】U116.2 【文献标识码】A

Actuality and Developmental Trend for Vehicle Routing Problem

ZOU Gushan, CAI Yanguang, WANG Tao

(Department of Automation, GuangDong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: The Vehicle Routing Problem (VRP) is one of the elementary problems in network optimization field. VRP has attracted the attention of both domestic and overseas scholars and experts. Some achievement has been attained in this research field. This paper introduces the current research state of VRP and the classification of VRP model, then describes the characteristics of VRP model and summarizes the algorithm settled this kind of problem. Finally, this paper analyzes the direction of future research of VRP.

Keywords: VRP; classification of the model; algorithm

运输调度问题是指在一个存在供求关系的系统中,有若干台车辆(车辆停放在车队),有若干个供应点和需求点,要求给出车辆行车路线(Vehicle Routing Problem, VRP)设计和出行时间(Vehicle Scheduling Problem, VSP)安排。在给定的约束条件下,把货物从供应点运送到需求点,使目标函数值取得最优VRP和VSP结合,统称为运输调度问题,国内有些研究者称为车辆调度问题。广义的VRP问题包含了VSP问题。运输调度的目的是在满足一定的约束条件下(如运输车辆限制、运输时间限制、运输数量要求、运输能力限制等),组织适当的行车路线和任务分配,给出每辆车的作业流程和送货时间、数量一览表,达到

一定的目标^[1](如费用极小、路程最短、时间最少、使用车辆数尽量少等)。

1 模型的结构分类

为了便于智能运输系统正确选择(从而自动构造)模型和算法,对模型结构进行合理适当的分类是至关重要的,本节主要介绍一种模型结构分类方法。在上述分类中,“待定”的含义是指有无限的资源可供使用,但需确定最优的资源配置。

1) 车队结构参数

收稿日期: 2004-09-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(60374062)、广东省科技计划项目(2004101B10101038)和广东省自然科学基金项目(04009488)

作者简介: 邹谷山(1980—),男,广东工业大学自动化学院硕士研究生。E-mail: topvalley@etang.com

- ①车队数量: a.一个; b.一个以上
- ②车队位置: a.固定; b.待定
- ③每个车队拥有的车辆数: a.一辆; b.一辆以上; c.待定
- ④车辆载重量: a.所有车辆的载重量相等; b.车辆的载重量不完全相等
- ⑤车辆类型: a.普通车辆; b.专用车辆; c.普通、专用车辆混合车队

2) 供应结构参数

- ①供应点数量: a.一个; b.一个以上; c.待定
- ②供应点位置状态: a.确定的; b.待定

3) 需求结构参数

- ①服务类型: a.输送型或收集型(两者不可兼有,如配送中心向连锁店配送货物,收集垃圾等); b.输送、收集混合型(如公交车乘客可以上车、下车)
- ②需求总量: a.不超过全部车辆总的载重量; b.可超过全部车辆总的载重量
- ③需求次数(需求点只需一次或多次运输服务): a.最多一次; b.次数不限
- ④需求位置: a.边、弧; b.顶点; c.混合型(边、弧、顶点)
- ⑤需求点或货物对车辆的特殊要求: a.无要求; b.某台车辆优先; c.某类车辆优先
- ⑥货物到达目的地的先后顺序: a.无要求; b.某一货物必须比另一货物提前到达; c.某类货物必须比另一类货物提前到达; d.某一货物必须与另一货物同时到达; e.某类货物必须与另一类货物同时到达

⑦需求满足程度: a.全部满足; b.需求部分满足(不满足有损失,受到惩罚)

4) 网络结构参数

①有向或无向: a.无向; b.有向; c.混合(既有有向边又有无向边)

②边、弧的权值: a.固定; b.随时间不同而变化; c.随车辆的不同而变化

③权值的关系: a.无关系; b.满足三角不等式

④拓扑结构: a.路径; b.圈; c.树; d.仙人掌图; e.平面图; f.简单图; g.一般结构(有重边的一般网络、环); h.欧氏空间

5) 作业类型参数

①混装: a.不允许混装; b.允许混装(同一车可以装运不同类型的货物)

②分散装运: a.不允许分散装运; b.允许分散装

运(某个需求点的货物可以分批运达,即使需求量在车辆的载重量以下)

③中转: a.不允许中转; b.允许中转

④车辆完成运输任务后的泊车地点: a.必须返回到出发点; b.返回到任意车队; c.不需返回到车队

6) 约束条件

①时间约束: a.无时间限制; b.在指定的时间区间内完成运输任务; c.有时间限制但可以不遵守,不遵守时有惩罚

②距离约束: a.无距离限制; b.每辆车的运输距离有限; c.每辆车的运输距离有限但可以不遵守,不遵守时需另付加班费

③交通流量约束: a.无流量限制; b.边、弧限制(每个边、弧上同时行驶的车辆数量有限); c.顶点限制(顶点上同时进行装、卸货的车辆数量有限); e.边、弧、顶点限制

