

文章编号:1005-0523(2013)01-0071-05

铁路枢纽客运站布局优化研究

王顺利,王正彬,陈 东

(西南交通大学峨眉校区交通运输系,四川 峨眉 614202)

摘要:客运站布局评价指标既有定量指标也有定性指标,为统一评价指标,引入了评价指标的目标效应值,建立了客运站布局优化模型。以南宁铁路枢纽为例,确定了工程投资、枢纽内运用成本、旅客出行费用、与城市规划配合情况4个评价指标,工程投资、枢纽内运营成本、旅客出行费为定量指标,与城市规划配合情况为定性指标。建立数学模型,计算各定量指标的具体费用值,对定量指标进行说明。利用线性插入法分别计算各定量指标的目标效应值,利用五等制确定定性指标值,通过专家确定各指标的权重,然后计算加权总目标效应值。根据总目标效应值最大方案最优,确定了南宁铁路枢纽客运站布局优化方案。

关键词:铁路枢纽;客运站;布局优化

中图分类号:U291.6

文献标志码:A

过去我国铁路客运建设重视提高线路通过能力,忽视枢纽及车站等点的通过能力,导致客运能力不足,难以满足运输市场需求。目前我国正处于高速铁路建设的高峰时期,高速铁路引入既有铁路枢纽将打破既有铁路枢纽运输格局,使原有铁路枢纽运输结构、运输组织方式以及运输径路产生很大变化。合理确定枢纽内高速客运站的位置及数量,优化枢纽内客运站布局,是铁路枢纽规划的重要问题^[1-2]。

1 铁路枢纽客运站布局优化模型

1.1 铁路枢纽客运站布局及选址基本原则

- 1) 枢纽内客运站数量应根据枢纽客运量、引入线路数量、客车开行方案、既有设备配置、枢纽客运布局及城市总体规划等因素综合确定;
- 2) 大型铁路枢纽客运站布局宜采用“客货分线、客内货外”布置;
- 3) 客运站站址应结合引入线路走向、既有客运站位置、城市总体规划等因素综合比选确定。一般应优先选择引入既有客运站或深入市区。

1.2 铁路枢纽客运站布局优化模型

铁路枢纽客运站布局优化的经济评价指标既有定量指标,如工程投资、运营费用等;还有一些无法直接定量的定性指标,如与城市发展规划配合、环境保护等。为便于统一定量与定性指标,建立如下客运站布局优化模型

$$\max D = \sum_{i=1}^I w_i d_i \quad (1)$$

式中: i 为各设计方案的定量及定性评价指标,共有 I 个评价指标; d_i 为各评价指标的目标效应值

收稿日期:2012-12-07

基金项目:中央高校基本科研业务费专项基金项目(SWJTU2011BR047EM);春晖计划项目(Z2011118)

作者简介:王顺利(1979—),男,讲师,硕士,研究方向为铁路站场。

($0 \leq d_i \leq 1$)^[3-4],此值的引入为了便于统一定量与定性指标的量纲。对定量指标的目标效应值,可通过咨询多位专家来确定0和1对应的值,然后通过线性插入法求其他值;对于定性指标,可用五度标来定量:好—1,较好—0.8,一般—0.6,较坏—0.4,坏—0.2,极坏—0; w_i 为各评价指标的权重,通过调查论证及专家确定大小,且 $\sum_{i=1}^I w_i = 1$; D 为各设计方案的总效应值,其大小决定各设计方案的最终优劣排序。

2 南宁铁路枢纽客运站建设方案

南宁枢纽客运量近期0.8亿人/年,远期1.7亿人/年。既有南宁客运站受地形限制,无法满足枢纽客运需求。南宁铁路枢纽随着近期枢纽线路的建设,枢纽客运系统将逐步形成“北主南次”、南北环线构成的“环形”格局^[5]。

根据铁路枢纽客运站布局原则,对南宁铁路枢纽客运站布局拟采用以下3个方案:改建南宁站(备选站编号1)、新建那黄站(备选站编号2)、新建凤岭站(备选站编号3)。

3 南宁铁路枢纽客运站建设方案评价指标

3.1 工程投资费用(z_1)

对各客运站建设方案的线路、拆迁、征地、桥梁、隧道等投资费用综合计算,各方案所需工程投资费用如表1所示。

3.2 枢纽内运营费用(z_2)

$$z_2 = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^2 u_{jkl} S_{jkl} \lambda_l \quad (2)$$

式中: j 为枢纽中某客运站编号,共有 J 个客运站; k 为枢纽内某衔接方向,共有 K 个衔接方向; l 为枢纽内各类车,取1为高速列车,取2为普速列车两种; u_{jkl} 为 j 站前往枢纽 k 方向的 l 类车的乘客人数; S_{jkl} 为 j 站前往枢纽 k 方向的 l 类车在枢纽内走行距离; λ_l 为 l 类车单位运营费用。

