

基于运动空间视觉感知的导向标志布局评价

吴娇蓉, 胡山川, 陈振武

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 采用适用于建筑物内部的凸多边形分割方法对轨道站空间进行分割, 提取平均深度值和便捷度 2 个变量分析人流线所经过空间的结构系统; 根据寻路过程中人的水平和垂直视角构建的立体空间可见视域范围结合寻路流线和流量关系分析运动过程中人的空间感知, 建立流线可见度指标, 提出轨道站内导向标志布局合理性量化评价分析方法, 并结合实例进行应用分析.

关键词: 轨道站导向标志; 空间便捷度; 最佳空间视域; 可见空间视域; 流线; 导向标志布局合理性指数

中图分类号: U 291.1

文献标识码: A

Motion Space Visual Perception-based Evaluation of Navigation Signs' Distribution

WU Jiaorong¹, HU Shanchuan, CHEN Zhenwu

(Key Laboratory of Road and Transportation Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Convex polygon partitioning was adopted to divide the railway station's space and every divided space was described with depth value and integration value. Finally a quantitative method was given to evaluate the navigation signs' distribution, which concerned the spatial awareness, the ken of pedestrian, streamlines and their flow. Application of this method with examples was finally given.

Key words: navigation signs; integration value; the best field of vision; the visible field of vision; stream lines; index of navigation signs' distribution

现有导向标志布局评价方法主要有视线跟踪^[1]、可见性分析^[2-3]和视域叠加分析技术^[4-5]. 视线跟踪技术用于机动车交通标志视认性的研究^[6]和高速公路景观敏感区的研究^[7], 提供了“注视持续时间”、“注视次数”、“注视点序列”和“第 1 次到达目标

兴趣区的时间”4 个重要参数, 该理论尚未应用于轨道站内行人导向标志设计(空间布置)的评价, 且主要面临两大难题: ①如何合理设计方案提取正确的评价信息? ②在对行人的实际活动产生最小影响时采用哪种媒介获取行人视线信息. 可见性分析以运动体验的方式研究空间中设施可视与否, 对人的行为和视觉特性的考虑还有些不足. 该理论认为在视区范围内只要没有实体阻挡, 无论多远都能看到, 但实际情况是导向标志距离乘客远近视觉效果是不一样的, 视区范围内的导向标志位置不同时, 给乘客的视觉效果也是不同的. 视域叠加分析技术基于视觉感知, 在人流线上进行水平视角的视域叠加, 视野、视距、流线是基础参数, 可以实现平面空间的视觉效果分析, 由于缺乏垂直视角和视域的分析, 立体空间的导向标志分析尚待进一步研究.

以上研究均部分考虑了被评价空间的属性及行人视域的可见范围. 本文将借鉴视域叠加技术中的平面空间视觉效果分析方法, 基于空间句法增加行人寻路过程中运动空间感知的考虑, 通过流线分析运动空间中行人垂直和水平视角、视域与导向标志的相对位置, 提出基于运动空间视觉感知的导向标志布局合理性量化评价方法.

1 导向标志定量评价方法理论基础

1.1 运动空间感知理论

运动空间感知将基于空间句法理论, 按照空间分割→形态分析变量计算→空间形态分析变量解析的过程分析人流线所经过空间的结构系统. 本文采用适用于建筑物内部的凸多边形分割方法对轨道站空间进行分割, 将分割的每一部分空间作为图的节点, 然后导出连接图. 重点分析连接图中空间节点

收稿日期: 2010-05-12

基金项目: 国家自然科学基金(50808141)

第一作者: 吴娇蓉(1973—), 女, 副教授, 工学博士, 主要研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: wujiaorongtj@hotmail.com

平均深度值和便捷度 2 个变量,变量计算方法见文献[8].

空间节点便捷度与平均深度成负相关,当句法系统中甲节点的便捷度值比乙节点的便捷度值大时,则表示甲节点的相对深度图比乙节点浅,由甲节点到其余所有节点间最短路径(即相对深度的平均值)小于乙节点的相对深度平均值,甲节点相较于乙节点居于较便捷的位置.此处的便捷度与各个节点之间的实际距离无关,它表示的是一个节点与整个系统内其他节点的组合关系.

