

LD 公司的物流配送路径优化策略研究

RESEARCH ON OPTIMIZATION STRATEGY OF LD COMPANY'S LOGISTICS DISTRIBUTION ROUTE

陈旭松¹, 尚鸿雁²

Chen Xusong¹, Shang Hongyan²

^{1,2}正大管理学院 中国研究生院

^{1,2}Chinese Graduate School, Panyapiwat Institute of Management

摘要

整车物流在汽车制造成本中占据十分重要的地位,在竞争日益激烈的当前,LD 公司不得不通过物流配送路径优化来降低成本。本文首先构建了 VPN 模型,并用节约里程法求解该模型。然后,调用 LD 公司某区域的个经销商配送情况作为算例对模型和算法进行了优化的验证,最后得出优化结果。从研究结论来看,优化后整车配送车辆由 3 辆减少为 2 辆,配送路径节约了 130 km,车辆购置费、维修保养费、油费、人工费、过路费等均有不同程度的降低。大大节约了运输路径,降低了物流成本。通过验证,该模型可试图在 LD 公司内部推广,以求提升 LD 公司物流配送效率。

关键词: 物流配送 车辆调度 路径优化

Abstract

Vehicle logistics occupies a very important position in automobile manufacturing cost. In the increasingly competitive current LD company has to reduce the cost through logistics distribution path optimization. Firstly, this paper constructs VPN model. The model is solved by the mileage saving method. Then, the model and the algorithm are optimized by calling the distribution of a dealer in a certain area of LD company as an example. Finally, the optimization results are obtained.

After optimization, the number of vehicle distribution vehicles reduced from 3 to 2, the distribution path saved 130 km, vehicle purchase, repair and maintenance, oil, labor, road costs and so on have varying degrees. This model can greatly save the transport path and reduce the logistics cost. Through verification, this model can be extended in the LD company in order to improve the logistics distribution efficiency of LD company.

Keywords: Logistical distribution, Vehicle scheduling, Route optimization

绪论

1. 选题背景

整车物流是指将生产检验合格的整车采用一定的运输方式从工厂转移到经销商手中, 整车物流中任何一个环节的失误将会对公司造成不利的影响, 因此, 如何高效、安全、低成本的将整车运输到目的地是每个厂家迫切需要考虑的问题。通过对物流线路调度合理优化有助于减少整车物流运输路径, 提升企业的核心竞争力, 实现科学化、信息化的物流配送。

LD 公司是一家专注于微型商用车生产、销售、售后服务为一体的大型汽车制造商, 生产基地在中国上海, 营销网点遍布世界各国。在中国“家电下乡”政策的推动下, LD 公司汽车销量逐年增长, 占同类汽车 45% 的市场。但是, 随着中国弃车市场的逐渐扩大, 各大汽车制造商为了抓住这一市场契机, 在不断提升产品质量的同时, 也不断从营销、物流配送等方面提供更具核心竞争力的服务。在这一情况下, LD 公司必须考虑如何快速、安全、低成本、按时将整车运输到各经销商, 以提升企业的核心竞争力, 占据更广阔的市场。

2. 研究意义

通过本文的研究, 旨在找出 LD 公司整车物流配送存在的问题, 并提出优化策略。不仅可以为 VRP 模型在物流路径优化中的应用提供思路, 也为 LD 公司物流线路优化提供建议, 同时也为其它整车制造商整车运输、转运与指派等问题提供优化参考和借鉴, 以提升整车物流运输效率。

文献综述

车辆路径优化也称之为 VRP 问题,是通过对公司物流相关资源进行整合,重新优化物流路径,达到提升物流效率,降低物流成本的作用。当前,一般是指通过合理安排车辆数量,制定合理的配送路径,来满足分布在全国各地客户的需求,从而提升物流效率,降低物流成本。

1. VRP 理论

VRP 是由学者 Dantzig (1959) 提出,并构建了相关基本模型。经过多年发展,VRP 的求解算法主要有精准算法和启发式算法。尽管精准式算法包含动态规划法、分枝定界法、割平面法等,但是由于物流系统较为庞大,涉及到的问题较多,在短时间内很难获得较为精准的结果,精确算法并未得到广泛使用。而启发式算法在一定的时间范围内能够获得最优解,因而得到相对广泛的应用。