按人公里费用计算,对于乘坐常速列车的人公里费用为0.078元/(人·km),乘坐动车组的人公里运营费用为0.094元/(人·km)。对于3个备选站,前往各个方向不同性质列车走行距离如表2所示,枢纽内不同客运站运营费用如表3所示^[6]。

表1 备选站主要工程投资表

Tab.1 Main engineering investment of alternative

stations		万元
备选站编号	金 额	
1	102 643	
2	172 605.2	
3	155 476.2	

表2 备选站按方向分工最短径路表

Tab.2 The shortest path of alternative stations in accordance with direction km

备选站编号	常速列车			动车		
	昆明方向	钦州方向	黎塘方向	昆明方向	钦州方向	黎塘方向
1	10.5	19	26.5	10.5	19	26.5
2	0	14	18	0	14	18
3	20	29	17	20	29	17

改建南宁站(备选站1)与新建凤岭站(备选站3)位于南宁铁路枢纽北环线上,新建那黄站(备选站2)位于南宁铁路枢纽南环线上,且新建那黄站(备选站2)位于南宁规划的五象新区南侧。因既有南宁站辐射范围大,新建那黄站(备选站2)与城市发展规划相吻合,故南宁铁路枢纽客运站布局优化方案中2站方案应选改建南宁站(备选站1)与新建那黄站(备选站2),3站方案为3个方案全选。

3.3 旅客出行费用(z_3)

$$z_3 = \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^J c_{mj} u_{mj} \tag{3}$$

式中: z_3 为乘客前往车站乘车的出行费用; m 为某出行小区, 共有 M 个出行小区; u_{mj} 为从 m 小区前往 j 站乘坐各类车(高速和普速车)的出行人数; c_{mj} 为从 m 小区前往 j 站乘车的单位出行费用。

按照南宁市区行政区域规划、铁路及河流分布情况, 将南宁市分为6个居民出行小区。

各出行小区到备选站出行费用如表4所示, 各出行小区规划年度内到备选站的出行人数如表5所示。根据公式(3)可计算出客运站布局优化各方案乘客出行费用, 如表6所示。根据以上, 可计算出客运站布局方案的出行费用如表7所示。

表3 枢纽内运营费用表

Tab.3 Operating costs in hub 万元	
客运站方案	金额
2站(1,2)	10 041.6
3站(1,2,3)	7 946.7

表5 出行小区常速旅客出行人数

Tab.5 The number of passengers taking normal-speed train of trip districts (万人/年)						
小区	1	2	3	4	5	6
人数	868.1	473.5	381.4	420.9	578.7	463.4

表4 出行小区到备选站出行费用表 元

Tab.4 Costs from trip districts to alternative station			
c_{ij}	备选站1	备选站2	备选站3
小区1	15	30	25
小区2	10	20	20
小区3	15	5	15
小区4	30	10	20
小区5	15	10	5
小区6	5	25	5

表6 出行小区城际旅客出行人数 (万人/年)

Tab.6 The number of intercity passengers of trip districts						
小区	1	2	3	4	5	6
人数	1 195.1	651.9	525.1	579.5	796.8	645.5

表7 枢纽内旅客出行费用表

Tab.7 Trip costs of passengers in termina	
客运站方案	金 额/万元
2站(1,2)	121 420.5
3站(1,2,3)	118 711.2

3.4 与城市规划的配合(z_4)

根据咨询专家意见南宁枢纽采用3站方案(1,2,3)吸引客流好, 车站多, 很好地与城市规划相配合; 2站方案(1,2)不能兼顾城市部分片区, 较好的与城市规划建设相配合。

4 南宁铁路枢纽客运站布局优化方案选择

4.1 工程投资费用目标效应值(d_1)

按照“实现客货分线运输、运营设备相对集中、点线能力协调”的总体思路, 对南宁枢纽总图按客运系统进行深入研究。新建那黄站(2)位于南环线北侧及规划五象新区南侧, 符合城市发展规划, 设站条件好, 充分利用枢纽内既有设备和能力, 与既有南宁站联系便捷。规划的城市轨道交通3号线下穿南宁站, 便于两站间客流交互和实现与城市交通无缝换乘等优点。根据枢纽内容客运站布局的原则, 枢纽客运站布局2站方案采用改建南宁站(1)和新建那黄站(2), 3站方案采用改建南宁站(1)、新建那黄站(2)和新建凤岭站(3)。

采用线性模型求出客运站布局方案 z_1 对应的目标效应值 d_1 , 根据咨询专家意见, 当 $z_1=550\,000$ 万元时, d_1 为0; 当 $z_1=150\,000$ 万元时, d_1 为1。则可求出各客运站布局方案 d_1 如表9所示。

4.2 枢纽运营费用目标效应值(d_2)