1.2 立体空间视觉分析理论

当人们处于某个空间内部时,人对空间的认知范围是有限的.表现在水平角度、竖直角度和距离都有人类的可视范围.在评价导向标志布局合理性时必须考虑到人类的视觉机能.

(1) 认知距离.为了模拟轨道站内的较特殊的灯光以及其他条件,选择了环境类似轨道站的同济大学某教学楼内走廊进行实验.实验的导向标志完全按照相关规范以 1:1 的比例制作,如图 1.实验结果见表 1.



图 1 实验导向标志牌

Tab.1 Navigation sign for experiment

表 1 轨道站导向标志视距实验结果

Tab.1 Laboratory results of navigation signs' visibility

字的特征	距离/m	
	可见	看清
大汉字黑底	58.3	43.8
大汉字绿底	56.8	37.0
大英文黑底	34.6	22.4
大英文绿底	37.1	18.3
小汉字黑底	25.2	14.1
小汉字绿底	26.6	15.6

注:此项数据来自同济大学交通运输工程学院熊文博士的实验结果.

根据行为心理学相关理论,同济大学陈振武定义“可见”标准:当被测者能认清物体的颜色与大致轮廓或能分清标志牌上有几个中文字时,称被测者能“看见”该标志。“看清”标准:当被测者能清楚地描绘出物体的形状及标志的内容,或能清楚地读出标志牌上的中文汉字或英文单词时,称被测者能“看清”该标志.就图 1 而言,在乘客寻路过程中的最重要信息为“马当路、金陵路”.因此,根据表 1 的实验结果,得到 2 个关键距离值:导向标志信息可见距离

为 25.2 m;导向标志看清距离为 14.1 m(在黑底和绿底之间选择距离小值作为关键距离值,以保证在关键距离内所有颜色导向标志信息都能符合可见和看清的标准)[9].

(2) 水平视角和垂直视角.人类产生空间直觉是以获得视觉信息为基础的.视觉信息的获得依赖于人眼睛的生理特征——旋转角度和视觉认知距离.人类的视角有一定的范围,眼睛最佳转动区为上下各 25°、左右各 15°(即水平方向最佳视角为 30°左右),视野界限为向上约 50°,左右各 60°左右(即水平方向的可见视角约为 120°).

(3) 立体空间导向标志可见视域.根据以上行人视域的水平视角、竖视角与认知距离的相关研究及分析可以得到行人最佳空间视域及行人可见空间视域(见图 2).最佳空间视域即行人在正视前方的情况下,该空间内的信息最容易被获得;可见空间视域即行人在正视前方的情况下,该空间内的信息可以被获得.

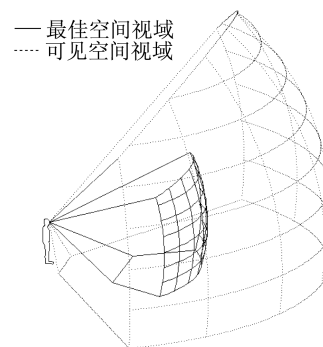


图 2 行人导向标志最佳、可见空间视域

Fig.2 The best and visible filed of vision of navigation signs for pedestrians

2 导向标志布局合理性评价方法

2.1 导向标志功能分析

行人由外部进入轨道站并到达候车区的过程即为一个完整的寻路过程,对轨道站完全陌生的行人来说,此过程的环境资讯绝大部分来源于导向标志.因此,轨道站导向标志应在需要进行寻路决策的空间和功能转换的空间,在垂直立面的最佳位置为行人提供信息,它应实现的功能为:首次来到本轨道站的行人无需询问,借助导向标志的指引能够作正确的寻路决策,轻松地达到目的地.

