

邮路规划与邮车调度最优化理论研究

汤志高¹, 王继利², 曹颖璞²
指导教师: 曹华林², 梁希泉¹

(1 青岛科技大学 数理学院, 青岛 266061)

(2 海军航空工程学院(青岛) 航空机械系, 青岛 266041)

摘要: 对小规模M-TSP问题,建立了可精确求解方案的0-1规划模型,并在满足邮政运输需求的前提下给出了最佳方案.问题一首先以县支局、县局为顶点构建无向赋权图,通过Floyd算法求解各局间的最短距离;然后以 F_{ijk} 为决策变量,以邮车工作时间、车辆运载能力为主要约束,建立以总空载损失费用最小为目标的0-1非线性规划模型I,运用规划软件Lingo求解.问题二考虑到市邮路成本,我们采用分层规划策略,首先以市支局、县局为顶点构建无向赋权图,求解出最短路矩阵,建立以邮路运行成本最小为目标的0-1非线性规划模型IIA求解;然后,建立各县区的最短路矩阵,同样建立规划模型IB求解各县运输方案.问题三由于县局地理位置不变,对区邮路无影响,故以全市各县支局为中心采用逐步最优方法对所有县区支局重新划分;然后采用模型IB求解.第四问中考虑县局迁移,我们建立近似的启发式算法完成县局选址,并运用规划模型II求解的到新方案.最后,我们对两种区域划分调整方法还进行了定量的分析.

关键词: 无向赋权图; 0-1非线性规划

1 模型假设

- 1) 一辆邮车仅负责一条邮路;
- 2) 一个邮局的邮件仅由一辆邮车运送;
- 3) 区、县级邮车行驶中皆以其平均时速65、30km/h运行;
- 4) 区级两个班次邮车的行驶路线相同,但方向可以不相同

2 符号说明

d_{kj} ——图中节点 k 到 j 的最短路距离;

F_{ijk} ——表示第 i 辆车第 j 次装卸邮件是否在第 k 个节点;

G_k^O ——第 k 个支局寄出的邮件总量;

G_k^H ——寄达第 k 个支局的邮件总量

3 模型 I

3.1 邮局间最短路径

由于题中仅提供了两支局间直达距离,但这不一定是最短距离.因此,首先需要利用Floyd算法把各支局间的最短路径矩阵 D 求出

3.2 模型分析

邮车运输时限约束

设第 i 辆车最多经过 m 个节点, 则第 i 辆车共在 $\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk}$ 个支局进行了装卸邮件工作, 题中给出邮车在各支局装卸邮件耗时 5 分钟, 则第 i 辆车在运输过程中耗费在各支局装卸邮件的时间为:

$$T_1 = \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk}(h)$$

结合 F_{ijk} 定义可知, 当且仅当 F_{ijk} 与 $F_{i,j+1,q}$ 同时为 1 时表示第 i 辆车由支局 k 到支局 q , 其余情况为不经过

$$F_{ijk} \cdot F_{i,j+1,q} = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 辆车经过弧}(k, q) \\ 0 & \text{第 } i \text{ 辆车不经过弧}(k, q) \end{cases}$$

已知各县级车平均行驶速度为 30km/h, 以 d_{kq} 表示第 k 个支局到第 q 个支局的最短路距离, 则第 i 辆车运输途中耗时为:

$$T_2 = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{17} \sum_{q=1}^{17} \frac{d_{kq}}{30} F_{ijk} F_{i,j+1,q}(h)$$

第 i 辆车邮运过程总耗时不超过运输时限(6 小时) 约束可表示为:

$$T_1 + T_2 = \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} + \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{17} \sum_{q=1}^{17} \frac{d_{kq}}{30} F_{ijk} F_{i,j+1,q} \leq 6 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1.1)$$