客运站布局方案枢纽内运营费用见表3, 根据咨询专家意见, 当 $z_2=15\,000$ 万元时, d_2 为0; 当 $z_2=5\,000$ 万元

时, d_2 为1。则可通过线性关系求出各客运站布局方案 d_2 如表8所示。

4.3 旅客出行费用目标效应值 (d_3)

根据旅客出行费用表7,通过咨询专家意见,当 $z_2=150\ 000$ 万元时, d_3 为0;当 $z_2=100\ 000$ 万元时, d_3 为1。则可通过线性关系求出各客运站布局方案 d_3 ,如表8所示。

4.4 与城市规划配合目标效应值 (d_4)

因该指标为定性指标,可用五度法进行取值:好—10,较好—8,一般—6,较坏—4,坏—2,极坏—0,根据各备选方案具体情况也可取介于五度之间的数值,与城市规划配合各客运站布局优化方案目标效应值如表8所示。

4.5 确定各评价指标的权重

结合各评价指标,通过对一定数量的专家进行咨询,共同研究确定各评价指标的权重为: $w_1=0.5$, $w_2=0.1$, $w_3=0.3$, $w_4=0.1$ 。

4.6 确定最优客运站布局方案

根据公式(1)及以上分析,南宁铁路枢纽客运站布局方案的总目标效应值计算如表9所示。

表8 各评价指标目标效应值

Tab.8 Effect of all evaluation indexes

参数	2站方案(1,2)	3站方案(1,2,3)
工程投资费用	0.687	0.298
枢纽运营费用	0.496	0.705
旅客出行费用	0.572	0.626
与城市规划配合	0.800	1.000

表9 客运站布局方案目标效应值计算

Tab.9 Effect of targets of layout scheme of passenger station

参数	2站	3站	w_i
d_1	0.687	0.298	0.5
d_2	0.496	0.705	0.1
d_3	0.572	0.626	0.3
d_4	0.800	1.000	0.1
$D = \sum_{i=1}^4 w_i d_i$	0.644 7	0.507 3	

因两站方案的总目标效应值大于3站方案的目标效应值,故南宁铁路枢纽客运系统取两站方案最优,即南宁站改建和新建那黄站。随着枢纽近期南北城际铁路建设,枢纽客运系统将逐步形成“北主南次”两个客站、南北环线构成的“环形”格局。

5 结论

目标效应值法应用于铁路枢纽客运站布局方案优化研究,可统一多目标规划中的定量与定性指标。对各评价指标通过确定0及1值,然后线性插入法取值,可使备选方案的差别明显体现出来;通过专家给定的各评价指标的权重,可以体现各评价指标在方案总体评价中的重要程度,使最终评价方案不会背离工程实际情况。本方法简单可行,具有一定的科学性和合理性,对铁路枢纽客运站布局优化等相关多目标规划问题具有一定的参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 赵军. 铁路枢纽内客运站选址与分工的综合优化[J]. 铁道学报, 2010, 32(6): 9-16.
- [2] 赵军. 铁路枢纽内客运站分工的优化模型及算法[J]. 西南交通大学学报, 2011, 46(1): 148-153.
- [3] 吴家豪. 铁路枢纽设计优化[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011: 211-222.

- [4] 郝合瑞. 基于多目标优化的道路客运站场选址研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2009(10):90-95.
- [5] 王顺利 吴刚. 南宁铁路枢纽客运站布局优化研究[J]. 铁道运输与经济, 2010(4):29-33.
- [6] 王南. 高速客运站设置的系统优化研究[D]. 成都:西南交通大学, 2008:10-48.
- [7] 李磊. 客运专线引入铁路枢纽的客运站布局探讨[J]. 铁道运输与经济, 2012(5):37-39.
- [8] 胡岩. 铁路枢纽内客运站布局优化[D]. 成都:西南交通大学, 2010:26-36.

A Research on the Layout Optimization of Railway Terminal Passenger Station

Wang Shunli, Chen Dong, Wang Zhengbin

(Department of Traffic and Transportation, Emei Campus, Southwest Jiaotong University, Emei 614202, China)

Abstract: There are both quantitative and qualitative index in the evaluation index of the layout of the passenger station. In order to unify the evaluation index, the target effect value of the evaluation index is introduced into this paper to establish the optimization model of the the passenger station layout. In the example of Nanning railway terminal, the qualitative index of the project investment, the operation cost in railway terminal, the passenger travel costs and the qualitative index of the cooperation with the city planning are determined as the four evaluation index. A mathematical model is then established to calculate the specific costs of the quantitative index and describe the quantitative index. The linear interpolation method is used to calculate the target effect value of the quantitative index, and five-level system is adopted to determine the value of the qualitative index. Based on the weight of each index determined by the experts, the total weighted effect value of the target is calculated. According to the optimal program with the maximum value of total target effect, the optimization program of Nanning Railway terminal layout is thus determined.

Key words: railway terminal; passenger station; layout optimization