导向标志的功能决定了其必须具备完整性、连续性、易见性和简单性的特点,具体解释如下:①完

整性是指在轨道站内部任意一条流线(已经存在或有潜在存在可能性的流线)都有导向标志为乘客指引;②连续性指为每条流线服务的导向标志贯穿整条流线,在乘客需要的位置不缺失;③易见性指导向标志的位置能够容易被乘客发现;④简单性指导向标志的内容应简单易懂。

2.2 导向标志布局合理性评价考虑因素

2.2.1 评价结果的可比性

轨道站导向标志布局合理性评价的最终目的是制定相关规范,并根据评价结果判断轨道站的导向标志布局是否满足基本要求。因此不同的轨道站评价结果之间应具有可比性。

2.2.2 乘客流线

轨道站属于公共设施,因此更应关注大多数乘客的利益。即导向标志布局合理性评价时应遵循以下原则:导向标志服务的流线流量越大(被使用的人数越多),该标志对评价结果的影响越大。在评价过程中通过流线的流量来体现此因素的影响。

2.2.3 运动空间区域特点

轨道站内各个区域内部的导向标志的重要性也有伯仲之分,必要决策点和功能转换空间处导向标志重要性相对较高。例如乘客在有多种选择路线的站厅区域内(决策空间)对导向标志的依赖大;乘客在轨道站的通道内(单一功能空间)行进的方向明确,对导向标志的依赖小。因此在评价过程中应遵循以下原则:在运动空间中采用便捷度判别寻路决策空间,决策空间内部导向标志的合理性对评价结果影响大。

2.2.4 导向标志的位置

前文已述,立体空间中导向标志的设置处于行人最佳空间视域及可见空间视域内,则该导向标志被乘客发现的机会大,能够较好地发挥作用;否则作用相应减小。

2.2.5 导向标志的内容

每一条流线上导向标志的内容应按照名称统一、逐级细化的原则进行加载,否则导向标志不能完成预定功能。例如,流线*i*目的地为*A*点,且流线必经过*B*点,若*B*点存在导向标志,但该导向标志并无*A*点内容,则*B*处的导向标志对于流线*i*并无导向作用。

2.3 导向标志布局合理性评价方法

2.3.1 评价方法

2.3.1.1 导向标志立体空间位置量化评价

导向标志位置设置优劣以乘客是否容易看见为

评判标准。文献[10]指出,男性平均眼高 1.57 m,女性平均眼高 1.45 m。身高一般是不穿鞋测量的,故在使用时应给予适当补偿,男子大约需加 2.50 cm,女子大约需加 7.60 cm。按此计算,男女平均眼高为 1.56 m。上海轨道站导向标志的高度为 2.50~2.70 m。人类眼睛正常旋转是向上约 25°,视野界限为向上约 50°,故在不抬头的情况下,水平距离距乘客 0.96 m 以内的导向标志不能被发现;水平距离距乘客 0.96~2.44 m 的导向标志很难被发现;水平距离距乘客 2.44 m 以外的导向标志容易被发现。如图 3。

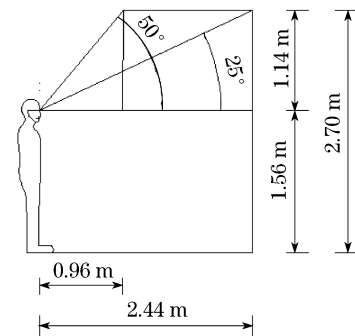


图3 导向标志距离计算

Fig.3 Visible distance results of navigation signs

按照上述计算结果,可以将乘客可见导向标志的竖直接角范围转换为水平距离,进而将水平视角、竖直接角和认知距离组成的立体空间导向标志可见范围转化为平面可见范围。转化结果如图4(右下角为虚线椭圆的放大图)。图中 60°和 120°分别为水平最佳视角和可见视角;14.10 m 和 25.20 m 为导向标志看清和看见的距离;0.96 m 以内为竖直方向导向标志难见距离,0.96~2.44 m 为可见距离,大于 2.44 m 为易见距离。各种颜色区域代表的意义如下:白色区域是指表 2 中视觉机能 3 项指标最佳位置的交集——最佳位置,即图 3 中实线所围空间;灰色位置指视觉机能 3 项指标中 2 项为最佳位置、1 项为可见位置的交集——可见位置,即图 2 中在实线所围空间外、虚线所围空间内的区域;黑色位置为虚线所围空间外部——难见位置。按此方法转换后,可将三维导向标志评价转化为二维,在轨道站平面图中即可进行计算。