④行车路线约束: a.无相交性限制; b.顶点不相交(不同车辆的行车路线不能相交); c.边、弧不相交

⑤其他要求

7) 函数及数字的特征

①确定或随机: a.确定; b.随机

②精确或模糊: a.精确; b.模糊

③数据已知程度: a.白色; b.灰色; c.黑色

④静态或动态: a.静态; b.动态

8) 目标函数结构

①目标数量: a.单目标; b.多目标

②目标函数: a.总路程最短; b.最少车辆数; c.综合费用最小(车辆维护、车队管理费、装卸成本、油料、工资……); d.加班占最小; e.惩罚最小; f.其他

2 运输调度问题模型描述与求解算法

2.1 模型描述

1) 基本运输调度问题的模型描述

VRP问题所涉及的物流系统可以由服务区、仓库、分布在服务区内的服务点几部分组成。基本运输调度问题^[2](Simple Vehicle Routing Problem, SVRP),即车辆从仓库出发,配送客户所需的商品,然后返回仓库。基本运输调度问题主要是在最小运输代价和满足所有的需求的情况下找到一组最优的商品分配路

线。

2) 具有扩展特征的运输调度问题的模型描述

运输调度问题在学术研究和实际应用上产生了许多不同的延伸和变化形态, 包括时窗限制车辆路线问题 (Vehicle Routing Problems with Time Windows, VRPTW)、多车种车辆路线问题 (Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problems, FSVRP)、带时间窗的多重运输调度问题 (Multiple Demands Vehicle Routing Problems with Time Windows, MVRP)、车辆多次使用的车辆路线问题 (Vehicle Routing Problems with Multiple Use of Vehicle, VRPM)、考虑收集的车辆路线问题 (Vehicle Routing Problems with Back-haul, VRPB)、随机需求车辆路线问题 (Vehicle Routing Problem with Stochastic Demand, VRPSD) 等。总的来说, 联盟运输调度问题 (AVRP) 模型由特定的参数构成, 包括车队结构参数、供应结构参数、需求结构参数、网络结构参数、作业类型参数和其他约束条件 (如时间约束、流量控制、距离约束等)。各种扩展运输调度问题模型的具体表示形式和模型描述可以参阅参考文献 [3~8]。

2.2 求解算法

综合过去有关车辆路线问题的求解方法, 可以分为精确算法, 近似算法、启发式算法, 智能算法和并行算法。

1) 精确算法

主要有分支界限法 (Branch and Bound Approach)^[9-10]、割平面法 (Cutting Planes Approach)、网络流算法 (Network Flow Approach)、动态规划方法^[9,11]等。

2) 近似算法

即使对非常简单的结构, VRP 和 MVRP 也属于 NP-完全问题^[12-13]。有文献已经证明: 在平面图上, 一台车辆的运输调度问题是 NP-完全问题^[13]; 在树形网络上求最小距离、最小车辆数问题是 NP-完全问题。因而, 具有扩展特征的运输调度问题也是 NP-完全问题, 所以寻找近似算法是必要和现实的, 在可能情况下对算法的精度进行估计, 研究算法的复杂度。近似算法主要有以下几类: 先路线后聚集^[14] (Routing First-Customer Second) (最短路径法、匹配算法、集划算法、集覆盖算法)、先聚集后路线 (Cluster First-Routing Second)、松弛法^[15] (Relaxation Approach, 如 Lagrange 松

弛法)、改进与交换法^[16] (Improvement and Exchange) 等。

3) 智能算法

1990 年以来, 人工智能方法在解决组合优化问题上显示出其强大的功能, 在各个领域得到充分应用。很多学者也将人工智能引入车辆路线问题的求解中, 并构造了大量的智能算法, 如: 遗传算法^[17]、模拟退火算法^[18-19]、禁忌搜索算法^[20]、蚁群算法^[21]以及它们的变种形式, 另外, 还包括具有特定扩展特征的运输调度解的一些算法等。

4) 并行算法

当今国内、外的研究学者提出的并行算法都是基于一种启发式的算法, 如节约算法、插入算法、拉格朗日松弛法等, Altinkemer, Gavish, Potvin, Rousseau 等众多的国外研究学者都运用并行算法求解 VRP 问题。国内也有这方面的研究, 如基于双表的 MVRP 并行禁忌搜索算法。

3 实际运用情况

VRP 问题是运筹学中的一个重要的分支, 是组合优化中一类 NP-完全问题, 它与日常生活联系很紧密。如邮局的邮件递送业务、超级市场的商品供应、牛奶站的牛奶送达业务、工业产品的运输、运输公司的安排、乘务员的安排计划等等, 具有广泛的应用。但使用的算法各自都具有一定的适用条件, 其计算的复杂性及运算的结果也不同, 各有利弊, 因此, 局限性较强。

4 运输调度问题的发展方向

1) 仿真计算和实际应用结果表明, 智能算法通常比精确算法具有较快的收敛速度, 比普通的启发式算法具有较高的精度, 是今后运输调度问题算法研究的主流。但是智能算法的选择对 VRP、MVRP 模型结构有相当程度的依赖, 即智能算法以某一参数对某些 VRP、MVRP 模型类的求解非常有效, 而对其他模型类可能效果不佳。因此, 对于 VRP、MVRP 的不同模型类, 一般需要构造相应的智能算法参数和实现策略来求解。