2. VRP 在物流路径优化中的应用

学者们试图将 VRP 应用在各行各业,特别是在物流、快递、交通运输行业得到了广泛的使用。从实践中可看出,通过 VRP 可以提升物流效率,降低物流成本,因此也成为了学者们广泛研究的热点问题。

相对来说,启发式算法在车辆路径优化方面应用较为广泛,常见的算法有遗传算法、节约里程法、蚁群算法等。Chen, Huang & Dong (2011) 等运营迭代邻域下降算法对周期性配送的车辆路径进行了优化,为该类物流路径优化提供了算法。如 Baldacci, Mingozzi & Roberti (2011) 等人运用启发式算法求解有容量限制的带时间窗的车辆路径问题。Clarke (2013) 将运筹学、组合数学等理论融入到 VRP 中,应用节约算法求解此类问题。Azi et al. (2007) 等为求解有容量限制的车辆路径问题,将所有可行解列出,运用最短路径法算法进行求解、排序、选择。Lee et al. (2006) 等将动态规划的理论运用于车辆路径问题的研究中,使用最短路径算法求解。

当然,还有部分学者就几种路径优化方法进行改进,试图分析得出最优解法。如葛洪义 (2009) 建立了带时间窗的粮食物流车辆路径问题的数学模型,构造粒子群算法求解,并且将求解算法与遗传算法比较,证明了粒子群算法在物流路径优化方面解法的优越性。Baker (2015) 将遗传算法和邻域搜索算法结合起来形成了混合遗传算法,对物流路径最优解进行了计算。Tavakkoil (1997) 等提出了一个基于最近邻域的启发式搜索算法。意大利学者 Dorigo, Maniezzo & Colorni (1996) 提出了蚁群算法对物流进行最优解计算。Gendreau, Hertz & Laporte (1994) 提出了用蚁群算法求解路径安排和装载容量问题。

3. VRP 在整车物流路径优化中的应用

Wright et al. (2010) 针对汽车物流建立了物流配送车辆调度的数学模型,并运用运筹学中的算法来求解。史玉敏 (2011) 在分析了各种求解车辆路径问题算法优缺点的基础上,选择

节约里程法来求解经典的车辆路径优化问题。胡大伟, 朱志强等 (2012) 建立模拟退火算法, 通过对路径间调整和路径内优化的方法求解问题。李三彬 (2015) 采用禁忌搜索算法求解开放式的车辆路径问题, 并且针对禁忌搜索算法对初始解的依赖性强的这一缺点, 设计出多开始的禁忌搜索算法, 并把它运用于带时间窗的开放车辆路径问题, 通过实例验证模型和算法的优越性。

4. 国内外研究启示

从以上文献看出, 关于 VRP 的研究较多, 特别是在物流车辆路径优化的实践研究中, 取得了较为丰硕的成果。从文献综述部分可以看出, 当前关于 VRP 模型最优解算法主要有精确算法和启发式算法。由于计算复杂, 常用的启发式算法求解。而启发式算法有 Sweep 算法、遗传算法和节约里程算法。Sweep 算法、遗传算法常常需要通过复杂的计算获得, 且耗费大量的时间。为此, 本文选定节约里程算法求解。另外, 运用节约里程法特别适用于有时间限制、容量限制的物流线路优化。因此, 该方法比较适用于 LD 公司物流路径优化。为此, 本文选定 LD 公司, 将 LD 公司的实际情况应用 VRP 模型进行验证, 并采用节约里程法进行求解, 为 LD 公司的物流车辆路径优化提供参考。

物流配送线路模型建立

1. VRP 模型的构建

LD 公司的配送模式为: 短距离的物流配送采用工厂直达物流配送点的方式进行配送; 远距离的物流配送首先将车辆从工厂配送到区域配送中心, 再由区域配送中心到达物流配送点。另外, LD 公司的车辆重量、体积都较大, 一辆配送大卡车最多可以装在 21 套车辆。因此, 本文研究的物流配送是带装在能力限制的 VRP 问题。

