

# 京津冀交通一体化之天津地铁线路优化

胡明禹

中国石油大学(北京)经济管理学院, 北京  
Email: tangohu@foxmail.com

收稿日期: 2020年8月9日; 录用日期: 2020年8月24日; 发布日期: 2020年8月31日

---

## 摘要

在国家“京津冀”一体化的战略背景下, 特殊地区需要建立地铁直达专线来缩短两地来往时间, 以便构建更加快捷高效的交通网。天津作为京津冀协同发展中的重要环节之一, 我们选定天津现有的地铁线路作为代表性的研究对象。本文基于层次分析法构建这个模型, 选取了六个方面的指标并接着通过计算得到综合直接和间接影响的站点辐射范围, 以优化车站选择; 最后, 得到一些备选地铁站点。与此同时, 比较建造新站的可操作性和调整列车不同发车时间间隔的成本, 最后得到了最终优化的发车时刻安排表。

## 关键词

直达地铁线, 层次分析, 成本模型, 线性方程组, 发车时刻表

---

# Tianjin Metro Optimization of “Beijing-Tianjin-Hebei Traffic Integration”

Mingyu Hu

School of Economics and Management & China University of Petroleum (Beijing), Beijing  
Email: tangohu@foxmail.com

Received: Aug. 9<sup>th</sup>, 2020; accepted: Aug. 24<sup>th</sup>, 2020; published: Aug. 31<sup>st</sup>, 2020

---

## Abstract

Under the strategic background of the national “Beijing-Tianjin-Hebei” integration, special subway lines need to be established in special areas to shorten the travel time between the two places, in order to build a fast and efficient transportation network. As one of the important links in the coordinated development of Beijing, Tianjin and Hebei, we choose the existing subway lines in

Tianjin as the representative object of study. In this paper, based on the analytic hierarchy process to build this model, the paper selects six aspects of the description and then through the calculation to get the comprehensive direct and indirect impact of the station radiation range, in order to optimize the station selection; finally, get some alternative subway stations. At the same time, the maneuverability of building the new station and the cost of adjusting the train departure time interval are compared, and the final optimized departure time schedule is obtained.

## Keywords

Direct Subway, Analytic Hierarchy Process, Cost Model, Linear Equations, Timetable

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

最近十年,中国城市轨道交通逐渐进入稳定有序,快速的发展阶段。截至2015年底,中国在38个城市共有158条地铁线路,运行公里数总长4190公里。随着各个城市交通的发展,人们外出也越来越方便。但是在两个遥远的车站之间,乘客出行通常需要很长时间,而且也只有部分大城市少量的几条直达专线(比如机场专线等等),供给和需求严重不平衡给人们的生活生产带来了极大的困扰。

国内的一些报纸,杂志和网站曾经有网友讨论过地铁建立得是否科学合理,是否有必要提前首班车的发车时间。还有一些论文讨论的是工科设计里的轨道建设的具体措施,但是关于建立特殊的地铁直达专线方面的研究文献少之又少,几乎没有,这也体现了本文的创新之处。

本文选择“京津冀”一体化中的重要一环——天津市,作为主要研究对象。我们必须确定一定数量的指标,因为太少的指标无法准确评估,同时选取的指标应该具有代表性和科学性。建立模型并评估地铁站点是否适合作为方案的直达地铁站点。同时,我们需要明白我们构建地铁直达专线的主要方案:第一个方案是选择两个已经存在的站点建立一条新的地铁直达专线还是重建一个新的站点,作为直达专线的车站;另一方面我们可以根据以前的地铁情况调整发车间隔时间表,这些都需要后面进一步的分析才能确定。

## 2. 直达地铁站选址模型

### 2.1. 基于AHP的站点初步选择模型

层次分析模型(AHP)是由美国运筹学家 T. L. Saaty 教授开发的一种决策方法。AHP 可以用于存在多个影响因素和决策标准的情况,尤其适用于难以直观地了解他们之间相互作用的情况下。在这种情况下,AHP 提供了一种结构化的方法来降低复杂性,并帮助我们客观地做出决策。这个过程可以分为四个部分:1.建模层次结构模型 2.构造判断矩阵 3.层次单排列和一致性测试 4.层次总排列和一致性测试。

