

基于回溯法的火车最优路线规划

摘要

本文要解决的是乘坐火车时最优线路的选择，首先对数据进行分析与处理，然后分别建立了基于回溯法的多目标最优化模型以及最优旅游路线设计模型。

对于问题一：为了方便结果的计算，首先对列车车次进行编号，并且对与时间有关的数据进行标准化处理，利用公式将日期、具体时间点化为分钟的形式。然后基于对回溯法的改进建立新算法，通过 MATLAB 编程进行算法的实施，逐步搜索出直达车次、转乘一次的车次以及对应的转站点。再根据对时间和票价的不同要求给出必要的约束条件，通过再次运用 MATLAB 编程，得出能从起点直通或者转车一次到达终点所有方案的所用时间和费用。进而通过综合分析，建立以乘车时间为第一目标的多目标线性规划模型，最后通过 Excel 排序得出最优方案：

起始点	起点车次	中转站	中转车次	时间/ min	费用/ 元
丹东到宜昌东	K190/K187	镇江	D3006/D3007	2260	572
天津到拉萨	K548/K545	太原	T27	1899	208
白城到青岛	K1302	黄村	K712/K709	3090	348

对于问题二：模型二的数据处理与模型一相同，根据模型一的算法找出宜昌东到上海（包括上海、上海虹桥、上海西、上海南）的所有直达路，根据最短路原理，并以乘车时间长短为最短路判断指标，然后用 Excel 升序筛选选出最小时间车次并记录该车站，根据上一最短时间站为起点，依次寻找最短时间对应车次。最后得出结果如下：

旅游路线为：宜昌东 → 上海虹桥 → 南京南 → 杭州 → 苏州北 → （无锡东

→ 无锡） → 宜昌东

乘车所用时间为：T=1051/min 乘车费用为：1387 元

关键词：回溯法 多目标最优化 最短路原理

一、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 问题待解决问题

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。

问题二：假设你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。

1.3 相关数据

相关数据可见题目所给出的附录 1，附录 1 给出 2013 年全国列车时刻表数据包含以下信息：列车车次、列车类型（普快，空调快速，动车…）、站序、车站、日期（当天，第 2 天，第 3 天）、到达时间、离开时间、里程、硬座/一等座票价、硬卧/二等座票价、软座/特等座票价、软卧票价

二、问题分析

2.1 问题一分析

问题一中要求在考虑可能没有直达列车的情况下，设计丹东→宜昌、天津→拉萨、白城→青岛的最佳线路。最佳线路是在普通线路的基础上进行优化，达到时间少，票价低，换乘次数少并且最适合不同顾客出行的特点，可断定本问题为多目标线性规划问题。存在多条线路可以满足出行需求，要从中选择最优路线，需通过筛选，得到最终的优化路线。

以丹东→宜昌为例，附表中给出了详细的列车运行情况，在已知出发站和终到站的情况下，初步利用运算，首先问题分为两种情况进行分析：第一种情况是有直达车的情况，第二种情况没有直达车的情况下，需要考虑换乘。对附表中的车次进行编号，从上至下，同车次的列车归纳为同一个编号，对编号的车次进行筛选，选出经过丹东的火车车次编号的集合 $F_{(x)}$ ，及经过宜昌的火车车次编号的集合 $F_{(y)}$ ，判断 $F_{(x)}$ 与 $F_{(y)}$ 是否有交集，如果有，则证明丹东→宜昌有直达火车，如果没有，则需要换乘。

在换乘的情况下：即 $F_{(x)}$ 与 $F_{(y)}$ 中没有相同车次，但是二者所包含车次中有相同站点，则只需换乘一次。如果该公共点不存在，则表明转车一次不能达到目的，按照上述步骤，需找到两个公共点，来考虑换乘两次的情况。

天津分为四个站台进行运营，分别为：天津站，天津北站，天津南站，天津西站，因此需要从四种情况进行考虑问题：天津南→拉萨，天津西→拉萨，天津北→拉萨，天津站→拉萨。从四个角度进行分析，最后进行对比选择最优方案，作为优化路线。

其次考虑时间的问题，便于时间的运算，将时间换为分钟，并且分为两种情况进行讨论，换乘车辆上车时间 T_2 与 $T_{k\theta}$ 是否在同一天内，并且下车时间与换乘上车时间之差是否大于 20 min。

最后，通过时间最短的几个换乘方案的价格比对，选出最优方案。

2.2 问题二分析

通过对问题二的分析：可得出这是一个近似最短路问题，首先通过对数据的分析可以知道上海包括上海站、上海虹桥、上海南、上海西，南京包括南京站、南京南，杭州包括杭州站、杭州东，苏州包括苏州站、苏州北、苏州新区、苏州园区.....因此需要通过逐步分析，分析出各个站到下一站所用的最短时间，进而得出最优旅游路线。