1.1 问题描述

当前, LD 公司的物流配送主要存在以下几个问题:

(1) 高空载率, 物流成本高

LD 公司的车辆检验合格出厂后, 将会根据订单要求运输到订货点。但是, 根据公司物流部门整理得知, 2016 年, LD 公司的整车运输空载率为 38%。但是, 根据 2016 年中国物流行业协会披露数据显示, 现代物流的要求整车运输空载率不能超过 5%。因此, 可以看出, LD 公司的物流空载率较高。

另外, 从中国汽车工业协会披露的 2016 年整车物流成本占销售额比重来看, 欧美国家为 8%, 日本为 5%, 我国为 15%, 而 LD 公司达到了 22%。因此, LD 公司的物流成本较高。

(2) 物流配送路径长, 辐射范围广

LD 公司的营销网点遍及中国各大城市及所辖农村, 而中国占地面积大, 必将导致整车物流流动量大的问题。再加上 LD 公司仅有上海一个生产基地, 因此, 物流路径辐射范围广, 运输路径稍长, 路径优化十分必然。

(3) 中心配送点为主要出库点

LD 公司的国内订单发货有三种方式: 直接发送当地经销商、区域配送、中心配送。LD 公司的 80% 车辆是由中心配送完成, 19% 的车辆由区域配送中心完成, 1% 的车辆由工厂直接发货到经销商。出口的订单是由公司物流直接配送到进出口口岸。因此, 公司的中心配送点为公司的主要出库点。

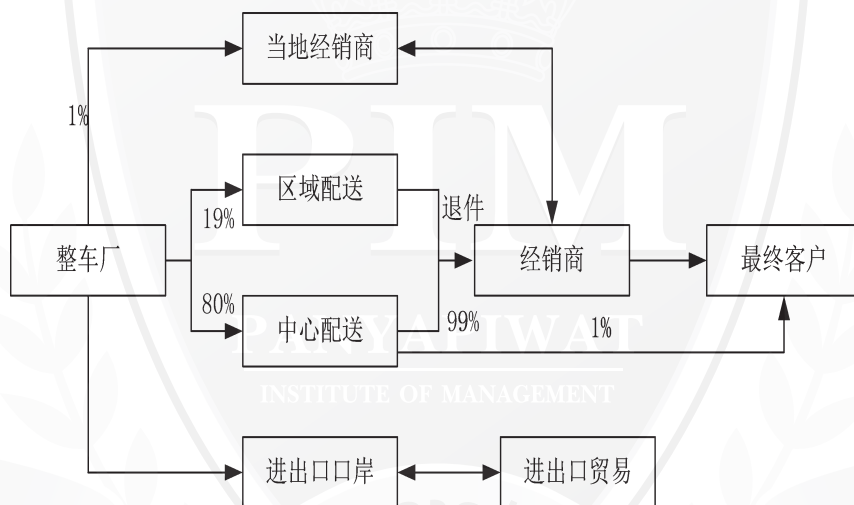


图1 LD 公司整车出厂物流配送模式

1.2 LD 公司物流配送特点

根据 LD 公司物流配送存在的问题, 可以分析得出 LD 公司物流配送具有以下几个特点:

- (1) 需求量已知且不能分割
- (2) 配送中心为主要出货点
- (3) 物流配送路径长, 辐射范围广

1.3 优化假设

在设定优化目标之前, 必须对物流路径优化做一些假设。在本次构建的模型中, 充分考虑到 VPN 模型构建的关键元素, 结合 LD 公司物流配送的实际情况, 做出以下假设:

- (1) 物流配送中心为物流的起点, 取值为 0
- (2) 忽略所配送车辆尺寸、重量等因素对该模型的影响
- (3) 配送车辆出发之前, 配送目标坐标已知, 且配送目标之间距离已知
- (4) 每个目标配送点仅能由一辆卡车完成配送, 且一辆卡车可以配送多个目标点
- (5) 装载能力已知 (一辆卡车运载车辆小于等于 21 量)

