

铁路最优路线问题

摘要

本文主要解决的问题是在旅客出门旅游选择铁路最优路线的问题。在建模进行问题解答之前，首先对题设附件一所给的数据进行完善。通过查找资料，对部分车次的部分票价进行补充；利用 BFS 算法，对车站进行初步筛选备用。

针对问题一：问题一中建立了多目标线性规划模型。设置乘车时间 f_1 ，乘车花费为 f_2 ，换乘次数 f_3 为三个目标函数，并且以乘车时间最短为第一目标函数，乘车花费为第二目标函数，换乘次数为第三目标函数。最后利用 MATLAB 编程语言利用理想点法原理对模型进行求解，得到如下三天最优路线：

路线	起点	乘坐车次	中转站	转乘车次	终点
丹东—宜昌	丹东	K190/K188	镇江	D3006	宜昌
天津—拉萨	天津	Z194/Z191	石家庄北	T27	拉萨
白城—青岛	白城	K1302	大虎山	K704/K701	青岛

针对问题二：问题二的解决利用运筹学中从局部最优达到整体最优的动态规划模型。求出六座城市任意两座城市之间的所有可行路径。引入路径权重的概念，作为判断路径是否最优的标准。任意两个城市之间运用 Dijkstra 算法求出每两个城市之间的最优路径。最后将经过六个城市的路径权重最小作为动态规划的目标函数，进行求解。得到如下最优旅行路线：

站次	地点	车次	花费	时间
0	宜昌	出发站	0	0
1	无锡	D3008/D3005	310	435
2	苏州	Z94/Z91	6	22
3	上海	G7242/G7239	26	24
4	杭州	G7361	92	90
5	南京	Z86/Z87	123	250
6	宜昌	K696/K697	118	774

关键字： BFS 算法、多目标规划、Dijkstra 算法、动态规划

1.问题重述

1.1 问题背景

铁路作为国民经济的大动脉、国家重要基础设施和大众化交通工具，具有全天候、运能大、运价低、占地少和安全环保等方面的明显优势，是方便旅客出行、降低货运成本、发展绿色交通和低碳经济的重要载体。特别是党的十六大以来，铁路部门在科学发展观引领下，实施“科技兴路”方针，依靠科技进步，实现了跨越发展。

1.2 本文信息

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。

附录一：2013 年全国列车时刻数据表；

1.3 需要解决的问题

问题一：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车，需要考虑直达列车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。

问题二：假设有人要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.模型假设

假设一：当坐车超过 12 个小时时，选用卧铺票，小于 12 个小时选用硬座（二等座）票价；

假设二：当乘坐列车不超过 12 小时，但是列车硬座已售完的情况下，按现有最低票价进行计算；

假设三：乘客换乘次数不超过两次；

假设四：同一个城市不同的车站按照两个不同的车站进行处理计算；

假设五：在两地之间存在直达车的时候，首先考虑直达车；

3.符号说明

符号	符号说明
i	列车编号
j	列车停下的站台数
N	题设中列车的总的数目
l_i	编号为 <i>i</i> 的列车
L_i	l_i 列车组成的集合
a	l_i 列车经过的站点之一
b	l_i 列车经过的站点之一
u_{l_i}	l_i 列车经过的车站集合
T_{l_i}	l_i 列车从起点站到终点站的时间集合
v	可换成车车站的集合
n	n 的取值从 1… 4，代表硬座、硬卧、软座、软卧
p^n_{ab}	l_i 列车从 <i>a</i> 到 <i>b</i> 地的乘车的价格
$v^j_{l_i}$	l_i 车在 <i>j</i> 站可以换乘的车站
$data(i)$	l_i 车从首发站开车的日期

4.数据处理

4.1 完善数据

在本题中涉及到了求出行时最优出行乘坐火车的方案。在最优的方案设置中，有花费最低、换乘次数最少、用时最少三个方面。在题设所给的数据中，存在车次的座位没有给出票价。通过中国铁路客服服务中心，我们找出了一部分待用的票价数据，对题设所给的数据进行补充（如表一所示）。

