

文章编号:1000-582X(2006)09-0162-05

物流配送车辆调度决策支持系统

王勇,吴志勇,廖明,张战峰,赵鹏

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030)

摘要:基于交通条件、车辆承载能力等约束条件下,针对大规模车辆调度问题的特点,提出了三阶段一个求解框架.对大规模的客户群进行区域化整合.建立车辆调度优化模型,利用启发式算法完成客户区域对车辆的分配.借助货郎担模型,采用交换插入算法对区域之间车辆路径进行优化.最后利用该求解框架,以重庆某商业集团为背景,设计和开发了物流配送决策支持系统.

关键词:物流配送;车辆调度;决策支持系统

中图分类号:U11

文献标识码:A

在物流配送问题中,车辆调度问题(VSP)是一个关键问题,也是组合优化领域的前沿与热点问题^[1].为了解决这类问题,国内外的许多学者都对此进行了研究.例如,Fisher等提出了精确算法、Clarke和right提出的节约法、Gillett和Miller提出的扫描法以及J. H. Holland的遗传算法等^[2].

在国外,物流配送车辆调度系统的研究是从20世纪80年代中期发展起来的.其中主要有Geo-route、Fleet-Manager、micro-ALTO、Greentri PToolkit、MACS-VRPTW、Dynamic RouteGuidance和DRIVE^[3].但是,国内在这方面的研究大多数停留在理论层次方面,实际开发和应用此类系统才刚刚起步.主要有:张思复和管仕平^[4]主要是在考虑了各网络节点需求不断变化的情况下提出了实时车辆调度系统;朱昌锋^[5]介绍了在物流配送车辆优化调度中如何应用地理信息系统(GIS),利用图形、图象及数据处理技术增强系统的可视化;王平^[6]介绍了邮政部门配送车辆调度系统的设计和开发的过程.

然而以上文献所提到的方案都不够完善,只考虑了车辆调度规模比较小情况下的算法求解,且只是开发了配送系统的某一部分功能.万凤娇^[7]虽然提出了开发配送调度系统的设想,但是没有进行具体的功能设计和算法求解.笔者在此基础上,提出了对于大规模车辆调度问题的一个三阶段求解框架:对大规模的客户群进行区域化整合;建立车辆调度优化模型,利用启发式算法完成客户区域对车辆的分配;借助货郎担模型,采用交换插入算法^[8]对区域之间车辆路径进行优化;并且利用上述所提出的求解框架,以重庆某商业集团为背景,设计和开发了物流配送决策支持系统.

户群进行区域化整合;建立车辆调度优化模型,利用启发式算法完成客户区域对车辆的分配;借助货郎担模型,采用交换插入算法^[8]对区域之间车辆路径进行优化;并且利用上述所提出的求解框架,以重庆某商业集团为背景,设计和开发了物流配送决策支持系统.

1 系统求解框架

由于商业集团的配送是在用户数量多且分布密集情况下进行的,因此,车辆调度问题的规模大,依靠上述文献中的理论算法难以满意的解决大规模的车辆调度问题.针对该类问题的特点,笔者提出了一个三阶段求解框架:1)将大规模的客户群体进行区域化的整合;2)建立车辆调度优化模型,利用启发式算法完成客户区域对车辆的分配;3)借助货郎担模型,采用交换插入算法对区域之间车辆路径进行优化.

1.1 客户区域化整合

就商业集团的配送服务对象而言,主要是个体消费者和零售店.对于零售店的配送,由于其比较分散、配送量大、位置比较固定,可以将这些客户直接作为网络配送的节点,因此在这里我们不做研究.这里主要是针对配送对象中的个人消费者而言,由于他们具有分布密度大、分布面广、数量多且每个客户的需求量非常小的特点,如果我们把这些客户直接作为网络配送的节点,问题研究的规模将十分庞大.

