铁路最优路线问题的数学模型

摘 要

本文是解决任意两个站点之间的最优铁路路线问题，采用 0-1 整数规划模型与多目标优化的求解方法中的分层求解法来解决该问题。

对于问题一，是要求给出任意两个站点之间的最优铁路路线问题的一般数学模型和算法，并求出以下站点之间的最优路线（丹东→宜昌、天津→拉萨、白城→青岛）。因为乘车路线选择是基于广大的公众之上的，所以本文考虑到三个重要因素（即换乘次数、行程时间、乘车费用）对乘客选择铁路路线影响的重要性与它们之间的相互影响，先用 0-1 整数规划模型来简化问题，来判断火车是否能直达，乘客是否需要换乘；再用多目标优化的求解方法来解决建立的多个目标函数，求出结果如下：

始发站	考虑因素	车费	时间	终点站
丹东	车费最少	535.63 元	42.20 小时	宜昌
	时间最短	667.59 元	37.67 小时	
天津	车费最少	463.60 元	55.50 小时	拉萨
	时间最短	634.20 元	32.30 小时	
白城	车费最少	232.38 元	40.48 小时	青岛
	时间最短	299.31 元	28.97 小时	

对于问题二，是要求出宜昌出发乘火车到上海、南京、杭州、苏州、无锡旅游最后回到宜昌的一个环形铁路线的最优问题，这需要统筹这 6 个地点之间的最短旅程，以便求出的最优路线符合最短里程，即达到最少车费这一个目标，然后利用问题一中建成的多目标函数求解出 6 段路线之间的车费与时间和，最终得到最优路线。

关键词：0-1 整数规划模型 分层多目标优化模型 最优路线

1. 问题重述

1.1 问题背景

铁路既是社会经济发展的重要载体之一，同时又为社会经济发展创造了前提条件。近几年来，在全社会客运量稳步上升的同时，长期以来铁路承运了大量旅客。相对于其他的运输方式铁路具有时间准确性高、运输能力大、运行比较平稳、安全性高等优点。同时火车也成为了旅途的首选交通运输工具。

虽然目前铁路网络已经比较发达，但是仍然有很多地方之间并没有直接到达的铁路。并且在节假日期间，一些热门路线的火车票总是一票难求。在这种情况下，需要考虑换乘，即先从乘车站到换乘站，再从换乘站到目的站。

1.2 相关数据

2013 年全国列车时刻表数据 详见附录 1

1.3 问题提出

根据以上信息解决一下问题：

1）给出任意两个站点之间的最优铁路路线问题的一般数学模型和算法。若两个站点之间有直达列车，需要考虑直达列车票已售罄情况下最优的换乘方案。根据附录数据，利用你们的模型和算法求出一下起点到终点的最优路线：丹东→宜昌、天津→拉萨、白城→青岛。

2）假设你从打算从宜昌出发乘火车到上海、南京、杭州、苏州、无锡旅游最后回到宜昌，请建立相关数学模型，给出整个行程的最优路线。

2. 问题分析

本题是研究任意两个火车站站点之间的路线选择最优问题。联系实际情况，公众乘坐火车主要考虑的因素很多，主要是换乘次数是否最少、行程时间是否最短、乘车费用是否最少这三个重要因素。在解决乘客选择路线最优问题的同时，应考虑不同乘客的要求，满足一般公众的乘车需求，主要按照公众对不同乘车信息的重视程度，确定出最佳的乘车路线。

对于问题一：本问题是考虑任意两个站点之间的最优铁路路线问题，给出任意两个站点之间的最优铁路路线问题的一般数学模型和算法。在解决本问题时，我们考虑到三个重要因素（即换乘次数、行程时间、乘车费用）对乘客选择铁路路线影响的重要性与它们之间的相互影响。在计算这三个重要因素之前，首先考虑到火车是否能从起点站直达终点站，在这里引入 0-1 整型规划模型来简化问题的计算与求解，然后考虑到不同的乘客有不同的需求和不同的贫富水平，所以我们把这三种因素影响的重要性分成几种情况来讨论，以满足尽可能多的乘客需求。

解决问题一时，把方便性（换乘次数）作为最主要因素，也就是说，最优路线的前提条件就是最少换乘，特别地，在相同的换乘条件下，再考虑时间、费用等因素，把费用少，时间短的路线最终确定最优路线。