表一：相关车票票价补充表（部分）

车次	列车类型	站序	车站	日期	到达时间	离开时间	里程	硬座/一等座	硬卧/二等座	软座/特等座	软卧
1043	普快	1	西安	1	21:13	21:13	0	0	0	0	0
1043	普快	2	咸阳	1	21:31	21:34	23	3	37		54
1043	普快	3	杨陵镇	1	22:13	22:17	85	6	40		62
1043	普快	4	蔡家坡	1	22:46	22:56	130	10	44		68
1043	普快	5	宝鸡	1	23:33	23:43	173	14	48		76
1043	普快	6	天水	2	1:21	1:24	328	24	58		96
1043	普快	7	甘谷	2	2:10	2:13	395	28	62		102
1043	普快	8	陇西	2	3:03	3:07	474	33	72		121
.....

4.2 筛选车站

在问题一中，涉及到丹东—宜昌、天津—拉萨、白城—青岛三条目标路线。首先利用 BFS 算法出经过丹东、宜昌、天津、拉萨、白城、青岛这六个城市的列车号。之后根据题设要求，对求出来的车站进行筛选，例如丹东—宜昌，以丹东为终点站的车次是不符合要求，应该被剔除的；以宜昌为首发站的车次也是不符合要求的，应该被剔除。以此类推，对经过六个城市的车次进行筛选

表二：经过筛选的列车车次（部分）

车次	列车类型	站序	车站	日期	到达时间	离开时间	里程
1165/1168	新空普快	1	太原	1	12:55:00'	12:55:00'	0
1165/1168	新空普快	2	榆次	1	13:16:00'	13:20:00'	27
1165/1168	新空普快	3	介休	1	14:34:00'	14:38:00'	139
1165/1168	新空普快	4	霍州	1	15:37:00'	15:39:00'	209
1165/1168	新空普快	5	临汾	1	16:33:00'	16:39:00'	274
1165/1168	新空普快	6	侯马	1	17:29:00'	17:33:00'	334
1165/1168	新空普快	7	运城	1	18:36:00'	18:40:00'	412
1165/1168	新空普快	8	永济	1	19:24:00'	19:27:00'	468
.....	

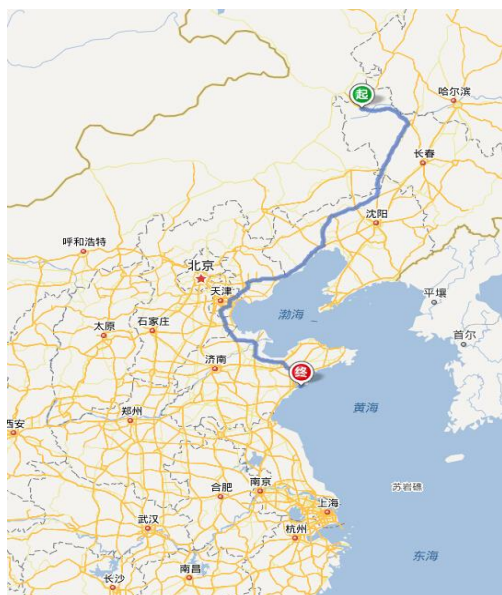
5.问题分析

本题中主要是解决在乘坐火车过程中，没有直达车票的情况下，建立模型，求出从出发地到目的地的转车最优路线。

问题一分析：本问需要解决的问题是在没有直达车的情况下，求出丹东→宜昌、天津→拉萨、白城→青岛，对于乘客来说最优的乘车路线。解决这个问题应该采用的模型为多目标线性规划模型。其中，确定乘车时间最少、乘车花费最少、