* 收稿日期:2006-04-02

基金项目:重庆市自然科学基金(2004BB2180);国家自然科学基金(70272028);重庆大学研究生创新基金(200510Y2B0310138)资助项目

作者简介:王勇(1957-),男,四川内江人,重庆大学教授,主要从事优化方法及在物流管理中的研究.

为了减小问题的规模,作者提出了依据行政区划进行区域化整合.这样处在同一个行政区域的客户群,便可以看为一个整体,即看作配送中的一个节点(在大节点内部的配送由于距离很近,具体的配送路线可由司机自己来完成).同时,在以行政区划为标准整合时,也考虑到某些行政区域内可能存在着的道路和交通问题,而不能使区域内的客户完全连通.如果存在这样的问题,可以将该区域进行合理的再分割来保证区域内客户的连通性.例如某区域内存在河流、铁路等屏障,使得区域内的客户无法直接连通时,可以将该区域以河流、铁路等屏障为界限再分成几部分,保证了客户配送的连续性.

1.2 车辆调度

经过区域化整合后,规模巨大的客户群体变成了为数不多的客户区域,客户区域对车辆的分配问题,仍然是一个车辆调度问题.以现有的车辆调度模型^[9]为基础,提出了以下车辆调度优化模型,然后采用了启发式算法完成客户区域对车辆的分配.

1.2.1 车辆调度优化模型

设配送中心共有 m 辆汽车参与调度,第 k 辆车的容积为 $V_k (k=1,2,\dots,m)$,单位距离行驶费用为 $c_k (k=1,2,\dots,m)$,所有客户的集合为 $\{0,1,\dots,n\}$,其中 0 代表配送中心,每个客户区域的需求量的总体积为 $v_i (i=1,2,\dots,n)$,客户区域 i 到 j 的最短运距为 $d_{ij} (i,j=0,1,\dots,n)$,并且:

$$x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{车辆 } k \text{ 经由客户 } i \text{ 到客户 } j, \\ 0 & \text{否则.} \end{cases}$$

由此建立如下数学模型:

目标函数:

$$\min F = \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0(i \neq j)}^n c_k x_{ik} d_{ij},$$

约束条件:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} v_j \leq V_k \quad k=1,2,3,\dots,m, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m x_{jk} = \begin{cases} m & i=0, \\ 1 & i=1,2,3,\dots,n, \end{cases} \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^m x_{ik} = \begin{cases} m & j=0, \\ 1 & j=1,2,3,\dots,n, \end{cases} \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq n \quad k=1,2,3,\dots,m. \quad (4)$$

约束条件(1)表示每辆车负责的客户点的货物需求量的总体积不超过该车辆最大容积;约束条件(2)和(3)表示每个客户只能由一辆车来完成配送,并且对客户点 j (配送中心除外),必定有另一(而且只有一个)客户点(包括配送中心) i ,从客户点 i 到达客户点 j ;而对客户点 i (配送中心除外)同样存在另一客户点,车辆是从该客户点到达客户点 i 的,而且每辆车都从

配送中心出发,并返回配送中心;约束条件(4)表示每辆车配送的客户数不超过总客户数;

1.2.2 启发式算法

1)采用 Floyd 算法计算出任意两客户区域的最短距离 d_{ij} ,然后算出车辆的 k_j 行驶单位距离的费用 C_{k_j} ;并把所有车辆的剩余容量初始化为车容量 V_k ,把所有车辆配送的任务都初始化为只有配送中心一个任务;

2)以配送中心为起始点,从待配送的客户区域中选出离车辆 k_j 配送的所有的任务中运输费用最大的客户区域 i ;判断该区域的任务 t_{ik} 是否小于车 k_j 的剩余容量,如果是,把区域 i 的任务加入到任务组 T_j 中,车辆的 k_j 剩余容量减去任务 t_{ik} 的货运量作为车 k_j 新的剩余容量,并把区域 i 从待配送的客户区域中删除,转下一步;如果否,转 4);