邮车运载能力限制

根据问题一要求, 每辆县级邮车最多容纳 65 袋邮件, 这里实际上限制了两个方面: 其一, 每辆车在出发时装载所要运送的所有邮件量, 而这些邮件需要在沿途支局全部卸下, 所以各车卸下的邮件总量不能超过 65 袋; 其二, 邮车在经过支局时卸下一部分邮件, 同时收取一部分邮件, 则在每个分局装卸完成后, 各车上所载邮件数不超过 65 袋

以 G_k^H 表示寄达第 k 个支局的邮件总量, 第 i 辆车最多经过节点数为 m , F_{ijk} 表示第 i 辆车第 j 次装卸邮件是否在第 k 个支局, 则第 i 辆车在出发时装载的所要运送的所有邮件量为:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} G_k^H$$

邮车在运输途中不断装卸邮件, 以 G_k^Q 表示第 k 个支局寄出的邮件总量, 则经过第 k 个支局时邮车上邮件数量变化量为 $G_k^Q - G_k^H$, 第 i 辆车在出发时及运输途中邮件总量始终不超过邮车运载能力(65 袋) 约束可表示为:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} G_k^H + \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} (G_k^Q - G_k^H) \leq 65 \quad (q = 1, 2, \dots, m) \quad (1.2)$$

覆盖本县内所有支局

设最少需要 n 量邮车, 第 i 辆车最多经过节点数为 m , F_{ijk} 表示第 i 辆车第 j 次装卸邮件是否在第 k 个支局, 则该县级邮政运输网必须覆盖本县内所有支局且仅覆盖一次可表示为:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F_{ijk} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots, 16) \quad (1.3)$$

各邮车每次仅到一个支局装卸

由于 F_{ijk} 表示第 i 辆车第 j 次装卸邮件是否在第 k 个支局, 则只要经过第 k 个顶点则 $F_{ijk} = 1$ (注意, 此处经过某一邮局不一定有邮件的装卸工作, 可能仅仅是路过, 则装卸量为零)。

则对于 X_1 县邮路图中的 17 个顶点而言, 第 i 辆车第 j 次仅到一个邮局可表示为:

$$F_{ijk} = 1 \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m) \quad (1.4)$$

本县邮车始、终点为 X_1

由题中关于该区邮政运输流程的规定, 县局 X_1 将邮件处理后通过县级邮车将邮件送往其县内各支局, 同时将各支局需要寄送的邮件运回 X_1 进行统一处理后配送, 则本县级邮车行程的始终点皆为 X_1 .

在模型准备中将 X_1 看作图中编号为 17 的顶点, 设第 i 辆车最多经过节点数为 m , 则各邮车由 X_1 出发并最终回到 X_1 可表示为:

$$F_{i,1,17} = 1, \quad F_{i,m,17} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1.5)$$

第一目标: 所需邮车数目最少

根据问题一要求, 需求在满足邮运约束下, 最少需要的邮车数量 所以应以邮车数量最少为第一目标, 再在最少车辆数的基础上, 以由空载率损失的费用最小为第二目标对邮路进行规划及邮车运输安排

由于双目标问题实际中不可解, 而本问中研究点数较少, 所以车辆数目不会太多, 这里采取将目标一转化为约束的方法求解

具体方法为: 以目标二为目标进行建模编程, 在模型中以 n 表示所需最少车辆数, 再依次对 n 赋值 1, 2, 3, ... 令模型可解的最小 n 值即为所求最小车辆数

第二目标: 运输效益最大 (由空载率损失的费用最小)

在满足邮车数量最少的前提下, 应尽量提高运输效益 提高运输效益的方法为尽量降低由于空车率而减少的收入, 根据题目信息, 空车率的计算表达式为:

$$\text{空车率} = \frac{\text{邮车最大承运的邮件量(袋)} - \text{邮车运载的邮件量(袋)}}{\text{邮车最大承运的邮件量(袋)}}$$