换乘次数最少三个目标为目标函数，利用 MATLAB 编程语言进行求解。

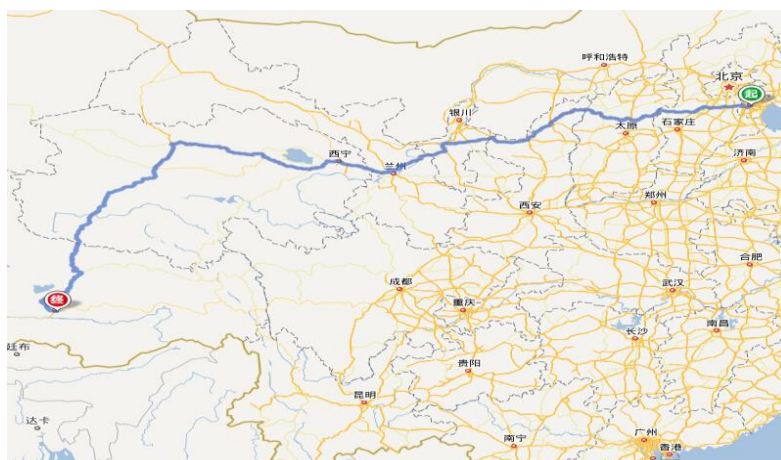
对于本题目所给出的需解决的乘列车问题，在地理位置和铁路分布上大致的了解一下，便于结果分析，并且从图可看出它们之间有直达列车的可能很小。



白城至青岛



丹东至宜昌



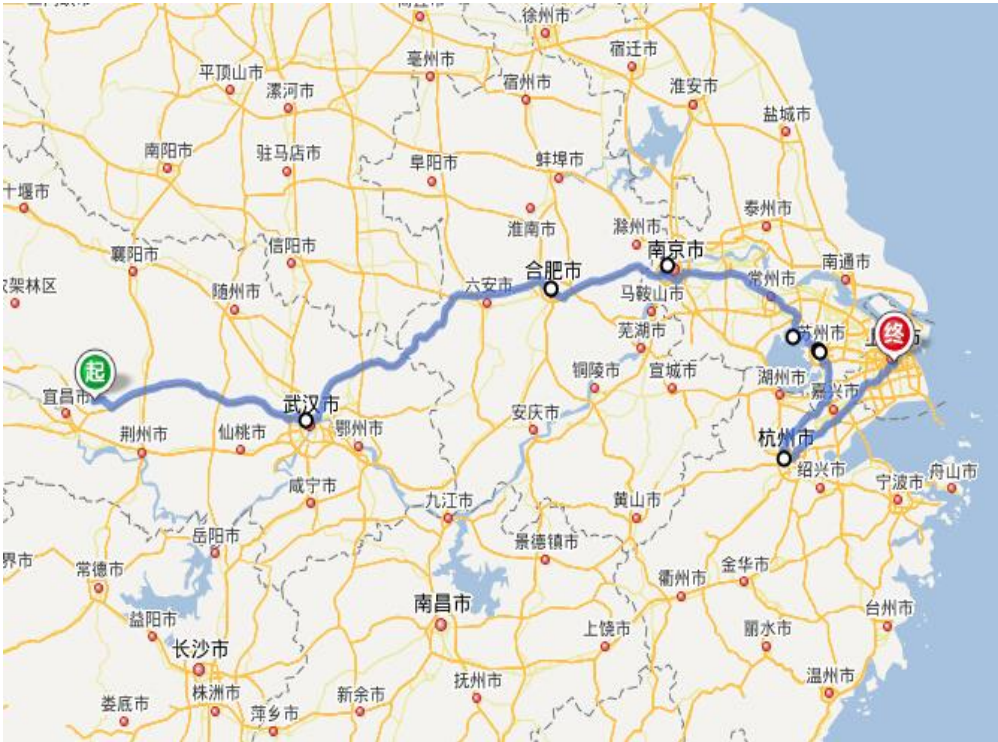
天津至拉萨

途中橘黄色的线路为全国铁路分布线，蓝色加粗的线路为可行的铁路线路，偏远地区铁路线路分布的稀疏，从繁华的都市至偏远地区，换乘的可能很大；隔海城市铁路不能直达，基本上也需要转车。

问题二分析：本问要求出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的最优旅行路线。在本问采用的是**最优化模型**，可以引入任意两座城市间可行路径的路径权重概念。用无量纲化方法对乘次数 F 、乘车花费 S 、乘车时间 T 进行归一化处理。最后利用 MATLAB 语言编程求出路径权重