然后，利用多目标优化的求解方法中的分层求解得到最优解或者满意解，得到一个换乘次数、行程时间、乘车费用相对最佳的路线，即最终确定最佳路径。

对于问题二：本问题是要求设计出整个环游的最优路线，由问题一建模的思想，即要保证费用最小，乘车的时间最小，转乘次数最小。由假设四可知，在每一个地方旅游停留时间为 2 天，则环游时间为乘车时间，等车时间和旅游时间三者之和。费用为6段乘车费用之和，而转乘次数即需 6 段的转乘次数和最小即可。同问题一的求解方法一样，建立多目标优化模型，对各目标的重要性进行讨论，利用 MATLAB 进行求解即可以得到整个环游的最优路线。

3. 模型假设

假设 1：所有车次的火车均准时到达，离开火车站；
假设 2：乘客换乘所在的时间点与火车到达，离开的时间点一致；
假设 3：乘客在选择火车座位时都能够选择到该列车的最便宜座位；
假设 4：问题二中每个旅游地点的旅游时间固定，均设为 2 天；

4. 符号说明

f	影响乘客选择铁路线因素的重要性函数
E	i 车站到 j 车站之间有直达路线，记做 $(i,j)\in E$
t_k	表示乘客上车时所对应的时刻
w_{ij}	从 i 车站到 j 车站的乘车总费用
f_{ij}	从 i 车站到 j 车站是否能直达的 0-1 型变量
t_{ij}	从 i 车站到 j 车站的总乘车时间
T	搭乘一次列车与候车的总时间
n	换乘总次数
W	乘车总费用
t	乘车总时间

5. 数据处理

5.1 对车站进行编号

首先对附录 1 表格中的所有车站进行人为的编号处理，方便后面求最优路线的运算。

因为附录中给出的全是车站的名称，将这些车站的名称一个个放在 MATLAB 语言软件中运算明显是不可能的，所以先需要利用 MATLAB 中的一个功能，读取附录 EXCEL 表格中数据并对它们进行编号处理（代码详见附录 1）。

5.2 对残缺数据的补齐

考虑到附录表格中一些火车票价数据的缺失，不方便我们得到相关乘车费用，进而影响最优路线的确定，所以对这些残缺数据的补齐是很重要的。

我们先考虑将这些火车票价在中国铁路官网上查找出来，但是后面我们不仅发现需要
查找的数据太多，而且还有些火车车次在现在的铁路系统中已经取消了，所以决定想另外一种办法。

利用中国铁路票价的计算规则来算出这些火车到达某个站点的票价，首先考虑到火车票价组成：

客票价包括三部分：基本客票票价+附加票票价+其他（包括保险费、订票费、客票发展
金等）

基本客票票价=火车行驶里程与相应的票价率之积

附加票票价=某种类型的火车与其类型的加价（包括加快、卧铺、空调票票价）

在考虑到火车行驶里程对票价的影响，旅客票价采取递远递减率的办法进行计算，旅客票价从 201km 起实行递远递减。查找资料得到以下结果：

表 1 火车票在不同区段里的票价率

区段（公里）	递减率（%）	票价率[元/(人公里)]
1-200	0	0.05861
201-500	10	0.052749
500-1000	20	0.046888
1001-1500	30	0.041027
1501-2500	40	0.035166
2501 以上	50	0.029305

最后根据这些计算，可以得到那些缺少的火车票价数据（具体的火车票价计算过程与不同火车类型的加价详见附录 2）。

5.3 所有路线连接矩阵的建立

想要直接的在 MATLAB 中输入起点与终点得到最优路线，这样需要建立以下矩阵。

统计所有的火车车次，可以得到任意两站点的直达线路数。由此可构造表示两两站点间直达线路数目的直达线路数矩阵，通过矩阵运算可以得到任两站点间直达路线数目的直达线路数矩阵，通过矩阵运算可得到任两站点间换乘线路数矩阵，进而得到任两站点间的最小换乘次数矩阵，从而可得到任两站间所需的最少换乘次数。同理，可以通过路线连接矩阵的建立得到最少的乘车时间与乘车费用，进而得到最优解。

