

# 地铁站内空间阻力因素及其评价体系判定

刘惠欣, 孟 彤

(北京交通大学建筑与艺术学院, 北京 100044)

**摘要:**随着城市轨道交通的快速发展, 地铁站内的空间作为城市中被广泛利用的主要公共空间之一, 如何得到有效利用成为人们普遍关注的问题。最小累积阻力模型在生态用地适宜性评价和城市建设用地等大尺度空间分析中得到了广泛应用, 将其应用到地铁站内空间, 需要判定新的阻力因素和评价体系。最小累积阻力模型在城市小公共内部空间的使用, 为解决空间问题提供了新的角度和可靠的方法。

**关键词:**最小累积阻力模型; 阻力因素; 地铁站内空间

[中图分类号] TU113.665; U231.4

[文献标识码] A

## Determination on the Resistance Factors and the Evaluation System in the Interior Spaces of Railway Station

Liu Huixin, Meng Tong

(College of Architecture and Design, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** As the urban rail transit developed rapidly, the inner space of underground railway station has been widely used as a public space. How to effectively use the space has been a general problem focused by the people. Minimum Cumulative Resistance Model(MCR) has been commonly used in large scale spatial analysis, such as ecological suitability analysis, and land-use evaluation for urban construction. New space resistance factors and evaluation system need to be determined while applying MCR to the interior space of the railway station. The use of MCR in small urban public spaces provides a new perspective and a reliable method for solving spatial problems.

**Key words:** Minimum Cumulative Resistance Model (MCR); resistance factors; the inner space of underground railway station

随着全球主要城市使用快速交通系统(地铁)的人数不断增加, 人们越来越关注地下车站的室内空间。近几年, 关于地铁站内客流量及乘客运动路径方面的研究逐渐增多<sup>[1]</sup>。以对地铁站主要设施通过能力的理论分析和基于AnyLogic的单个设施通过能力模拟分析为基础, 确保建立模型的可靠性, 并且通过构建对实际情况模拟度较高的地铁站乘客运动规律和通过能力仿真模拟模型, 可实现涵盖乘客行为和建筑环境两方面因素的站内乘客运动模拟研究。李晋琦<sup>[2]</sup>在《基于使用行为的地铁站地下换乘空间评价方法研究》中, 以提高地铁站换乘效率为目的, 提出了定量评价使用者行为的方法, 通过问卷调查、跟踪摄像等方法记录使用者的行为, 为设计的客观评价提供新的尝试。

最小累积阻力模型(MCR)最早由Kannpen<sup>[3]</sup>于1992年提出, 经国内学者俞孔坚等人修改得出。一般被广泛用于城市土地规划和景观适宜性、城镇土地空间重构等方面的研究。刘孝富将城市土地景观动态模拟为生态保护用地和城镇用地扩张两个过程, 建立了以两个过程最小累积阻力差值为基础的城市土地生态适宜性评价方法<sup>[4]</sup>。陈燕飞<sup>[5]</sup>采用“基质—斑块—廊道”的模式分析城市的景观格局, 考虑不同景观要素对城市用地扩展的影响, 对不同的景观类型设定不同的阻力系数, 并结合城市用地生态适宜性的评价结果, 将最小累积阻力模型运用于城市用地扩展

**基金项目:**2015教育部人文社会科学研究规划基金(15YJA760025)。

**作者简介:**刘惠欣(1995-), 女, 硕士研究生在读。研究方向: 城市景观规划、空间分析。

研究中。

综上所述, 目前国内相关研究成果丰厚, 关于车站空间环境设计的理论不断得到深化, 但总体上来看, 缺少从新的角度去探寻解决地铁站内空间布局不合理问题的方法。本文首次尝试将原本普遍运用于生态环境和城市适宜性分析中的最小累积阻力模型与地铁站内空间相结合, 旨在探寻新的解决方案, 为后期的研究或设计规划提供新的视角和方法。

### 1 空间阻力因素的筛选

在城市建设用地适宜性评价中, 运用的是多因素加权叠加方法, 这种自然—经济—社会复合的综合系统源于麦克哈格的用地叠加方法, 即“千层饼模式”, 是将潜力因子和潜力因子分层加权叠加, 最后得出适宜性分级评价的方法。

