

基于视觉熵的地铁换乘导向标识效用评价模型^{*}

钟佳露 方 勇 魏万旭 胡 华 万 苏

(上海工程技术大学城市轨道交通学院, 201620, 上海)

摘 要 [目的] 为了提高地铁换乘站导向标识的效用, 解决导向标识设置混乱、信息过载和认知率低等问题, 提出一种基于视觉熵的地铁换乘导向标识效用评价方法。[方法] 分析了地铁换乘站导向标识目前存在的问题, 定义了地铁换乘导向标识的效用。通过分析乘客在换乘过程中的视觉特征, 解析了乘客视觉认知与导向标识之间的机理关系。建立了基于熵理论的乘客视觉熵评价模型和效用量化方法。通过换乘过程导向标识认知试验, 利用 AOI(兴趣区)法, 研究了照度、颜色对比度、标识尺寸、标识高度、标识间距等因素对导向标识效用的影响。[结果及结论] 颜色对比度越高, 导向标识的效用越好; 过高或过低的照度及标识高度、过大或过小的标识尺寸及标识间距均会影响导向标识的效用, 设计参数需控制在阈值范围内。照度应控制在 75 ~ 125 lx, 标识尺寸应控制在 30 cm × 40 cm 至 40 cm × 50 cm 范围内, 标识高度应控制在 1.5 ~ 2.5 m, 标识间距应该控制在 15 ~ 25 m。

关键词 地铁; 换乘站; 导向标识; 视觉熵; 效用评价

中图分类号 U291.1⁺7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.05.036

Utility Evaluation Model for Subway Transfer Guidance Signs Based on Visual Entropy

ZHONG Jialu, FANG Yong, WEI Wanxu, HU Ha, WAN Su

(School of Urban Railway Transportation, Shanghai University of Engineering Science, 201620, Shanghai, China)

Abstract [Objective] In order to improve the utility of guidance signs at subway transfer stations and address issues such as chaotic signage setting, information overload, and low recognition rates, a visual entropy-based evaluation method for subway transfer guidance signs utility is proposed. [Method] Current problems of subway transfer station guidance signs are analyzed, and the utility of subway transfer guidance signs is defined. By analyzing the visual characteristics of passengers during the transfer process, the mechanistic relationship between passenger visual cognition and guidance signs is analyzed. A passenger visual entropy evaluation model and the u-

tility quantification method based on entropy theory are established. Through the transfer process guidance sign recognition test, the influence of factors such as illumination, color contrast, sign size, sign height, and sign spacing on the utility of guidance signs is studied by AOI (area of interest) method.

[Result & Conclusion] The higher the color contrast, the better the effectiveness of the guide signs; all the excessive or insufficient illumination and sign heights, the oversized or undersized sign dimensions and sign spacing will affect the utility of guide signs, and design parameters need to be controlled within the threshold range. The illumination should be controlled within 75 ~ 125 lx, sign dimensions should be controlled within the range of 30 cm × 40 cm to 40 cm × 50 cm, sign heights be controlled within 1.5 ~ 2.5 m, and sign spacing be controlled within 15 ~ 25 m.

Key words subway; transfer station; guidance sign; visual entropy; utility evaluation

随着城市轨道交通线路规模化、网络化发展, 地铁换乘站数量不断增加。地铁换乘站具有人员流动性大、客流大、站内流线复杂、导向标识多样等特点, 常给人们留下容易迷路、方向感弱、空间闭塞等负面印象^[1]。另外, 当乘客身处半封闭的地下有限换乘空间时, 其对方位的识别判断能力会有所下降, 也可能会因为迷失方向而产生恐惧心理, 进而影响对标识信息效用的接受程度^[2]。为改善此类问题, 需量化换乘站导向标识认知能力并提高传递信息的效用, 以保证乘客的换乘安全及其通行效率。

目前, 国内外地铁换乘站导向标识的研究主要集中在导向标识的位置及设计优化方面, 对效用量化方法的研究较少。在导向标识效用方面, 文献[3]从导向标识的作用和类型出发, 分析了城市轨道交通客流导向标识系统的影响和设计因素。文献[4]提出了基于信息熵理论的导向标识服务效能的计算方法, 建立了导向标识布局优化模型。文献

^{*} 国家自然科学基金项目(51608387); 上海市科委地方院校能力建设项目(19030501400)