由图 4 可以进行导向标志的位置量化评价:若导向标志处于白色区域内,则该导向标志位置得分为 3 分;若导向标志处于灰色区域内,则该导向标志位置得分为 2 分;若导向标志处于黑色区域内,则该导向标志位置得分为 1 分;若无导向标志,则位置得

分为0分。

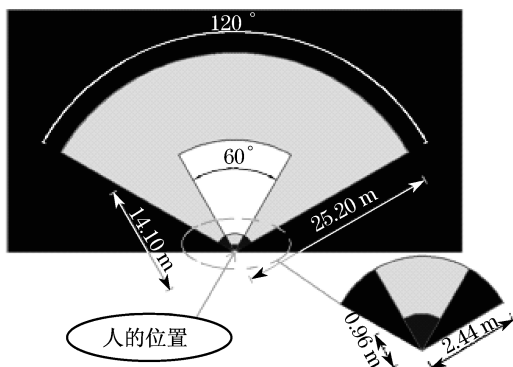


图4 导向标志可见区域示意图

Fig.4 Visible areas of navigation signs

表2 导向标志可见性汇总

Tab.2 The visible results of navigation signs

位置	水平视角/(°)	竖视角/(°)	认知距离/m
最佳位置	<60	<25 ($l > 2.44$ m)	<14.10
可见位置	60~120	<50 (0.96 m < $l < 2.44$ m)	14.10~25.20
难见位置	>120	>50 ($l < 0.96$ m)	>25.20

注: l 为导向标志距离人眼睛的水平距离。

2.3.1.2 基于运动空间感知理论的行人流线导向标志量化评价

本文首先采取空间句法的凸多边形方法对轨道站内内部空间进行分割,分割出的每个空间节点内部的行人均不需要再进行新的寻路决策,即所有寻路决策行为均在到达新的空间节点时发生.根据寻路理论可知,保证寻路决策的正确即能保证行人寻路行为的成功.然后,结合轨道站流线,对流线经过的轨道站功能空间的导向标志布局进行评价.以行人流线为基础,以分割后的空间节点作导向标志评价的基本立体空间单位,按照行人流线到达不同空间节点的先后顺序,依次对每个空间节点(寻路决策行为发生处)的导向标志进行评价,即得到每条流线的导向标志量化评价.

空间便捷度 I_i 是一个静态全局度量值,空间分割后得各空间节点之间具有可比性.便捷度高的空间节点成为整个轨道站内行人滞留时间相对较长、流线交织的区域,更需要导向标志对行人进行引导,因此,在导向标志布局合理性评价时采用便捷度作为立体空间重要性的量化指标.

流线 i 的导向标志布局合理性评价按如下公式进行计算:

$$S_i = \sum_j I_{Rij} \times S_{ij} \quad (1)$$

式中: S_i 为流线 i 的导向标志布局理性评价结果; S_{ij} 表示该流线 i 经过的第 j 个空间节点内的导向标志位置得分,参加评分的导向标志应服务于流线 i ,如流线 i 起点为 A 、终点为 B ,途中经过导向标志 a ,但导向标志 a 内容指向 C ,则导向标志 a 不参与流线 i 的导向标志评价.当该空间节点在行人行进的方向上长度 $l > 25.20$ m(超出导向标志可见距离)时,将该空间节点在行人行进的方向上继续平均分割成子空间节点,保证每个子空间节点内部行人 $l \leq 25.2$ m,各子空间节点的导向标志位置得分取均值得到该空间节点的导向标志位置得分 S_{ij} ; I_{Rij} 表示该流线 i 经过的第 j 个空间节点的相对便捷度(relative integration),即第 j 个空间的便捷度在流线 i 经过所有空间节点便捷度的比重,按下式计算:

$$I_{Rij} = I_j / \sum_k I_{ik} \quad (2)$$

式中, k 为流线 i 经过的空间节点中参与评价的空间节点个数.