6. 问题一模型建立与求解

6.1 模型建立

(1)当两个站点之间有直达列车时，最优路线即为起点直接到终点。
(2)当两个站点之间没有直达列车时，需考虑转乘次数最小，费用最小，时间最短等因素。

6.1.1 目标函数一——最小转乘次数

引用 0-1 整型规划模型，决策变量 f_{ij} 表示是否直接搭乘从车站 i 到车站 j 的车次，则：

$$f_{ij}=\begin{cases}1 & \text{可直接搭乘从}i\text{到}j\text{的车次}\\ 0 & \text{不可直接搭乘从}i\text{到}j\text{的车次}\end{cases}$$

f_{ij} 为从 i 车站到 j 车站是否能直达的 0-1 型变量

若起点车站 m 到终点车站 p 之间没有直接相连的路线，但是可以通过其他车站中转，则有车站 m 到车站 p 间的换乘次数 n：

$$f_1=\min n=(\sum_{(i,j)\in E} f_{ij})-1$$

f_1 为影响乘客选择铁路线因素（换乘次数）的重要性函数

6.1.2 目标函数二—最小费用

总费用的组成是各时段的车费，由假设三可知，乘车所选的座位为每辆车次里最便宜的座位，则：

$$f_2=\min W=\sum_{(i,j)\in E} w_{ij}\times f_{ij}$$

w_{ij} 为从车站 i 到车站 j 乘车费用

f_2 为影响乘客选择铁路线因素（乘车费用）的重要性函数

6.1.3 目标函数三—最短时间

所花时间由乘车时间和候车时间组成。我们规定第 k 次上车到第 $k+1$ 次上车为一个周期。第 k 次上车对应的时刻为 t_k，第 $k+1$ 次上车对应的时刻为 t_{k+1}。最后一次乘车到终点的时间记为 $t_{k,k+1}$，则：

$$f_3=\min t=(\sum_{k=1}^{n}(t_{k+1}-t_k))+t_{n-1,n}$$

t_k 表示乘客上车时所对应的时刻

$t_{n-1,n}$ 表示火车从第 $n-1$ 车站到第 n 车站的时间

f_3 为影响乘客选择铁路线因素（乘车时间）的重要性函数

下面用图来表示出乘客从起点到终点之间的过程。

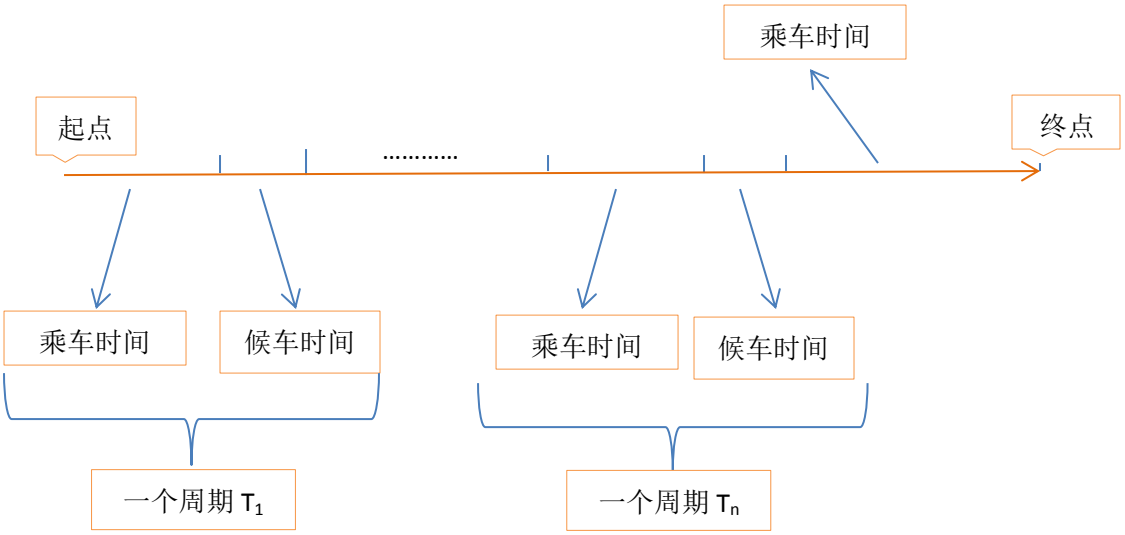

图 1 乘客从起点到终点的动态流程图

在上述三个目标函数的求解过程中，我们可以利用多目标优化的求解方法中的分层求解法建立最终的数学模型。

综上所述，模型建立如下：

$$\begin{cases} f_1 = \min n = (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \\ f_2 = \min W = \sum_{(i,j)\in E} w_{ij} \times f_{ij} \\ f_3 = \min t = (\sum_{k=1}^{n} (t_{k+1} - t_k)) + t_{n-1,n} \end{cases}$$

约束条件：

$$\begin{cases} n = (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \geq 1 \\ f_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \\ (i,j) \in E \end{cases}$$