[5]以北京地铁2号线、4号线和13号线的西直门站为例进行仿真分析,获得了一个完整的设计模型,用于优化导向标识的布局及提高其标识效用。

针对标识信息的认知过程研究,文献[6-7]从眼动角度出发,结合眼动数据为地铁内部导向标识的设计优化提供了科学合理的建议。文献[8]提出一种新的标识识别和检测方法,可用于标识效用的视觉认知研究。随着车站运营管理难度的增加,研究人员开始逐渐关注乘客特征、客流特征及环境特征等因素对导向标识的影响。文献[9-10]分别采用建立评估体系与设计模型的方法,研究了乘客与导向标识之间的交互特性。

本文基于乘客视觉与导向标识的认知机理,建立视觉熵评价模型,开展模拟换乘试验,提出一种新的效用量化方法——AOI(兴趣区)法,可用于分析不同影响因素对导向标识效用的影响规律。本文研究可为保障地铁换乘站的安全运营和高效运作、指导地铁站导向设施的设计与设置提供参考与借鉴。

1 研究方法

1.1 乘客视觉机理分析

定义地铁换乘站导向标识的效用为:在地铁换乘站内,当乘客进行换乘时,现有换乘导向标识系统信息对乘客期望获取换乘信息的匹配程度。导向标识设置区间的主要空间构成包括节点、通道、站厅、站台四个结构,对该区间的换乘导向标识进行科学、合理、有序的设置,能够有效提高导向标识系统的效用。

在换乘行进过程中,乘客主要涉及的视觉特征有视角、视距、视野。在感知符号的过程中,眼睛在引导符号的刺激下产生相应的生理反应。同时,引导标识的图像信息转化为视觉信号,通过眼睛神经网络传输到大脑进行情感格式化处理后,形成心理反应,再通过神经网络影响眼睛的生理反应。整个感知过程是生理和心理反应相互作用、相互印证的动态过程。换乘系统中,换乘导向标识与乘客的视觉行为机理示意图如图1所示。

1.2 视觉熵评价模型

1.2.1 视觉评价指标

一般情况下,应在建立模型前就给出所选取的视觉指标,考虑到目前眼动分析设备捕获视觉指标的具体功能及效用在现有文献中并未完全体现,故

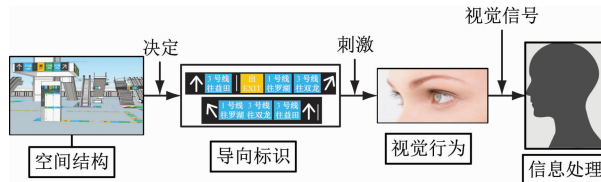


图1 换乘导向标识与视觉行为关系机理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of mechanistic relationship between transfer guidance signs and visual behavior mechanism

结合相关领域的研究成果先提出初选指标:注视点、注视点数目、注视区域、注视持续时间、首次注视时间、第2次注视时间、扫视次数和扫视幅度。

1.2.2 构建视觉熵评价模型

本文提出的视觉熵借鉴了 Clausius 关于熵理论的定义,即视觉行为是不确定的,个体的视觉熵表征了个体接收到视觉信息内容的全面程度,视觉熵越大,则标识设计的设置越无序,标识的效用越低;反之亦然。

根据熵理论的基本定义和视觉熵的独有特性,将导向标识划分为5个元素(见图2),这5个元素分别为导向标识背景、符号、文字、线路数字背景、线路数字。

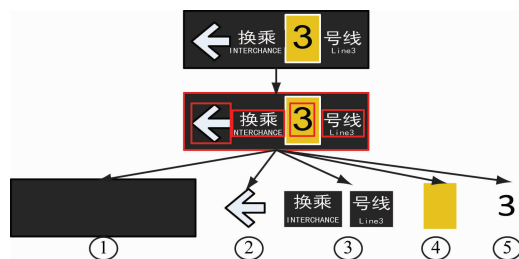


图2 导向标识划分示意图

Fig. 2 Schematic diagram of guidance sign division

Shannon 总结了信息熵公式,将划分后的元素作为指标代入,由于视觉熵具有叠加性,故乘客对第 m ($m \leq n$) 个导向标识 x_m 的视觉熵评价模型 $H(x_m)$ 可以表示为:

$$H(x_m) = \sum_{r=1}^j \sum_{o=1}^i -P(x_{mro}) \lg P(x_{mro}) \quad (1)$$

$$P(x_{mro}) = \frac{x_{mro}}{\sum_{r=1}^j \sum_{o=1}^i x_{mro}} \quad (2)$$

式中:

j ——导向标识拆分后的元素总数;

i ——视觉指标总数;