2) VRP、MVRP 问题是复杂的组合优化问题, 对

探索一种多处理机系统或分布式系统的并行算法具有重要现实意义。对企业而言,如果建有局域网则无需为分布式并行计算机作专门的硬件投资,是一个在技术上可行、经济上合算的选择,分布式并行算法的设计也是VRP、MVRP研究的一个主要方向。

3) 联盟运输调度问题(Allied Vehicle Routing and Scheduling Problem, AVRSP & AVSP, 广义的AVRP包含了AVSP)的研究,这里的联盟运输调度问题是基于物流联盟运输调度的最优化问题。AVRP具有三个鲜明的特点:①允许使用多重交通网络(如公路、铁路、水运、空运、管道等);②允许不同类型交通工具(汽车、火车、轮船、飞机等各类交通工具使用不同的交通网络、允许有不同的运输能力)的协调使用;③允许使用货物中转设施(如仓库)。AVRP是建立在传统的VRP、MVRP基础之上的,更具普遍适用性,是今后运输调度问题研究的一个重要方向。

总的来说,在我国,运输调度问题的理论研究起步较晚。已有的研究有限,且理论上不够完善,通用性强、精度高、速度快的系统算法是今后的研究发展方向。

参考文献

- 1 郭耀煌, 李军. 车辆优化调度问题的研究现状评述[J]. 西南交通大学学报, 1995, 30(4): 376~382
- 2 Barrie M. Baker, M. A. Ayechev. A genetic algorithm for the vehicle routing problem [J]. Computer & Operations Research, 2003, 30: 787~800
- 3 Tan, K. C, Le, L. H, Ou, K. Artificial intelligence heuristics in solving vehicle routing problems with time window constraints [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2001, 14: 825~837
- 4 Renaud, Jacques, Boctor, Fayed F. A sweep-based algorithm for the fleet size and mix vehicle routing problem [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 140(8): 618~628
- 5 蔡延光, 钱积新, 孙优贤. 带时间窗的多重运输调度问题的自适应Tabu Search算法[J]. 系统工程理论与实践, 2000, (12): 42~50
- 6 Golden, Bruce L, Laporte, Gilbert, Taillard, Eric D. An adaptive memory heuristic for a class of vehicle routing problems with minmax objective [J]. Computers & Operations Research, 1997, 24(5): 445~452
- 7 Gur Mosheiov. Vehicle routing with pick-up and delivery: tour-partitioning heuristics [J]. Computers & Industrial Engineering, 1998, 6(34): 669~684
- 8 Yupo Chan, William B. Carter, Michael D. Burnes. A multiple-depot, multiple-vehicle, location-routing problem with stochastically processed demands [J]. Computers & Operations Research, 2001, 28: 803~826
- 9 Laporte G. The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms [J]. Eur. J. Oper. Res., 1992, 59: 345~358
- 10 蔡延光, 钱积新, 孙优贤. 多目标多重运输调度问题的混合算法[J]. 湖北汽车工业学院学报, 1998, 12(4): 66~71
- 11 Secomandi N. Comparing neuro-dynamic programming algorithms for the vehicle routing problem with stochastic demands [J]. Computers & Operations Research, 2000, 27(11-12): 1201~1225
- 12 Lenstra J K, Rinnooy Kan A H G. Complexity of vehicle routing and scheduling problems [J]. Networks, 1981, 11: 221~227
- 13 蔡延光, 钱积新, 孙优贤. 多重运输调度问题的计算复杂性[J]. 运筹与管理, 1997, 6(3): 1~5
- 14 Beasley J E. Route first-cluster second methods for vehicle routing[J]. Omega, 1983, 11(4): 403~408
- 15 Desrosiers J, Sauve M, Soumis F. Lagrangian relaxations method for solving the minimum fleet size multiple traveling salesmen with time-window [J]. Management Science, 1988, 34: 1005~1022
- 16 Golden B L, Assad A. A Vehicle Routing: Methods and Studies [M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1998
- 17 Taillard E, Gambardella L, Gendreau M, Potvin J Y. Adaptive memory programming: A unified view of meta-heuristics [J]. European Journal Of Operational Research, 2001, 135(1): 1~16
- 18 杨文广, 郑伟民, 王鼎新, 李小明. 利用确定退火技术的旅行商问题求解算法[J]. 软件学报, 1999, 10(1): 57~59
- 19 蔡延光, 钱积新, 孙优贤. 多重运输调度的模拟退火算法[J]. 系统工程理论与实践, 1998, (10): 11~15
- 20 Chao I-M. A tabu search method for the truck and trailer routing problem [J]. Computers & Operations Research, 2002, 29(1): 33~51
- 21 马良, 项培军. 蚂蚁算法在组合优化中的运用[J]. 管理科学学报, 2001, 4(2): 32~37