和最小的路径即为最优路径。

分析本题目最佳旅行方案，在无法建立模型的假设下，日常生活中作为普通公民一般都会采用和旅行社相同线路，或者类似的线路。在查阅大量旅行社开设的包含上述 6 个城市的旅行线路的情况下，可以看出大部分都是采用的宜昌→南京→无锡→苏州→杭州→上海→宜昌。



根据图论模型来解释这种路线是满足最佳的条件的，在通过这些点构成的最小连通图没有交叉点，有最短的路径。

本题对于不同需求的游客可以采用的路线也不同，部分游客看着时间和舒适度，不愿意花费过多时间在行程上；部分游客看重旅行的花费，希望在行程上的花费较低而在目的地享受。本文在解决最佳旅行路线选择的模型中，采用行程花费最小的限制条件，综合时间和票价权值计算模型结果。

6.问题一解答

6.1 模型一准备

模型一采用的数学模型是多目标线性规划模型^[1]。设置乘车所用时间、乘车的花费、换乘车的次数为多目标线性规划的目标函数。经过查资料可知，多目标线性规划往往不可能求出满足所有目标函数的最优解，只能求出有效解。所以在

模型一中，设置时间为首先满足的目标函数 f_1 ，乘车花费为 f_2 ，换乘次数为最后满足的目标函数 f_3 。

6.2 模型一建立

1) 设： $x_{ij}^{l_i}$ 表示从 i 站到 j 站是否乘坐了 l_i 次列车。则，令： $x_{ij}^{l_i} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$ ，

当 $x_{ij}^{l_i} = 1$ 时，表示从 i 站到 j 站是乘坐了 l_i 次列车； $x_{ij}^{l_i} = 0$ 时，表示从 i 站到 j 站没有乘坐了 l_i 次列车；

2) 设： $t_i^1(s)$ 表示 l_i 次列车到达 s 站的时刻； $t_i^2(s)$ 表示 l_i 次车从 s 站发车的时刻；所以，列车从从 i 站到 j 站所用的时间为： $t_i^1(j) - t_i^2(i)$ 。则，乘坐火车所用的时间为：

$$f_1 = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{l_i \in L} [t_i^1(j) - t_i^2(i)] x_{ij}^{l_i}$$

3) 设： $p_{ij}(l_i)$ 表示乘坐 l_i 次列车从 i 站到 j 站所用的票价， f_2 表示乘车所用的花费，则，乘坐火车的花费为：

$$f_2 = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{l_i \in L} p_{ij}(l_i) x_{ij}^{l_i}$$

4) 设： $d(v_{lk}^i, v_{lm}^j)$ 表示 l_k 、 l_m 次列车在站点 v_{lk}^i 、 v_{lm}^j 的换乘距离， f_3 表示乘车换乘是两个车站间的距离，则，乘坐火车换乘时两个车站的距离为：

$$f_3 = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{m \in V} \sum_{l_1, l_2 \in L} x_{ij}^{l_1} x_{jm}^{l_2} d(v_{l_1}^i, v_{l_2}^j)$$

5) 设： N_{\max} 为最大换乘火车的次数； $N = \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{ij}^{l_i} - 1$ ， N 一定要小于 N_{\max} ，

则将 $x_{ij}^{l_i}$ 带入，得： $\sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{ij}^{l_i} - 1 < N_{\max}$ ；

6) 设： l_i 列车经过的站点 $u_{l_i} = \{u_{l_i}^1, u_{l_i}^2, \dots, u_{l_i}^m\}, l_i \in L$ ；

7) 设： o 点为最优乘车路线的起点， d 点为最优乘车路线的终点， i 、 j 为最优路线的中转站。为了保证从起点站到终点站有且只有一条最优路线，则列出如下约束条件：

$$\begin{cases} \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} x_{oj}^{l_i} = 1 \\ \sum_{i \in u} \sum_{l_i \in L} x_{im}^{l_i} - \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} x_{mj}^{l_i} = 0 & m \neq o, d; \forall m \in v \\ \sum_{i \in u} \sum_{j \in u} x_{id}^{l_i} = 1 \end{cases}$$