参考地铁网路规划,选择地铁线路主站位置的方案,我们考虑地铁站是否具有枢纽的作用,即地铁站附近的情况主要有六大指标:周边的交通情况、周边学校的规模、周边商业店铺的规模、附近工作岗位的多少、周围旅游景点的价值、周边居住人口规模,这基本可以满足综合指标来选择站点的要求。我们定义: $E_1$ : 周边可替代出行交通的情况;  $E_2$ : 周边学校的规模;  $E_3$ : 周边商业店铺的规模;  $E_4$ : 附近工作岗位的多少;  $E_5$ : 周边旅游景点的价值;  $E_6$ : 周边居住人口的规模。因此,我们建立了如下层次结构(见图1)。

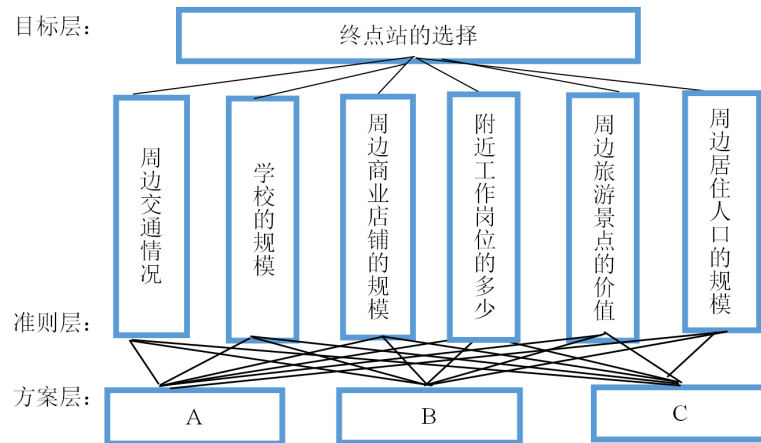


Figure 1. Hierarchical structure diagram  
图 1. 层次结构示意图

通过查阅资料，比较使用各种级别的指标[1] [2] [3] [4]，对目标的影响程度较大的因素进行比较，得到如下比较判别矩阵如下：

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1/2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1/2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

通过比较使用各种级别的指标，对目标的影响程度较大的因素进行比较，并使用 MATLAB 计算最大特征值  $\lambda_{\max} = 6.0138$ ，得到归一化特征向量为： $\omega = (0.3106, 0.0894, 0.0894, 0.1702, 0.1702, 0.1702)^T$ 。

一致性指标 CI:  $CI = 0.00276$  (此时  $n = 6$ )，检查表是随机一致性标准  $RI = 1.24$ ，一致性比例 CR 通过公式： $CR = 0.00223 < 0.1$ ，通过一致性测试。接着我们使用相同的方法为方案层的每个指标构造两两比较矩阵，其中  $B_k (k = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$ ：

$$B_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$B_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_5 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad B_6 = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

最终，得到 6 个指标及其终端选择权重和所建立的函数模型的表达式，令  $K(x_i), i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ：每个指标的加权值，我们有如下函数：

$$F = 0.3106 * D_1 + 0.0894 * D_2 + 0.0894 * D_3 + 0.1702 * D_4 + 0.1702 * D_5 + 0.1702 * D_6 \quad (1)$$

当  $D_i = K(x_i)$  时，此时， $F = F_0 = 0.1993612$ ，我们认为这是  $F$  的临界值。如果  $F > 0.1993612$ ，我们选择这个站作为终点站。如果  $F = 0$  我们也可以选择这个站作为终点站(它具有很大的发展潜力)。否则  $0 < F < 0.1993612$ ，我们不选择它。我们选择天津地铁线进行分析，同时为了方便计算和数学化，我们