$P(x_{mro})$ ——第 m 个导向标识下,第 r 个元素的第 o 个视觉指标的概率。

不同的环境条件对视觉熵也有影响,为便于修正不同条件对视觉熵的影响,需引入 K 个条件下的修正系数组合空间 $\{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_K\}$, 将各条件的修正系数 σ_k 代入式(1), 为了减小结果过小而产生的误差, 将系数 σ_k 在连乘的基础上等量扩大 10 倍, 得到乘客对第 m 个导向标识的修正视觉熵评价模型 $H_{mo}(x_m)$ 为:

$$H_{mo}(x_m) = 10 \left(\prod_{k=1}^K \sigma_k \right) H(x_m) \quad (3)$$

基于熵理论的实际意义, 视觉熵和修正视觉熵均具有如下性质:

1) 对于任意导向标识 x_m , 总有 $H(x_m) \geq 0$, 当且仅当 $P(x_{mro}) = 0$ 时, $H(x_m) = 0$;

2) 对于任意导向标识 x_l, x_m , 若有 $P(x_{lro}) > P(x_{mro})$, 则 $H(x_l) > H(x_m)$;

3) 若 $P(x_l, x_m) = P(x_{lro}) + P(x_{mro})$ 成立, 则有 $H(x_l, x_m) = H(x_l) + H(x_m)$ 。

从视觉熵的性质可以看出: 当视觉指标概率为 0 时, 视觉熵值为 0; 当视觉属性指标概率不为 0 时, 视觉熵值必大于 0, 且小于等于最大熵值。根据视觉熵概率值可以推断出个体获取信息量的程度, 如果个体获得的信息效用越大, 说明乘客辨识该标识的注视越集中, 该属性熵值越小。

1.3 影响因素及量化方法

1.3.1 换乘导向标识影响因素

在地铁换乘站中, 影响导向标识效用的因素有许多, 如照度、颜色对比度、标识高度、标识尺寸、标识间距及字体、字体数量、标识形状、语音广播、手机导航等。根据实际调查发现, 地铁换乘站导向标识照度、颜色对比度、标识高度、标识尺寸及标识间距不合理的情况比较突出。鉴于此, 本文主要分析这 5 个影响因素对导向标识效用的量化关系。将 5 个影响因素分为标识本身影响因素和外界环境影响因素两个部分, 其中: 标识本身影响因素包括颜色对比度、标识高度、标识尺寸、标识间距; 照度属于外界环境影响因素。

1.3.2 量化分析方法

AOI 法是为了便于分析关注兴趣度高的区域, 手动划分可视化图形的一种高级可视化方法。当 AOI 修正系数越小, 乘客注视标识的集中程度越高。每一个图像被分割成 4 像素 \times 6 像素的图像片, 每一个图像片对应一个特征 AOI 包, 其示意图如图 3 所示。

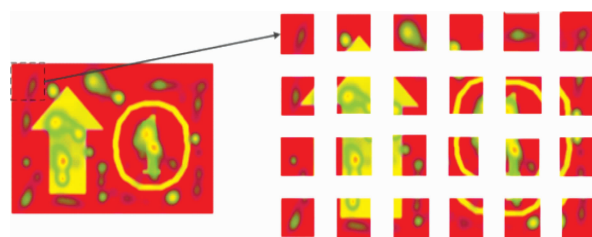


图3 特征 AOI 包示意图

Fig.3 Schematic diagram of featured AOI package

不同情况下, AOI 分布率的修正系数 σ_k 的定义为, 出现感兴趣区域的个数 s_k 占总划分单元格个数 S_k 的比例, 可以表示为:

$$\sigma_k = \frac{s_k}{S_k} \quad (4)$$

利用 AOI 法将 σ_k 映射到 $[0, 1]$ 区间进行处理, 对映射结果进行多项式曲线拟合, 可以获得日常取值范围内的修正系数组合空间 $\sigma_K = \{\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4, \sigma_5\}$ 的取值, 进而分析不同因素对导向标识效用的影响程度及规律。

2 试验设计

为研究视觉指标在乘客换乘过程中的变化规律, 本试验通过模拟室内换乘空间记录不同情况下的视觉指标, 在初选视觉指标的基础上, 研究适合用于构建视觉熵评价模型的视觉指标 y_1, y_2, \dots, y_i , 并对影响因素进行量化分析。

本文试验为控制变量试验, 主要用到 Tobii Glasses3 眼动仪和台湾泰仕 TES1334A 型照度仪。为了模拟真实地铁换乘站的情况, 设置控制条件为: ①男女比例为 1:1; ②试验人员年龄随机; ③试验人员均不了解模拟换乘站的情况, 均从模拟换乘起点站乘至换乘终点站; ④为减少身高对视角的影响, 本次试验员身高为 160 ~ 180 cm; ⑤设置干扰人员。