6.2 模型求解

对于多目标优化问题，由于考虑到上述各模型对实际问题的重要性影响，本文采用分层求解法。把换乘次数作为最主要因素，再考虑相同的换乘次数的所有路线中，再考虑乘车时间、乘车费用等因素，把费用少，时间短的路线最终作为最优路线，针对不同人群的乘车习惯，分情况讨论。如下：

先求解出丹东到宜昌的最优路线：

1）以换乘次数 f_1 为最重要因素

$$f_1 = \min n = (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1$$

$$s.t\begin{cases} n=(\sum_{(i,j)\in E} f_{ij})-1\geq 1 \\ f_{ij}=\begin{cases}0\\1\end{cases} \\ (i,j)\in E \end{cases}$$

利用 MATLAB 求解得：当 $f_{ij}=1$， $n=1$

取 $\zeta=1$

$$(\sum_{(i,j)\in E} f_{ij})-1\leq f_1+\zeta$$

进而可以得到乘车费用与行程时间的目标函数公式为：

$$f_2=\min W=\sum_{(i,j)\in E} w_{ij}\times f_{ij}$$

$$f_3=\min t=(\sum_{k=1}^{n}(t_{k+1}-t_k))+t_{n-1,n}$$

$$s.t\begin{cases} (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij})-1\geq 1 \\ f_{ij}=\begin{cases}0\\1\end{cases} \\ (i,j)\in E \\ (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij})-1\leq f_1+\zeta \end{cases}$$

2）以乘车费用 f_2 最重要因素

由 1)中的多目标优化函数,利用 MATLAB 语言编程求解(代码详见附录 3）可得：

$W=535.63$， $t=2532\min$ 即 42.2 小时， $n=1$

3）以行程时间 f_3 最重要因素

由 1）中的多目标优化函数，利用 MATLAB 语言编程求解可得：

$W=667.59$， $t=2260\min$ 即 37.67 小时， $n=1$

同理，根据上面方法，可以求解出天津到拉萨，白城到青岛的最优路线；

天津到拉萨：

以乘车费用 f_2 最重要因素

$W=463.60$， $t=3330\min$ 即 55.5 小时， $n=1$

以行程时间 f_3 最重要因素

$W=634.20$， $t=1938\min$ 即 32.3 小时， $n=1$

白城到青岛：

以乘车费用 f_2 最重要因素

$W=232.38$， $t=2429\min$ 即 40.48 小时， $n=1$

以行程时间 f_3 最重要因素

$W=299.31$， $t=1738\min$ 即 28.97 小时， $n=1$

6.3 结果分析

表 2 起点与终点之间的换乘车站与乘坐火车的车次表

始发站	考虑因素	车次	中转站	车次	终点站
丹东	车费最少	K190/K187	南京	K696/K697	宜昌
	时间最短	K190/K187	镇江	D3006/D3007	
天津	车费最少	K548/K545	西安	T264/T265	拉萨
	时间最短	1344/1341	蚌埠	T164/165	
白城	车费最少	1096	沟帮子	K1056/K1053	青岛
	时间最短	K7304	长春	K1056/K1053	

从表 2 中可以看出所有从始发站到终点站的乘客都只是换乘了一次，在换乘次数相同的背景下讨论了不同因素之间重要性不同的情况，得到了不同的结果。

表 3 起点与终点之间不同考虑因素下的费用与时间表

始发站	考虑因素	车费	时间	终点站
丹东	车费最少	535.63 元	42.20 小时	宜昌
	时间最短	667.59 元	37.67 小时	
天津	车费最少	463.60 元	55.50 小时	拉萨
	时间最短	634.20 元	32.30 小时	
白城	车费最少	232.38 元	40.48 小时	青岛
	时间最短	299.31 元	28.97 小时	

7. 问题二模型建立与求解

7.1 模型建立

由问题分析可知，要规划一条环游的最佳路线，即要保证费用，转乘次数，时间三方面最小，由此建立以下模型：

1、**目标函数一—最小转乘次数**

引用 0-1 规划模型，决策变量 f_{ij} 表示是否直接搭乘从车站 i 到车站 j 的车次，则：

$$f_{ij}=\begin{cases}1 & \text{可直接搭乘从}i\text{到}j\text{的车次}\\ 0 & \text{不可直接搭乘从}i\text{到}j\text{的车次}\end{cases}$$