重新标记地铁路线的各个站点，并计算两站之间的距离(见图 2) [5] [6]。



Figure 2. Relabeling of stations & distance between stations  
图 2. 站点重新标号&站与站的间距

我们通过官方网站“天津轨道交通网”收集以下数据，并根据公式(1)和量化过程，我们可以通过 Excel 表获得每个路线的每个指标的权重。最终我们发现可以选择 A1-7、A1-8、A1-10、A1-11、A1-13、B1-1、B1-10、B1-15、C1-11、C1-14、C1-19、C1-26、D1-1、D1-6 初步满足作为终点站的要求。

### 2.2. 进一步确定合适站点的选择模型

首先，我们需要考虑走路的速度。通常国际标准距离 5 公里。如果我们以 2 步/秒作为标准来计算步速，则步长为 0.694 m。我们从网上找到了一个标准，定义男性的步长/高度为 0.407，女性为 0.397。我们还可以找到更准确的数据，平均高 1.67 米的中国男子，其步长可以为 0.68 米长，女生平均身高则为 1.56 米，步长可以为 0.62 米长[7]。

如果我们以 5 公里/小时为标准，经过调查，我们可以得出一个结论，多数人在这种情况下感到疲倦。考虑到这个问题以地铁乘客为对象，我们还需要考虑妇女和儿童。在这项研究中，我们以平均每步 0.625 米的长度和每秒两步作为标准，根据大量的观察和比较，我们可以得出一个结论，我们的常规步行速度可以达到 4.5 km/h，并将这个值其作为我们研究的标准。从互联网的参考资料和数据可以看出，人们可能会在步行 15 分钟内，感到舒适。因此，根据直线运动公式所以我们得出一个结论，1200 米是我们在

这个模型中研究的直接影响范围，也是作为地铁站直接影响的最佳半径。

### 2.3. 选择中心地铁站的规则

我们可以在地铁路线上一个接一个选择地铁站作为中心，以半径为 1200 米作圆，辐射范围，如果包含到其他站点，那么这些站的价值归属于中心站。如果该指定站同时满足于两个相邻地铁站的条件，我们将其归入离中心站距离较近的车站。此外，如果偶数个地铁站形成一个地区，我们选择一个远离其他的中心站地铁站作为中心站[8]。