#### 1.1 潜力因素

每个变量对于适宜性的贡献是十分复杂的, 既有正面的影响, 又有负面的影响, 有些因素对某种土地利用构成绝对限制, 有些则构成发展潜力。通俗地讲, 有的是限制性因素(如近水30 m内, 坡度大于15°限建), 有的是潜力型因素(如越靠近交通要道越好), 不同因素本身代表的含义不同, 情况也有所不同。

##### 1.1.1 空间可达性

对于地铁站内的空间而言, 潜力因素主要是空间可达性。对于空间参与者来说, 地铁站的主要功能是在人流流通的封闭式的室内空间提供快速通行途径。可达性本质上

指从一个地方到达另一个地方的容易程度。

空间可达性的度量方法有很多种,如比例法、最近距离法和基于空间相互作用的方法等。但在地铁站内空间里,最近距离法是最有效体现空间可达性的方法。由于地铁站内空间具有特殊性,空间功能区分布不过于复杂,同时还具有很强的功能性,空间参与者在使用过程中也具有强烈的目的性,即选择最邻近的目的地(基础设施、站台、换乘点、进出口等),距离越近,可达性越好。空间可达性对于研究空间参与者在地铁站内活动的偏好分析具有正向影响(人们会偏好于空间可达性高的路径通行)。

#### 1.1.2 可选路径数量

地铁站内经常出现拥有同一目的地的不同路径,这是路径选择行为的存在基础。可选的路径数量越多,潜力越大;可选路径数量越少,潜力越小。

#### 1.2 阻力因素

在进行阻力因素的筛选和判定之前,需要首先对“阻力”进行理解。在最小累积阻力模型的公式中可以看出,源(物种或目标)在通往目的地过程中的阻碍和负向影响因素都可以被称为阻力因素。

##### 1.2.1 基础设施

在地铁站内空间中,最直观的可以判定的阻力因素为基础设施,这里的基础设施包含便民类服务设施、票务设施、休憩设施等,这些都是可以直观看出的阻力(障碍)。如果把地铁站内空间栅格化,就可以更直观地看出障碍物的分布。地铁站内空间的障碍物为点状障碍物(见图1)、线状障碍物(见图2)和复杂障碍物(大面积障碍物)的结合。

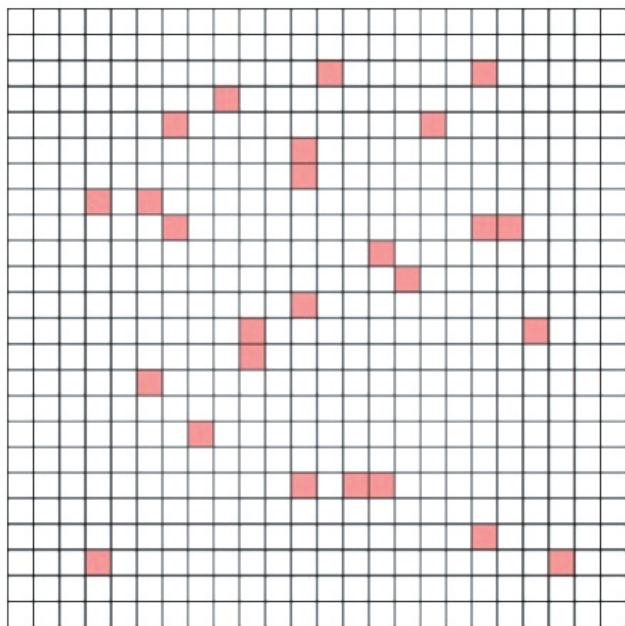


图1 点状障碍物示意图(图片来源:作者自绘)

##### 1.2.2 扶梯、楼梯和直梯

扶梯、楼梯和直梯是地铁站内空间非常重要的一部分,主要功能是用来连接上层空间和下层站台空间。在判定这个因素作为阻力因素时,初步认为应在扶梯、楼梯和直梯使用过程中,对行人的行进速度和耗时,以及路径长

