

VRP的数学模型及算法分析

聂艳芳

(太原旅游职业学院, 山西 太原 030032)

摘 要:随着我国物流业的飞速发展,车辆运输路线规划对于降低物流成本显得越来越重要。对车辆路线问题 (VRP)进行了数学建模,总结了国内外的研究状况,并指出了今后的研究方向。

关键词:车辆路线问题 (VRP); 精确算法; 启发式; 亚启发式

中图分类号: N945. 12: TP311. 11 **文献标识码:** A

0 引言

随着物流配送集约化、一体化的发展,我们经常把配送的各个环节综合起来,核心部分就是配送车辆的集货、货物配装及送货过程。进行配送系统优化,主要就是配送车辆优化调度,包括集货线路、货物配送线路,以及集货、货物配装和送货一体化等各方面的优化。特别是货物配送线路的优化问题,是物流配送优化中关键的一环,配送线路是否合理,对配送的速度、时间、成本损耗、效益影响很大,特别是多用户配达线路更为复杂。采用科学的、合理的方法来优化配送车辆线路,是配送活动中非常重要的一项活动。

物流配送车辆的线路优化问题在国外被归结为 Vehicle Routing Problem, 简称为 VRP, 该问题一般定义为: 对一系列需要访问到装货点和卸货点, 组织合理的行车线路, 使车按照一定顺序通过它们, 在满足一定的约束条件 (如货物需求量、车辆容量限制、车辆的行驶时间等) 下, 达到一定的目标 (如里程最短、费用最少、使用车辆最少等) [1]。

1 VRP问题的描述及构成要素分析

VRP (车辆路径问题) 这一名词是由著名学者 Dantzig 和 Ramser 于 1959 年首次提出的, 之后便引起运筹学、组合数学、图论及网络分析、计算机应用等学科的专家以及运输管理方面专家的普遍关注, 并被应用到生产生活中, 比如: 邮政投递问题、车辆调度问题、管道铺设问题、网络拓扑问题等等。

从上面的描述可以看出, VRP 问题主要是以下几个因素的一个或多个组合 [2]。

(1) 道路。道路是货物运输的基础, 是构成 VRP 的核心要素之一。通常用从中心仓库出发按一定的路线依次经过客户点, 最后返回配送中心所形成的网络表示。

(2) 客户点。客户点代表服务对象, 一般情况下具有以下特点: 需运送或收取货物 (货物可能具有不同的种类); 客户需求服务的时间段, 如有的客户只在特定的时间段内营业, 或者因为其他原因只能在特定的时间段前往; 有些客户的确定性需求或不确定性需求; 客户需求的优先顺序等等。

(3) 中心仓库。每条车辆路线的起点或终点, 车辆从中心仓库对客户点进行货物配送或者从客户点收集货物到配送中心。在实际问题中, 客户点经常事先被进行划分, 在每次完成货物的取送任务后, 车辆都必须返回中心仓库。这样, 整个 VRP 就可以分解为几个独立的 VRP 问题。

(4) 车辆。要完成从中心仓库到客户点的配送活动, 离不开车辆这个重要的交通工具。同其他用途的车辆相比, 物流配送的车辆具有以下几个特点: (1) 车辆的归属地, 每辆车完成任务后是否要求返回其所属的车场; (2) 车辆的载重、容积限制, 通常以最大的载重量、容积来进行表示; (3) 车辆使用的成本 (如单位距离、单位时间、路线等)。

(5) 运输安排要求。在物流配送过程中, 车辆行驶路线往往取决于所运送的货物性质、服务质量水平、以及客户和车辆的特点等, 常见的有: 有的客户只能由一辆车服务、有的客户可由多辆车服务; 每条线路上, 车辆的当前装载量不能超过车辆的载重量; 客户只要求送货、取货、或送取货兼有等; 只能在客户所要求的时间内给客户提供服务。

(6) 目标。VRP 问题的目标一般从以下几个方面来考虑: 最小化总运输费用; 其大小取决于服务所有客户所需的车辆数、每辆车的固定成本及可变成本; 最小化运输距离; 完成任务所需的车辆最少; 空载车总运行时间最少; 最小化客户的不完全服务等有关的惩罚值。

2 建立数学模型

我们可以这样来描述物流配送线路优化设计的问题: 有一个配送中心, 向 m 个客户点送货。第 i 个客户点的需求量为 g_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$), 由配送中心派出载重量分别为 q_n 的 n 辆车来承运。将货物运往各个客户点, 最后回到配送中心。已知 g_i, q_n , 要求合理安排汽车路线, 满足各客户点需求, 且行程最短。

要完成以上任务, 需要注意有以下几个约束条件:

- (1) 每辆车所装载的货运总量不得超过车的最大承载量;
- (2) 每个客户点只能够由一辆车访问;
- (3) 每一条配送路线的长度不超过汽车一次配送的最

收稿日期: 2009 - 11 - 06

作者简介: 聂艳芳 (1972-), 女, 山西运城人, 硕士在读, 研究方向: 系统工程。

大距离;

(4) 必须满足用户提出的到货时间要求;

