

火车站资源配置问题的研究

周柳阳

中国矿业大学计算机学院, 江苏徐州 (221008)

E-mail: antony_y@126.com

摘要: 随着列车速度的提高, 如何保证列车的安全运行也成了一个比较重大的问题。通过对问题的深入分析, 可将此类问题归结为规划问题。定义股道和列检人员安排问题的两个目标函数, 首先建立频谱模型和脉冲模型, 这些函数的引入使我们找到了股道与时间的关系, 为均衡股道繁忙程度提供了可靠的保证。并结合模型分析相应的约束条件, 得到合理的配置。再建立序样品聚类问题的模型, 这个模型主要用来解决列检工作人员的优化配置。再通过损失函数的计算分析, 得到了列检人员的合理安排表。

关键词: 优化 多目标 多约束 脉冲模型

1 基本假设

1. 各列车严格按照列车时刻表发车, 不考虑因天气, 地质灾害等原因造成的晚点情况。
2. 工作对人员没有出现请假或其他意外情况。
3. 每个股道都能正常工作, 不会出现检修等情况。
4. 考虑火车长度及火车时速, 假设火车从启动到完全离站需要一分钟。

2 问题分析和建模思路

考虑问题具体情况, 我们要解决的是股道和列检工作队的资源优化配置问题^[1]。资源优化配置问题是一类典型的规划问题。对于规划问题的求解步骤基本是: 第一步, 找目标函数; 第二步, 找约束条件; 第三步, 对规划函数进行求解。对于多目标、多约束的优化模型, 要求出全局最优接较困难, 所以先将多目标进行化简。在仿真, 模拟过程求解。化简多目标问题, 我们可以从以下三点出发点:

- 1 分析各目标之间相关联的数学关系, 减少目标函数数目或约束条件数目。
- 2 依限定条件, 针对具体数据挖掘隐含信息以降低求解难度。
- 3 分析各目标权重, 去掉影响小的目标函数, 从而达到简化目的。

3 模型的建立和求解

3.1 股道的合理安排

1. 对于各股道合理安排的问题, 主要注意以下几个问题:

- (1) 股道 6 不属于研究范围
- (2) 每条股道在 8:00-19:00 期间通过的车辆数目大致相同。
- (3) 始发发车出站前加 30 分钟为到站时间, 终到车加 20 分钟为出车时间。
- (4) 不能同时停两辆车。

根据以上注意问题, 我们可以抽象为某一时刻股道 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10; 十个独立的事件 A, B, C, D, E, F, G;

根据给出的徐州火车站的时刻表, 通过对时刻表进行简单的统计, 建立股道与停留股道时间段的矩阵关系:

股道为 Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9;

时间间隔: X1:8:00-9:00, X2: 9:00-10:00, X3: 10:00-11:00, X4: 11:00-12:00, X5: 12:00-13:00: 13:00-14:00X7: 14:00-15:00, X8: 15:00-16:00, X9: 16:00-17:00, X10: 17:00-18:00, X11: 18:00-19:00。

1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0

图 1 股道与停留时间段矩阵关系图

根据所得矩阵，可发现在各股道之间存在以下问题：

- (1) 7, 8, 9, 10 号股道较 1, 2, 3, 4, 5 号来说繁忙时间较为集中。
- (2) 单个轨道繁忙时间集中。

为了解决这些问题，我们做出了关于时间段和轨道数的关系图：

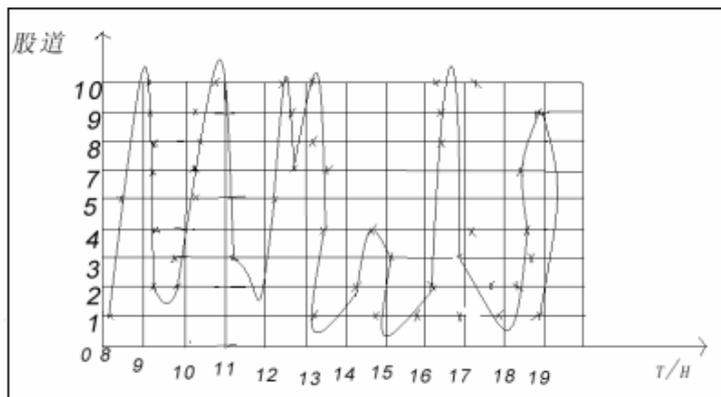


图 2 时间段和轨道数的关系图

优化后的股道与时间的关系应该尽量满足射频脉冲函数：

$$f(t) = \begin{cases} E|\cos \omega_0 t| & |t| \leq \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