三、问题假设

假设一：中间站之间的票计算为两地票价差

假设二：换乘等车时间只包括两辆车之间的时间差，不包括其他时间

假设三：每天都有同车次火车定时发车

假设四：假设换乘上车时间与下车时间之间的时间差大于 20 min 则可以赶上同天的换乘车次，若小于 20 min 则赶不上同天的车次需要等待下一天的换乘。

四、符号说明

符号名称	符号说明
C	车次集合
C_i	站点
X	路线起始点
Y	终到站
n	经过 X 的车次编号 n
k	经过 Y 的车次编号
T_1	下车时间
T_2	换乘上车时间
t_1	第一次乘车所用时间
t_2	转车时所用时间
t_3	第二次乘车所用时间
P	总票价
$P_{n\beta}$	第一次下车站序票价
P_X	上车时 X 所在站序票价
P_Y	终到站 Y 所在站序票价
$P_{k\theta}$	换乘车站所在站序票价
$F_{(X)}$	经过 X 的所有车次集合
$F_{(Y)}$	经过 Y 的所有车次集合
$X_{(n)}$	经过 X 的站点集合
$Y_{(k)}$	经过 Y 的站点集合
r_{nm}	经过 X 的编号为 n 的车次的站点
$P_{n\beta} - P_X$	第一次乘车票价
$P_Y - P_{k\theta}$	第二次乘车票价
$T_{n\beta}$	人第一次乘车下车时间
$T_{k\theta}$	人第二次转车上车时间
$\min f_1$	最短时间
$\min P$	最小票价

五、问题一建模及求解

5.1 模型建立

设所有车次集合为: $C = \{C_{(1)}, C_{(2)}, \dots, C_{(i)}\}$

站点集合为: $C_{(i)} = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ij}\}$

Step1: 确定起始点丹东为 X , 终点宜昌为 Y ; 从 $C_{(1)}$ 中开始搜索, 若 $X \in C_{(i)}$, 则将 $C_{(i)}$ 记入集合 $F_{(X)} = \{X_{(1)}, \dots, X_{(n)}\}$, 并将 $X_{(n)}$ 作为站点集合

$X_{(n)} = \{r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{n\beta}, \dots, r_{nm}\}$;

同理若 $Y \in C_{(i)}$ ，则将 $C_{(i)}$ 记入集合 $F_{(Y)} = \{Y_{(1)}, \dots, Y_{(k)}\}$ ，并将 $Y_{(k)}$ 作为站点集合 $Y_{(k)} = \{r_{k1}, r_{k2}, \dots, r_{k\theta}, \dots, r_{ks}\}$ 。

Step2: 分别从 $X_{(1)}$ ， $Y_{(1)}$ 开始搜索，直到搜索完集合 $F_{(X)}$ ， $F_{(Y)}$ ；判断是否存在 $r_{nm} = r_{ks}$ 。

Step3: 若存在 $r_{n\beta} = r_{ks}$ ，且 r_{nm} 的所属集合 $X_{(n)}$ 与 r_{ks} 的所属集合 $Y_{(k)}$ 相同，则表明 X 到 Y 可通过乘坐 $X_{(n)}$ 车次直达宜昌，记直达车次集合为 $F^0 = \{Z_{(1)}^0, \dots, Z_{(z)}^0\}$ 。

Step4: 若存在 $r_{n\beta} = r_{k\theta}$ ，且 $r_{n\beta}$ 的所属集合 $X_{(n)}$ 与 $r_{k\theta}$ 的所属集合 $Y_{(k)}$ 不相同，则表明 X 到 Y 可通过转一次车到达，且 $r_{n\beta}$ 为中转站，记转车一次结果为： $X_{(n)} \rightarrow r_{n\beta} \rightarrow Y_{(k)}$ 。

Step5: 若不存在 $r_{n\beta} = r_{k\theta}$ ，则表明转一次车不能到达。需进行 Step.4 的循环考虑换乘两次到达的情况

通过算法得出可乘坐的车次。

其次，考虑优化时间的问题，对于时间进行标准化处理（即将时间时刻化为分钟），以便进行运算：得出时间换算的式子为： $T_{(X)} = 24 \times 60 \times d + 60h + m$ ，同理，将 $T_{n\beta}, T_{k\theta}, T_Y$ 都化为分钟形式。

由题意可得，第一次乘车所用的时间为： $t_1 = T_{n\beta} - T_X$ ，第二次乘车所用时间为： $t_3 = T_Y - T_{k\theta}$ 。

设转车时的等车时间为 t_2 ，换乘车次要考虑是否可在同一天换乘，并且下车时间 T_1 和换乘上车时间 T_2 要考虑是否要在同一天，根据假设 T_2 与 T_1 之间相差时间小于 20 min，则赶不上同一天换乘火车，若相差时间大于 20 min 则可赶上同一天的火车。可得到以下约束条件：

$$s.t. \begin{cases} T_2 = T_{k\theta} - \left\lfloor \frac{T_{k\theta}}{60 \times 24} \right\rfloor, T_{k\theta} > 1440 \\ T_2 = T_{k\theta}, T_{k\theta} \leq 1440 \\ T_1 = T_{n\beta} - \left\lfloor \frac{T_{n\beta}}{60 \times 24} \right\rfloor \times 60 \times 24, T_{n\beta} > 60 \times 24 & T_2 - T_1 \\ T_1 = T_{n\beta}, T_{n\beta} \leq 60 \times 24 \\ t_2 = (T_2 - T_1) + 60 \times 24, T_2 - T_1 < 20 \\ t_2 = T_2 - T_1, T_2 - T_1 \geq 20 \end{cases}$$

因此，优化后最短时间为： $\min f_1 = t_1 + t_2 + t_3$ 。

最后考虑价格的问题，价格等于换乘车票价及起始、终到站票价之和，则可得总票价为： $P = P_{n\beta} - P_X + P_Y - P_{k\theta}$ 。因此最小费用为： $\min P = P_{n\beta} - P_X + P_Y - P_{k\theta}$ 。