若起点车站 s_l 到终点车站 e_q 之间没有直接相连的路线，但是可以通过其他车站中转，则有车站 s_l 到车站 e_q 间的换乘次数 n_k，故总的转乘次数为：

$$f_1=\min n=\sum_{k=1}^{6}((\sum_{(i,j)\in E}f_{ij})-1)$$

2、**目标函数二—最小费用**

总费用的组成是各时段的车费，由假设三可知，乘车所选的座位为每辆车次里最便宜的座位，则：

$$f_2=\min W=\sum_{k=1}^{6}(\sum_{(i,j)\in E}w_{ij}\times f_{ij})$$

w为从车站i到车站j乘车费用

3、**目标函数三—最短时间**

所花时间由乘车时间和候车时间和旅游时间组成。由假设四可知旅游时间一共为10天。我们规定第m次上车到第$m+1$次上车为一个周期。第m次上车对应的时刻为T_m，第$m+1$次上车对应的时刻为T_{m+1}。最后一次乘车到终点的时间记为$t_{m,m+1}$，则：

$$f_3 = \min t = \sum_{k=1}^{6}((\sum_{m=1}^{n}(t_{m+1} - t_m)) + t_{m-1,m}) + 10$$

综上所述，得到目标函数如下：

$$\begin{cases} f_1 = \min n = \sum_{k=1}^{6}((\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1) \\ f_2 = \min W = \sum_{k=1}^{6}(\sum_{(i,j)\in E} w_{ij} \times f_{ij}) \\ f_3 = \min t = \sum_{k=1}^{6}((\sum_{m=1}^{n}(t_{m+1} - t_m)) + t_{m-1,m}) + 10 \end{cases}$$

约束条件：

$$\begin{cases} n = (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \geq 1 \\ f_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \\ (i,j) \in E \end{cases}$$

7.2 模型求解

由模型一的求解可知，仍然采用分层求解法。同样针对不同人群的乘车习惯，分四种情况讨论。如下：

1）以换乘次数f_1为最重要因素

$$f_1 = \min n = \sum_{k=1}^{6}((\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1)$$

$$s.t$$

$$n = (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \geq 1$$

$$f_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$

$$(i,j) \in E$$

利用MATLAB求解得：当$f_{ij}=$　　，$n=$

B取$\zeta = 1$

$$(\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \leq f_1 + \zeta$$

转化为：$f_2 = \min W = \sum_{k=1}^{6}(\sum_{(i,j)\in E} w_{ij} \times f_{ij})$

$$f_3 = \min t = \sum_{k=1}^{6}((\sum_{m=1}^{n}(T_{m+1} - T_m)) + t_{m-1,m}) + 10$$

$$s.t \begin{cases} (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \geq 1 \\ f_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \\ (i,j) \in E \\ (\sum_{(i,j)\in E} f_{ij}) - 1 \leq f_1 + \zeta \end{cases}$$

利用 MATLAB 求解得：$W =$ ，$t =$

2）以乘车费用 f_2 最重要因素

由 1）的求解，同理可得：$W =$ ，$t =$ ，$n =$

3）以行程时间 f_3 最重要因素

由 1）的求解，同理可得：$W =$ ，$t =$ ，$n =$

7.3 结果分析

8. 模型评价与推广

8.1 模型评价

8.1.1 模型的优点

1、运用多目标优化模型中的层次求解法求解，方法简单，对于目标结构复杂的情况下很适用；
2、运用多目标优化求出的满意解能够满足实际的需要；
3、建立的模型能与实践紧密联系，结合实际情况对提出的问题进行求解；
4、模型求解给出了各种情况下的最优路线，符合实际，方案切实可行；

8.1.2 模型的缺点

1、多目标优化模型中的各个目标之间存着一定的矛盾性，这使得处理问题的时间需要充足的假设；
2、问题二的模型建立过程中没有考虑相关旅游景色方面的影响，使结果不大符合实际；

8.2 模型推广

多目标优化模型更能确切描述和解决经济管理中的许多实际问题。可以在经济计划、生产管理、经营管理、市场分析、财务管理等方面得到广泛的应用。

多目标优化模型比单目标优化模型具有更好的使用范围与优点，当面临一个问题时，需要同时考虑多个目标，而有些目标之间又相互矛盾，从而使问题变得

复杂，使用分层多目标优化模型，在约束条件下，各个目标函数不是同等的被优化，而是按不同的优先层次先后的进行优化，这样可以很好的解决问题，这极大的体现出了多目标优化模型的适用范围。

9. 模型改进

由于题中信息有限，所以本文模型在实际应用时存在改进空间，若信息充足，则可以多考虑几个方面的因素影响，增加本文模型的时间应用性。例，可以考虑部分乘客特殊的乘车嗜好，在乘客选择火车时，并不一定是按照假设 4 来选择最便宜的座位来坐；还有考虑到乘客的观光路线，对许多乘客而言，更希望乘车路线沿途可以观赏到更多美丽的景色，所以在乘客选择路线时，给出个乘车时间，乘车费用最少的同时，给出观光路线这一个考虑因素是很合理适用的。