通过与原函数图像的比较，适当的移动一些股道的位置。

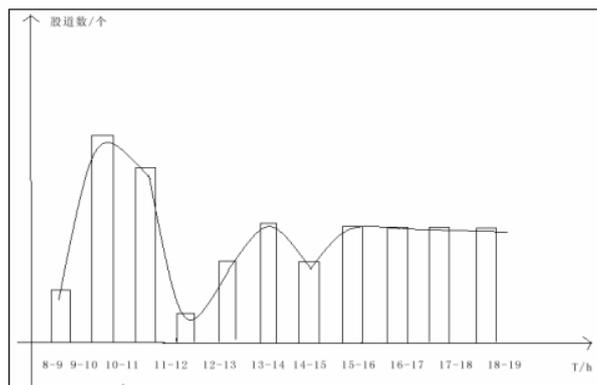


图 3 股道移动后

根据所得图像，我们引入频谱函数：

$$F(\omega) = 2E \frac{\sin(\omega)\tau}{\omega}$$

从而得到轨道数与时间的函数关系

$$F(t) = \begin{cases} 2E \frac{\sin(\omega-2)\tau}{\omega-2} & (\text{其中 } \frac{2\pi}{\tau} = 2) \\ 5 & \end{cases}$$

下面是轨道与繁忙程度的关系图：

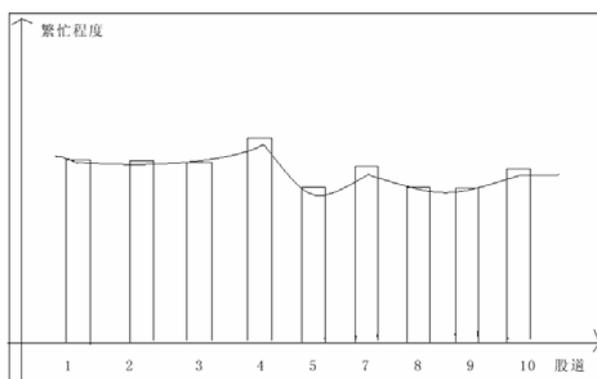


图 4 轨道与繁忙程度的关系图

根据分析 我们可以改动以下车次轨道

7062 沛屯-徐州 2 股道—3 股道

K101 北京-温州 9 股道—8 股道

K255 包头-宁波 9 股道—10 股道

1085/1088/5 连云港东—乌鲁木齐 4 股道—3 股道；

1086 乌鲁木齐—济南 3 股道—2 股道；

3.2 时间问题

一：约定运算：对时间的加减法。

“—”表示将被减时刻向后拨减数分钟。

“+”表示将被加时间向前拨加数分钟。

例如：

$$13:30 - 40 = 12:50$$

$$13:30 + 40 = 14:10$$

4 问题简化

要求同一股道上停留的两列车之间的最小时间间隔为 10 分钟，将此 10 分钟分配到各列车上。可以证明^[3]：只需各列车进站前五分钟与启动后五分钟该股道上无列车停留即可。这里不考虑火车从发车到完全离开的时间。