5.2 求解过程及结果分析

5.2.1 丹东→宜昌

由以上运算步骤，可以得到以下结果：

丹东到宜昌		
车次	中转站	到达终点站车次
' K190/K187'	' 南京'	' K1512/K1513'
' K190/K187'	' 南京'	' K696/K697'
' K190/K187'	' 镇江'	' D3006/D3007'
' K190/K187'	' 镇江'	' D3072/D3073'
' K190/K187'	' 镇江'	' K1512/K1513'
' K190/K187'	' 镇江'	' K696/K697'
' K190/K187'	' 常州'	' D3006/D3007'
' K190/K187'	' 常州'	' D3072/D3073'
' K190/K187'	' 常州'	' K1512/K1513'
' K190/K187'	' 常州'	' K696/K697'
' K190/K187'	' 无锡'	' D3006/D3007'
' K190/K187'	' 无锡'	' D3072/D3073'
' K190/K187'	' 无锡'	' K1512/K1513'
' K190/K187'	' 无锡'	' K696/K697'
' K190/K187'	' 苏州'	' D3006/D3007'
' K190/K187'	' 苏州'	' D3072/D3073'
' K190/K187'	' 苏州'	' K696/K697'
' K190/K187'	' 上海'	' K696/K697'

天津→拉萨、白城→青岛的运算方法过程与丹东→宜昌的路线相同，结果见附录一。

注：程序运行过程中，发现由天津南，出发的车次没有直达车次到拉萨。

通过建立模型进行程序运算，得出不同转车路线的时间价格的升序排列表为：

时间	价钱	第一次	中转站	第二次
2260	572	' K190/K187'	' 镇江'	' D3006/D3007'
2260	603	' K190/K187'	' 常州'	' D3006/D3007'
2260	617	' K190/K187'	' 无锡'	' D3006/D3007'
2556	354	' K190/K187'	' 南京'	' K696/K697'
2829	378	' K190/K187'	' 南京'	' K1512/K1513'
2829	392	' K190/K187'	' 镇江'	' K1512/K1513'
2829	404	' K190/K187'	' 常州'	' K1512/K1513'
3295	572	' K190/K187'	' 镇江'	' D3072/D3073'
3295	603	' K190/K187'	' 常州'	' D3072/D3073'
3295	617	' K190/K187'	' 无锡'	' D3072/D3073'
3295	641	' K190/K187'	' 苏州'	' D3072/D3073'
3700	641	' K190/K187'	' 苏州'	' D3006/D3007'
3996	366	' K190/K187'	' 镇江'	' K696/K697'
3996	383	' K190/K187'	' 常州'	' K696/K697'
3996	387	' K190/K187'	' 无锡'	' K696/K697'
3996	401	' K190/K187'	' 苏州'	' K696/K697'
3996	418	' K190/K187'	' 上海'	' K696/K697'
4269	413	' K190/K187'	' 无锡'	' K1512/K1513'

通过以上表格，找到时间最短的前五列路线为：

方案编号	时间	价钱	第一次	中转站	第二次
1	2260	572	'K190/K187'	'镇江'	'D3006/D3007'
2	2260	603	'K190/K187'	'常州'	'D3006/D3007'
3	2260	617	'K190/K187'	'无锡'	'D3006/D3007'
4	2556	354	'K190/K187'	'南京'	'K696/K697'
5	2829	378	'K190/K187'	'南京'	'K1512/K1513'

从表中的数据可以显示出时间最短的是方案编号为 1、2、3、的列车路线，价格最少排列在前三的路线为 4、5、1，因为优化路线要满足时间最少，票价最少，因此综合以上结果考虑，选取方案 1：第一次乘坐 K190/K187' 在镇江换乘 D3006/D3007 为最优路线。

5.2.2 天津→拉萨

对时间价格运行程序进行分析，进行如上的筛选后得到以下表格：

方案编号	时间/ min	价钱/ yuan	第一次	中转站	第二次
1	2994	392	'T31'	'徐州'	'T164/T165'
2	3090	353	'K548/K545'	'石家庄北'	'T27'
3	3090	348	'K548/K545'	'太原'	'T27'
4	3093	386	'K257'	'郑州'	'T164/T165'
5	3245	367	'T253'	'郑州'	'T264/T265'

从表中的数据可以显示出时间最短的是方案编号为 1、2、3 的列车路线，价格最少排列在前三的路线为 3、2、5，因为优化路线要满足时间最少，票价最少，因此综合以上结果考虑，选取方案 3：第一次在天津站乘坐 K548/K545 在太原换乘 T27 为最优路线。

5.2.3 白城→青岛

进行同过程的程序运算，进行如上筛选之后得到以下表格：

方案编号	时间/ min	票价/ yuan	第一次	中转站	第二次
1	1727	222	'K7304'	'长春'	'K1056/K1053'
2	1736	232	'K7304'	'长春'	'K704/K701'
3	1899	208	'K1302'	'黄村'	'K712/K709'
4	1920	224	'K7310'	'长春'	'K1056/K1053'
5	1922	198	'2082/2084'	'四平'	'K1056/K1053'

从表中的数据可以显示出时间最短的是方案编号为 1、2、3、的列车路线，价格最少排列在前三的路线为 5、3、1、因为优化路线要满足时间最少，票价最少，因此综合以上结果考虑，选取方案 3：第一次乘坐 K1302 在黄村换乘 K712/K709 为最优路线。