基于以上假设的基础上, 根据 Wright (2010)、朱志强 (2012) 等的研究得出, 仅有使用最少车辆行驶最短路径, 才能达到物流线路优化目标。Lee et al. (2006) 等认为, 物流车辆数减少, 购买车辆的成本也将减少, 驾驶人员需求减少; 行驶路径较短, 即可以降低汽车损耗、节约油费和车辆维修费, 提升物流配送效率。

根据以上分析, 本文将物流车辆数最少和物流车辆行驶路径最短作为优化的最终目标。表达式为:

$$\min F = \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ijk}$$

其中: F ——物流路径优化目标;

i ——物流节点: $i = 0, 1, 2, \dots, N$, 其中 $i = 0$, 表示物流配送中心; $1, 2, \dots, N$ 表示物流写点。

K ——车辆数

d_{ij} ——物流节点之间的距离, 即 i 到 j 之间的距离

x_{ijk} ——当 $x_{ijk} = 1$, 则表示车辆从 i 到 j ; 当 $x_{ijk} = 0$, 则表示否则

1.4 约束条件

根据胡为名 (2015) 的文献得出, 物流配送需要考虑两个方面, 即配送物重量以及配送物体积。张杰 (2016) 提出, 车辆配送优化环节必须考虑配送车辆的体积以及车辆总重量。为此, 车辆运输途中必须满足两个条件, 即: (1) 运输货量之和不超过车辆的承载能力; (2) 运输车辆的体积不超过卡车容量。因此, 根据以上两个约束条件, 用具体的数学表达式为:

- (1) 运输货量之和不超过车辆的承载能力.

$$\sum_{i=1} y_{ki} d_i \leq Q, \forall k$$

其中, $y_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{点 } i \text{ 的货物由车辆 } k \text{ 来运输} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$ d_i ——每个物流配送点的配送需求

Q ——卡车承载能力

k ——车辆数

(2) 运输车辆的体积不超过卡车容量

$$\sum_{i=1}^N y_{ki} v_i \leq v, \forall k$$

其中, $y_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{点 } i \text{ 的货物由车辆 } k \text{ 来运输} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$ d_i ——每个物流配送点的配送需求

V ——卡车承载体积之和

k ——车辆数

(3) 两个变量之间的约束关系

本次模型中, 将车辆配送两个约束条件运用数学表达式关联起来, 即:

$$\sum_{j=1}^N x_{ijk} = y_{ki}, i = 1, 2, \dots, N; \forall k$$

其中,

x_{ijk} ——当 $x_{ijk} = 1$, 车辆从 i 到 j ;

当 $x_{ijk} = 0$, 则表示否则

V ——卡车承载体积之和

k ——车辆数

$$\sum_{i=1}^N x_{ijk} = y_{kj}, i = 1, 2, \dots, N; \forall k$$

其中, x_{ijk} ——当 $x_{ijk} = 1$, 则表示车辆从 i 到 j ; 当 $x_{ijk} = 0$, 则表示否则

其中, $y_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{点 } i \text{ 的货物由车辆 } k \text{ 来运输} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$

(4) 卡车在运送车辆到指定物流配送点后, 返回物流配送中心:

$$\sum_{i=1}^N x_{jok} = \sum_{i=1}^N x_{oik}, i = 1, 2, \dots, N; \forall k$$

(5) 同一物流配送点的车辆由同一辆卡车运输完成:

$$\sum_{k=1}^N y_{kj} = y_{kj}, i = 1, 2, \dots, N; \forall k$$

1.5 构建模型

在合理配置车辆数量的基础上, 通过线路优化, 最短距离运输车辆, 才能将成本降低到最低。

因此, VRP 数学模型为:

$$\min F = \sum_i \sum_j \sum_k d_{ij} x_{ijk}$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N y_{ki} d_i \leq Q \\ \sum_{i=1}^N y_{ki} V_i \leq V \\ \sum_{j=1}^N x_{jik} = y_{ki}, i=1,2,\dots,N \\ \sum_{i=1}^N x_{ijk} = y_{kj}, j=1,2,\dots,N \\ \sum_{j=1}^N x_{jok} = \sum_{i=1}^N x_{oik} \leq 1 \\ \sum_{k=1}^N y_{kj} = 1 \\ k_{\min} = \left\lceil \frac{\sum d_i}{Q} \right\rceil \\ i, j = 1, 2, \dots, N \\ k = 1, 2, \dots, K \end{cases}$$