根据这个选择的规则，最后我们选择这些车站作为中心地铁站，如图 3 中黑点所示。其中每个圆圈表示中心站的辐射区域。

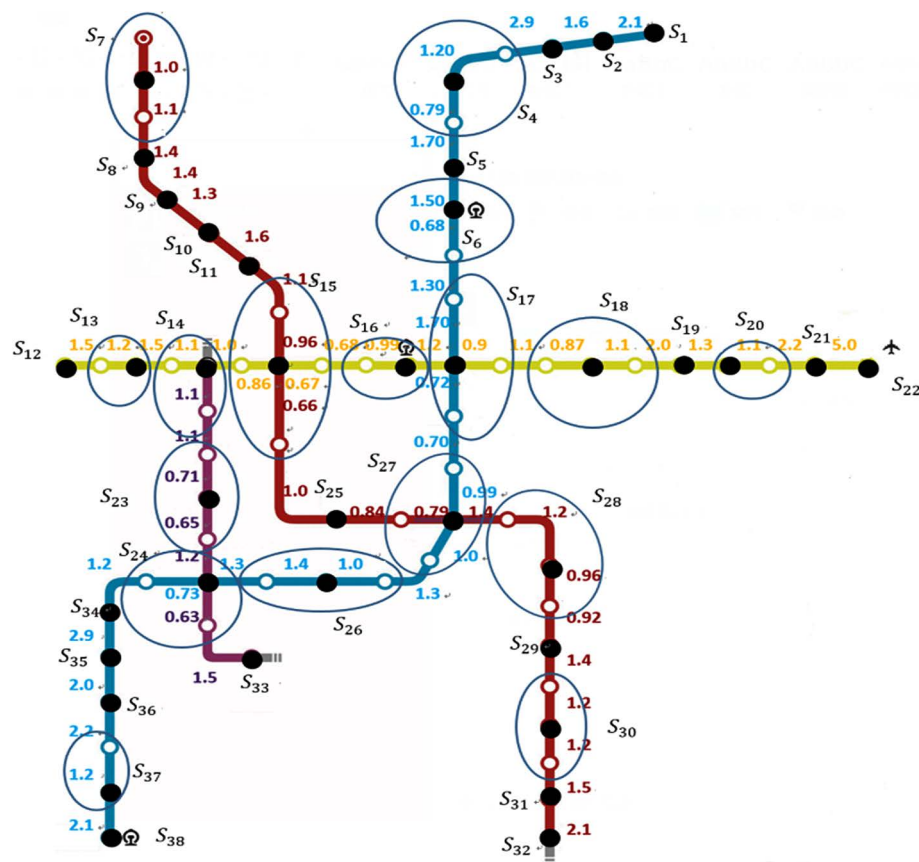


Figure 3. Radiation area of each site  
图 3. 各站点的辐射区域

如图 3 所示，我们可以选择  $S_{17}$ ,  $S_{15}$ ,  $S_{28}$ ,  $S_{24}$ ,  $S_{14}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{38}$ ,  $S_{27}$ ，并将中心站作为备选站。再选择 A1-8, A1-10, B1-1, B1-10, B1-15, C1-19 和 C1-26 作最终确定后的终点站。

计算点之间的距离，并计算出这些的平均值是 10.186 km。所以我们认为两点距离至少是 10.186 公里或以上的情况下建立直达站。

### 2.4. 预期成果评估

首先，我们可以发现，几乎所有的替代点都是靠近地铁站的交点。根据调查数据，我们可以得出结论：大部分住宅区，繁忙的商业街道，许多学校和附近的工作岗位都在这些地铁站的交点附近。如果我

们打算在这些地点附近建立地铁直达专线，不仅对当地经济有好处，带来较大的社会效益，同时还可以减轻缓解附近的交通压力。一方面，人们可以更加方便出门。另一方面，如果我们打算在附近机场，港口和火车站附近建设地铁直达专线，那么对当地的交通运输也能起到较大的疏解作用。从这里我们可以得到一个简要的结论：建设地铁直达专线，不仅可以给当地带来社会和经济效益，同时也可以缓解交通压力[9]。

### 3. 发车时间安排表优化模型

#### 3.1. 线性规划模型和计算时间间隔

首先，确定我们的研究思路，如图 4 所示。

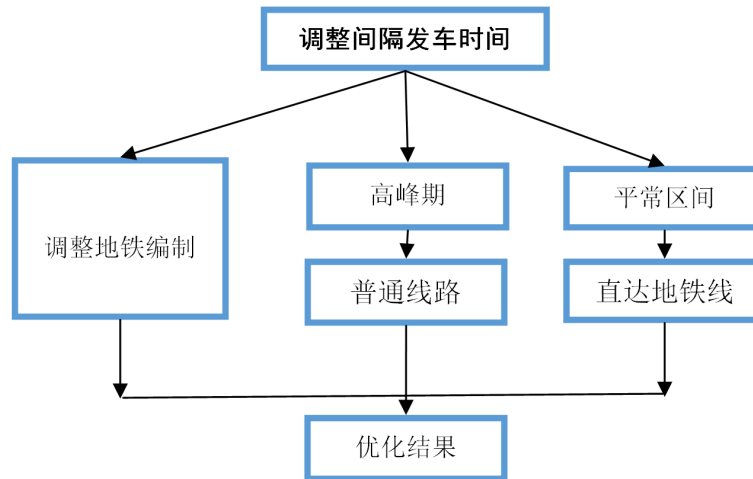


Figure 4. Research route for optimization of departure schedule  
图 4. 发车时间安排表优化的研究路线