六、问题二建模及求解

6.1 求解过程及结果分析

问题二的数据处理基本与问题一相同，问题二的旅游线路设计是从宜昌出发，经过上海，南京，苏州，杭州，无锡，回到宜昌。在旅行设计路线中需要满足时间最少换乘最小的条件。因此，在上一问的基础上，我们按照题中所给线路安排时间。由于杭州，上海，苏州，无锡，南京都含有多个站台，因此需要利用 MATLAB 进行进一步的程序运算，分别算出宜昌东到上海站，上海南站，上海虹桥，上海海西站等火车站的火车车次，经过筛选和分析得出下表：

车次	所用时间	所用费用
' K698/K695'	1064	132
' D3008/D3005'	487	420
' D3074/D3071'	496	420

绿色字体代表由宜昌东开往上海站的列车，从表中可以清晰的看出乘坐 D3008/D3005 到上海虹桥站的时间最少，因此，选择该条线路通往上海站。

从附表中的数据可以看出，上海虹桥火车站通向南京的车次较多，而且南京火车站同样有很多分类，因此运用程序，可得到下表清晰的显示出上海虹桥火车站与南京站之间的列车的时间和票价关联：

车次	所用时间	所用费用
' D3137/D3136'	157	111
' G7150'	107	220
' G7136'	112	220
' G7128'	114	220
' G7140'	115	220
' G7132'	116	220
' G7124'	118	220
' G7122'	119	220
' G7126'	119	220
' G7146'	119	220
' G7148'	119	220
' G7582'	119	222
' G7134'	120	220
' G7144'	120	220
' G7138'	121	220
' G7142'	121	220
' G7130'	125	220
' D5692'	131	112
' D5590'	138	112

'D5456'	156	112
---------	-----	-----

从图中可以看出由上海虹桥开往南京站时间最短的方案为乘坐 **G750**，耗费时间 **107min**，而从上海虹桥开往南京南的火车线路中时间最短的方案为：

车次	所用时间	所用费用
'D3026/D3027'	116	122
'D3032/D3033'	116	122
'D3042/D3043'	116	125
'D3010/D3011'	116	127
'D3046/D3047'	116	128

因此从上海虹桥开往南京南的火车中钱物的路线的时间是同样的，均为 **116min**，因此选择乘坐 **G750**，从上海虹桥开往南京站。

在南京站选择去杭州的路线，同理，可观察筛选的下表：

车次	所用时间	所用费用
'D5603/D5602'	119	126
'D5680/D5677'	200	176
'G31'	74	161
'G41'	143	308
'G7343/G7342'	101	200

通过对列车路线的时间长短，则可看出乘坐 **G31**，所用时间为 **74min**。

杭州到苏州的时候依然面临着选择火车站的问题，因此我们运用 **MATLAB** 编程结果进行分析：

车次	所用时间	所用费用
'1342/1343'	257	36
'1470/1471'	230	36
'D5678/D5679'	124	89
'D5692'	119	90
'G7382'	106	184
'K1182/K1183'	253	36
'K8372'	247	32
'K8402/K8403'	249	38
'K8458'	1668	32
'T112/T113'	213	42
'T282/T283'	216	42
'T7786/T7787'	215	74
'Z86/Z87'	137	0
'G44'	102	188

因此，从图表中可以看出，乘坐 **G44** 仅需时间 **102min**，因此选择乘坐该辆火车。

同理，从苏州到无锡的数据：

车次	所用时间	所用费用
' D282/D283'	10	14
' D292/D293'	10	14
' D3090/D3091'	10	14
' D362'	10	14
' D5432'	10	14

通过对数据的排序和筛选，上表中的列车均可以乘坐。

由无锡东回宜昌的火车通过运算可得出：

车次	所用时间	所用费用
' D3006/D3007'	411	374
' D3072/D3073'	442	374
' K1512/K1513'	1054	170
' K696/K697'	919	144

因此，可得出，选择乘坐 D3006/D3007 由无锡东回宜昌，时间最短。

七、模型的评价及推广

7.1 模型评价

问题一模型的优点在于细致对回溯法进行改进求解，在原来方法的基础上又自己的创新，并且在模型的建立中有一定的创新。逐步进行模型求解，约束条件全面，考虑到多种情况，严谨的建立了模型。

问题一模型的缺点在于忽略了火车存在晚点的情况，并且也没有考虑换乘过程中缺少火车票的情况。改进模型时，应该在这两种情况下，对模型进行完善。

7.2 模型推广

问题一的模型可以用于很多以优化为目的的问题中，同样适合规划旅游线路，公交车线路等问题。

参考文献

- [1]邓薇.MATLAB 函数速查手册,人民邮电出版社,2010.5
- [2]熊辉.数学建模,中国人民大学出版社,2011.11.
- [3] 多构公交网络模型算法及其应用研究 蒋小红（马洪文邵阳学院 信息工程系, 湖南 邵阳 422000）