综上所述，模型一（多目标线性规划目标）为：

$$\begin{cases} \min f_1 = \sum_{i \in u} \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} [t_{l_i}^1(j) - t_{l_i}^2(i)] x_{ij}^{l_i} \\ \min f_2 = \sum_{i \in u} \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} p_{ij}(l_i) x_{ij}^{l_i} \\ \min f_3 = \sum_{i \in V} \sum_{j \in u} \sum_{m \in u} \sum_{l_1, l_2 \in L} x_{ij}^{l_1} x_{jm}^{l_2} d(u_{l_1}^i, u_{l_2}^j) \end{cases}$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} x_{oj}^{l_i} = 1 \\ \sum_{i \in u} \sum_{l_i \in L} x_{im}^{l_i} - \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} x_{mj}^{l_i} = 0 & m \neq o, d; \forall m \in v \\ \sum_{i \in u} \sum_{j \in u} x_{id}^{l_i} = 1 \\ \sum_{i \in u} \sum_{j \in u} \sum_{l_i \in L} x_{ij}^{l_i} - 1 < N_{\max} \\ x_{ij}^{l_i} \in \{0, 1\}; \forall i \in u, j \in u, l_i \in L \end{cases}$$

6.3 模型一解答

在多目标线性规划中，将乘车时间作为首要满足的目标函数，乘车的费用作为第二满足的目标函数。在解答过程中，假设乘客最多换乘一次列车，即 $N_{\max} = 1$ 。在计算到乘车的费用时，从节约用钱的角度，所有车次的所有座位均采用硬卧（二等座）的价格进行计算。利用 MATLAB 编程语言利用理想点法原理编程求出如下结果：

表三：丹东一宜昌可选择路线

起点	优化顺序	列车次数	中转站	转乘列车次数	终点	时间 (min)	费用 (元)
丹东	1	K190/K188	镇江	D3006	宜昌	2137	575
	2	K190/K189	常州	D3006		2194	603
	3	K190/K190	无锡	D3006		2134	614
	4	K190/K187	南京	K696/K697		2448	354
	5	K190/K187	南京	K1512/K1513		2587	378
	6	K190/K188	镇江	K1512/K1513		2743	395

	7	K190/K189	常州	K1512/K1513		2824	404
--	---	-----------	----	-------------	--	------	-----

表四：天津—拉萨可选择路线

起点	优化 顺序	列车次数	中转站	转乘列车次数	终点	时间 (min)	费用 (元)
天津	1	Z194/Z191	石家庄北	T27	拉萨	2697	391
	2	T5684/T5681	北京西	T27		2732	390
	3	K548/K545	西安	T264/T265		3085	331
	4	K548/K545	西安	T164/T165		3132	342
	5	T244/T241	蚌埠	T164/T165		3168	410
	6	T131/T134	南京	T164/T165		3376	454
	7	T253	武昌	T264/T265		3530	477

表五：白城—青岛可选择路线

起点	优化 顺序	列车次数	中转站	转乘列车次数	终点	时间 (min)	费用 (元)
白城	1	K1302	大虎山	K704/K701	青岛	1561	196
	2	K1302	锦州	K704/K701		1561	199
	3	K7566	四平	K704/K701		1568	194
	4	K7566	铁岭	K704/K701		1570	187
	5	K1302	沟帮子	K704/K701		1565	201
	6	K1302	沈阳北	K704/K701		1550	208
	7	K7566	开原	K704/K701		1571	190

6.4 问题一结果分析

在问题一中，建立多目标线性规划模型，编程求解出满足三条路线的乘客乘车用时、乘车花费、车次换乘三个方面最优化路线：

表六：三条路线最优路径

路线	起点	乘坐车次	中转站	转乘车次	终点
丹东—宜昌	丹东	K190/K188	镇江	D3006	宜昌
天津—拉萨	天津	Z194/Z191	石家庄北	T27	拉萨
白城—青岛	白城	K1302	大虎山	K704/K701	青岛

在模型的解答过程中，采用多目标线性规划的理想点法对模型进行求解。在模型的求解过程中，为了使乘车费用降到最低，在计算过程中，票价计算采用硬座票价，但是在当坐车超过 12 个小时时，选用卧铺票。使得模型结果人性化，更贴近实际生活。