3.3 模型 I 的建立

基于以上分析, 以空车率而减少的收入最少为目标, 式 (1.1)~ (1.5) 为约束, 建立县邮路规划模型如下:

$$\begin{aligned} \text{M in} & \quad \left(\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{17} \sum_{q=1}^{17} d_{kq} F_{ipk} F_{i,p+1,q} \times 2(65 - \left(\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} G_k^H + \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} (G_k^Q - G_k^H) \right)) \right) / 65 \\ \text{s t} & \quad \begin{cases} \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} + \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{17} \sum_{q=1}^{17} \frac{d_{kq}}{30} F_{ijk} F_{i,j+1,q} \leq 6 & (i = 1, \dots, n) & (1.1) \\ \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} G_k^H + \sum_{j=1}^q \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} (G_k^Q - G_k^H) \leq 65 & (q = 1, \dots, m) & (1.2) \\ F_{ijk} = 1 & (k = 1, \dots, 16) & (1.3) \\ F_{ijk} = 1 & \begin{cases} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, m \end{cases} & (1.4) \\ F_{i,1,17} = 1; F_{i,m,17} = 1 & (i = 1, \dots, n) & (1.5) \\ F_{ijk} \in \{0, 1\} \end{cases} \end{aligned}$$

4 模型 II

本节主要研究在现有县的划分下,通过对邮路的规划及邮车的安排使得总运行成本最低(邮车数目最少、总费用最少),同时满足时限要求及运输任务要求

由于区级车一天有2班而县级车一天仅1班,所以区级车费用远远大于县级,同时,结合现实中邮政网的分层构建及管理,应在优先满足区级车数尽量少、费用尽量低的前提下,分层构建区、县两级邮运网络

4.1 模型 IA (区级邮路)

区级邮车运输时限约束

当区车仅经过某支局一次时,均在经过时装卸邮件.当区车经过某支局两次(往返经过)时,为了延长县级车的运输时间,第一班车在去时不进行装卸工作而在回时装卸邮件;第二班车在去时装卸邮件而在回时仅仅路过

当 $k = 1, \dots, 16$ 时在各区支局装卸邮件,设第 i 区辆车最多经过 m 个节点,第 i 辆区车共在 $\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk}$ 个支局进行了装卸邮件工作,已知邮车在各支局装卸邮件耗时 5 分钟,则第 i 辆区车在运输过程中耗费在各支局装卸邮件的时间为:

$$T_1^D = \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk}(h) \quad (i = 1, \dots, n)$$

当 $k = 17, \dots, 21$ 时为在各县局($X_1 \sim X_5$)装卸邮件,则第 i 辆区车共在 $\sum_{j=1}^m \sum_{k=17}^{21} F_{ijk}$ 个县局进行了装卸邮件工作,已知邮车在各县局装卸邮件耗时 10 分钟,则第 i 辆区车在运输过程中耗费在各县局装卸邮件的时间为:

$$T_2^D = \frac{10}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=17}^{21} F_{ijk}(h) \quad (i = 1, \dots, n)$$

已知各区级车平均行驶速度为 65km/h,以 d_{kq} 表示区级邮路图的第 k 个节点到第 j 个节点的最短路距离,且当且仅当 F_{ijk} 与 $F_{i,j+1,q}$ 同时为 1 时表示第 i 辆区车经过弧 (k, q) ,则第 i 辆区车运输途中耗时为:

$$T_3^D = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{23} \sum_{q=1}^{23} \left[\frac{d_{kq}}{65} \cdot F_{ijk} \cdot F_{i,j+1,q} \right] (h) \quad (i = 1, \dots, n)$$

区级邮车在运输过程中耗时由在各支局、县局装卸邮件耗时及运输途中耗时三部分构成,第 i 辆区车邮运过程总耗时不超过区级车运输时限(5 小时)约束可表示为:

$$T_1^D + T_2^D + T_3^D \leq 5 \tag{2.1}$$

区级运输网覆盖面约束

根据该地区的邮政运输规定,区级邮政运输网必须覆盖该地市附近的 16 个支局和 5 个县局,即对于区级邮路网络中的任一节点而言,至少有一辆邮车经过

设最少需要 n 量区邮车,第 i 辆区车最多经过节点数为 m , F_{ijk} 表示第 i 辆区车第 j 次是否经过第 k 个节点,则该区级邮政运输网必须覆盖该地市附近的 16 个支局和 5 个县局可表示为:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F_{ijk} \geq 1 \quad (k = 1, 2, \dots, 23) \tag{2.2}$$