3)判断车 k_j 的剩余容量是否小于某一个给定的较小的值,如果是(该任务组已经分派完成,不需要再安排任务),把该车从待分派车辆中删除,然后判断所有客户区域的任务是否都已经配送完成,如果是,算法结束;如果否,转 2);如果否,直接转 5);

4)从待配送的客户区域中选出离车辆配送的所有的任务中运输费用次少的客户区域,判断该区域的任务 t_{ik} 是否小于车 k_j 的剩余容量,如果是,把该区域的任务加入到任务组 T_j 中,车辆的 k_j 剩余容量减去任务 t_{ik} 的货运量作为车 k_j 新的剩余容量,并把该区域从待配送的客户区域中删除,转 3);如果否,转 4);

5)判断所有客户区域的任务是否都已经配送完成,如果是,算法结束;如果否,转下一步;

6)从待配送的客户区域中选出到任务组 T_j 中所有的任务运输费用最少的客户区域 j ,判断该区域的任务 t_{ik} 是否小于车 k_j 的剩余容量,如果是,把区域 i 的任务加入到任务组 T_j 中,车辆的 k_j 剩余容量减去任务 t_{ik} 的货运量作为车 k_j 新的剩余容量,并把区域 i 从待配送的客户区域中删除,转 2);如果否,转 4).

1.3 车辆路径优化

在进行客户区域化整合和车辆分配之后,每辆车所要配送的客户区域就固定了.车在固定区域之间的路线问题就转化为一个纯粹的货郎担问题.我们在这里采用了交换插入算法.具体操作可参见文献[8].

2 决策支持系统开发

重庆某商业集团是一家老牌的大型的连锁零售集团,其原来的配送中心只负责对零售店的配送,而对客户的配送则是由零售店自己来完成的.这样做虽然减轻了配送中心的负担,而且配送过程可以通过人工经

验来完成,但是由于各零售店的二级配送中心单独配送,工作重复交叉进行,增加了运营的成本.于是去年该商业集团打算取消二级配送中心,采用由配送中心直接对客户进行配送的模式.配送中心的工作量也因此加大,单凭人工经验配送就显得相当困难.由此不仅造成配送效率和配送服务水平低下,也将造成配送成本高昂.

为了提高配送效率、降低配送成本,利用上述求解框架,设计了商业集团配送决策支持系统来辅助该集团进行配送.

2.1 决策支持系统设计

该系统最主要也是最基本的功能是在依据客户需求信息、车辆信息以及实际中客户与客户之间,客户与配送中心间所有道路的路况信息下完成客户对车辆的分配和行车路线选择.配合这一主要功能,一些辅助功能支持它的实现.包括:人员车辆等基本信息的录入维护、配送查询、单据载入、地理区域设置、系统参数设定、数据备份等.所有这些功能组成一个功能完善的决策支持系统.本系统的总体功能模块图如图1所示.

有道路的路况信息,计算出任意两区域之间的通路距离,包括任意两区域的最短路线.并可以依据实时路况信息对通路进行增删改等操作.

单据管理:单据载入,主要是把要调度的单据的基本数据从集团原有的系统数据库导入到本系统的SQL数据库中.单据查询,可以根据调度单的送货区域、发货门店以及电脑单号、用户名字等条件查询调度单.

送货调度:车辆管理,主要是判断车辆是否可以参与调度.车辆配送,依据配送单信息对客户进行区域化整合,然后根据路况信息以及可参与调度的车辆信息,确定各车辆所服务的客户,制定车辆行车路线,并将车辆路线图形显示.配送查询,根据调拨单号、调拨时间或者调拨车辆查询配送结果.

2.2 决策支持系统实施

2.2.1 原始数据录入

在利用上述求解框架进行车辆优化调度之前,先要进行原始数据的录入、调度单据的载入以及可用车辆的管理.原始数据的录入分路况信息的录入、商品信息的录入以及车辆信息的录入几部分.路况信息录入包括区域的录入以及区域通路距离的录入.商品信息包括商品条码、名称、型号、规格以及商品可否重压等性质.车辆信息包括车牌号、车辆类型、司机、油耗、车辆证照等.图2为商品信息的录入窗口.路况录入窗口以及车辆录入窗口与此基本相同.