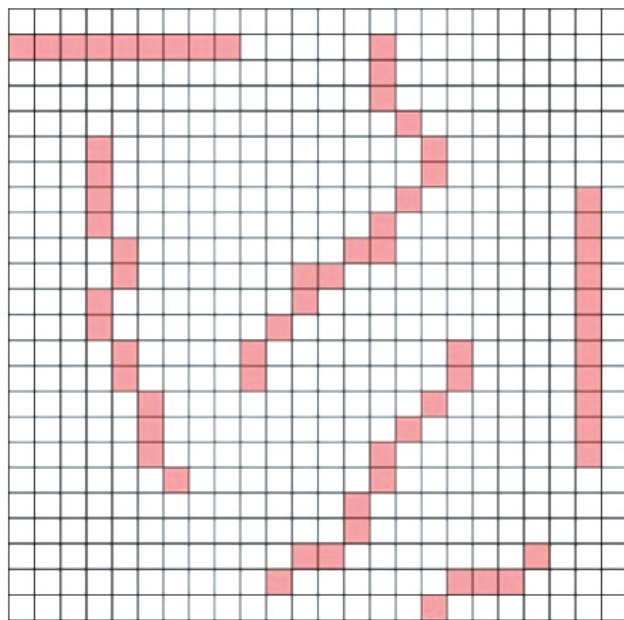


图2 线状障碍物示意图(图片来源:作者自绘)

短进行判定。

在客流高峰时期,进站客流很大,但是由于单位时间的进站客流量相对均衡,下行楼梯口处一般不会出现拥堵状况。由于地铁列车的周期性进站出站(有固定的间隔时间),下车时大量的客流同时释放,形成客流高峰,上行楼梯拥挤,在进行阻力因素筛选时只考虑上行楼梯。

笔者以高峰期某车站一段上行楼梯为调查对象,对其高峰客流进行拍摄录像,分析处理后得到楼梯内乘客通行速度与客流密度的数据。高峰期楼梯通行客流平均密度是 $1.69 \text{ 人}/\text{m}^2$ ,平均速度是 $0.59 \text{ m/s}$ 。

对于自动扶梯来说,北京市地铁的自动扶梯载客宽度为 $1 \text{ m}$ ,速度为 $0.5 \text{ m/s}$ ,主要为出站客流服务,所以多数为上行扶梯,调研选取了出站客流较大的几个车站作为研究对象(如北京站、雍和宫站等),在高峰客流处于客流持续聚集状态的时段(工作日早7~9时,晚6~8时),对出站自动扶梯处的客流状况进行调查,对客流量、排队长度和排队人数进行了处理分析。高峰期自动扶梯通行客流最大客流量是 $139 \text{ 人}/\text{min}$ ,最大排队长度是 $6 \text{ 人}/\text{m}$ ,最大排队人数是37人;平均客流量 $58.4 \text{ 人}/\text{min}$ ,平均排队长度 $2.6 \text{ 人}/\text{m}$ ,平均排队人数21人。

北京市直梯的上升与下降速度是 $1 \text{ m/s}$ ,但是由于承载力有限,一般最多一次承载客流量为10人,加上等待时间和排队人数,和自动扶梯、楼梯相比,运送效率不一定占优。

以上考虑的是行进速度和耗时(因为不同情况下的客流量不同,所以需要有时间范围限定,并且根据不同的实验载体,会得出不同的数据结果,此处数据仅供确定阻力因素参考,不是定值)。对于路径长短来说,楼梯和扶梯的行进路程大致相同,而直梯属于上下空间的路径(非自主行进),因此在这个方面不具有比较的价值,需要考虑的因素过多,不适合作为考虑层面。最终决定将第二种阻力因素确定为使用楼梯和扶梯的行人的行进速度(有限定条件)。

### 1.2.3 通道口人流密度(客流量)

在进行地铁站内空间使用体验的问卷调查时发现,空间参与者对于地铁站内空间拥挤度很在意,在面对面采访时也了解到,高峰时期地铁站内部分空间区域的过度拥挤成为很大的问题。本文拟将此因素列为第三种空间阻力因素,此阻力因素的受限区域在地铁站内的上层区域通道(从闸机口到楼梯/扶梯/直梯处)。

本文在实地调研时选取某地铁站一段混行通道(9 m×3 m)作为调查对象,对其出站高峰期的客流进行录像,处理录像资料并进行数据分析,得出通行速度和客流密度:高峰期通道内客流的平均密度是0.54人/m<sup>2</sup>,平均速度是1.13 m/s。