附录

附录一：

由天津开往拉萨的结果：

天津到拉萨

车次	中转站	到达终点站车次
' 1136/1133'	' 北京西'	' T27'
' 1230/1227'	' 徐州'	' T164/T165'
' 1230/1227'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' 1230/1227'	' 南京'	' T164/T165'
' 1230/1227'	' 无锡'	' T164/T165'
' 1230/1227'	' 上海'	' T164/T165'
' 1344/1341'	' 徐州'	' T164/T165'
' 1344/1341'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' 1344/1341'	' 南京'	' T164/T165'
' 1344/1341'	' 无锡'	' T164/T165'
' 1472/1469'	' 徐州'	' T164/T165'
' 1472/1469'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' 1472/1469'	' 南京'	' T164/T165'
' 1472/1469'	' 无锡'	' T164/T165'
' 2602/2603'	' 太原'	' T27'
' 4310/0000'	' 徐州'	' T164/T165'
' 4310/0000'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' 4310/0000'	' 南京'	' T164/T165'
' 4310/0000'	' 无锡'	' T164/T165'
' 4310/0000'	' 上海'	' T164/T165'
' K1062/K1063'	' 郑州'	' T164/T165'
' K1062/K1063'	' 郑州'	' T264/T265'
' K1062/K1063'	' 达州'	' T222/T223'
' K1062/K1063'	' 广安'	' T222/T223'
' K1062/K1063'	' 重庆北'	' T222/T223'
' K128/K125'	' 郑州'	' T164/T165'
' K128/K125'	' 郑州'	' T264/T265'
' K128/K125'	' 西安'	' T164/T165'
' K128/K125'	' 西安'	' T222/T223'
' K128/K125'	' 西安'	' T264/T265'
' K190/K187'	' 徐州'	' T164/T165'
' K190/K187'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K190/K187'	' 南京'	' T164/T165'
' K190/K187'	' 无锡'	' T164/T165'
' K190/K187'	' 上海'	' T164/T165'
' K2082/K2083'	' 徐州'	' T164/T165'
' K2082/K2083'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K2082/K2083'	' 南京'	' T164/T165'
' K2082/K2083'	' 无锡'	' T164/T165'
' K2082/K2083'	' 上海'	' T164/T165'
' K213'	' 石家庄北'	' T27'
' K213'	' 太原'	' T27'
' K213'	' 西安'	' T164/T165'

' K213'	' 西安'	' T222/T223'
' K213'	' 西安'	' T264/T265'
' K257'	' 郑州'	' T164/T165'
' K257'	' 郑州'	' T264/T265'
' K257'	' 广元'	' T22/T23'
' K257'	' 成都'	' T22/T23'
' K332/K329'	' 郑州'	' T164/T165'
' K332/K329'	' 郑州'	' T264/T265'
' K346/K347'	' 徐州'	' T164/T165'
' K346/K347'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K346/K347'	' 南京'	' T164/T165'
' K369/K368'	' 郑州'	' T164/T165'
' K369/K368'	' 郑州'	' T264/T265'
' K388/K385'	' 郑州'	' T164/T165'
' K388/K385'	' 郑州'	' T264/T265'
' K388/K385'	' 西安'	' T164/T165'
' K388/K385'	' 西安'	' T222/T223'
' K388/K385'	' 西安'	' T264/T265'
' K388/K385'	' 宝鸡'	' T22/T23'
' K388/K385'	' 宝鸡'	' T222/T223'
' K388/K385'	' 广元'	' T22/T23'
' K388/K385'	' 成都'	' T22/T23'
' K518/K515'	' 徐州'	' T164/T165'
' K518/K515'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K518/K515'	' 南京'	' T164/T165'
' K518/K515'	' 无锡'	' T164/T165'
' K518/K515'	' 上海'	' T164/T165'
' K522/K519'	' 石家庄北'	' T27'
' K522/K519'	' 太原'	' T27'
' K548/K545'	' 石家庄北'	' T27'
' K548/K545'	' 太原'	' T27'
' K548/K545'	' 西安'	' T164/T165'
' K548/K545'	' 西安'	' T222/T223'
' K548/K545'	' 西安'	' T264/T265'
' K554/K551'	' 徐州'	' T164/T165'
' K554/K551'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K554/K551'	' 南京'	' T164/T165'
' K58/K55'	' 徐州'	' T164/T165'
' K58/K55'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K58/K55'	' 南京'	' T164/T165'
' K58/K55'	' 无锡'	' T164/T165'
' K58/K55'	' 上海'	' T164/T165'
' K715/K718'	' 郑州'	' T164/T165'
' K715/K718'	' 郑州'	' T264/T265'

' K75/K78'	' 徐州'	' T164/T165'
' K75/K78'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K75/K78'	' 南京'	' T164/T165'
' K75/K78'	' 无锡'	' T164/T165'
' K7728/K7725'	' 北京西'	' T27'
' K868/K865'	' 石家庄北'	' T27'
' K868/K865'	' 太原'	' T27'
' K919'	' 郑州'	' T164/T165'
' K919'	' 郑州'	' T264/T265'
' K928/K925'	' 郑州'	' T164/T165'
' K928/K925'	' 郑州'	' T264/T265'
' K976/K973'	' 郑州'	' T164/T165'
' K976/K973'	' 郑州'	' T264/T265'
' K976/K973'	' 武昌'	' T264/T265'
' T122/T123'	' 郑州'	' T164/T165'
' T122/T123'	' 郑州'	' T264/T265'
' T122/T123'	' 武昌'	' T264/T265'
' T122/T123'	' 长沙'	' T264/T265'
' T122/T123'	' 郴州'	' T264/T265'
' T122/T123'	' 广州'	' T264/T265'
' T131/T134'	' 徐州'	' T164/T165'
' T131/T134'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' T131/T134'	' 南京'	' T164/T165'
' T131/T134'	' 无锡'	' T164/T165'
' T131/T134'	' 上海'	' T164/T165'
' T184/T181'	' 郑州'	' T164/T165'
' T184/T181'	' 郑州'	' T264/T265'
' T238/T235'	' 郑州'	' T164/T165'
' T238/T235'	' 郑州'	' T264/T265'
' T238/T235'	' 武昌'	' T264/T265'
' T238/T235'	' 长沙'	' T264/T265'
' T238/T235'	' 郴州'	' T264/T265'
' T244/T241'	' 徐州'	' T164/T165'
' T244/T241'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' T253'	' 郑州'	' T164/T165'
' T253'	' 郑州'	' T264/T265'
' T253'	' 武昌'	' T264/T265'
' T253'	' 长沙'	' T264/T265'
' T253'	' 郴州'	' T264/T265'
' T253'	' 广州'	' T264/T265'
' T5684/T5681'	' 北京西'	' T27'
' Z194/Z191'	' 石家庄北'	' T27'
' Z194/Z191'	' 太原'	' T27'