按式(1)及式(2)进行计算的结果均在 0~3 内,且行人滞留时间相对较长、流线交织空间内的导向标志的位置优劣对评价流线导向标志评价结果 S_i 影响较大.流线 i 的评价结果 S_i 值越高,说明该条流线的导向标志布局越合理.若流线 S_i 得分低于 2 分,说明在该条流线中大部分可利用的导向标志均处于不易见位置(位于图 4 中黑色区域)或导向标志缺失严重,即该条流线中行人很难仅通过导向标志完成寻路过程,需要在轨道站内停驻更长的时间寻找导向标志或询问工作人员,降低了整个轨道站的通行能力和服务水平.

2.3.1.3 轨道站导向标志量化评价

本文提出的轨道站导向标志评价方法以行人流线作为基本评价单位,按式(3)计算轨道站导向标志的布局合理性,得到的量化结果满足前文提出的需要考虑的因素。

$$\alpha = \sum S_i \times \rho_i \alpha = \sum S_i \times \rho_i \quad (3)$$

式中: α 为被评估轨道站的导向标志布局合理性指数; ρ_i 为第 i 条流线的流量占轨道站总流量的比例,按式(4)进行计算:

$$\rho_i = q_i / \sum_j q_j \rho_i = q_i / \sum_j q_j \quad (4)$$

式中, q_i 为流线 i 的流量.按前文的解释及式(3)、式(4)可知,轨道站导向标志布局合理性指数 α 越高说明该轨道站导向标志合理性越好.

2.3.2 上海轨道交通静安寺站导向标志评价

2.3.2.1 上海静安寺站简介

上海地铁 2 号线的静安寺站是市中心区重要的公共活动中心,图 5 为该站站厅的平面示意图.静安寺站为对称形式布局,研究范围大小不影响评价方法,故本文仅取站厅平面的 1/2 进行分析评价.

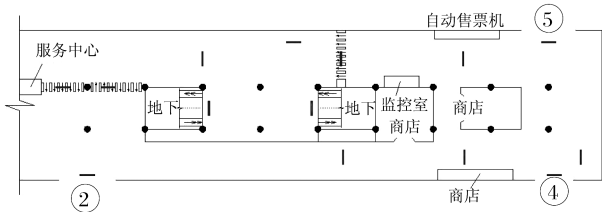


图 5 上海静安寺站简介

Fig.5 Layout of Jing'ansi Railway Station

图中②,④和⑤分别代表 2 号出口、4 号出口和 5 号出口;短线表示导向标志的位置;黑色圆点代表立柱;箭头代表通往站台层的电梯和楼梯;地下代表站台层.

2.3.2.2 静安寺站立体空间分析

按照凸多边形分隔方法对静安寺站进行立体空间划分(如图 6),便捷度计算结果见表 3.

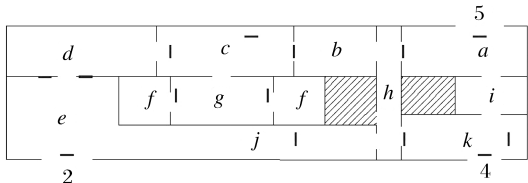


图 6 静安寺站空间分割图

Fig.6 Space division of Jing'ansi Railway Station

表 3 空间句法计算结果

Tab.3 The results of the space syntax

空间编号	平均深度	便捷度	空间编号	平均深度	便捷度
5	3.786	0.665	f	4.071	0.603
4	3.786	0.665	f'	4.071	0.603
2	3.714	0.683	g	3.143	0.864
a	2.857	0.998	h	2.214	1.526
b	2.429	1.296	i	3.500	0.741
c	2.500	1.235	j	2.714	1.081
d	3.143	0.864	k	2.857	0.998
e	2.786	1.037			

由表 3 可以看出,空间 h、空间 b 等便捷度较高.这 2 处区域为乘客购票和乘客出站检票之后进入的区域,进出站客流相互交织,乘客在出闸机后选择不同的出口必然需要导向标志的指引;乘客购票后必然需要导向标志指引其进站.由此可知,利用便

捷度来确定寻路决策空间方法科学.