10. 参考文献

[1]汪晓眼，周保平.数学建模与数学实验.科学出版社.2012 年
[2]张秀兰，林峰.数学建模与试验.化学工业出版社.2013 年
[3]汤志高.交通查询系统的最佳乘车方案研究与设计.2007 年
[4]耿玉磊，张翔.多目标化的求解方法与发展.
http://wenku.baidu.com/link?url=biNzwBpZdgOqOfSeWSQMxy8w7-az4iZ8lbWviGYpnBh2L_dlbXt3EI5jOOhG8QpfU35bQkJ1Y1ek1RwJ3VYTWC6xDWrf3BGaP-LkJvl_nGq

11. 附录

附录 1

```
clear
load raw
load zhantai
load txt
bianhao=raw;
for a1=1:49369
    for a2=1:2867
        if(strcmp(bianhao(a1,4),zhantai(a2,1))==1)
            bianhao(a1,3)={a2};
        end
    end
end


for a1=1:49369
bianhao(a1,5)=txt(a1,3);
end
d=unique(txt(:,2));
for a1=1:49369
    for a3=1:11
        if(strcmp(bianhao(a1,2),d(a3,1))==1)
            bianhao(a1,6)={a3};
        end
    end
end
```

附录 2

基本客票票价：

按照硬、软席共划分两种标准。

其中普客硬席基本票价为： 0.05861 元/人.km。软席票价为硬席的两倍。

附加票票价

包括加快、卧铺、空调票票价。

加快票

除普客级(车次编号为 6001-8999)外，其他等级列车的票价都包含加快票。

普快级(车次编号为 6001-8999)加快票票价为基本票价的 20%，特快级(包括直特、特快和快速)为普快级的两倍。

卧铺票

上、中、下硬席卧铺的票价为基本票价的 1.1 倍、1.2 倍和 1.3 倍

上、下软席卧铺的票价为基本票价的 1.75 倍和 1.95 倍

空调票

基本票价的 25%

其他

保险费

不分席别，按基本票价的 2%计算，以角为单位，不足 1 角的尾数进整。

卧铺订票费

10 元

客票发展金

1 元

如果是新型空调车，在上述基本客票和附加票票价的基础上，再上浮 50%。（所谓新型空调车,就是绿色的青藏车和一切非绿色的列车）

附录 3

```
clear
load wei1
load wei2
load pi
b1=0;
for a4=1:49369
    station=159;
    if(pi(a4,1)==station)
        b1=b1+1;
        for a5=1:100
            c1(b1,a5)=pi(a4+a5-1,1);%直达路线矩阵
            if(pi(a4+a5,2)==1)
                break
            end
        end
    end
end
b1=0;
for a4=1:49369
    station=933;
    if(pi(a4,1)==station&&pi(a4,2)~=1)
        b1=b1+1;
       c2(b1,1)=station;
        for a5=2:100

            c2(b1,a5)=pi(a4-a5+1,1);%直达宜昌路线矩阵
            if(pi(a4-a5+1,2)==1)
```

```
                    break
                end
            end
        end
end
load shijian
for a1=1:49369
    for f=1:2
        b=shijian{a1,f};
        a=strfind(b,':');
        if(a(1)==3&&a(2)==6)

fenzhong(a1,f)=(str2num(b(a(1)-2))*10+str2num(b(a(1)-1)))*60+str2num(b(a(2)-2))*10+str2num(
b(a(2)-1));
        elseif(a(1)==2&&a(2)==5)
            fenzhong(a1,f)=str2num(b(a(1)-1))*60+str2num(b(a(2)-2))*10+str2num(b(a(2)-1));
        end
    end
end
n=0;
for a8=1:76
    for a9=1:25
        for a6=1:26
            for a7=1:37

if(c2(a8,a9)==c1(a6,a7)&&c2(a8,a9)~=0&&c1(a6,a7)~=0&&fenzhong(wei1(a6,a7),1)<fenzhong(w
ei2(a8,a9),1))
                    disp(wei1(a6,a7))
                    disp(wei2(a8,a9))
                    n=n+1;
                    zhuan1(n)=wei1(a6,a7);
                    zhuan2(n)=wei2(a8,a9);
                    zhuan(n)=c2(a8,a9);%转乘的站点
                    c3(n,1:a7)=c1(a6,1:a7);
                    weic3(n,1:a7)=wei1(a6,1:a7);
                    a=(flipud((c2(a8,1:a9))'))';
                    b=(flipud((wei2(a8,1:a9))'))';
                    c3(n,a7+1:a7+a9)=a;%转一次站的路线
                    weic3(n,a7+1:a7+a9)=b;
                end
            end
        end
    end
end
```

```
for h=1:7
    shi(h,1)=0;
    t=1;
    for w=2:45
        if(weic3(h,w)~=0)
            t=t+1;
        shi(h,1)=shi(h,1)+(fenzhong(weic3(h,w),1)-fenzhong(weic3(h,w-1),1));