通过参考相关信息，我们可以知道入境和出境交通不会影响出发时间间隔，而是影响一部分地铁的实际承载能力的横截面交通量[10] [11]。

然后我们可以构建一个函数：

$$\min(Z_1) = (W - Q)^2 \tag{2}$$

从经济和社会效益的角度来说，根据平均利润率和成本，收入可能会高会低。然后我们可以构建另外一个函数：

$$\max(Z_2) = \frac{WF}{CQ} \tag{3}$$

根据票价标准构成，每公里票价相当于公里运营的成本加上所得税，

$$F = C \times (t + p + L) \tag{4}$$

模型的约束是：允许地铁超过高峰人员，提高车辆利用率，但实际乘客人数不能超过 1.1 倍的班次，以缓解拥堵，即  $W \leq 1.1Q$ 。驾驶时间不应少于系统设计标准，也不得超过等待时间，因此  $L \leq I \leq 8$ 。现在我们得到：

$$\min Z_1 = \left( \frac{MI}{60} - Q \right)^2$$



$$\max Z_2 = MI(t + P + L)/60Q \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} MI \leq 65Q \\ I_{\min} \leq I \leq I_{\max} \end{cases}$$

首先, 我们应该在限制条件下找出最好的  $\min Z_1$  和  $\min Z_2$ 。我们可以获得目标函数  $\min Z_1$  的最佳  $z_1^*$  和目标函数  $\min Z_2$  的最佳  $z_2$ , 以及目标函数  $\min Z_2$  的最佳  $z_2^*$  和目标函数  $\min Z_1$  的最佳  $z_1$ 。我们还可以得到  $d_i$ , 这意味着每个目标函数的上限和下限以及扩展指数[12]。

$$d_i = |z_i^* - z_i|, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

其次, 引入参数  $\lambda$  以最小化等效于找到参数  $\lambda$  的最大值的目标函数。

$$f_i + \lambda d_i \leq z_i \quad (7)$$

最后, 引入多目标函数的约束  $C$ , 相当于解决单目标规划问题如下:

$$\begin{aligned} \max Z_3 &= \lambda \\ \begin{cases} f_1 + \lambda d_1 \leq z_1 \\ f_2 + \lambda d_2 \leq z_2 \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

$f_1$  和  $f_2$  是原始目标函数。如果我们认为  $Z_1$  更重要, 我们可以减少  $d_1$ , 如果我们认为  $Z_2$  更重要, 我们可以减少  $d_2$ 。

### 3.2. 天津地铁实际案例分析

根据官网信息, 天津地铁 2 号线采用 6 列列车作为 B 类分组方案。最大横截面积 17,000 次, 列车容量 1470, 最短行程 6 分钟。我们假设公司的利润率为 20%, 税率为 5%。以天津站乘客从 6:30 到 7:30 为例, 将数据代入后, 再通过 Lingo 软件: 我们可以在约束条件下获得最优解的目标函数

$$I = 5.188235, \quad z_1^* = 0, \quad z_2 = 1.25 \quad (9)$$

同样的, 我们可以得到目标函数的最优解是:

$$I = 5.620588, \quad z_2^* = 1.354, \quad z_1 = 14965.4 \quad (10)$$

根据多目标协调优化算法, 如果要使两个目标函数达到最佳的折中值, 我应该计算望远指数, 并将  $d_1 = 14965.4$ ,  $d_2 = 1.25$  代入有:

$$\begin{cases} \left( \frac{17000I}{60} - 1470 \right)^2 + \lambda d_1 \leq 14965.4 \\ \frac{1.25 \times 17000I}{60 \times 1470} - \lambda d_2 \leq 1.25 \\ 17000I \leq 65 \times 1470 \\ 4 \leq I \leq 10 \\ \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (11)$$

通过 Lingo, 我们可以得到最优解是  $I = 5.188236$ 。因此, 天津地铁站 6:30~7:30 开始发车间隔时间应为 5 分 11 秒。类似的, 我们可以计算出峰值, 其余正常时间等周期的间隔。考虑到在地铁交通高峰期需要花更多的钱, 我们决定开通五分钟以上的时间开通直达线路, 具体我们选择地铁线: 滨海机场→天津火车站, 优化后的发车时间表如表 1 所示:

**Table 1.** Optimized timetable for “Binhai Airport – Tianjin Railway Station”  
**表 1.** “滨海机场→天津火车站”的优化时间表

滨海机场→天津火车站		
时间	发车开始时间间隔	应采用列车运行方式
6:00~6:30	7 min 8 s	
6:30~7:30	5 min 11 s	正常运营
7:30~8:30	5 min 3 s	
8:30~9:30	5 min 23 s	
9:30~10:30	6 min 35 s	地铁直达线路
10:30~11:30	5 min 53 s	
11:30~12:30	5 min 40 s	正常运营
12:30~14:30	5 min 36 s	
14:30~15:30	6 min 42 s	地铁直达线
15:30~16:30	6 min 37 s	
16:30~17:30	4 min 55 s	
17:30~18:30	5 min 6 s	正常运营
18:30~19:30	5 min 43 s	
19:30~20:30	5 min 54 s	
20:30~21:30	6 min 21 s	地铁直达线路
21:30~22:00	6 min 15 s	

对于时间的调度这种来建立直达专线,考虑到直达线路的运营是会使原有的运行线路收到很大的影响,我们认为只需要在几个特定的时间段,进行直达线的运营,当然这些时间段要错开原有线路的高峰期。首先是每天首发正常地铁线路,然后就是在上午高峰期结束后,这个时间点之前的最后一班车的终点为这条线路上的两个直达站点(此时只运行还在轨道上的正常线路的车辆),然后进行今天的第一次直达车运营,正常线路的运行会在 15 分钟后恢复正常。下午的方案则和上午的类似不过是在高峰之前,晚上的话是在八九点钟左右在进行第三次直达线路的运营。这样我们做的一个最终优化后的发车时间表如下(见表 2)。

#### 4. 结论与建议

如今,许多城市的地铁交通网络中,两个很远的地铁站之间的乘客运输通常会耗费很长的时间,我们小组对这一问题进行了研究,并得出了以下的成果:

首先,我们的思路是制定了一个评价体系,这样就可以找出一些适合作为直达站的站点,这是我们的初步筛选。然后我们经过相关计算,算出人所愿意走的最大距离,根据这个值我们得出了一个站点的辐射范围,进一步筛选可以作为直达站点的点,根据这些点两两之间的平均距离我们算至少两个点之间应该取多远,才可以建立直达站点,最后我们得到可以建立直达站的一些站点。

在那些社区稠密地带,商业发达的地方,学校集中的地方,火车站,飞机场附近等,比较适合建立直达站点。对于如果满足这些条件的地方,可以进行划区,进一步地筛选适合建直达站的站点。而且,我们算的两个直达站点之间距离至少要相距 10 km 左右,这样才可以考虑两点间是否要建直达站点。经过这些步骤,我们就可以得到一些直达站点应该建在什么地方。