2.3.2.3 静安寺站行人流线导向标志量化评价

笔者于 2009 年 5 月 21 日(星期四)对上海市静安寺轨道站进行了人工现场客流调查,流线调查量占总流量的 10%,经扩样得到所有的流线、流量数据如表 4.

表 4 静安寺站客流线、流量调查结果

Tab.4 The survey result of pedestrians' streamlines and flow rate in Jing'ansi Railway Station

编号	流量/(人·h ⁻¹)	所经区域(空间节点)	编号	流量/(人·h ⁻¹)	所经区域(空间节点)
1	596	5,a,h,b,c,g,f	11	334	2,e,j,h,b,c,g,f
2	125 2	5,a,h,b,c,g,f'	12	913	2,e,j,h,b,c,g,f'
3	34	5,a,i,k,4	13	13	2,e,a,j,h,k,i,a,5
4	19	5,a,i,k,h,j,e,2	14	5	2,e,j,h,k,4
5	51	4,k,i,a,h,b,c,g,f	15	532	f,g,c,d,e,2
6	163	4,k,i,a,h,b,c,g,f'	16	389	f,g,c,d,e,j,k,4
7	21	4,k,i,a,5	17	413	f,g,c,d,e,j,k,i,a,5
8	11	4,k,h,j,e,2	18	553	f',g,c,d,e,2
9	212	2,e,d,c,g,f	19	433	f',g,c,d,e,j,k,4
10	31	2,e,b,c,g,f'	20	365	f',g,c,d,e,j,k,i,a,5

图 7 为表 4 编号 1 的流线所经过的空间以及服务于该流线的导向标志的位置,流线位置按照所经过空间中心确定,即流线距两侧墙体距离相等.图中①~⑥为行人沿流线 1 行走时连续驻足处.

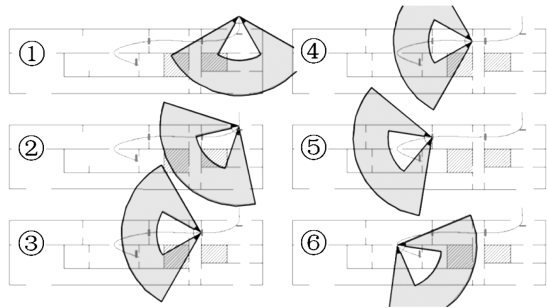


图 7 流线 1 评价示意图

Fig.7 Evaluation of streamline No.1

流线 1 以空间节点 5 为起点,途经空间节点 a,h,b,c 和 g 到达目的地空间节点 f,当行人在空间节点 5 处时,相关导向标志恰落在透明区域,见图 7①,故空间节点 5 的导向标志位置得分为 3 分.按此方法对流线 1 经过的其他空间节点进行评分.当行人到达空间节点 g 时可以看到其目的地——空间节点 f(轨道站台),故空间节点 f 内导向标志无需参与评价.按此方法可以得到流线 1 所经过全部空间节点的导向标志位置评分见表 5.

表 5 流线 1 所经空间导向标志得分

Tab.5 Each navigation sign's score of streamline No.1

空间编号	导向标志得分	空间编号	导向标志得分
5	3	c	2
a	3	g	2
h	2	f	
b	3		

注:空间 f 不参加评分,因为空间 f 为此流线终点,乘客不再需要导向标志指引.被评分的导向标志均服务于流线 1,其他导向标志不被考虑.

结合表 3,按式(2)计算得到每个节点的相对便捷度,见表 6.