证明：

设有 A, B 两车，它们停车股道为同一股道。由以上简化结果则：

A 车占用股道的时间段为：

$$T_{ca}-5 \text{ 到 } T_{sa}+5$$

B 车占用股道的时间段为：

$$T_{cb}-5 \text{ 到 } T_{sb}+5$$

考虑极限情况，即 AB 两车占用股道时间相邻

$$\text{即：} T_{sa}+5 = T_{cb}-5$$

$$\text{可得：} T_{cb} - T_{sa} = 10$$

即 AB 两车停车时间至少相差 10 分钟。

这是在极限情况下满足要求，将其推广到其他一般情况下，可知满足安全要求。

对于时刻表中给出情况，可以看出两列隔日到到的车到站时间，发车时间，停车股道都相同，因此可以当作一列每天都到的一列车来考虑。

五：列车占用股道时间计算

对于每一股道，通过计算列车占用股道时间可以得出该股道的繁忙程度。

始发车：始发车在出站前 5 分钟进站。

则：

$$\Delta TS = 5 + 30 + 5 = 40$$

$$\text{站用时间段：} t_s - (30 + 5) \text{ 到 } t_s + 5$$

终到车：终到车在股道上停留 20 分钟后离开

则：

$$\Delta TC = 5 + 20 + 5 = 30$$

$$\text{站用时间段：} t_c - 5 \text{ 到 } t_c + (5 + 20)$$

通过车

$$\Delta TP = 5 + \Delta t + 5$$

$$\text{站用时间段：} t_c - 5 \text{ 到 } t_c + 5$$

六：列车站用列检队时间计算。

通过对每一列车占用列检队时间的计算，可以合理安排列检队的工作。

工作要求：

列检人员在列车进站前三分钟到达相应的股道等待列车到达，在列车完全离开股道后离开作业股道。

则可知：

各列车站用列检队时间=3 分钟+停车时间+列车从启动到完全离开时间

各列车列检要求

终到车：不需要列检

始发车：出站前 15 分钟列检

通过车：

停车时间在 6 至 20 分钟的全部需列检

停车时间在 20 分钟以上的，进站后 10 分钟和出站前 10 分钟之间进行列检。

各车列检的实际时间

终到车： $\Delta TL=0$

始发车： $\Delta TL=15$

通过车：

停车时间少于 6 分钟： $\Delta TL=0$

停车时间在 6 至 20 分钟： $\Delta TL=\Delta t+3+1$

停车时间在 20 分钟以上： $\Delta TL=\Delta t-20$

各车占用列检队时间

终到车： $\Delta TL=0$

始发车： $\Delta TL=3+30+1=34$

通过车：

停车时间少于 6 分钟： $\Delta TL=0$

停车时间在 6 至 20 分钟： $\Delta TL=\Delta t+3+1$

停车时间在 20 分钟以上： $\Delta TL=3+\Delta t+1$

通过以上分析可以列出各列车的相关情况表供安排列检队工作是参考：

如下：

5 列检人员分配的确定

目标函数： 1. 每支列检队的总工作时间与期望值相差不大 $0 < |t_j - 92| < 10$

2. 每支队伍中午吃饭和休息时间 $\min \{tr_j\} \geq 1h$

约束条件： 1. 同一时间每支列检队只能检查一辆车。

2. 同一列检队连续两次工作时间间隔 $\min \{t\} \geq 3$

由股道，列出相应的列车占到时间，

(1) 基础算法：^[2]

```
Private sub cmdsum_click()
    Dim t as single , ti as single, i as single, J as single, bi as single
    Dim aj as single, j as single
    Dim T(1 to 50) as single
    T=0:J=0;
    For i=1 to 50
        If ti<6 then
```

```

t=t+0:J=J+1

Else
  If  ti>=6 and ti<=20 then
    T=T+ti, J=J+1
  else
    T=T+20, J=J+1
  End if

Next i
Print T, J
End sub
    
```

由此算得总时间 $T=459$ 分钟，需要列检的总次数为 $J=39$ 次。
 则期望工作时间

$$t=T / D=459 / 5=92 \text{ 分钟}$$

期望每队工作次数

$$m_j=J/D=39/5=8 \text{ 次 (j=1, 2, 3\cdots\cdots)}$$

(2) 列检工作人员的优化配置过程实际上是有序样品聚类问题。

所谓有序样品是指，样品按照一定的要求排成序，分类时，不能打破这种次序。设 x_1, x_2, \cdots, x_n 表示一组有序的样品，则每一类必须呈 $\{x_i, x_{i+1}, \cdots, x_j\}$ ($i < j$) 形态。n 个有