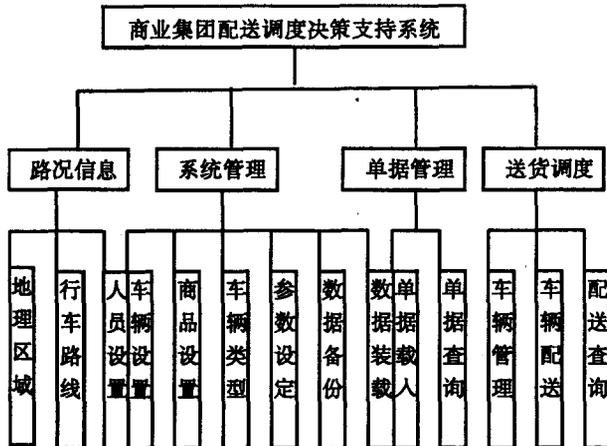


图1 商业集团物流配送决策支持系统功能模块图

具体功能介绍:

系统管理:手工录入,主要是对生成配送方案所需要的基本数据比如人员、车辆、商品和车辆类型进行录入,对这些数据的编辑、删除、修改等维护功能,以及对系统进行维护,例如参数设定(对系统需要连接的数据库名称以及登陆名称密码等基本参数进行设定),数据备份(把该系统的数据库备份到磁盘或软盘中),数据装载(由磁盘把数据恢复到数据库中).

路况信息:地理区域设置,主要是依据客户需求信息、客户与配送中心间所有道路的路况信息下将配送中心的配送网络划分成区域,并根据的未来道路网络的发展对区域进行增加、删除以及修改.行车路线设置,根据实际中客户与客户之间,客户与配送中心间所

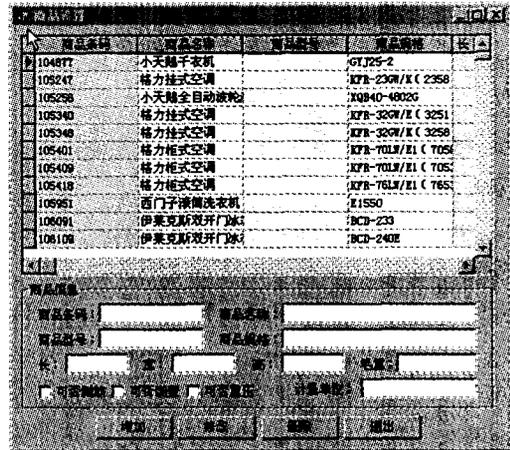


图2 商品信息的录入窗口

调度单据的载入主要将配送单据的基本数据,如配送单的电脑单号、配送的目的地、联系人、联系电话、配送地址、时限要求等,从集团原有的系统数据库导入到本系统的SQL数据库中.

可用车辆的管理是依据配送货物的信息、客户的信息、客户与配送中心间的路况信息,把可参与调度的车辆挑选出来.

2.2.2 车辆分配

上述操作完成之后,根据载单单据的配送地址,首先对要配送的客户进行区域化整合,利用启发式算法生成临时配送方案,如图3所示.然后可以根据配送的经验、客户的时限要求以及货物的特点对每辆车分配的货物进行调整,最后得到一个理想的配送方案.

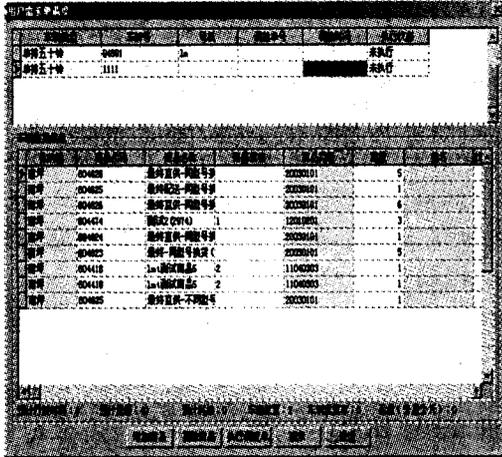


图3 车辆调度窗口

2.2.3 车辆优化路径

采用了交换插入算法对车辆路径进行优化,配送路线如图4所示.