由天津北开往拉萨的优化路线：

天津北到拉萨		
车次	中转站	到达终点站的车次
' 1136/1133'	' 北京西'	' T27'

由天津西开往拉萨的优化路线：

天津西到拉萨		
车次	中转站	到达终点站列车
' 1461'	' 徐州'	' T164/T165'
' 1461'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' 1461'	' 南京'	' T164/T165'
' 1461'	' 无锡'	' T164/T165'
' 1461'	' 上海'	' T164/T165'
' K101/K104'	' 徐州'	' T164/T165'
' K101/K104'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K101/K104'	' 南京'	' T164/T165'
' K45'	' 徐州'	' T164/T165'
' K45'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' K45'	' 南京'	' T164/T165'
' T109'	' 徐州'	' T164/T165'
' T109'	' 南京'	' T164/T165'
' T109'	' 无锡'	' T164/T165'
' T109'	' 上海'	' T164/T165'
' T215'	' 徐州'	' T164/T165'
' T284/T281'	' 徐州'	' T164/T165'
' T284/T281'	' 蚌埠'	' T164/T165'
' T284/T281'	' 南京'	' T164/T165'
' T284/T281'	' 无锡'	' T164/T165'
' T31'	' 徐州'	' T164/T165'
' T63'	' 徐州'	' T164/T165'
' T63'	' 蚌埠'	' T164/T165'

由白城到青岛的优化路线：

白城到青岛		
车次	中转站	到达终点站车次
' 1052'	' 四平'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 四平'	' K704/K701'

' 1052'	' 开原'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 开原'	' K704/K701'
' 1052'	' 沈阳北'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 沈阳北'	' K704/K701'
' 1052'	' 山海关'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 山海关'	' K704/K701'
' 1052'	' 山海关'	' K958/K955'
' 1052'	' 山海关'	' K972/K969'
' 1052'	' 唐山'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 唐山'	' K704/K701'
' 1052'	' 唐山'	' K958/K955'
' 1052'	' 唐山'	' K972/K969'
' 1052'	' 塘沽'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 塘沽'	' K972/K969'
' 1052'	' 天津'	' K1056/K1053'
' 1052'	' 天津'	' K704/K701'
' 1052'	' 天津'	' K958/K955'
' 1052'	' 天津'	' K972/K969'
' 1468'	' 大虎山'	' K1056/K1053'
' 1468'	' 大虎山'	' K704/K701'
' 1468'	' 大虎山'	' K958/K955'
' 1468'	' 沟帮子'	' K1056/K1053'
' 1468'	' 沟帮子'	' K704/K701'
' 1468'	' 锦州'	' K1056/K1053'
' 1468'	' 锦州'	' K704/K701'
' 1468'	' 锦州'	' K958/K955'
' 1468'	' 锦州'	' K972/K969'
' 1468'	' 兴城'	' K1056/K1053'
' 1468'	' 兴城'	' K958/K955'
' 1468'	' 山海关'	' K1056/K1053'
' 1468'	' 山海关'	' K704/K701'
' 1468'	' 山海关'	' K958/K955'
' 1468'	' 山海关'	' K972/K969'
' 1820/1817'	' 集宁南'	' K712/K709'
' 1820/1817'	' 呼和浩特东'	' K712/K709'
' 2062'	' 四平'	' K1056/K1053'
' 2062'	' 四平'	' K704/K701'
' 2062'	' 开原'	' K1056/K1053'
' 2062'	' 开原'	' K704/K701'
' 2062'	' 沈阳'	' K958/K955'
' 2062'	' 沈阳'	' K972/K969'
' 2082/2084'	' 四平'	' K1056/K1053'
' 2082/2084'	' 四平'	' K704/K701'
' 2082/2084'	' 昌图'	' K1056/K1053'