        end
    end


shi(h,1)=shi(h,1)+(pi(zhuan1(h),3)-pi(weic3(h,1),3))*24*60+(pi(weic3(h,t),3)-pi(zhuan2(h),3))*24*
60;
end
load num
for h=1:7

xiao1(h)=min([num(weic3(h,2),7)/num(weic3(h,2),6),num(weic3(h,2),8)/num(weic3(h,2),6)]);

xiao2(h)=min([num(zhuan2(h)+1,7)/num(zhuan2(h)+1,6),num(zhuan2(h)+1,8)/num(zhuan2(h)+1,
6)]);
end
for h=1:7
    jia(h,1)=0;
    t=1;
        for w=2:45
        if(weic3(h,w)~=0)
            t=t+1;
        end
        end

jia(h,1)=xiao1(h)*(num(zhuan1(h),6)-num(weic3(h,1),6))+xiao2(h)*(num(weic3(h,t),6)-num(zhua
n2(h),6));
end
zshi=min(shi)
zjia=min(jia)
```

```
clear
load wei11
load wei22
load pi
b1=0;
for a4=1:49369
    station=809;
    if(pi(a4,1)==station)
        b1=b1+1;
        for a5=1:100
            c1(b1,a5)=pi(a4+a5-1,1);%直达路线矩阵
            if(pi(a4+a5,2)==1)
                break
            end
        end
    end
end
b1=0;
for a4=1:49369
    station=1261;
    if(pi(a4,1)==station&&pi(a4,2)~=1)
        b1=b1+1;
        c2(b1,1)=station;
        for a5=2:100

            c2(b1,a5)=pi(a4-a5+1,1);%直达宜昌路线矩阵
            if(pi(a4-a5+1,2)==1)
                break
            end
        end
    end
end
load shijian
for a1=1:49369
    for f=1:2
        b=shijian{a1,f};
        a=strfind(b,':');
        if(a(1)==3&&a(2)==6)

fenzhong(a1,f)=(str2num(b(a(1)-2))*10+str2num(b(a(1)-1)))*60+str2num(b(a(2)-2))*10+str2num(
b(a(2)-1));
        elseif(a(1)==2&&a(2)==5)
            fenzhong(a1,f)=str2num(b(a(1)-1))*60+str2num(b(a(2)-2))*10+str2num(b(a(2)-1));
```

```
            end
        end
end
n=0;
for a8=1:9
        for a9=1:12
            for a6=1:334
                for a7=1:40

if(c2(a8,a9)==c1(a6,a7)&&c2(a8,a9)~=0&&c1(a6,a7)~=0&&fenzhong(wei11(a6,a7),1)<fenzhong(
wei22(a8,a9),1))
                                disp(wei11(a6,a7))
                                disp(wei22(a8,a9))
                                n=n+1;
                                zhuan1(n)=wei11(a6,a7);
                                zhuan2(n)=wei22(a8,a9);
                                zhuan(n)=c2(a8,a9);%转乘的站点
                                c3(n,1:a7)=c1(a6,1:a7);
                                weic3(n,1:a7)=wei11(a6,1:a7);
                                a=(flipud((c2(a8,1:a9))'))';
                                b=(flipud((wei22(a8,1:a9))'))';
                                c3(n,a7+1:a7+a9)=a;%转一次站的路线
                                weic3(n,a7+1:a7+a9)=b;
                        end
                end
            end
        end
end
for h=1:70
        shi(h,1)=0;
        t=1;
        for w=2:41
            if(weic3(h,w)~=0)
                t=t+1;
            shi(h,1)=shi(h,1)+(fenzhong(weic3(h,w),1)-fenzhong(weic3(h,w-1),1));
            end
        end


shi(h,1)=shi(h,1)+(pi(zhuan1(h),3)-pi(weic3(h,1),3))*24*60+(pi(weic3(h,t),3)-pi(zhuan2(h),3))*24*
60;
end
load num
for h=1:70
```

```
xiao1(h)=min([num(weic3(h,2),7)/num(weic3(h,2),6),num(weic3(h,2),8)/num(weic3(h,2),6)]);

xiao2(h)=min([num(zhuan2(h)+1,7)/num(zhuan2(h)+1,6),num(zhuan2(h)+1,8)/num(zhuan2(h)+1,