有序样品分为 k 类的一切可能分发有 种，这个数比 小得多了。因此在这种函数下，有可能求得最优解。

考虑到跨股道的安全问题，我们先将每个站台安排一支列检队，再对其进行调整。

(3) 对列检队最优化^[4]分配的结果分析

a. 以下是各队在一天中需要列检的时刻图，纵坐标为零的时刻表示不需要列检，为了简化起见，我们把需要列检的时间在横坐标简化为一点，而以纵坐标的大小来表示需要列检的时长。

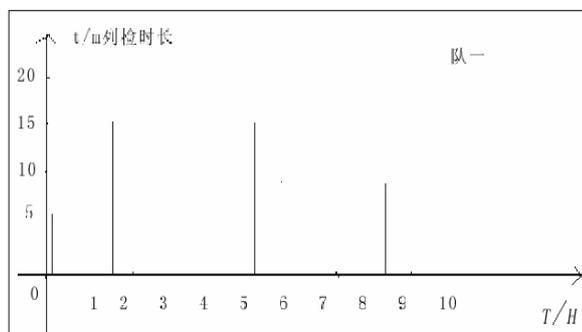


图 5 队一时刻图

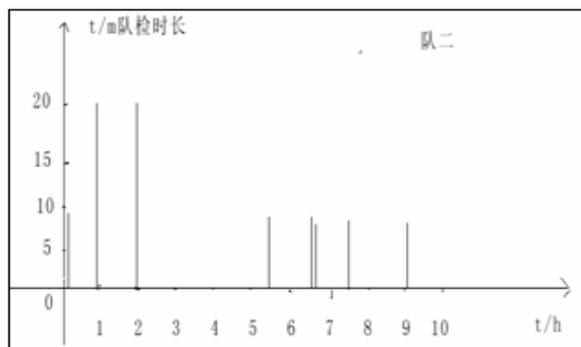


图 6 队二时刻图

由上述可以更明了的看出各列检队的工作量及繁忙程度大致相同，并有足够的中间缓解疲劳时间。且各自的工作量在一天中都分配较为均匀

b. 对于中午吃饭和午休时间，从图中可以明显看到，最短的为 1 小时 27 分钟，这足够以用于吃饭了，还可以再休息半小时，而对于另外四个队，有一队约为 2 小时，其余三队均在 3 小时以上。因此，从整体上来说，是充分满足了员工的午饭和午休时间的。

6 结论： 本文使用了各种模型对车次在各股道进行优化配置和对列检工作队的合理指派，建立模型而得到的相关规律的适用范围是较广泛的。文中所涉及的模型可应用于车次的调度问题，人力资源的合理分配问题等相关问题中。本文所采取的方法在不同情况下都具有一定的参考价值。具体情况下，可根据实际要求选择方法进行研究

参考文献：

- [1] 薄立军 要慰鹏等 工程数学学报 第 19 卷 68 页 2002;
- [2] 张献 Visual Basic 程序设计 中国矿业大学出版社 2005;
- [3] 盛骤 谢式千等 概率论与数理统计 高等教育出版社 2001。
- [4] 秦寿康 最优化理论和方法 [M] 电子工业出版社 1986

Station allocation of resources research

Zhou Liuyang

Computer Science and Technology,China University of Mining and Technology,Xuzhou(221008)

Abstract

With the speed of the train, how to ensure the safe operation of trains has become a major problem. Through in-depth analysis of issues, such problems can be attributed to planning. The definition of track and found out arrangements for the staff of the objective function of the two, first of all to build the model spectrum and pulse model, the function of the introduction of our shares Road and found the time, in order to balance the extent of the busiest track provides a reliable guarantee. Analysis of the model in conjunction with the corresponding constraints, a reasonable configuration. Re-establish order samples of the cluster model of the problem, this model is mainly used to solve the staff found out the optimal allocation. Loss of function through the analysis of the calculation, has been out of the officers seized a reasonable schedule.

Keywords: *Optimization, Multi-objective, Multi-bound, Pulse model*