

2 配送线路优化方法选用与介绍

在配送路线优化中，主要采取模型化方法进行路线确定。常见的模型有禁忌算法、神经网络算法、遗传算法、节约算法、扫描算法等。本文选择了节约算法和扫描算法来作为线路优化的方法，此外，在运用扫描算法过程中使用到了最近插入法。

2.1 节约算法

节约算法(Savings Algorithm)是 Carke 和 Wight 在 1964 年提出的。它是目前用来解决 VRP 模型最有名的启发式算法。

节约算法是用来解决运输车辆数目不确定(运输车辆数目在 VRP 问题中是一个决策变量)的 VRP 问题，这个算法对有向和无向问题同样有效。

其步骤是：

第 1 步，形成一个初始解。

形成初始解时，需要满足所有顾客的需求都得到满足，而且所有的约束条件，例如容量的限制、车辆总数的限制等也得到满足。初始解可以由具有运载限制的最近邻点法求得。

形成初始解之后，可以得到每个车辆的一个初始的运输方案

$$T = \{0, i, \dots, j, 0\}, k=1, 2, \dots, m; i, j \in \{p | p \in N, p \leq n\} \quad (1)$$

k 表示车辆的标号，i、j 表示顾客的标号。

第 2 步，进行节约度的计算。计算所有点对的节约度 ΔC_{ij}

$$\Delta C_{ij} = c_{io} + c_{oj} - c_{ij}, i, j=1, 2, \dots, n \text{ 且 } i \neq j \quad (2)$$

然后对计算结果进行升序排列。

第 3 步，进行回路的合并。

在并行方式中，采用的合并策略是最可行合并原则。从升序排列的节约度序列中的最上面的值开始，执行下面步骤：

对于一个已知的 ΔC_{ij} ，先判断这两个关系到 i、j 的回路是否存在合并的可能性，如果：

一个回路以(0, j)开始；

一个回路以(i, 0)结束。

则该回路可以合并，并进行下面的合并操作：

删除两个回路中的部分路径(0, j)和(i, 0)，然后引入新的连接(i, j)，得到新的回路(0, ..., i, j, ..., 0)。

2.2 扫描算法

扫描算法(Sweep Algorithm)是 Gillett 和 Miller 在 1974 年首先提出的、它也是用于求解车辆数目不限的 CVRP 问题。

扫描算法分 4 个步骤完成：

①初始扫描点的确定

②以起始点 v_0 作为极坐标系的原点，并以连通图中的任意一顾客点和原点的连线

定义为角度零，建立极坐标系。然后对所有的顾客所在的位置，进行坐标系的变换，全部都转换为极坐标系。

③分组。从最小角度的顾客开始，建立一个组，按逆时针方向，将顾客逐个加入到组中，直到顾客的需求总量超出了负载限制。然后建立一个新的组，继续按逆时针方向，将顾客继续加入到组中。

④重复②的过程，直到所有的顾客都被分类为止。

⑤路径优化。对各个分组内的顾客点，就是一个个单独的 TSP 模型的线路优化问题，可以用 TSP 模型的方法对结果进行优化，选择一个合理的路线。

2.3 最近插入法

最近插入法是由 Rosenkrantz 和 Stearns 等人在 1977 提出的一种用于解决 TSP 问题的算法，它比最近邻点法复杂，但是可以得到相对比较满意的结果。其步骤是：

(1)找到距离 C_{ik} 最小的节点，形成一个子回路(v_i, v_k)

(2)在剩下的节点中，寻找一个距离子回路中某一个节点最近的节点。

(3)在子回路中找到一条弧(i, j)，使得 $C_{ik} + C_{kj} - C_{ij}$ ，最小，然后将节点 v_k 加入到子回路中，插入到节点 v_i 和 v_j 之间；用两条新弧(i, k)(k, j)代替原来的弧(i, j)。

(4)重复(2)、(3)步骤，直到所有的节点都加入到子回路中。

3 方案设计与分析

3.1 线路优化基础数据处理

使用 P 代表配送中心，A、B、C、D、E、F、G 分别代表需求点 1、2、3、4、5、6、7，根据上文 X 冷链物流企业的配送线路现状，绘制连通图，见下图 3-1。