2. 求解算法

2.1 节约里程法的基本原理

假定 0 为物流配送中心, A、B 两点为物流配送点, 具体位置如下图所示。

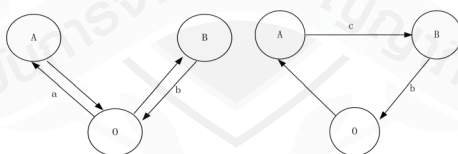


图2 物流配送模拟线路

其中从 0 到 A 的距离为 a, 从 0 到 B 的距离为 b, 从 A 到 B 的距离为 C。要将车辆从 0 分别运送到 A、B, 有两条运输路线:

线路一: 先从 0 到 A, 原路返回; 再从 0 到 B, 原路返回。则卡车行驶距离为: $2(a+b)$

线路二: 先从 0 到 A, 再从 A 到 B, 最后, 从 B 到 0。则卡车行驶距离为: $a+b+c$ 。

两条线路之间的距离差为: $2(a+b) - (a+b+c) = a+b-c$

根据三角形两条边之和大于第三边的原理可以得出, 线路一的行驶距离远远大于线路二的行驶距离。因此, 在实践中, 应当选择线路二作为最优解。

根据上述计算方式, 如果配送节点增加到 N 个, 则在满足 3.1.3 节中的约束条件后, 应当尽可能的将周边的配送节点纳入到配送线路中。这就是节约里程法的配送思路。

2.2 节约里程法的求解思路

根据 王跃, 董宝田等 (2012) 详细描述了一般节约里程法的求解方法。然后, 结合 Victor Pillac (2013) 运用节约里程法求解得出的物流车辆线路优化的具体步骤。本文在以上文献基础上, 总结了节约里程法的求解步骤, 具体的步骤如下:

第一步: 计算出配送中心到每个物流配送节点的距离 Y 。

$$Y = \sum_{i=0}^N C_i$$

第二步: 计算得出节约值 L_{ij} 。 $L_{ij} = 2(C_{oi} + C_{oj}) - (C_{oi} + C_{oj} + C_{ij}) = C_{oi} + C_{oj} - C_{ij}$

第三步: 根据步骤二的计算方法, 计算出 L_{ij} , 得到总体的节约值集合 L , 并将 L 按照顺序依次排列;

第四步: 在进行线路规划过程中, 要考虑两个主要因素, 即承载能力和卡车容量不能超出范围, 即: 满足 $\sum_{i=1} y_{ki} d_i \leq Q, \forall k$ 与 $\sum_{i=1} y_{ki} v_i \leq v, \forall k$ 的前提下, 才能规划该线路。

在充分了解了 VRP 模型的构建和节约里程法的求解算法后, 下面用具体的案例予以说明。

INSTITUTE OF MANAGEMENT

LD 公司物流线路优化案例分析

1. 各配送点的距离测算

LD 公司本次任务配送点有 9 个, 其地理位置见下图。地理位置标注是按照高速公路能够到达的顺序标注。如节点 1 到 7 没有高速公路, 但是通过节点 8、节点 0 连通, 实现高速路全路段行驶, 节约运输时间, 因此, 没有直接连接节点 1 和节点 7。其中, 配送节点 8、配送节点 9 与配送中心的距离很近。