6)]);
end
for h=1:70
    jia(h,1)=0;
    t=1;
        for w=2:41
        if(weic3(h,w)~=0)
            t=t+1;
        end
        end

jia(h,1)=xiao1(h)*(num(zhuan1(h),6)-num(weic3(h,1),6))+xiao2(h)*(num(weic3(h,t),6)-num(zhua
n2(h),6));
end
zshi=min(shi)
zjia=min(jia)

clear
load pi
load wei111
load wei222
b1=0;
for a4=1:49369
    station=1965;
    if(pi(a4,1)==station)
        b1=b1+1;
        for a5=1:100
            c1(b1,a5)=pi(a4+a5-1,1);%直达路线矩阵
             if(pi(a4+a5,2)==1)
                 break
             end
        end
    end
end
b2=0;
for a4=1:49369
    station=2686;
    if(pi(a4,1)==station&&pi(a4,2)~=1)
        b2=b2+1;
        c2(b2,1)=station;
```

```
            for a5=2:100

                c2(b2,a5)=pi(a4-a5+1,1);%直达路线矩阵
                 if(pi(a4-a5+1,2)==1)
                       break
                 end
            end
      end
end
load shijian
for a1=1:49369
      for f=1:2
            b=shijian{a1,f};
            a=strfind(b,':');
            if(a(1)==3&&a(2)==6)

fenzhong(a1,f)=(str2num(b(a(1)-2))*10+str2num(b(a(1)-1)))*60+str2num(b(a(2)-2))*10+str2num(
b(a(2)-1));
            elseif(a(1)==2&&a(2)==5)
                  fenzhong(a1,f)=str2num(b(a(1)-1))*60+str2num(b(a(2)-2))*10+str2num(b(a(2)-1));
            end
      end
end
n=0;
for a8=1:b2
      for a9=1:36
            for a6=1:b1
                  for a7=1:24

if(c2(a8,a9)==c1(a6,a7)&&c2(a8,a9)~=0&&c1(a6,a7)~=0&&fenzhong(wei111(a6,a7),1)<fenzhong(
wei222(a8,a9),1))
                                                      disp(wei111(a6,a7))
                        disp(wei222(a8,a9))
                        n=n+1;
                         zhuan1(n)=wei111(a6,a7);
                        zhuan2(n)=wei222(a8,a9);
                        zhuan(n)=c2(a8,a9);%转乘的站点
                        c3(n,1:a7)=c1(a6,1:a7);
                        weic3(n,1:a7)=wei111(a6,1:a7);
                        a=(flipud((c2(a8,1:a9))'))';
                        b=(flipud((wei222(a8,1:a9))'))';
                        c3(n,a7+1:a7+a9)=a;%转一次站的路线
                        weic3(n,a7+1:a7+a9)=b;
                  end
```

```
                end
            end
        end
end
for h=1:104
        shi(h,1)=0;
        t=1;
        for w=2:41
            if(weic3(h,w)~=0)
                t=t+1;
            shi(h,1)=shi(h,1)+(fenzhong(weic3(h,w),1)-fenzhong(weic3(h,w-1),1));
            end
        end


shi(h,1)=shi(h,1)+(pi(zhuan1(h),3)-pi(weic3(h,1),3))*24*60+(pi(weic3(h,t),3)-pi(zhuan2(h),3))*24*
60;
end
load num
for h=1:104

xiao1(h)=min([num(weic3(h,2),7)/num(weic3(h,2),6),num(weic3(h,2),8)/num(weic3(h,2),6)]);

xiao2(h)=min([num(zhuan2(h)+1,7)/num(zhuan2(h)+1,6),num(zhuan2(h)+1,8)/num(zhuan2(h)+1,
6)]);
end
for h=1:104
        jia(h,1)=0;
        t=1;
            for w=2:41
            if(weic3(h,w)~=0)
                t=t+1;
            end
            end

jia(h,1)=xiao1(h)*(num(zhuan1(h),6)-num(weic3(h,1),6))+xiao2(h)*(num(weic3(h,t),6)-num(zhua
n2(h),6));
end
zshi=min(shi)
zjia=min(jia)
```