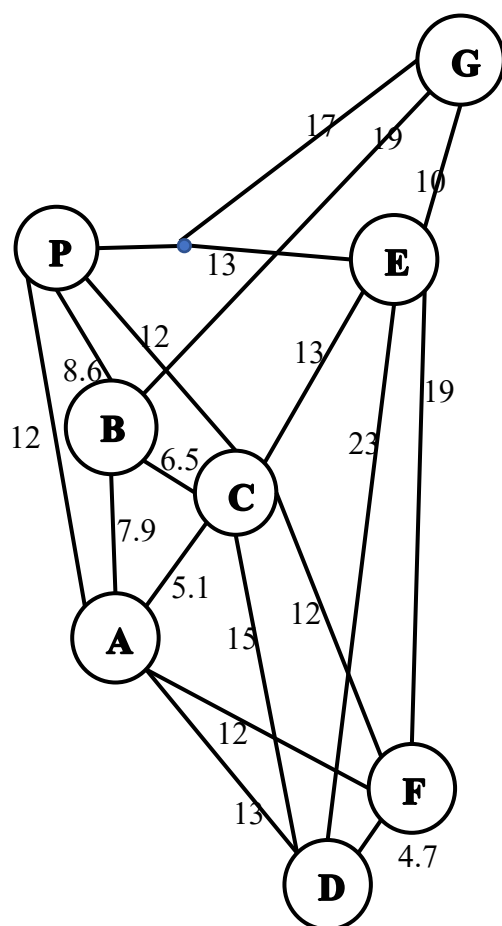


图 3-1 连通图

使用 Dijkstra 算法求出各门店及配送中心的最短距离，结果见下表 3-1。

表 3-1 最短距离表

	P	A	B	C	D	E	F	G
P	0	12	8.6	12	25	13	24	17
A		0	7.9	5.1	13	18.1	12	26.9
B			0	6.5	20.9	19.5	18.5	19
C				0	15	13	12	23
D					0	23	4.7	33
E						0	19	10
F							0	29
G								0

3.2 基于节约算法的优化方案

(1) 已知 X 冷链物流公司配送中心在给各门店配送货物时使用最大装载量为 895kg 和 1895kg 的两种货车，距离限制 60km。夜间配送无拥堵现象。假设在每个门店装卸货物的时间为 10min。

(2) 根据最短距离表，利用节约法算出节约里程，见下表 3-2。

表 3-2 节约里程表

	A	B	C	D	E	F	G
A	0	12.7	18.9	24	6.9	24	2.1
B		0	14.1	12.7	2.1	14.1	6.6
C			0	22	12	24	6
D				0	15	44.3	9
E					0	18	20
F						0	12
G							0

(3) 根据节约里程表中节约里程顺序由大到小排列

(1)	D--F	44.3	(8)	E--F	18	(15)	F--G	12
(2)	A--D	24	(9)	D--E	15	(16)	D--G	9
(3)	A--F	24	(10)	B--C	14.1	(17)	A--E	6.9
(4)	C--F	24	(11)	B--F	14.1	(18)	B--G	6.6
(5)	C--D	22	(12)	B--D	12.7	(19)	C--G	6
(6)	E--G	20	(13)	A--B	12.7	(20)	A--G	2.1
(7)	A--C	18.9	(14)	C--E	12	(21)	B--E	2.1

(4) 设 B 表示每个节点被合并的次数，不超过 2 次。L 表示合并后的距离，I 表示合并前的距离，S 表示节约的距离，T 表示所使用的时间 ($T \leq 2.5h$)。

路径 D-F: $B_D=B_F=0$, $L_{DF}=I_D+I_F-S_{DF}=50+48-44.3=53.7 < 60$,

$R_{DF}=R_D+R_F=510+455=965<1100$, $T_{DF}=53.7 \div 30+2 \times 10 \div 60=1.87h<2.5h$,

$B_D=B_F=1$ 。D-F 可合并。

路径 A-D: $B_A=0$, $B_D=1$, $L_{ADF}=I_A+I_{DF}-S_{AD}=24+53.7-24=53.7<60$,

$R_{ADF}=R_A+R_{DF}=628+965=1593<1895$, $T_{AD}=53.7 \div 30+3 \times 10 \div 60=2.03h<2.5h$,

$B_A=1$, $B_D=2$ 。A-D 可合并。

路径 A-F: 包含于 P-A-D-F-P 中。

路径 C-F: $B_C=0$, $B_F=1$, $L_{CFDA}=I_C+I_{ADF}-S_{CF}=24+53.7-24=53.7<60$,

$R_{CFDA}=R_C+R_{ADF}=507+1593=2100<1895$, C-F 不可合并。

路径 C-D: $B_D=2 \nless 2$, C-D 不可合并。

路径 E-G: $B_E=B_G=0$, $L_{EG}=I_E+I_G-S_{EG}=26+34-20=40<60$,

$R_{EG}=R_E+R_G=581+547=1128<1895$, $T_{EG}=40 \div 30+2 \times 10 \div 60=1.47h<2.5h$,