各配送点的距离见下表。

表1 各配送点距离 (km)

| 线路 | 里程 (km) | 线路 | 里程 (km) |
|-------|---------|-------|---------|
| P1-P2 | 76 | P2-P3 | 115 |
| P3-P4 | 144 | P4-P5 | 155 |
| P5-P6 | 237 | P6-P7 | 79 |
| P6-P0 | 127 | P7-P0 | 159 |
| P5-P0 | 128 | P4-P9 | 138 |
| P3-P8 | 81 | P1-P8 | 56 |
| P8-P9 | 25 | P0-P8 | 4 |
| P0-P9 | 12 | | |

2. 各物流点配送需求

在明确了配送的距离后,需要进一步明确每个配送节点的车辆需求量。在本次车辆配送中,共计配送车辆 40 台,每个节点的配送车辆分别为:

表2 物流配送点需求

| 配送点 | 需求 (台) | 配送点 | 需求 (台) |
|-----|--------|-----|--------|
| 1 | 6 | 6 | 3 |
| 2 | 4 | 7 | 5 |
| 3 | 5 | 8 | 5 |
| 4 | 5 | 9 | 4 |
| 5 | 3 | | |

选择的车载容量为 20 台车的卡车,则需要的车辆数为:2 辆。

3. 数据处理

第一步:计算得出 9 个节点之间的距离。在图中,部分节点之间的距离是没有标注出来的,但是往往可以通过其它节点到达,如节点 3 与节点 9,可以通过节点 8 或者节点 4 到达。如果通过节点 8 到达,则需要 106 公里 (81+25);如果通过节点 4 到达,则需要 283 公里到达 (144+138)。为此,本文选定从节点 8 到达,节点 3 与节点 9 的距离为 106 公里。按照此方法可以得出各节点之间的距离。

表3 配送中心点到各节点之间的最短距离（单位：km）

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|--|
| | P0 | | | | | | | | | | |
| P1 | 60 | P1 | | | | | | | | | |
| P2 | 136 | 76 | P2 | | | | | | | | |
| P3 | 85 | 137 | 115 | P3 | | | | | | | |
| P4 | 150 | 210 | 259 | 144 | P4 | | | | | | |
| P5 | 140 | 200 | 276 | 225 | 155 | P5 | | | | | |
| P6 | 127 | 187 | 263 | 212 | 277 | 237 | P6 | | | | |
| P7 | 159 | 219 | 295 | 244 | 309 | 299 | 79 | P7 | | | |
| P8 | 4 | 56 | 132 | 85 | 154 | 144 | 131 | 163 | P8 | | |
| P9 | 12 | 72 | 148 | 97 | 138 | 128 | 139 | 171 | 25 | P9 | |
| Di | 0 | 6 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | |

4. 优化方案求解

4.1 计算节约值

根据前面的计算步骤中的原理可以得出：任意两个物流节点的距离之和减去这两个物流节点之间的距离则为节约的里程。如：节点 0 到节点 6 和节点 7 之间的节约里程 L_1 为：

$L_1 = \text{节点 0 到节点 6 的距离} + \text{节点 7 之间的距离} - \text{节点 6 到节点 7 的距离} = 127 + 159 - 79 = 207 \text{ km}$ 。则表示节点 6 和 7 之间节约里程 207 km。

根据上述计算方式可以得出个节点之间的节约值，具体见下表

表4 配送中心与各节点之间距离的节约里程表

| | | | | | | | | | | | |
|----|-----|---------|----------|---------|----------|---------|---------|--------|--------|----|--|
| | P0 | | | | | | | | | | |
| P1 | 60 | P1 | | | | | | | | | |
| P2 | 136 | 76(120) | P2 | | | | | | | | |
| P3 | 85 | 137(8) | 115(106) | P3 | | | | | | | |
| P4 | 150 | 210(0) | 259(27) | 144(91) | P4 | | | | | | |
| P5 | 140 | 200(0) | 276(0) | 225(0) | 155(135) | P5 | | | | | |
| P6 | 127 | 187(0) | 263(0) | 212(0) | 277(0) | 237(30) | P6 | | | | |
| P7 | 159 | 219 | 295(0) | 244(0) | 309(0) | 299(0) | 79(207) | P7 | | | |
| P8 | 4 | 56(8) | 132(8) | 85(4) | 154(0) | 144(0) | 131(0) | 163(0) | P8 | | |
| P9 | 12 | 72(0) | 148(0) | 97(0) | 138(24) | 128(24) | 139(0) | 171(0) | 25(-9) | P9 | |
| Di | 0 | 6 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | |

4.2 排序节约值

排序思想：将上表中节约值大小从高到低排序，优先选择节约值最大的两个节点，该节点满足两个条件即可放在同一线路上。即：

(1) 两节点不在同一线路上

(2) 运输量不超过承载能力；运输体积不超过承载体积。另外，如果两节点的节约值为负值，则不能放在同一线路上。根据上述排序思想，排序结果见下表。

表5 节约里程排序表

| 序号 | 路程 | 节约里程 (km) |
|----|-------|-----------|
| 1 | P6-P7 | 207 |
| 2 | P5-P4 | 135 |
| 3 | P2-P1 | 120 |
| 4 | P3-P2 | 106 |
| 5 | P4-P3 | 91 |
| 6 | P5-P6 | 30 |
| 7 | P4-P2 | 27 |
| 8 | P9-P4 | 24 |
| 9 | P9-P5 | 24 |
| 10 | P8-P1 | 8 |
| 11 | P8-P2 | 8 |
| 12 | P3-P1 | 8 |
| 13 | P8-P3 | 4 |
| 14 | P9-P8 | -9 |

5. 算例结果

5.1 节省里程数

从以上的算例，可以得出 P6-P7 之间的节约值最大，为 207 km，但是这两个节点的车辆需求为 8 台，尚未满足车辆承载能力。

P5-P4 的节约值为 135 km，需求车辆 8 台，线路为 P4-P5 以此类推，直到达到装载容量，并且满足装载要求。但是，需要注意的是，P8-P9 的节约值为 -9 km，不能将他们划分在同一线路上。根据这一原则，最终确定了行车线路，见下图。

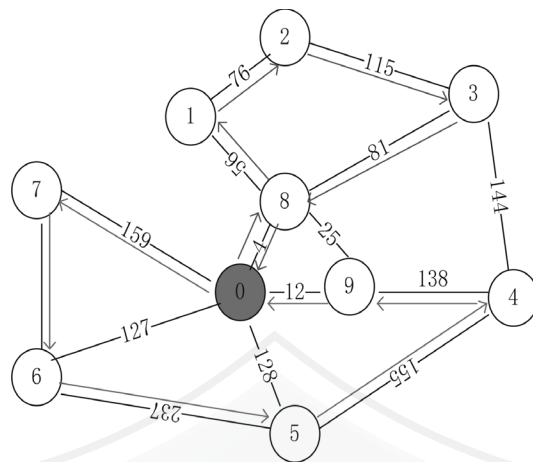


图5 优化后的线路图

线路一：P0-P7-P6-P5-P4-P9-P0（红色线路），总行驶780 km，总运输量为 20 台车；

线路二：P0-P8-P1-P2-P3-P8-P0（蓝色线路），总行驶 336 km，总运输量为 20 台车；

6. 优化效果分析

优化前：行驶路线有三条，分别为：P0-P7-P6-P5-P0（603 km）；P0-P9-P4-P3-P8-P0（379 km）；P0-P9-P1-P2-P1-P8-P0（264 km），合计行驶 1246 km。

需要卡车数量：3 辆。

优化后：行驶线路有 2 条，分别为 P0-P7-P6-P5-P4-P9-P0（780 km）；P0-P8-P1-P2-P3-P8-P0（336 km），合计行驶 1116 km。