(5) 多个客户点之间的优先级关系,比如必须在访问 a 点之前先访问 b 点。

当然,对某一具体问题,上述条件可能需要全部满足,也可能只需要满足其中的一部分。

件配送总成本的意义较为复杂,本文只考虑最重要的两个成本:也就是要使车辆数最少,使行驶的距离最短。车辆数少,使得车辆的购置费、维护费、驾驶员的工资等减少;行驶的距离短,使得油耗、汽车损耗、行程中的机会成本下降,可使配送成本降低。

配送中心的编号为 0,各客户点的编号为 i ($i = 1, 2, \dots, h$),各车的编号为 s ($s = 1, 2, \dots, k$)。我们来建立数学模型,建立模型的目标就是要使总的运输成本最小。一般情况下,运输成本与车辆行驶路径成正比,行驶路径越短,车辆的耗油量越少,司机的工作时间越少,总的运输费用也就越少。因此建立如下以行驶路径最短作为目标函数的数学模型:

$$\min D = \sum_{i=0}^h \sum_{j=0}^h \sum_{s=1}^k c_{ij} x_{ijs} \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^h x_{ijs} = y_{js}, \quad j = 1, 2, \dots, h; \quad \forall s. \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^h x_{ijs} = y_{is}, \quad i = 1, 2, \dots, h; \quad \forall s. \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^h g_i y_{is} \leq q_s, \quad \forall s. \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^k y_{is} = \begin{cases} 1 & i = 1, 2, \dots, h \\ k & i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

在上述模型中:

(1)式为目标函数, c_{ij} 表示从客户点 i 到客户点 j 的运输成本, x_{ijs} 表示车辆 s 由点 i 驶向点 j 当事件发生时取值 1, 否则取值 0;

(2)式和(3)式中, y_{js} 表示客户点 j 的货运任务由车辆 s 来完成。当事件发生时取值 1, 否则取值 0。这两个式子放在一起,表示对任何一个由车辆 s 服务客户点 j 必定有且只有一个(不同于 j 的)由车辆 s 服务的客户点(包括配送中心) i 。车辆 s 从客户点 i 到达客户点 j 而对由车辆 s 服务的客户点 i 同样存在由车辆 s 服务的另一客户点,车辆 s 是从该客户点到达 i 的;

(4)式中, q_s 表示由车辆 s 的最大承载量,每辆车装载的货运总量不得超过本辆车的最大承重量;

(5)式保证了每个客户点仅能由一辆车完成,而所有运输任务则由 k 辆车协同完成。

3 VRP常用的算法分析

对 VRP的算法的研究一直是我们的研究工作的重点和难点,不少科学家在对该问题的复杂性进行论证和分析的同时,证明了所有的 VRP均为难题。为了找到满足条件的最

优解,就必须设计很大的空间以供检查,但是所设计的空间又往往是多维的非连续性空间,因此很难精确到全局的最优解或者满意解。国内外许多学者对此问题进行研究和探讨,所采用的算法大体分为三种:精确算法、启发式算法及亚启发式算法。

3.1 精确算法

精确算法^[3]通过严谨的数学模型或计算机数据结构,利用线性规划或非线性规划等技术来求得问题的最优解。常见的精确算法有:分枝切割法、分枝定界法、切平面法、整数规划算法和动态规划算法等。精确算法的一个显著特征是基于严格的数学手段,在所有可行解的集合中寻找最优解,因此所得到的解都是最优解,但由于 VRP解的复杂化和多元化,解的集合呈几何增长,要想获得整个系统的最优解非常困难,很难在有限的时间内给出一个可行解,因此,精确算法现在已不多使用。

3.2 启发式算法

启发式算法^[4]是指运用一些有效的经验法则来降低优化模型的数学精确度,通过模仿人的跟踪校正过程来求取物流系统的满意解或近优解的数学方法。

由于 VRP是 NP难题,很难用纯粹的优化算法进行求解,而启发式算法是一种寻找近优解的算法,可以在有限的时间里,找到满意的近优解或可行解。目前已提出的启发式算法很多,有基于数学规划的方法、改进一交换法、节约一插入法、先分组后安排路线的方法、先安排路线后分组的方法等。这些算法是人类若干年来研究的结果,对于解决顶点数较少的 VRP问题能够较好地完成。但是,随着顶点数的增加,大量计算量的增加,这些方法在实际应用中受到了一定的限制。

3.3 亚启发式算法

亚启发式算法^[5]是在优化问题的过程当中,由一个初始解开始,允许出现劣质的中间解,对当然解的反复的局部进行扰乱,能够跳出局部最优而在全局内寻得近优解。由于亚启发式算法的特点,已成为 VRP研究中的主要算法,目前已被用于求解 VRP的亚启发式算法主要有以下几种类型:模拟退火算法、禁忌搜索算法、蚁群算法和遗传算法。

(1)模拟退火算法通过模拟冶金作业的退火过程来搜索空间,具有较强的实用性,并可人为地控制迭代次数,反复求解,该算法具有收敛速度快、使用灵活、较少受初始条件限制等特点,在 VRP中得到一定的应用。