2.3 系统实施案例

本求解框架从两方面保证了其实施的有效性:1)将车辆优化调度问题分解为车辆分配和单一车辆路线安排两个子问题分别求解,使每个子问题有较少的约束条件,从而提高了求解速度.2)由于首先进行了客户区域化整合,减少了搜索的规模,所以能够以大的概率找到最优解.

该系统已经在重庆某商业集团开始应用.为了检验该系统实施的具体效果,作者将集团以前的部分真实配送数据利用该系统进行计算,然后同真实的配送数据进行了比较.现在有10项配送任务,有3辆车可以调度,假设每辆车的最大装载量为100个单位,配送中心(编号为0)与10个配送任务相互之间的距离以及每个配送任务的需求单位如表1所示.

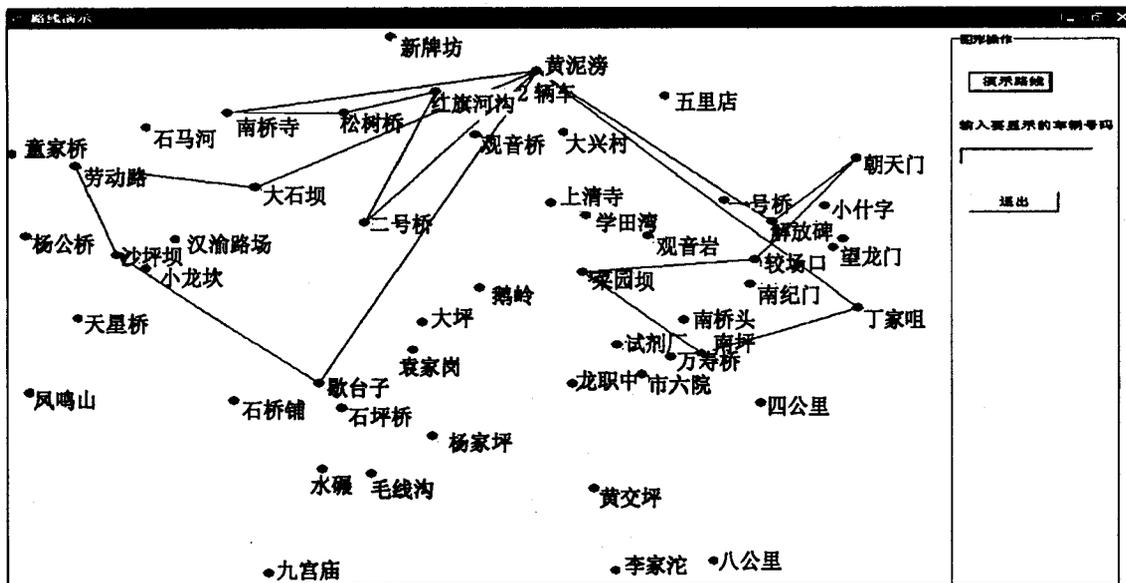


图4 最优配送路线演示图

表1 配送任务之间的距离(km)以及其需求单位

配送任务	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	3.5	19	5	4	23	12	7.5	25	17	11.5
1	3.5	0	18.5	3	3	27	13	9	24	17	18.5
2	19	18.5	0	19	18	14.5	16	16.5	12.5	10	7
3	5	3	19	0	1.5	28.5	17	11	23.5	22	23
4	4	3	18	1.5	0	26.5	16	11.5	22	21.1	18.5
5	23	27	14.5	28.5	26.5	0	15	17	9	10	3
6	12	13	16	17	16	15	0	14.5	14	5	6.5
7	7.5	9	16.5	11	11.5	17	14.5	0	17	10	8.5
8	25	24	12.5	23	22	9	14	17	0	16	12
9	17	10	16.5	22	21	10	5	10	16	0	4
10	11.5	18.5	7	23	18.5	2.5	6.5	8.5	12	4	0
需求		12.5	40	35	13	30	28	33	35	20	26