需要卡车数量：2 辆。

通过优化前后对比得知：优化后物流车辆行驶路径节省 130 km。

6.1 节约成本

汽车物流成本主要包含车辆购置费、维修保养费、油费、人工费、过路费等。

车辆购置费：优化后，车辆数量减少 1 台，公司使用的中国重型汽车集团生产的 H7 半挂车，车辆价格 98 万/台（包含税费）。

维修保养费：根据维修保养费提供的汽车参数显示，该车辆的保养费为 1 元/千米，则节省 130 元。

油费：假定运输价格为 3 元/台*公里，则可以节省 130 元。

人工费：减少一台运输车辆，则需要减少 2 名驾驶员，两名驾驶员的工资合计 1.2 万/月。

过路费：根据中国高速公路网 2016 年相关数据显示，大型卡车过路费为 2 元/公里，则节省过路费 260 元。

综合以上成本数据可以看出,在优化物流路径后,不仅仅节约了 130 km 的行车里程,减轻了公司的成本,可以将这笔费用用在新车开发、市场推广等方面,增进 LD 公司的核心竞争力。

结束语

本文主要探讨了带容量限制的 VRP 模型线路规划问题,并运用节约里程法详细介绍了优化方案求解,然后用具体的算例来验证模型和算法的有效性和适用性,最后得出了优化结果。路径优化节省了里程,降低了运输成本。就 LD 公司而言,在现有物流基础上,应当不断调整线路、充分利用公司现有的物流资源,做好车辆调度,提高整车物流的运送效率。

但是,本文也存在诸多不足,如:构建模型时成本因素考虑不全面,仅考虑几种最主要的因素,次要因素一并忽略。这不符合现实中的路径规划;节约算法具有一定的片面性,即只考虑节省里程,没考虑时间因素。在接下来的研究中,作者将试图考虑更多的影响因素,并试图将成本等因素考虑进来,以求取得进一步的成果。

References

- Azi, N., Gendreau, M. & Potvin, J. Y. (2007). Exact algorithm for a single-vehicle routing problem with time windows and multiple routes. *European Journal of Operational Research*, 178(3), 755-766.
- Baldacci, R., Mingozzi, A. & Roberti, R. (2012). Recent exact algorithms for solving the vehicle routing problem under capacity and time window constraints. *European Journal of Operational Research*, 218(1), 1-6.
- Chen, P., Huang, H. & Dong, X. (2011). Iterated variable neighborhood descent algorithm for the capacitated vehicle routing problem. *Expert Systems With Applications*, 37(2), 1620-1627.
- Clarke, G. & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568-581.
- Dantzig, G. B. & Ramser, J. H. (1959). The Truck Dispatching Problem. *Management Science*, 6(1), 80-91.
- Dorigo, M., Maniezzo, V. & Colnari, A. (1996). Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 26(1), 29-41.
- Fuellerer, G., Doerner, K. F., Hartl, R. F. & Iori, M. (2009). Ant colony Optimization for the two dimension all loading vehicle routing problem. *Computer & Operations Research*, 36(3), 655-673.
- Gendreau, M., Hertz, A. & Laporte, G. (1994). A Tabu Search heuristic for the vehicle routing problem. *Management Science*, 40(10), 1276-1290.

- Lee, C. G., Epelman, M. A., White, C. G. & Bozer, Y. A. (2006). Path approach to the multiple-vehicle routing problem with split pickups. *Transportation Research Part B*, 40(4), 265-284.
- Nikolakopoulos, G., Kortesis, S. & Synefaki, A. (2004). Solving a Vehicle Routing Problem by Balancing the Vehicles Time Utilization. *European Journal of Operational Research*, 152(2), 520-527.
- Torki, A., Somhon, S. & Enkawa, T. (1997). Competitive neural network algorithm for solving vehicle routing Problem. *Computers and Industrial Engineering*, 33(3-4), 473-476.



Name and Surname: Chen Xusong

Highest Education: MBA

University or Agency: Panyapiwat Institute of Management

Field of Expertise: Logistics and Supply Chain Management

Address: 85/1 Moo 2, Chaengwattana Rd., Bang Talad, Pakkred,
Nonthaburi 11120



Name and Surname: Shang Hongyan

Highest Education: Ph.D., Chang An University, China

University or Agency: Panyapiwat Institute of Management

Field of Expertise: Logistics Management

Address: 85/1 Moo 2, Chaengwattana Rd., Bang Talad, Pakkred,
Nonthaburi 11120