由于大部分地铁站的通道入口空间有限,为节省空间一般会与上行与下行楼梯相邻,使得大量的客流在出入口处过分拥挤,形成拥堵状况。在进入通道后,通行宽度变大,乘客的通行速度快慢不一使得人流密度被稀释,客流量瞬间降低,拥堵情况得到缓解,客流基本上可以以正常步速行进,此时受密度影响不大,这也是限定适用的空间区域的原因。

### 1.2.4 空间尺度

空间尺度通过通道宽度体现,此因素直接影响了人流速度和密度,尤其是在高峰时期,阻力值达到最大值,而平峰时期的影响较小。通道宽度也会成为空间参与者选择路径时的一种偏好参考因素,参与者会更倾向于选择较宽阔的通道,心理上和实际上的通行速度都会更快,通行时间会更短。

### 1.2.5 光环境

光环境是很多研究类似空间问题时容易忽略的部分,在地铁站内空间主要考虑的光环境因素为照明强度。受访者普遍更偏好选择照明强度大的路径,有些区域的照明强度低,会引起空间参与者的心理不适,同时笔者根据查阅文献发现,照明强度低会使封闭空间的心理空间尺度感知与实际有差异,心理上会认为空间尺度变小,形成逼仄感。

## 2 各空间阻力因素分级赋值评价表

经过现场实际调研并结合前文数据处理分析,将各空间阻力因素进行分段赋值并建立评价体系(见表1)。

潜力因子打分时潜力越大分值越高;阻力因子打分时,阻力越大,分值越高。其中值得注意的是,楼梯(人流密度人/m<sup>2</sup>)和通道口人流密度(人/m<sup>2</sup>)这两项阻力因子的分级依据是前文的数据和《美国道路通行能力手册》中对通行服务水平划分原则的描述<sup>[6]</sup>。照明强度则是参考剑桥大学马丁研究中心对城市公共空间偏好中的偏好因素(光照强度)的分级进行划分。

## 3 结语

地铁站内空间作为现在城市空间中非常重要的公共室内空间,探寻多种解决问题的新方法是十分必要且具有现实意义的。本文尝试将最小累计阻力模型运用到地铁站内空间的研究中,通过实地调研和对空间阻力因素的分析,建立了适用于地铁站内空间的全新的阻力因素分级赋值评价体系,旨在扩充地铁站内空间研究的新角度和方

表1 各空间阻力因素分级赋值评价表

类型	因子	分段	分值
潜力因子	空间可达性 /m	< 5	10
		5~20	8
		20~50	6
		> 50	2
	路径选择 /条	1	2
		1~3	6
		3~5	8
阻力因子	基础设施 /m	< 5	10
		5~10	6
		> 10	2
	楼梯/(人流密度人/m <sup>2</sup> )	< 0.66	2
		0.66~0.84	4
		0.84~1.32	6
		1.32~1.81	8
		> 1.81	10
	扶梯/(人/min)	< 10	2
		10~20	4
		20~60	6
		60~100	8
		> 100	10
	通道宽度 /m	< 2	10
		2~5	8
		> 5	4
	通道口人流密度/(人/m <sup>2</sup> )	< 0.66	0
		0.66~0.84	2
		0.84~1.32	4
		1.32~1.81	6
		1.81~3.46	8
	照明强度 /lx	> 3.46	10
		< 100	10
		100~300	2
		300~500	6
		> 500	8

法,对于相关研究具有一定的借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 贺或婷. 地铁站乘客运动规律及通过能力研究[D]. 长安大学, 2015.
- [2] 李晋琦. 基于使用行为的地铁站地下换乘空间评价方法研究[D]. 天津大学, 2013.
- [3] Knaapen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating Habitat Isolation in Landscape Planning [J]. Landscape & Urban Planning, 1992, 23(1): 1-16.
- [4] 刘孝富, 舒俭民, 张林波. 最小累积阻力模型在城市土地生态适宜性评价中的应用——以厦门为例[J]. 生态学报, 2010, 30(02): 421-428.
- [5] 陈燕飞, 杜鹏飞. 基于最小累积阻力模型的城市用地扩展分析[A]. 中国城市规划学会. 和谐城市规划——2007中国城市规划年会论文集[C]. 中国城市规划学会: 中国城市规划学会, 2007: 6.
- [6] Cha Seung Hyun, Steemers Koen, Kim Tae Wan. Modeling Space Preferences for Accurate Occupancy Prediction During the Design Phase [J]. Automation in Construction, 2018(93): 135-147.