7.问题二解答

7.1 模型二准备

模型二运用运筹学中通过局部最优实现整体最优的动态规划模型^[2];首先引入可行路径权重的概念,求出六个城市任意两个城市之间的最优路径,从局部到整体,最后求出旅游的最优路线。

1) 求出任意两座城市之间的可行路径

模型二需要解决的问题是求出旅游的最优乘车路线。首先就要就出宜昌、上海、南京……无锡这六座城市任意两座城市之间的可行路径,记为 r_{ij} 。

2) 无量纲化处理数据

在考虑最优的路线时,同模型一,将转乘次数 F 、乘车花费 S 、乘车时间 T 三个最优方面考虑进去。但是这三者的单位不一样,不能直接相加减。在此,利用无量纲化方法对每一条乘车路径的转乘次数、乘车花费、乘车时间进行处理。将数据存入矩阵 $R_{ij}^{st} = (r_{ij}^{st})_{n \times 3}$;

7.2 模型二建立

- 1) 记: C 为宜昌、上海、南京……无锡六座城市组成的集合;在计算中,用 a, b, c, d, e, f 代表 C 中的城市。
- 2) 设: N_{\max} 为最大换乘火车的次数; $N = \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{ij}^{l_i} - 1$, N 一定要小于 N_{\max} , 则将 $x_{ij}^{l_i}$ 带入, 得: $\sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{ij}^{l_i} - 1 < N_{\max}$
- 3) 引入路径权重 ω_{st} , 其中 $\omega_{st} = F_{st} + S_{st} + T_{st}$;
- 4) 设: $x_{ij}^{l_i}$ 表示从 i 站到 j 站是否乘坐了 l_i 次列车。则, 令: $x_{ij}^{l_i} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$,
当 $x_{ij}^{l_i} = 1$ 时, 表示从 i 站到 j 站是乘坐了 l_i 次列车; $x_{ij}^{l_i} = 0$ 时, 表示从 i 站到 j 站没有乘坐了 l_i 次列车;
- 5) 在任意两个城市 a, b 之间运用 Dijkstra 算法求出每两个城市之间的最优路

$$\text{径: } \min z_{st} = \sum_{s \in C} \sum_{t \in C} \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \omega_{st} x_{ij}$$

6) 设: Z 为总的旅游线路的权重之和, 将通过六个城市的路径的权重之和最小设为目标函数, 则:

$$\min Z = \sum_{s \in C} \sum_{t \in C} \min z_{st}$$

综上所述, 模型二 (动态规划模型) 为:

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{s \in C} \sum_{t \in C} \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \omega_{st} x_{ij} \\ \text{s.t.} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{oj}^{l_i} = 1 \\ \sum_{i \in U} \sum_{l_i \in L} x_{im}^{l_i} - \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{mj}^{l_i} = 0 \quad m \neq o, d; \forall m \in v \\ \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} x_{id}^{l_i} = 1 \\ \sum_{i \in U} \sum_{j \in U} \sum_{l_i \in L} x_{ij}^{l_i} - 1 < N_{\max} \\ x_{ij}^{l_i} \in \{0, 1\}; \forall i \in U, j \in U, l_i \in L \end{array} \right. \end{aligned}$$

