

汽车整车配载与运输路线优化方案及算法研究

张磊,袁建清,郑磊

(黑龙江东方学院 计算机科学与电气工程学部,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:对于运输车辆的调度与运输路线优化问题,借鉴成熟启发式算法的思想,将汽车整车的合理装载和运输路线优化问题结合到一起考虑,确定整车配载和运输路线优化模型并给出模型求解算法,设计出一个有效的求解方案,即把运输任务进行分解,对满载运输采用经典的 Dijkstra 算法;对于非满载运输,借鉴改进的 C-W 节约算法的基本思想等。实验表明,此方案及算法对于编制汽车整车运输计划、求解整车配板与运输车辆路线问题达到了比较理想的效果。

关键词:整车配载;非满载运输;满载运输;Dijkstra 算法;C-W 节约算法

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)06-0219-04

Methods and Algorithm Research for Motor Vehicle Loading and Transportation Route Optimizing

ZHANG Lei, YUAN Jian-qing, ZHENG Lei

(Institute of Computer Science and Electric Engineering, Heilongjiang East Academy, Harbin 150086, China)

Abstract:For the scheduling of transport vehicle and the optimizing of transportation route, draw on mature elicitation method, which combines the motor vehicle loading problem and the optimization of transport routes, and work out an effective solution, which decomposes transportation tasks. It adopts classical Dijkstra algorithm for the transportation of full-load. Draw on improved C-W saving algorithm for non-full load transportation. The experiment finds that the proposal and the algorithm achieve the ideal effect for establishing motor vehicle transportation plan and solving vehicle matching board and the transportation route of vehicle problem.

Key words:automobiles loading; non-full load transportation; full load transportation; Dijkstra algorithm; C-W saving algorithm

0 引言

汽车整车的装载和运输车辆路线规划是直接决定物流效益汽车整车物流优化的重要组成部分,二者关系密切。

研究汽车整车的装载,就是研究在不超出运输车装载量的前提下,如何进行合理的拼装,才能使得运输车数量最少,运输车辆的实载率最高。研究运输车的路线优化,就是根据所有客户点位置,确定运输路线,使每一运输车辆的行走路线最短,从而完成运输计划的总行走路径最短,总运输成本最低。对于运输车辆的调度与运输路线优化问题国内外很多学者作了大量研究,如各类精确算法和启发式算法。

文中将汽车整车的合理装载和运输路径优化两个问题合二为一,提出行之有效的解决方案,确定整车配载和运输路线优化模型并给出模型求解算法。

1 问题解决方案

针对汽车整车配板和车辆路线优化的特点,文章提出了问题解决的整体思路,即将每天的运输任务分解为两类:满载运输和非满载运输,然后分别对满载运输和非满载运输进行整车配板和运输路线的优化^[1]。

1.1 满载运输

满载运输的确定算法如下:

1) 首先对运输任务按同客户点聚类,接下来再按同车型划分同一客户的所有商品车。设某客户商品车的车型为 b_i ,涉及的数目是 q_i , i 为 $1, 2, \dots, m$ 之间(m 得根据实际情况而定),商品车的装载定额为 Q_i ,若有 $q_i > Q_i$,那么 $q_i = k * Q_i + g_i$, ($g_i < Q_i$, k 为正整数);否则,令 $g_i = q_i$ 。这样就实现了同店同车型的配载。

2) 求 g_i 的和 $\sum g_i$,若 $\sum g_i < 6$ (一般情况下商品车装载定额的最小值是 6),结束;否则,转 3)。

3) 将 g_i 排序,按照 g_i 的大小顺序确定配载优先级,即 g_i 值越大配载优先级越高。设 g_j 为 g_i 按大小顺序的排序,涉及的车型为 b_j , j 为 $1, 2, \dots, m$ 之间,令配载集合 $S = \{g_i\}$,然后反复调用混载定额公式计算 b_j 的装入量 A_j , j 为 $2, 3, \dots, m$,如果 $g_j \leq A_j$,则在 S 中加入

收稿日期:2010-11-13;修回日期:2011-02-14

基金项目:黑龙江省教育科学技术研究项目(11544037)