$B_E=B_G=1$ 。E-G 可合并。

路径 A-C: $B_A=1$, $B_C=0$, $L_{CADF}=I_C+I_{ADF}-S_{AC}=24+53.7-24=53.7<60$,

$R_{CADF}=R_C+R_{ADF}=507+1593=2100>1895$ 。A-C 不可合并。

路径 E-F: $B_E=B_F=1$, $L_{GEFDA}=I_{EG}+I_{ADF}-S_{EF}=40+53.7-18=75.7>60$ 。E-F 不可合并。

路径 D-E: $B_D=2 \nless 2$ 。D-E 不可合并。

路径 B-C: $B_B=B_C=0$, $L_{BC}=I_B+I_C-S_{BC}=17.2+24-14.1=27.1<60$,

$R_{BC}=R_B+R_C=614+507=1121<1895$, $T_{BC}=27.1 \div 35+2 \times 10 \div 60=1.11h<2.5h$,

$B_B=B_C=1$ 。B-C 可合并。

路径 B-F: $B_B=B_F=1$, $L_{CBFDA}=I_{BC}+I_{FDA}-S_{BF}=27.1+53.7-14.1=66.7>60$ 。B-F 不可合并。

路径 B-D: $B_D=2 \nless 2$ 。B-D 不可合并。

路径 A-B: $B_A=1$, $B_B=0$, $L_{CBADF}=I_{BC}+I_{ADF}-S_{AB}=27.1+53.7-12.7=68.1>60$ 。A-B 不可合并

路径 C-E: $B_C=B_E=1$, $L_{GECB}=I_{EG}+I_{BC}-S_{CE}=40+27.1-12=55.1<60$,

$R_{GECB}=R_{GE}+R_{CB}=1128+1121=2249>1895$ 。C-E 不可合并。

路径 F-G: $B_F=B_G=1$, $L_{EGFDA}=I_{EG}+I_{FDA}-S_{DG}=40+53.7-9=84.7>60$ 。F-G 不可合并。

路径 D-G: $B_D=2 \nless 2$ 。D-G 不可合并。

路径 A-E: $B_A=B_E=1$, $L_{FDAEG}=I_{FDA}+I_{EG}-S_{AE}=53.7+40-6.9=86.8>60$ 。A-E 不可合并。

路径 B-G: $B_B=B_G=1$, $L_{CBGE}=I_{CB}+I_{EG}-S_{BG}=27.1+40-6.6=60.5>60$ 。B-G 不可合并。

路径 C-G: $B_C=B_G=1$, $L_{BCEG}=I_{BC}+I_{GE}-S_{CG}=40+53.7-6=87.7>60$ 。C-G 不可合并。

路径 A-G: $B_A=B_G=1$, $L_{FDAGE}=I_{FDA}+I_{EG}-S_{AG}=53.7+40-2.1=93.6>60$ 。A-G 不可合并。

路径 B-E: $B_B=B_E=1$, $L_{CBEG}=I_{CB}+I_{EG}-S_{BE}=27.1+40-2.1=65>60$ 。B-E 不可合并。

综上以上分析, 得到三条路径:

第一条: P-A-D-F-P, 行驶里程为 53.7 千米, 使用载货量 1895 千克的车运载 1593 千克。

第二条：P-E-G-P，行驶里程为 40 千米，使用载货量 1895 千克的车运载 1128 千克。

第三条：P-B-C-P，行驶里程为 27.1 千米，使用载货量 1895 千克的车运载 1121 千克。

各线路的实际线路图见图 3-2。



图 3-2 节约算法的优化路线图

3.3 基于扫描算法的优化方案

以起始点 P 作为极坐标系的原点，分别以各需求点作为初始点进行扫描，计算总路程和所用的时间，得表 3-3。

表 3-3 不同初始扫描点下的总路程

初始扫描点	总路程	所需车辆
E	160.2km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆
G	135.6km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆
A	145.1km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆
B	149.1km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆
D	128km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆
C	161.9km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆
F	149.1km	B 型车 2 辆，C 型车 1 辆

由表可知，当初始扫描点为 D 时，总路程最短。

以起始点 P 作为原点，连接 PD，定义 PD 的连线的角度为 0 度，逆时针进行扫描。如图 3-2。

第一个被分组的是 D， $Load_1=510$ ；继续转动，下一个被分组的是 C， $Load_1=510+507=1017$ ，继续转动；下一个被分组的是 F， $Load_1=1017+455=1472$ ，继续转动；下一个被分组的是 E， $Load_1=1472+581=2053$ ，大于 $Load_{limit}=1895$ ，故 DCF 为一组。同理可得 EGA 为一组，B 自己为一组。