7.3 模型二解答

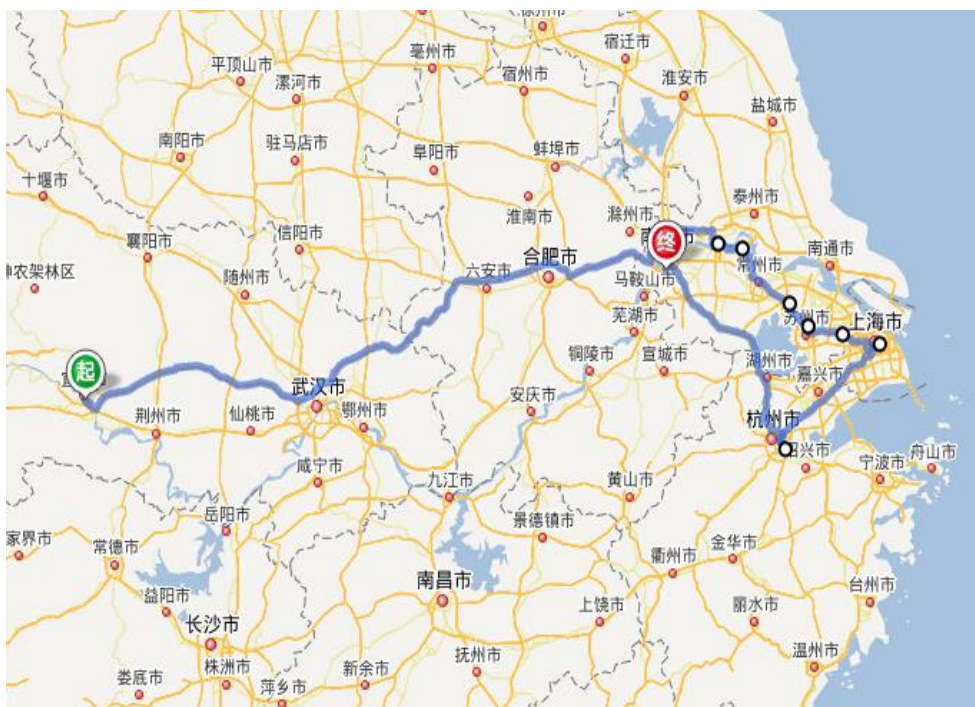
在模型二的基础上, 利用 MATLAB 语言编程求解, 得到如下结果:

表七: 游历六座城市最优乘车路线

站次	地点	车次	花费	时间
0	宜昌	出发站	0	0
1	无锡	D3008/D3005	310	435
2	苏州	Z94/Z91	6	22
3	上海	G7242/G7239	26	24
4	杭州	G7361	92	90
5	南京	Z86/Z87	123	250
6	宜昌	K696/K697	118	774

7.4 问题二结果分析

根据假设五, 如果两座城市之间存在直达车, 首先考虑直达车。在模型二的准备过程中, 求解任意两个城市之间的可行路径时, 我们发现这六座城市任意两座城市之间是存在直达车的。所以, 问题二的路线选择中, 优先选择了直达列车。通过收集资料, 资料显示我国每年到题设所给的五个城市旅游时, 半数以上的游客会选择直达车从而证明模型结果的正确性。



在经济条件有限的情况下，在返程的时候离出发点最近花费的车费是最少的，则在这 5 个城市中，南京离宜昌地理位置最近，从花费上分析得出的结果是合理的。

8.模型评价

8.1 模型的优点

优点一：方向确定；本题中的模型在计算中能够分辨不同的车次中到达同一个站的顺序，减少了最优路线确定的误差；

优点二：乘客等车时间；在实际生活中，很多人对于等车时间过程很反感。在本题模型的解答中，计算转乘车次的时候都是挑选等待时间居中，避免了乘客等待时间过长的问题，使结果更加人性化。

8.2 模型的缺点

缺点一：灵活性较差；在模型一及模型二中，从节约经费的角度出发，所有涉及到乘客乘坐的车次的座位都是选择的硬座(二等座)，在当坐车超过 12 个小时时，选用卧铺票，

9.模型的推广

本文采用了多目标线性规划模型以及动态规划模型，在第一问中首先利用

BFS 算法对路径进行预处理，在航天航空领域确定最安全、最有效的飞行路径中，可以运用。

10.参考文献

- [1] 杨信丰 多目标铁路旅客乘车方案优化模型及算法研究；
- [2] 《运筹学》教材编写组，运筹学（修订版），北京：清华大学出版社，1990；

11.附录

%%主函数%%

clc;clear

[NUM, TXT, DATA]=xlsread('附件一.xls');

start=input('请输入起始站名称: ','s');

finish=input('请输入终点站名称: ','s');

DATA_s=read(DATA,start);%经过 s1 的列车 的数据

DATA_f=read(DATA,finish);%经过 s2 的列车 的数据

trains_st=Trains(start,DATA);%经过起点的所有列车集合

trains_fi=Trains(finish,DATA);%经过终点的所有列车集合

trains=intersect(trains_st,trains_fi);