(2)禁忌搜索算法是一种对局部邻域搜索扩展后的全局逐步寻优的算法,也是人工智能要组合优化算法中的一个成功的应用。由于该算法的搜索速度快、通用性强、效率高、易实现,适用于大规模的优化计算,因此随着 VRP复杂性的提高和问题领域的延伸,该算法在近近年来更是得到广泛的应用,可以成功地应用于许多经典的 VRP。

(3)蚁群算法通过模拟蚂蚁觅食行为提出的一种基于种群的模拟进化算法来寻求问题的解。它是一种构造算法,在

(下转第 71 页)

接时间长及安全相对低的特点,可以实现 SSL 安全接入,同时利用 LINUX 内核支持数据包转发模块,实现数据的快速、持久的数据连接,避免了常规 VPN 系统实现隧道后,系统资源占用多,带宽分配少的特点,同时也避免认证成功后客户端相互联通的问题,保证了校园信息系统及校园内其他客户端的安全。

5 结论

本文针对高校媒体资产管理平台面向校外师生,实现远程拨入校园多媒体资源的功能需求,分析并提出了一种基于多媒体数据传输的远程接入系统架构,以解决目前 VPN 系统在传输多媒体资源时所面临的困难,研究分析一种适用高

校媒体资产管理平台的远程接入系统模式。

参考文献

- [1] 贾鹏程. 高校媒体资产管理系统应用研究 [J]. 世界广播电视, 2009 (8): 98 - 101.
- [2] 陈震. VPN 技术及其应用的研究 [J]. 电脑知识与技术, 2009 (4): 798 - 799.
- [3] 刘洋. IPsec VPN 和 SSL VPN 的分析比较 [J]. 电脑知识与技术, 2009 (4): 825 - 827.
- [4] 王宏. 基于 SSL 协议的 VPN 技术研究 [J]. 商业现代化, 2008 (8): 46.

Analysis on the Application of VPN Technology in the College ' Media Asset Management System

Jia Peng-cheng

(Department of Information Technology, Communication University of China Nanjing, Nanjing Jiangsu 211172, China)

Abstract: College's media asset management system takes multimedia data of colleges as the management objects. It provides service for the whole teachers and students, and the network covers the entire campus multimedia network management system. In order to solve the problem that teachers and students that in off-campus can remotely use the multimedia resources on campus, this paper explores a suitable college VPN transmission mode to access colleges' multimedia data by comparing with two kinds of VPN technologies that is SSL and IPSEC.

Key words: SSL protocol; IPSEC protocol; campus safety; multimedia

(上接第 60 页)

每次迭代时都用在前面的迭代中所收集到的一些信息来产生上些新解。该算法具有群体合作,正反馈选择,并行计算三大特点,并易与其他方法结合,具有较强的鲁棒性。因此该算法具有很强的发现较好解的能力。

(4) 遗传算法^[6]是基于“适者生存”的一种高度并行、随机和自适应的优化算法,通过多个个体间的复制、选择、交叉等的遗传操作,相互协力地进行解的探索,最终收敛到“最适应”的个体,从而求得问题的最优解或者是近优解。该算法已被许多人应用到 VRP 的求解中,显示了该算法在解决该问题时的巨大潜力和诱人前景。

4 结束语

目前 VRP 模型方面虽有许多研究,但缺少综合方面的研究。而在现代物流配送活动中,经常会遇到随机型的物流配送问题,如客户数的不确定、客户需求的不确定、在配送途中不仅有送货行为可能还会有拉货的情况,以及车辆行驶时

间的随机性。对于这些问题的研究,也是非常重要的。

参考文献

- [1] Bodin L, Golden B D, Assad A, et al. Routings Cheduling of Vehicle and Crews: the States Art [J]. Computer & Opertions Research, 1983 (10): 7 - 10.
- [2] 于姗姗. 浅谈物流配送中的车辆路径问题 [J]. 商场现代化, 2009 (4): 26.
- [3] 赵振华, 王杰, 姜春元. 物流配送中车辆路径问题的算法研究 [J]. 物流科技, 2007 (1): 93 - 94.
- [4] 刘静. VRP 的求解方法及优化算法综 [J]. 商业文化·学术探讨, 2007 (7): 225.
- [5] 孙丽君, 胡祥培, 王征. 车辆路径规划问题及其求解方法研究进展 [J]. 系统工程, 2006 (11): 31 - 33.
- [6] 吴淑娟. 配送车辆线路优化算法研究 [D]. 南京: 河海大学 (硕士学位论文), 2005.

Study on the Model and Algorithm for Vehicle Routing Problem

Nie Yan-fang

(Taiyuan Vocational Institute of Tourism, Taiyuan Shanxi 030032, China)

Abstract: In recent years, with the rapid development of logistics in our country, vehicle routing planning has become more and more important for reducing logistics costs. This paper proposes a mathematical modeling for VRP and summarizes the research situation at home and abroad, points out the direction for future research.

Key words: vehicle routing problem; exact algorithm; heuristic algorithm; meta-heuristic algorithm