**Table 2.** Final subway operation mode and timetable  
**表 2.** 最终的地铁运行模式和时间表

地铁操作	站点	始发车		末班车	
		1→10	10→1	1→10	10→1
<b>6:00-9:30 正常运行</b>	1	6:00	6:20	9:00	9:24
	2	6:01	6:18	9:02	9:22
	3	6:03	6:16	9:05	9:19
	4	6:05	6:14	9:07	9:16
	5	6:07	6:12	9:10	9:13
	6	6:10	6:09	9:13	9:10
	7	6:13	6:07	9:16	9:07
	8	6:15	6:05	9:19	9:05
	9	6:17	6:02	9:22	9:02
	10	6:19	6:00	9:24	9:00
<b>9:30-10:30 直达地铁线</b>	1	9:30	9:40	10:15	10:26
	10	9:41	9:30	10:25	10:15
<b>10:30-14:30 正常运行</b>	1	10:30	10:51	14:00	14:22
	2	10:31	10:49	14:02	14:19
	3	10:33	10:47	14:05	14:16
	4	10:35	10:44	14:07	14:14
	5	10:37	10:42	14:10	14:11
	6	10:40	10:39	14:14	14:09
	7	10:43	10:37	14:16	14:06
	8	10:45	10:35	14:19	14:04
	9	10:47	10:32	14:22	14:02
	10	10:49	10:30	14:24	14:00
<b>14:30-16:30 地铁直达线</b>	1	14:30	14:40	16:15	16:26
	10	14:41	14:30	16:25	16:15
<b>16:30-20:30 正常运行</b>	1	16:30	16:51	20:00	20:22
	2	16:31	16:49	20:02	20:19
	3	16:33	16:47	20:05	20:16
	4	16:35	16:44	20:07	20:20
	5	16:37	16:42	20:10	20:11
	6	16:40	16:39	20:20	20:09
	7	16:43	16:37	20:16	20:06
	8	16:45	16:35	20:19	20:04
	9	16:47	16:32	20:22	20:02
	10	16:49	16:30	20:24	20:00
<b>20:30-22:00 地铁直达线</b>	1	20:30	20:40	22:00	22:11
	10	20:41	20:30	22:10	22:00

对于时间的调度这种来建立直达专线,考虑到直达线路的运营是会使原有的运行线路收到很大的影响,我们认为只需要在几个特定的时间段,进行直达线的运营,当然这些时间段要错开原有线路的高峰期。首先是每天首发正常地铁线路,然后就是在上午高峰期结束后,这个时间点之前的最后一班车的终点为这条线路上的两个直达站点(此时只运行还在轨道上的正常线路的车辆),然后进行今天的第一次直达车运营,正常线路的运行会在15分钟后恢复正常。下午的方案则和上午的类似不过是在高峰之前,晚上的话是在八九点钟左右在进行第三次直达线路的运营。

综上,本文在京津冀的大环境背景下,以天津地铁线路图为例分析,基于AHP优化选址并优化了发车时刻表。此外,我们发现按照上面的选址法则建立直达地铁站,有以下好处:①节省时间:不仅节省了在车站停站的时间,由于设置了地铁直达专线,还可以减少车站数量,也提高了工作和交通的效率,有非常不错的社会和经济效益。②缓解交通压力:可将住宅区与中心区等多个人群密集连接起来,增加地铁覆盖范围。节省交通堵塞。③创造就业机会和发展附近商业:可以创造更多的就业机会,促进社会发展,加强两个领域的交流,促进经济发展。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通技术规范[M]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [2] 北京市规划委员会. 地铁设计规范[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [3] 沈丽萍, 马莹, 高世廉. 城市轨道交通客流分析[J]. 城市交通, 2007(3): 20-25.
- [4] 杨冉. 城市轨道交通客流预测及运营调度方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [5] 郑晓龙, 马琳, 唐涛, 等. 城市轨道交通系统中列车间隔的有关分析[J]. 交通信息与安全, 2005, 23(3): 26-28.
- [6] 孙朝苑, 彭其渊. 客运专线车站设置与城市规模关系的研究[J]. 铁道学报, 2004(4): 15-19.
- [7] 卓金武. MATLAB在数学建模中的应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
- [8] 北京师范大学数学科学学院. 数学模型与数学建模[M]. 第4版. 北京: 北京师范大学出版社, 2014.
- [9] 赵乐. 基于再生制动的地铁列车时刻表优化模型与算法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2014.
- [10] 刘兰芬, 杨信丰. 地铁客流分析及列车发车间隔优化研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2015, 39(6): 1119-1124.
- [11] 杨丽媛. 城市地铁站点选址方案评价研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [12] 武慧俊. 城市地铁站点的选址要点[J]. 建筑知识: 学术刊, 2015, 35(2): 35-35, 41.