各区级邮车每次仅到一个邮局



对于区级邮路的 23 个节点而言, 第 i 辆车第 j 次仅到一个邮局可表示为:

$$F_{ijk} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m \quad (2.3)$$

区级邮车始、终点为市局 D

由于在区级邮路图中将 D 抽象为始点 22 及终点 23, 则各区级邮车由 D 出发并最终回到 D 可表示为:

$$F_{i,1,22} = 1, F_{i,m,23} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.4)$$

模型 II A 的建立

基于以上分析, 以所有区级邮车总运输成本最低为目标, (2.1~2.4) 为约束, 建立区级邮路规划模型:

$$\begin{aligned} \text{Min } & 3 \times 2 \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^{m-1} \sum_{k=1}^{23} \sum_{q=1}^{23} d_{kq} F_{ipk} F_{i,p+1,q} \\ \text{s.t. } & \begin{cases} T_1^D + T_2^D + T_3^D \leq 5 & (2.1) \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F_{ijk} \geq 1 & (k = 1, \dots, 23) & (2.2) \\ F_{ijk} = 1 & \begin{cases} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, m \end{cases} & (2.3) \\ F_{i,1,22} = 1, F_{i,m,23} = 1 & (i = 1, \dots, n) & (2.4) \\ F_{ijk} \in \{0, 1\} \end{cases} \end{aligned}$$

4.2 模型 II B (县级邮路)

各县级邮车运输时限约束

第 i 辆县邮车在运输过程中耗费在所需覆盖的各支局装卸邮件的时间为:

$$T_1 = \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^N F_{ijk}(h) \quad (i = 1, \dots, n)$$

已知各县级车平均行驶速度为 30km/h, 以 d_{kq} 表示县级邮路图的第 k 个节点到第 j 个节点的最短距离, 得到第 i 辆县车运输途中耗时为:

$$T_2 = \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^N \frac{d_{kq}}{30} F_{ijk} F_{i,j+1,q}(h)$$

以 T 表示县级车运输的最大时间范围, 则:

$$T_1 + T_2 = \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{N-1} F_{ijk} + \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^N \frac{d_{kq}}{30} F_{ijk} F_{i,j+1,q} \leq T \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2.5)$$

县级车运输时限 T 的确定

由于题中仅说明第一、二班区级车的路线相同, 则可能两班车行驶方向相同、不相同两种情况。下面分别分析这两种情况下的 T 。为进一步增大县局的运输时间范围, 两班区级车通过市内支局时, 在两个班次中只停留一次

情况 1: 区级两班车行走路线方向一致

在极限情况下, 为使县级车的运输总时间最大, 令第一班车 6:00 离开市局到达县局运输时间为 t_1 , 第二班车最晚 18:00 到达市局, 令第二班车由该县局到达市局的运输时间为 t_2 。由于第一、二班车沿同一路线行走, 另外加上邮车在县局停留的 10 分钟, 得到每一班车的总

时间 t , 即:

$$t = t_1 + t_2 + \frac{10}{60}$$

由于县级车出发时在第一班车到达1小时以后, 并且在第二班车离开县局时的1小时之前返回 故县级车的最大运输时间范围满足:

$$T \leq 12 - (t_1 + t_2 + 2)$$

情况2: 区级两班车行走路线方向相反

为使县级车的运输总时间更大, 第一班车走最短路到达县局, 第二班车沿反向走远路到达县局 此时, 第一班车由市局到达县局的时间和第二班车离开县局返回市局的时间都为 t_1 , 故此时县级车的运输时间满足:

$$T \leq 12 - (2t_1 + 2)$$

各县的邮车始、终点为所在县的县局 X_i

由题中关于该区邮政运输流程的规定, 各县级邮车从其所在县局 X_i 出发将邮件运送到其所负责的支局, 并将各支局收寄的邮件运回 X_i ; 则县级邮车行程的始终点皆为 X_i , 各县的邮车始、终点为所在县的县局为 X_i 为:

$$F_{i,1,N} = 1, F_{i,m,N} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.6)$$