利用上述算法,计算出3条配送线路分别为:配送线路A:0-8-5-10-0;配送路线B:0-2-9-6-0;配送路线C:0-7-1-3-4-0;该方案的路线为: $S = 48.5 + 46 + 25 = 119.5(\text{km})$;而集团实际的配送路线为:0-1-3-4-7-0,0-6-9-5-0,0-10-2-8-0,该方案的路线为: $S_0 = 27 + 50 + 56 = 133(\text{km})$.

通过上面的实例可以看出,经过求解框架的计算后,公司配送路线得到了较好的优化;并且由于该系统的应用,集团的成本得到了很大程度的降低,主要体现在以下3个方面:1)因为距离成本是所有因素成本中最高的,该系统通过缩短运送路程降低了成本,并且由于路程缩短则油耗、司机人数及司机工作时间也随之降低了。2)该系统将集团的物流配送管理从繁琐的人工劳动中解除出来,提高了配送的工作效率,降低了人力成本。3)在系统应用之前,配送由于不能得到精确的运输路线,因此只能采用17元/件来进行成本核算,而现在通过该系统,可以根据运输距离精确的算出单位配送成本,改善了集团的成本核算体系。

3 结 语

笔者针对商业集团大规模车辆调度问题的特点,提出了一个三阶段求解框架,然后利用该求解框架,以重庆某商业集团为背景,设计开发了商业集团配送决策支持系统。该系统的应用,优化了配送路径,提高了

配送的效率,从而降低了该集团的配送成本。但是,该系统没有考虑到客户退货的情况,这将成为笔者下一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 卜心怡,于涛.物流配送路线模型优化及应用[J].杭州电子科技大学学报,2005,25(1):92-94.
- [2] 程世东,刘小明,王兆庚.物流配送车辆调度研究的回顾与展望[J].交通运输工程与信息学报.2004,2(3):93-97.
- [3] GENDREAU IOANNOU, MN KRITIKOS, G PPRASTACOS. Map-Route: a GIS-based Decision Support System for Intra-city Vehicle Routing with Time Windows [J]. Journal of the Operational Research Society. 2002,53:842-854.
- [4] 张思复,管仕平.实时车辆调度系统[J].重庆大学学报(自然科学版),2002,25(10):49-51.
- [5] 朱昌锋,王庆荣.基于GIS的物流配送车辆优化调度系统[J].物流IT.2003,21(123):38-39.
- [6] 王平,唐喜平.物流配送车辆计划调度系统的设计与实现[J].计算机工程.2001,27(9):132-133.
- [7] 万凤娇,陈宁.物流配送运输计算机调度系统设计研究[J].技术交流,2004,(7):30-31.
- [8] 卢怀山.交换插入算法简捷求解货郎担问题[J].广西民族学院学报,1996,2(2):66-69.
- [9] 郎茂祥,胡思继.用混合遗传算法求解物流配送路优化问题的研究[J].中国管理科学,2002,10(5):51-56.

Vehicles Scheduling Decision Support System

WANG Yong, WU Zhi-yong, LIAO Ming, ZHANG Zhan-feng, ZHAO Peng

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Under traffic conditions and vehicle capacity constraints, in view of commercial group large-scale vehicles Scheduling question characteristic, it proposes a solution framework. First, the customers are segregated into districts. Then the customer districts are assigned to vehicles using the vehicle scheduling model and heuristic algorithm. Third, the vehicle routes are determined as a Traveling salesman problem. With the solution framework and by taking the Chongqing commercial group as the case, the authors design the decision support system.

Key words: delivery, vehicle dispatch problem, decision support system.

(编辑 张小强)