' 2082/2084'	' 昌图'	' K704/K701'
' 2082/2084'	' 开原'	' K1056/K1053'
' 2082/2084'	' 开原'	' K704/K701'
' 2082/2084'	' 铁岭'	' K1056/K1053'
' 2082/2084'	' 铁岭'	' K704/K701'
' 2082/2084'	' 沈阳北'	' K1056/K1053'
' 2082/2084'	' 沈阳北'	' K704/K701'
' 2082/2084'	' 沈阳'	' K958/K955'
' 2082/2084'	' 沈阳'	' K972/K969'
' 2156/2157'	' 哈尔滨'	' K704/K701'
' 2170'	' 四平'	' K1056/K1053'
' 2170'	' 四平'	' K704/K701'
' 2170'	' 昌图'	' K1056/K1053'
' 2170'	' 昌图'	' K704/K701'
' 2170'	' 铁岭'	' K1056/K1053'
' 2170'	' 铁岭'	' K704/K701'
' 2170'	' 沈阳'	' K958/K955'
' 2170'	' 沈阳'	' K972/K969'
' 2262'	' 沟帮子'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 沟帮子'	' K704/K701'
' 2262'	' 锦州'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 锦州'	' K704/K701'
' 2262'	' 锦州'	' K958/K955'
' 2262'	' 锦州'	' K972/K969'
' 2262'	' 葫芦岛'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 葫芦岛'	' K704/K701'
' 2262'	' 山海关'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 山海关'	' K704/K701'
' 2262'	' 山海关'	' K958/K955'
' 2262'	' 山海关'	' K972/K969'
' 2262'	' 唐山'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 唐山'	' K704/K701'
' 2262'	' 唐山'	' K958/K955'
' 2262'	' 唐山'	' K972/K969'
' 2262'	' 塘沽'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 塘沽'	' K972/K969'
' 2262'	' 天津'	' K1056/K1053'
' 2262'	' 天津'	' K704/K701'
' 2262'	' 天津'	' K958/K955'
' 2262'	' 天津'	' K972/K969'
' 2690/2688/2685'	' 沈阳'	' K958/K955'
' 2690/2688/2685'	' 沈阳'	' K972/K969'
' 2690/2688/2685'	' 本溪'	' K958/K955'
' 2690/2688/2685'	' 凤凰城'	' K958/K955'

' 2690/2688/2685'	' 五龙背'	' K958/K955'
' 2690/2688/2685'	' 丹东'	' K958/K955'
' 6340'	' 长春'	' K1056/K1053'
' 6340'	' 长春'	' K704/K701'
' K1302'	' 四平'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 四平'	' K704/K701'
' K1302'	' 昌图'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 昌图'	' K704/K701'
' K1302'	' 开原'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 开原'	' K704/K701'
' K1302'	' 铁岭'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 铁岭'	' K704/K701'
' K1302'	' 沈阳北'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 沈阳北'	' K704/K701'
' K1302'	' 大虎山'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 大虎山'	' K704/K701'
' K1302'	' 大虎山'	' K958/K955'
' K1302'	' 沟帮子'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 沟帮子'	' K704/K701'
' K1302'	' 锦州'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 锦州'	' K704/K701'
' K1302'	' 锦州'	' K958/K955'
' K1302'	' 锦州'	' K972/K969'
' K1302'	' 葫芦岛'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 葫芦岛'	' K704/K701'
' K1302'	' 兴城'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 兴城'	' K958/K955'
' K1302'	' 山海关'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 山海关'	' K704/K701'
' K1302'	' 山海关'	' K958/K955'
' K1302'	' 山海关'	' K972/K969'
' K1302'	' 唐山'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 唐山'	' K704/K701'
' K1302'	' 唐山'	' K958/K955'
' K1302'	' 唐山'	' K972/K969'
' K1302'	' 塘沽'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 塘沽'	' K972/K969'
' K1302'	' 天津'	' K1056/K1053'
' K1302'	' 天津'	' K704/K701'
' K1302'	' 天津'	' K958/K955'
' K1302'	' 天津'	' K972/K969'
' K1302'	' 黄村'	' K712/K709'
' K278/K276/K273'	' 宣化'	' K712/K709'
' K278/K276/K273'	' 张家口南'	' K712/K709'

' K278/K276/K273'	' 集宁南'	' K712/K709'
' K278/K276/K273'	' 呼和浩特市'	' K712/K709'
' K278/K276/K273'	' 呼和浩特'	' K712/K709'
' K550'	' 四平'	' K1056/K1053'
' K550'	' 四平'	' K704/K701'
' K550'	' 沈阳'	' K958/K955'
' K550'	' 沈阳'	' K972/K969'
' K7302'	' 长春'	' K1056/K1053'
' K7302'	' 长春'	' K704/K701'
' K7304'	' 长春'	' K1056/K1053'
' K7304'	' 长春'	' K704/K701'
' K7306'	' 长春'	' K1056/K1053'
' K7306'	' 长春'	' K704/K701'
' K7306'	' 公主岭'	' K1056/K1053'
' K7306'	' 公主岭'	' K704/K701'
' K7306'	' 四平'	' K1056/K1053'
' K7306'	' 四平'	' K704/K701'
' K7306'	' 开原'	' K1056/K1053'
' K7306'	' 开原'	' K704/K701'
' K7306'	' 铁岭'	' K1056/K1053'
' K7306'	' 铁岭'	' K704/K701'
' K7306'	' 沈阳'	' K958/K955'
' K7306'	' 沈阳'	' K972/K969'
' K7310'	' 长春'	' K1056/K1053'
' K7310'	' 长春'	' K704/K701'
' K7392/K7393'	' 长春'	' K1056/K1053'
' K7392/K7393'	' 长春'	' K704/K701'
' K7392/K7393'	' 四平'	' K1056/K1053'
' K7392/K7393'	' 四平'	' K704/K701'
' K7392/K7393'	' 梅河口'	' K972/K969'
' K7392/K7393'	' 柳河'	' K972/K969'
' K7392/K7393'	' 三源浦'	' K972/K969'
' K7392/K7393'	' 通化'	' K972/K969'
' K7566'	' 四平'	' K1056/K1053'
' K7566'	' 四平'	' K704/K701'
' K7566'	' 开原'	' K1056/K1053'
' K7566'	' 开原'	' K704/K701'
' K7566'	' 铁岭'	' K1056/K1053'
' K7566'	' 铁岭'	' K704/K701'
' K7566'	' 沈阳'	' K958/K955'
' K7566'	' 沈阳'	' K972/K969'
' L1004/L1005'	' 集宁南'	' K712/K709'
' L1004/L1005'	' 呼和浩特市'	' K712/K709'
' L1004/L1005'	' 包头'	' K712/K709'