## 附录:

## 1. MATLAB 代码(计算权重矩阵和检查 AHP 的一致性)

```

A=[1 3 3 2 2 2
   1/3 1 1 1/2 1/2 1/2
   1/3 1 1 1/2 1/2 1/2
   1/2 2 2 1 1 1
   1/2 2 2 1 1 1
   1/2 2 2 1 1 1];
[V,D]=eig(A);a=diag(D);b=max(a);b
w1=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI1=(b-6)/5;CI1
RI1=CI1/1.24
B1=[1 1/2 1/4;2 1 1/2;4 2 1];
[V,D]=eig(B1);a=diag(D);b=max(a);b
w21=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI21=(b-3)/2;CI21
RT21=CI21/0.58
B2=[1 1/2 1/3;2 1 1/2;3 2 1];
[V,D]=eig(B2);a=diag(D);b=max(a);b
w22=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI22=(b-3)/2;CI22
RT22=CI22/0.58
B3=[1 1/2 1/3;2 1 1/2;3 2 1];
[V,D]=eig(B3);a=diag(D);b=max(a);b
w23=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI23=(b-3)/2;CI23
RT23=CI23/0.58
B4=[1 1/2 1/2;2 1 1;2 1 1];
[V,D]=eig(B4);a=diag(D);b=max(a);b
w24=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI24=(b-3)/2;CI24
RT24=CI24/0.58
B5=[1 1/2 1/4;2 1 1/2;4 2 1];
[V,D]=eig(B5);a=diag(D);b=max(a);b
w25=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI25=(b-3)/2;CI25
RT25=CI25/0.58
B6=[1 1/2 1/2;2 1 1;2 1 1];
[V,D]=eig(B6);a=diag(D);b=max(a);b

```

```

w26=V(:,1)/sum(V(:,1))
CI26=(b-3)/2;CI26
RT26=CI26/0.58
W=[w21,w22,w23,w24,w25,w26]*w1
CI=[CI21,CI22,CI23,CI24,CI25,CI26];
CR=CI*w1/sum(0.58*w1)

```

## 2. LINGO 代码(计算最佳距离)

```

model:
min=(17000*I/60-1470)^2;
17000*I<65*1470;
I>4;
I<10;
end
model:
max=1.25*17000*I/(60*1470);
17000*I<65*1470;
I>4;
I<10;
end
model:
max=a;
(17000*I/60-1470)^2+a*14965.4<14965.4;
1.25*17000*I/(60*1470)-a*1.25<1.25;
17000*I<65*1470;
I>4;
I<10;
a>0;
end

```

## 3.距离

根据高德地图，我们知道：

A1-8 与 A1-10 之间的线性距离为 2.53 公里。

A1-8 和 B1-1 之间的线性距离为 12.26 公里。

A1-8 和 B1-10 之间的线性距离为 3.69 km。

A1-8 和 B1-15 之间的线性距离为 6.3 km。

A1-8 和 C1-19 之间的线性距离为 6.6 km。

A1-8 和 C1-26 之间的线性距离为 14.95 公里。

A1-10 和 B1-1 之间的线性距离为 14.06 km。

A1-10 和 B1-10 之间的线性距离为 2.34 km。

A1-10 和 B1-15 之间的线性距离为 3.70 km。  
A1-10 和 C1-19 之间的线性距离为 5.18 km。  
A1-10 和 C1-26 之间的线性距离为 13.74 km。  
B1-1 和 B1-10 之间的线性距离为 12.93 km。  
B1-1 和 B1-15 之间的线性距离为 17.13 km。  
B1-1 和 C1-19 之间的线性距离为 18.19 km。  
B1-1 和 C1-26 之间的线性距离为 27.19 km。  
B1-10 和 B1-15 之间的线性距离为 4.28 km。  
B1-10 和 C1-19 之间的线性距离为 7.36 km。  
B1-10 和 C1-26 之间的线性距离为 15.68 km。  
B1-15 和 C1-19 之间的线性距离为 5.13 km。  
B1-15 和 C1-26 之间的线性距离为 12.32 km。  
C1-19 和 C1-26 之间的线性距离为 8.35 km。