作者简介:张磊(1979-),女,讲师,硕士研究生,研究方向为软件建模。

g_j , 直到 $g_j > A_j$ 为止, 此时只将 A_j 个 b_j 商品车转入 S 中, 而对于 $g_j - A_j$ 个的 b_j 商品车与未转入到集合 S 中的其他商品车作为一个新的配载集合, 转 2)。通过步骤 2)、3) 就完成了混合配板同一个客户点的不同车型。

1.2 非满载运输

非满载型运输指的是为了充分利用运输车的装载能力而减少运输车辆数, 一辆运输车中要装运多个不同客户点的商品车。

总运输任务减去满载运输任务后, 将所有剩余的未配载任务集合到一起就是非满载型运输的任务集合。非满载型运输的汽车整车的合理装载和运输路径优化问题模型的确定和求解算法, 是文章研究的重点。

2 混载定额的计算

混载定额的计算研究非满载运输任务就是研究不同车型商品车的混合装载问题, 因此, 如何能分析汽车整车配载和优化路径就必须确定混合配载定额的问题。

混载定额是一个可装载商品车数量的范围值, 不是一个标准数。它是根据运输任务中各种车型的商品车数量计算出来的。详细的计算方法如下:

(1) 设标准定额 Q 作为一个系统参数, 通常为 8;

(2) 设运输车的装载定额为 $f_j, j = 1, 2, \dots, n, n$ 为不同规格运输车辆数, 具体可以从运输车辆信息库中查找运输车规格, 按标准定额规格, 将二者比较得出;

(3) 设商品车车型装载定额为 b_i , 要参照标准规格设定 (商品车规格从数据库中获得), 这里, $i = 1, 2, \dots, m, m$ 为运输车辆数;

(4) 车型定额系数 = 标准定额/车型装载定额, 即 Q/b_i , 设为 k_i 。

设每种车型数量为 s_i , 则计算混载定额公式:

$$Q - 1 < \sum_{i=1}^m s_i k_i \leq Q \quad (1)$$

若考虑运输车定额 f_j 公式更改为:

$$f_j - 1 < \sum_{i=1}^m s_i k_i \leq f_j \quad (2)$$

一般情况下, 运输车辆的装载定额是标准定额, 则用公式 (1) 计算; 特殊情况时, 运输车辆的装载定额确实不是标准定额, 则混载定额用公式 (2) 计算。

3 满载运输问题的路线确定

对于满载运输是最简单的一类最短路径优化问题, 即求从仓储中心到各中转站或经销商的最短路线, 可以用经典的 Dijkstra 算法来实现^[2], 在此不进行重点阐述。

4 非满载运输问题的求解

4.1 问题研究的条件假设

问题研究的条件假设如下:

(1) 物流企业拥有一个配送中心, 配送中心拥有运输车辆和仓库, 运送任务的执行总是从配送中心装车开始, 每个客户被且只被服务一次, 运输车辆完成运输任务后要返回配送中心;

(2) 运输车的最大行驶距离没有限制;

(3) 以所有车辆行驶总里程数作为运输费用的度量, 并且考虑减少了一辆运输的车辆所节省的费用是最多的;

(4) 空闲车辆足够多, 总能满足运输任务的需要^[3]。

4.2 模型的建立

问题描述^[4]: 某物流中心向 n 个客户送货, 第 i 个客户点所需各种型号车数量为 $b_{il}, L = 1, 2, \dots, s$ (s 为动态值) 商品车总数量为 $g_i = \sum b_{il}$, 时间窗为 $[T_{2i}, T_{3i}]$, 服务时间为 $T_{1i}, i = 1, 2, \dots, n$, 每个客户点只能被一辆运输车服务, 且必须在时间窗内被服务, 运输车辆的装载定额为 q_k , 车辆不能超载运输。要求确定运输车辆数, 为每一运输车分配任务并确定行驶路径, 使总的运输费用最低^[5]。

具体的变量定义如下:

任务及车场均以点 $i (i = 0, 1, \dots, n)$ 来表示, 其中 0 表示车场, 任务编号为 $1, \dots, n; m$ 表示运输车辆数; c_{ij} 表示 i 客户到 j 客户的运输成本; t_{ij} 代表行驶时间; 运输车到 i 客户的时间为 T_i ^[6];

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{车辆 } k \text{ 由点 } i \text{ 驶向点 } j \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (3)$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{点 } i \text{ 的运输任务由车辆 } k \text{ 完成} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (4)$$