模型 II B 的建立

基于以上分析, 以县级邮车运输成本最低为目标, (2.2, 2.3, 2.5, 2.8) 为约束, 建立各县级邮路规划模型:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^{m-1} \sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^1 \frac{d_{kq}}{q} F_{ipk} F_{i,p+1,q} \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \frac{5}{60} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{16} F_{ijk} + \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=1}^N \sum_{q=1}^N \frac{d_{kq}}{30} F_{ijk} F_{i,j+1,q} \leq T & (i = 1, \dots, n) & (2.5) \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m F_{ijk} \geq 1 & (k = 1, \dots, N) & (2.2) \\ F_{ijk} = 1 & \begin{cases} i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, m \end{cases} & (2.3) \\ F_{i,1,N} = 1, F_{i,m,N} = 1 & (i = 1, \dots, n) & (2.6) \\ F_{ijk} \in \{0, 1\} \end{cases} \end{aligned}$$

5 支局归属划分

5.1 县网中支局归属划分的算法与步骤

在本问中考虑到部分县与县交界地带的支局, 采取就近原则, 得到县局行政域规划(其中已不包括区级车负责支局):

Step 1 初始化所有县支局, 不属于县局 $X_1 \sim X_5$;

Step 2 选取一个支局 Z_i , 判断与 $X_1 \sim X_5$ 距离;

Step 3 若 Z_i 离 X_j 县局距离小于其他县局, 则令 $Z_i = X_j$;

Step 4 若所有支局 Z_i 已属于 $X_1 \sim X_5$ 结束程序; Else 转 Step 2

基于此算法将各县所辖支局重新规划后结果如下:

表1 各县局行政区域规划表

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Z_1	Z_{17}	Z_{29}	Z_{35}	Z_{45}
Z_2	Z_{18}	Z_{30}	Z_{36}	Z_{46}
Z_3	Z_{19}	Z_{31}	Z_{37}	Z_{47}
Z_4	Z_{20}	Z_{32}	Z_{38}	Z_{48}
Z_5	Z_{21}	Z_{33}	Z_{39}	Z_{49}
Z_6	Z_{22}	Z_{34}	Z_{40}	Z_{50}
Z_7	Z_{23}	Z_{42}	Z_{51}	
Z_8	Z_{24}	Z_{43}	Z_{53}	
Z_{11}	Z_{25}		Z_{44}	Z_{54}
Z_{12}	Z_{26}			Z_{55}
Z_{13}				
Z_{14}				
Z_{56}				
Z_{57}				

其中已不包括区级车负责支局

6 县局最优选址

极限分析

假设整个邮政网络全部由县级车将各县局和支局的邮件运送到市局, 令此时整个网络的最短路线长度为 L ; 由于县级车每天只运输一次, 此时对应的全部邮路长度为 L . 假设整个邮政网络的全部由区级车完成运输任务, 则区级车每一班次行走的路线与上一个假设中县级车的行走路线相同, 最短路线长度也为 L . 由于区级车每天有两班车, 故邮路总长度为 $2L$. 根据极限法分析, 为减少邮路总长度, 在确定各个县的县局选址时, 应尽量减少市局到县局的距离

启发式算法

根据上述分析可知各县的县局要尽量靠近市局. 由于区级邮政网络至少要覆盖市局附近的16个支局, 且行每一班车行走线路相同. 为尽量减少区级车的行走路线长度, 县局的选址距离16个支局中最近的支局距离最短