按式(1)可以计算流线 1 的导向标志布局合理性评价结果 S_1 为 2.45.同样方法可以计算所有流线的导向标志布局合理性评价结果.根据式(3)和(4)得到静安寺站导向标志评价结果 α 为 2.332(表 7).

表 6 流线 1 所经空间相对便捷度

Tab.6 Relative integration value of streamline No.1

空间编号	I_i	I_{Rij}	空间编号	I_i	I_{Rij}
5	0.67	1.00	b	1.30	0.20
a	0.10	0.15	c	1.24	0.19
h	1.53	0.23	g	0.86	0.13

表 7 静安寺站导向标志评价结果

Tab.7 Evaluation results of navigation signs in Jing'ansi Railway Station

流线	S_i	ρ_i	$S_i\rho_i$	流线	S_i	ρ_i	$S_i\rho_i$
1	2.452	0.094 0	0.230 5	11	1.906	0.052 7	0.100 4
2	2.452	0.197 5	0.484 2	12	1.906	0.144 0	0.274 5
3	2.704	0.005 4	0.014 5	13	2.259	0.002 1	0.004 6
4	2.641	0.003 0	0.007 9	14	2.017	0.000 8	0.001 6
5	1.938	0.008 0	0.015 6	15	2.812	0.083 9	0.236 0
6	1.938	0.025 7	0.049 8	16	2.506	0.061 4	0.153 8
7	2.704	0.003 3	0.009 0	17	2.555	0.065 1	0.166 4
8	2.712	0.001 7	0.004 7	18	2.419	0.087 2	0.211 0
9	1.966	0.033 4	0.065 7	19	2.287	0.068 3	0.156 2
10	2.150	0.004 9	0.010 5	20	2.354	0.057 6	0.135 5

注:粗体表示 S_i 得分最低的 10 条数据和 ρ_i 排前 10 位数据.

2.3.2.4 静安寺站导向标志量化评价结果分析

由于流量大的流线对整个轨道站的导向标志布局合理性指数影响大,故本文对流量较大的 1/2 流线进行重点分析.在流量较大的前 10 位流线中,流线 11、流线 12 的导向标志评分较低,很大程度上降低了本轨道站的导向标志布局合理性指数.此外,应重点关注导向标志 S_i 得分低于 2 的流线.

通过导向标志评价的过程和表 7 可定位导向标志出现问题的位置,得出静安寺轨道站导向标志布局调整建议:流线 5、流线 6 和流线 11、流线 12 分别为从 4 号口和 2 号口进入并购票的流线,在评价过程中发现服务于这条流线的导向标志缺失较多,建议在空间节点 e, j, k 和 i 节点增加导向标志加强对购票处的引导;流线 9 为由 2 号口进入至闸机进站的流线,服务于这条流线的行人在通过闸机后缺少导向标志的指引,向左走与向右走的行人交织严重,建议在空间节点 d 增加导向标志,对行走方向进行指引.

3 结语

从导向标志布局评价所要考虑的因素出发,提

出了基于运动空间视觉感知的轨道站导向标志布局评价方法,评价结果能够反映轨道站整体导向标志布局合理性情况.对于已建成的轨道站导向标志系统,按照评价结果可追踪到导向标志布局不合理位置,指导导向标志布局优化,提升整个轨道站的导向标志布局合理性;对于新建的轨道站,按照本文评价方法,可以确定导向标志布局的合理位置.流量、流线数据采集会影响评价结果,建议选取旅游节假日或周末采集数据,以便获取不熟悉本轨道站的旅游、娱乐等不同目的客流.但是,本文未确定轨道站导向标志合理性指数 α 的可接受范围,还需要在后续研究中做大量调查确定乘客的满意程度与 α 之间的对应关系,以便为各种类型和规模的轨道站导向标志布局提出控制指标.

参考文献:

[1] Braaksma J P, Cook W J. Human orientation in transportation terminals[J]. ASCE Journal of Transportation Engineering, 1980(106): 189.

[2] 张愚. 空间的可见性分析[J]. 室内设计与装修, 2005(1): 14.

(下转第 1176 页)