则可得到数学模型^[7]如下:

目标函数:

$$\text{Min} Z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m c_{ij} x_{ijk} \quad (5)$$

约束条件:

$$\sum_{i=1}^n g_i y_{ik} < q_k, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ijk} = y_{jk}, \quad j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$\sum_{j=0}^n x_{ijk} = y_{ik}, \quad i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$T_{2i} \leq T_i \leq T_{3i}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0jk} = 1, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i0k} = 1, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

$$x_{ijk} = 0 \text{ 或 } 1, \quad i, j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

$$y_{ik} = 0 \text{ 或 } 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

式(5)为目标函数,表示费用最小。式(6)是运输车不能超载限制;式(7)是每个客户点任务只能由一辆运输车完成限制;式(8)是一个客户点有且只有一辆运输车到达;式(9)是离开一个客户点的运输车有且只有一辆限制;式(10)是各客户点商品车送达必须满足时间窗限制;式(11)、(12)确保运输车必须以配送中心为始端以配送中心为终端;式(13)及(14)是限制变量的取值公式。

4.3 C-W 节约算法的改进

C-W 节约算法^[8]的思想是:

1) 把配送中心与每个客户点单独相连,构成 n 条线路:“ $0 \rightarrow i \rightarrow 0$ ”($i = 1, 2, \dots, n$), 计算线路 i 的运输费用为 $M_i = C_{0i} + C_{i0}$;

2) 连接客户 i 和客户 j , 得到线路“ $0 \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow 0$ ”($i, j = 1, 2, \dots, n$), 则连接后的费用节约值可表示为 $S(i, j) = C_{i0} + C_{j0} - C_{ij}$, $S(i, j)$ 越大, 说明连接客户 i 和客户 j 总费用的节约值越大, 因此应优先将点 i 和 j 进行连接。

C-W 节约算法是为求解 TSP 问题设计的^[9], 不能直接对 VRP 中的配载车辆调度问题求解, 因为没有考虑各种约束条件。文中在 C-W 节约法基础上, 加入时间窗和运输车载重量两个约束条件, 设计了一个适合求解汽车配载和运输车辆调度的改进的 C-W 节约算法。

(1) 加入运输车载重量约束, 在考察连接两个客户点时, 应保证连接后的货物总量没有超出运输车的载重量, 否则不能进行连接。设运输路线“ $0 \rightarrow \dots \rightarrow i \rightarrow 0$ ”的货运量为 Q_i , 路线“ $0 \rightarrow j \rightarrow \dots \rightarrow 0$ ”的货运量为 Q_j , 当 $Q_i + Q_j \leq q$ (q 为运输车装载定额) 时, 点 i 和 j 才可以进行连接, 构成新的线路“ $0 \rightarrow \dots \rightarrow i \rightarrow j \rightarrow \dots \rightarrow 0$ ”。

(2) 时间窗约束条件^[10]考虑在其中的话, 连接 i 点和 j 点就必须使到达 j 点的运输车的时间有所改变, 这就可能造成运输车到达 j 点的时间不满足时间窗的要求。设点 i 和 j 连接后运输车抵达 j 点的时间变化量为 Δ_j 。则:

$$\Delta_j = T_i + T_{ii} + t_{ij} - T_j$$

如果 $\Delta_j > 0$, 则表示运输车辆到达 j 点时间推迟; 若 $\Delta_j < 0$, 则表示运输车辆到达 j 点时间提前; $\Delta_j = 0$, 表示运输车辆到达 j 点时间不变。设 r ($r = 1, 2, \dots, n$)

表示某条线路上 j 及其后面各点, 为不违反时间窗约束, 设 Δ_{je} 表示运输车辆到达 j 及其后面各点的最大允许时间超前值, Δ_{ji} 代表运输车辆到达 j 点及其后所有点的最大允许时间延迟值, 则有:

$$\Delta_{je} = \min(T_r - T_{2r}), \Delta_{ji} = \min(T_{3r} - T_r)$$

因此, 当点 i 和 j 连接时, 若有 $\Delta_j < 0$ 且 $|\Delta_j| \leq \Delta_{je}$, 或者 $\Delta_j > 0$ 且 $|\Delta_j| \leq \Delta_{ji}$, 则不会违反时间窗约束, 可以将点 i 和 j 进行连接。