在保证市局距离县局尽量近的情况下, 为保证各县内的支局到达县局的总线路尽量短, 县局选址尽量在县区中心, 即县局距离最远支局距离最短

根据上述两种选址原则得到启发: 县局选址既要靠近市区内任意一点的距离尽量短, 又要尽量安排在县局中心. 为解决这种矛盾, 由于区级车行走线路对应成本权值是县级车行走线路对应权值的2倍, 因此将县局选址问题抽向成如下问题:

将县区和市区内所有邮局抽象为点, 令某县区内邮局点数量为 m , 市区内的邮局点数量为 n , 即17. 令县局内第 i 个点到县区内第 j 个点的最短距离为 d_{ij} ($i = j$), 县局内第 i 个点到市区内第 k 个点的最短距离为 D_{ik} . 县局内第 i 个点到县区内所有点中最长的距离为 S_i , 县局

内第 i 个点到市区内所有点中最短的距离为 S_i 。

为尽量缩短县区内区级车的路线长度, s_i 尽量取最小值; 为尽量缩短县局到市局的距离, S_i 尽量取小值。为确定县局具体位置, 根据县级邮路和市级邮路对应的成本权值, 以 $s_i + 2S_i$ 最小为确定县局位置的标准。运用搜索求解的方法求解出各县的县局选址列表 2, 针对新的县局位置, 可以调用模型 II 来求解(只需要改变不同的最短路矩阵 D)。

表 2 县局选址表

原县局编号	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
迁至支局编号	Z_{16}	X_2	Z_{29}	Z_{36}	Z_{52}

7 求解分析

模型 I 直接使用 Lingo 语言编程, 可以得到目标值 54 30769 元(局部最优解)。

县局选址、区域归属的合理与否对构建经济、快速的邮政运输网络起到决定性的作用, 通过建模求解可得到如下数据:

	严格区域划分		松弛区域划分	
	总费用(元)	总邮车数	总费用(元)	总邮车数
目前县局设置	9549	14	9267	13
新县局设置	8997	14	8667	13

由上表四组方案可以看出目前县局设置与区域划分并不十分合理, 而最经济的方案应该是结合问题三与问题四的调整方案, 全区最优费用为 8667 元。

参考文献:

- [1] 谢金星, 薛毅. 优化建模与 LINDO/LINGO 软件[M]. 清华大学出版社, 2005, 7.
 [2] Duane Hanselman 著, 朱仁峰译. Matlab 7[M]. 清华大学出版社, 2006, 5.

Optimization Theory Research on Post Route and Mail Cart

TANG Zhi-gao¹, WANG Ji-li², CAO Ying-ying²

Advisor: CAO Hua-lin², LIANG Xi-quan¹

- (1. Department of Mathematical, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266061, China)
 (2. Department of Mechanical, Naval Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041, China)

Abstract: As to the in miniature MTSP problem, 0-1 programming models are developed that can give precise solutions in this paper, and best solutions are obtained on the premise that the requirements of post transportation are satisfied. In the first problem, an undirected weighted diagram is established with the county branch post offices and county post offices as

vertexes, and the shortest distance between each two post offices can be calculated by Floyd algorithm. Then make F_{ijk} be the decisive variable and let the working time and carrying capacity of vehicle be the main constraints to develop the 0-1 nonlinear programming model I with the total fare lost of no-load as the objective. Programming software Lingo is used to solve this model. In the second problem, layered programming strategy is adopted considering the city post transportation cost. At first, we establish an undirected weighted diagram with the branch city post offices and county post offices as vertexes, obtain the shortest path matrix, and develop the 0-1 nonlinear programming model IIA with minimum post transportation cost as the objective. Then we establish the shortest path matrix of county post offices and develop programming model IB similarly to get transport solutions of each county. In the third problem, because the geographical location of each county post office doesn't change and it has no influence to county post route, we redivide all the county branch post offices by optimal method step by step centering on each branch post office in the whole city; then develop model IB to solve it. In the fourth problem, we develop approximate heuristic algorithm to select address for county post offices and develop programming models II to get new solutions. At the end, we make quantitative analysis about the two region division adjusting methods.

Keywords Undirected weighted diagram; 0-1 nonlinear programming