附录二:

问题一：代码一：

```
%直达
clc;clear all;
start=input('请输入出发地');
aim=input('请输入目的地');
load train1.mat
m=size(train1,1);
Start1=[];Aim1=[];
for i=1:m
    n=size(train1 {i,1},1);
    for ii=1:n
        if ismember(start,train1 {i,1}(ii,4))
            Start1=[Start1,[i;ii]];
        end
        if ismember(aim,train1 {i,1}(ii,4))
            Aim1=[Aim1,[i;ii]];
        end
    end
end
J0=ismember(Start1(1,:),Aim1(1,:));
```

问题一：代码二

```
%转一次到达
clc;clear all;
start=input('请输入出发地');
aim=input('请输入目的地');
%function path1=yici(start,aim)
load train1.mat
m=size(train1,1);
Start1=[];Aim1=[];
for i=1:m
    n=size(train1 {i,1},1);
    for ii=1:n
        if ismember(start,train1 {i,1}(ii,4))
            Start1=[Start1,[i;ii]];
        end
        if ismember(aim,train1 {i,1}(ii,4))
            Aim1=[Aim1,[i;ii]];
        end
    end
end
end
```

```

k=1;
for i=1:size(Start1,2)
    for ii=Start1(2,i)+1:size(train1 {Start1(1,i)},1)
        for j=1:size(Aim1,2)
            for jj=1:Aim1(2,j)-1
                if ismember(train1 {Start1(1,i),1}(ii,4),train1 {Aim1(1,j),1}(jj,4))

path1(k,[1,6,11])=[train1 {Start1(1,i),1}(ii,1),train1 {Start1(1,i),1}(ii,4),train1 {Aim1(1,
j),1}(jj,1)];

                    path1(k,[2,3])=train1 {Start1(1,i),1}(Start1(2,i),[5,7]);
                    path1(k,[4,5])=train1 {Start1(1,i),1}(ii,[5,6]);
                    path1(k,[7,8])=train1 {Aim1(1,j),1}(jj,[5,7]);
                    path1(k,[9,10])=train1 {Aim1(1,j),1}(Aim1(2,j),[5,7]);

path1(k,[12,13])=[train1 {Start1(1,i),1}(Start1(2,i),9),train1 {Start1(1,i),1}(ii,9)];

path1(k,[14,15])=[train1 {Aim1(1,j),1}(jj,9),train1 {Aim1(1,j),1}(Aim1(2,j),9)];
                    k=k+1;
                end
            end
        end
    end
end
%时间
for i=1:size(path1,1)
    t1=(path1 {i,4}(1,1)-path1 {i,2}(1,1))*1440+path1 {i,5}(1,1)-path1 {i,3}(1,1);
    if path1 {i,8}(1,1)-path1 {i,5}(1,1)>20
        t2=path1 {i,8}(1,1)-path1 {i,5}(1,1);
    else
        t2=path1 {i,8}(1,1)-path1 {i,5}(1,1)+1440;
    end
    t3=(path1 {i,9}(1,1)-path1 {i,7}(1,1))*1440+path1 {i,10}(1,1)-path1 {i,8}(1,1);
    tm(i,1)=t1+t2+t3;
end
%费用
for i=1:size(path1,1)
    tm(i,2)=path1 {i,13}(1,1)-path1 {i,12}(1,1)+path1 {i,15}(1,1)-path1 {i,14}(1,1);
end

```

问题二：代码

```

%直达
clc;clear all;
start=input('请输入出发地');
aim=input('请输入目的地');

```

```

%function path1=yici(start,aim)
load train1.mat
m=size(train1,1);
Start1=[];
for i=1:m
    n=size(train1 {i,1},1);
    for ii=1:n
        if ismember(start,train1 {i,1}(ii,4))
            Start1=[Start1,[i;ii]];
        end
    end
end
k=1;
for i=1:size(Start1,2)
    for ii=Start1(2,i)+1:size(train1 {Start1(1,i)},1)
        if ismember(aim,train1 {Start1(1,i),1}(ii,4))
            path1(k,1)=train1 {Start1(1,i),1}(ii,1);
            path1(k,2:3)=train1 {Start1(1,i),1}(Start1(2,i),[5,7]);
            path1(k,4:5)=train1 {Start1(1,i),1}(ii,[5,6]);
            path1(k,6)=train1 {Start1(1,i),1}(Start1(2,i),9);
            path1(k,7)=train1 {Start1(1,i),1}(ii,9);
            k=k+1;
        end
    end
end
%时间
for i=1:size(path1,1)
    tm(i,1)=(path1 {i,4}(1,1)-path1 {i,2}(1,1))*1440+path1 {i,5}(1,1)-path1 {i,3}(1,1);
end
%费用
for i=1:size(path1,1)
    tm(i,2)=path1 {i,7}(1,1)-path1 {i,6}(1,1);
end

```