4.4 求解算法

模型求解算法如下:

Step1: 计算 $S(i, j)$, 令 $M = \{s(i, j) | s(i, j) > 0\}$;

Step2: 将集合 M 内的元素 $S(i, j)$ 降序排序;

Step3: 选择集合 M 内的第 1 个元素 $S(i, j)$, 下面考察点 i 和 j ^[11]: ① 点 i 和 j 都在最初化的路线上; ② 点 i 和 j 一个在最初化的路线上, 另一个在已搭建的路线上, 且相连于配送中心; ③ 点 i 和 j 分别位于不同已创建的路线上, 且都相连于配送中心。若上述条件之一满足则转步骤 4, 否则转步骤 7;

Step4: 计算混载定额, 通过已经获得的各车型的数量及线路上存在 j 点的所有客户点需要的车型, 利用混载定额公式(2)来求解, 形成车型装载数量 A_L , 若对于 j 点所在线路的所有客户点 k , 都有 $b_{kl} \leq A_L$ 成立, 则转步骤 5, 否则转步骤 7;

Step5: 计算若连接点 i 和 j 后的 Δ_j 值: ① 若 $\Delta_j = 0$, 转步骤 6; ② 若 $\Delta_j < 0$, 计算 Δ_{je} , 若 $|\Delta_j| \leq \Delta_{je}$, 转步骤 6, 否则转步骤 7; ③ 若 $\Delta_j > 0$, 计算 Δ_{ji} , 若 $|\Delta_j| \leq \Delta_{ji}$, 转步骤 6, 否则转步骤 7;

Step6: 将 i 点和 j 点相连, 服务所有客户点的时间, 勾去第 i 行和第 j 列(表格中), 即 i 点不做为车辆运输的起点, j 点也不做为车辆的终点。

Step7: 若可以勾去表中的所有对象 $S(i, j)$, 表示已经得到了完整的运输线路, 算法停止; 否则, 在未勾掉的对象中选中最大元素, 转步骤 3。

5 实施案例

设有 9 个客户点的运输任务(分别编号 1, 2, ..., 9), 各客户点所需车型 A_k , 对应数量 M_k ; 客户点 i 到 j 的距离为 C_{ij} ; 每个客户点时间窗要求为 $[a_i, b_i]$, 具体数据由表 1 给出。

运输车辆的装载定额为 $Q = 8$, 根据满载运输和非满载运输确定算法, 得满载运输需两辆车运载, 分别为 $0 \rightarrow 3 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 6 \rightarrow 0$; 对剩余的非满载运输按以上算法求解, 计算求得运输车数量为 3, 配送路径为 $0 \rightarrow 1 \rightarrow 8 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 0, 0 \rightarrow 4 \rightarrow 9 \rightarrow 7 \rightarrow 0$ 。运输总成本为 7764, 因此, 利用文中所提出的求解方案和具体算法可以得到较优的可行解。

表 1 需求点间距离车型数量及时间窗表

距离	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	203	376	413	491	412	374	507	213	527
1	203	0	200	238	293	236	199	308	12	329
2	376	200	0	38	92	38	0.8	107	188	122
3	413	328	38	0	79	0.5	37	94	223	109
4	491	293	92	79	0	78	92	15	304	30
5	412	236	38	0.5	78	0	38	93	223	122
6	347	199	0.8	37	92	38	0	107	188	123
7	507	308	107	94	15	93	107	0	297	19
8	213	12	188	223	304	223	188	297	0	318
9	527	329	122	109	30	122	123	19	318	0
所需车型、 数量	D	D	D	D	D	D	M	D	D	M
装载定额	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
到达时间	[23, 31]	[45, 51]	[47, 60]	[43, 72]	[47, 56]	[43, 52]	[54, 85]	[23, 54]	[56, 80]	

6 结束语

将汽车整车配载和运输路径优化两个问题合二为一,提出行之有效的解决方案,即把运输任务进行分解,分为满载运输和非满载运输,而后分别进行求解。对满载运输采用经典的 Dijkstra 算法求储运中心到各中转站或经销商的最短路径;对于非满载运输,在加入运输车辆装载定额限制和时间要求约束基础上,设计了一种改进的 C-W 节约算法,对汽车整车配载和运输路径优化两个问题统一进行求解。实验表明,此方案及算法可以有效地进行汽车整车运输计划的编制和对汽车配板及运输车辆调度问题进行求解,研究具有很好的实用价值。