% DATA_s=quchong_B(B,start,DATA_s);

% DATA_f=quchong_F(B2,finish,DATA_f);

%%

%----- 直达 的情况-----

if length(trains) ~= 0

trains=quchong_2(trains,start,finish,DATA);%起点到终点的列车集合

Together=cell(length(trains),4);%最终返回的信息

price=cell(length(trains),2);

for i=1:length(trains)

for j=1:length(DATA(:,1))

if strcmp(trains(i,1),DATA(j,1)) && strcmp(start,DATA(j,4))

Together(i,1)=trains(i,1);

Together(i,2)=DATA(j,7);

price(i,1)=DATA(j,9);

end

```

        end
    end
    for i=1:length(trains)
        for j=1:length(DATA(:,1))
            if strcmp(trains(i,1),DATA(j,1)) && strcmp(finish,DATA(j,4))
                Together(i,3)={Train_time(trains(i),start,finish,DATA)};
                %
time=Train_time(LieCheCi,Start,Finish,DATA)
                price(i,2)=DATA(j,9);
            end
        end
    end
    for i=1:length(trains)
        Together(i,4)={price{i,2}-price{i,1}};
    end
    Together
    [e,f,g]=youhua_ZD(Together);
    g
    %-----
    %-----
%%
%----- 转 乘 一 次 列 车 情 况 -----
else
    fprintf('没有能够直达的列车 \n 正在匹配一次转乘的情况')
    [o1,p1,q1]=middel(DATA_s,DATA_f);
    B=Screen(p1);
    p1=quchong_B(B,start,DATA_s);%起点到中转站的车次数据
    B2=Screen(q1);
    q1=quchong_F(B2,finish,DATA_f);%中转站到终点的车次数据
    LieCheCi=p1;

```

```

LieCheCi2=q1;
ZhongZhuan=unique(LieCheCi(:,4));
LieCheCi3=Time_Cmp_(ZhongZhuan,LieCheCi,LieCheCi2);% 中转站到
终点站 *可行的* 列车
% ZhuanZhan=unique(LieCheCi3(:,4))
ZhongZhuan_1=unique(LieCheCi3(:,4));% 选出 *可行的* 中转站
Start2ZZ=(zeros(length(ZhongZhuan_1),2));
Start_ZZ=cell(length(ZhongZhuan_1),5);
for i=1:length(ZhongZhuan_1)
    for j=1:length(LieCheCi)
        if strcmp(ZhongZhuan_1(i),LieCheCi(j,4))

Start2ZZ(i,1)=Train_price(LieCheCi(j,1),start,ZhongZhuan_1(i),DATA);

Start2ZZ(i,2)=Train_time(LieCheCi(j,1),start,ZhongZhuan_1(i),DATA);

Start_ZZ(i,1:3)={LieCheCi{j,1},start,ZhongZhuan_1{i}};Start_ZZ(i,4)={Start2ZZ(i,
1)};Start_ZZ(i,5)={Start2ZZ(i,2)};

        end %BC_ZZ（白城-中转站）输出格式：[列车次 起点 终
点 票价 时间]
    end
end %白城至中转站的票价
ZZ2Finish=(zeros(length(LieCheCi3(:,4)),2));
ZZ_Finish=cell(length(LieCheCi3(:,4)),5);
for i=1:length(LieCheCi3(:,4))

ZZ2Finish(i,1)=Train_price(LieCheCi3(i,1),LieCheCi3(i,4),finish,DATA);

ZZ2Finish(i,2)=Train_time(LieCheCi3(i,1),LieCheCi3(i,4),finish,DATA);

```

```
ZZ_Finish(i,1:3)={LieCheCi3{i,1},LieCheCi3{i,4},finish};ZZ_Finish(i,4)={ZZ2Fini  
sh(i,1)};ZZ_Finish(i,5)={ZZ2Finish(i,2)};  
    end  
    Start_ZZ  
    ZZ_Finish  
    [e,f,g,h]=youhua_TJ(Start_ZZ,ZZ_Finish);  
    g  
    h  
end  
%%
```