(上接第 218 页)

(3) 自动切断出现故障的回路,对灯具起到良好的保护效果,并且对出现故障地点有准确的定位,提高了故障排除效率,节省了大量的人力。

事实证明该控制器运行稳定可靠,可用于各种路灯控制场所,使用范围广,具有很高的推广价值。

参考文献:

- [1] 李战明,刘宝. Zigbee 传感器网络在路灯远程监控系统中的应用[J]. 微计算机应用,2009,30(2):17-20.
- [2] 刘建成. 路灯控制系统中集中控制器的设计研究[J]. 中国新技术新产品,2009(6):120-120.
- [3] 刘晓胜,胡永军,张胜友,等. 城市道路照明中的场景控制策略及其实现[J]. 新视点,2005,24(11):121-124.
- [4] Denardin, Barriquello G W, Campos C H, et al. An intelligent system for street lighting monitoring and control(CA)[C]//2009 Brazilian Power Electronics Conference, COBEP2009. [s.l.]:[s.n.],2009:274-278.
- [5] 戚佳金,刘晓胜,李琰,等. 基于动态调光的隧道照明监

参考文献:

- [1] 龚延成,郭晓芬,田光均,等. 带时间窗约束的物流配送线路启发式算法[J]. 交通与计算,2003,6(6):77-79.
- [2] Clarke G, Wright J W. Scheduling of vehicles from a central depot to number of delivery points[J]. Opns. Res, 2004, 12(4):12-18.
- [3] Savelsbergh M. Local search for routing problem with time window[J]. Annals of Operations Research, 1985, 16(4):285-305.
- [4] 于斌. 基于 GIS 的 Dijkstra 算法在运输系统的应用[J]. 通信技术,2010,43(3):121-133.
- [5] 万莉,黄攀雄,李智勇. 基于 GIS 优化 Dijkstra 算法在物流中心选址中的研究[J]. 计算机应用研究,2007,24(8):98-102.
- [6] 陈昊,宁红云. 基于集合运算的最短路径搜索算法[J]. 计算机工程,2007,20(10):87-89.
- [7] 朱永升,韩伯荣,夏平,等. 交通限制条件下城市物流配送路线优化选择[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2004,3(6):57-58.
- [8] 陈新庄,郭强,范昌胜. 多车场满载车辆路径优化算法[J]. 计算机工程与设计,2008,12(15):88-90.
- [9] 宋伟刚,张宏霞,佟玲. 有时间窗约束非满载车辆调度问题的节约算法[J]. 东北大学学报,2006,12(6):66-68.
- [10] Wang Hongyong, Lu Zhanwei. The Improvement of Dijkstra in the Embedded-GIS Route Analysis[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2005, 22(1):43-45.
- [11] Barber, Federico. Optimization model of transport currents[J]. Journal of Mathematical Sciences, 2006, 6(13):99-101.

控系统研究[J]. 电气应用,2006,25(12):123-127.

- [6] 王苡竹,马礼民,万东华. 舞台灯光控制技术发展简史[J]. 演艺设备与科技,2005(12):53-56.
- [7] 王海滨. 海南南山海上观音—网络智能环境艺术照明控制系统解决方案[J]. 照明工程学报,2005,16(3):56-58.
- [8] 郝洛西,李勋栋. 高效节能与城市照明[J]. 照明工程学报,2006,17(2):18-22.
- [9] Chen Meiqian, Liu Tundong, Zhou Wenbo, et al. GPRS-based intelligent monitoring system of public lighting[J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(9):114-117.
- [10] Mendalka M, Gadaj M, Kulas L, et al. WSN for intelligent street lighting system[C]//Proceedings of the 2010 2nd International Conference on Information Technology, ICIT 2010. [s.l.]:[s.n.],2010:99-100.
- [11] 赵家荣,韩文科. 绿色照明工程与节能新机制[M]. 北京:中国环境科学出版社,2006.
- [12] 谢永冰,徐光平. 网络灯光控制系统的实践与探索[J]. 演艺设备与科技,2005(5):14-17.