本试验环境为某大学一座学生训练大楼, 在大楼中选取等长(100 m)、等宽(6 m)的 5 条路径, 试验场景设计及标识设置示意图如图 4 所示。5 个影响因素的试验导向标识设计如表 1 所示。

3 试验结果分析

3.1 视觉指标选取

基于所选取的 5 个变量因素, 通过 Tobii Pro Lab 软件的 Analyse 控件导出截取区间的视觉指标

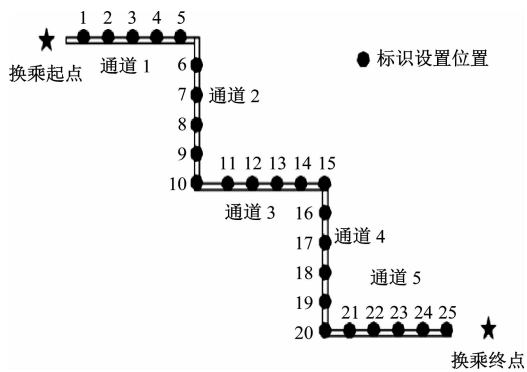


图4 试验场景设计及标识设置示意图

Fig. 4 Experimental scenario design and schematic diagram of sign layout

表1 5个影响因素的试验导向标识设计

Tab.1 Design of experimental guidance signs with 5 influencing factors

标识编号	照度/lx	颜色对比度	标识尺寸/(cm×cm)	导向标识高度/m	导向标识间距/m
1~5	15	1.8(白底黑字)	10×20	0	5
6~10	35	1.4(蓝底白字)	20×30	1	10
11~15	75	1.0(绿底白字)	30×40	2	15
16~20	150	0.5(白底红字)	40×50	3	20
21~25	270	0.2(红底黄字)	50×60	—	25

数据,每种条件下采集20组模拟换乘试验数据,共采集100组试验数据。为确保视觉指标选取的有效性,需要分析并验证指标影响的显著性。选择与标识相关性高的视觉指标数据,通过SPSS统计软件对视觉指标数据进行单因素方差分析,分析前先进行方差齐性检验,其结果如表2所示。

表2 视觉指标方差齐性检验结果

Tab.2 Homogeneity of variance test results for visual indicators

视觉指标	Levene统计量	分子自由度	分母自由度	显著性
首次注视时间	1.524	18	98	0.098
第2次注视时间	1.171	18	98	0.002
总注视时间	0.746	18	98	0.130
注视点数目	2.605	18	98	0.562
扫视次数	1.255	18	98	0.126
扫视幅度	1.192	18	98	0.032

由表2可知:除第2次注视时间和扫视幅度外,其余各项视觉指标的显著性均大于0.05,可以进行

单因素方差分析。

单因素方差分析结果如表3所示。由表3可知:除首次注视时间外,其余3项视觉指标数据的显著性均小于0.050,表明总注视时间、注视点数目、扫视次数3个视觉指标与视觉熵显著度相关,可用于视觉数据与视觉熵的数学建模。

表3 单因素方差分析结果

Tab.3 One-way ANOVA results

视觉指标	F统计量	显著性
首次注视时间	4.571	0.061
总注视时间	35.123	0
注视点数目	30.815	0
扫视次数	8.833	0.002

3.2 影响因素量化分析

在颜色对比度、照度、标识尺寸、标识高度和标识间距这5个影响因素下,所有试验人员AOI叠加视觉指标数据的热力分布图,如图5所示。

3.2.1 颜色对比度

不同AOI分布率修正系数与颜色对比度的关系如图6所示。由图6可知:随着颜色对比度的增加,AOI分布率修正系数逐渐降低。由此可知,标识颜色对比度越高,乘客看标识时的视线越集中,即标识的效用越好。

3.2.2 照度

不同AOI分布率修正系数与照度的关系如图7所示。由图7可知:随着照度的增加,AOI分布率修正系数先逐渐降低后逐渐增加。随着照度的增加,乘客的视线会逐渐集中;当照度为100~150 lx时,随着照度的增加,乘客的视线反而会变得分散,因此照度应控制在75~125 lx。由此可知,过低、过高的照度均不利于乘客对标识的视认性,这是由于过低的照度会导致乘客看不见标识,而过高的照度会导致乘客炫目。

3.2.3 标识尺寸

不同AOI分布率修正系数与标识尺寸的关系如图8所示。由图8可知:随着标识尺寸的增加,AOI分布率修正系数先逐渐降低后逐渐增加,但增加趋势较为缓慢。这说明标识越小,乘客的视认性越差,标识的效用越低。随着标识的增大,标识的效用也并非逐渐增大,这是由于标识太大阻碍了乘客获取标识的全貌,只能获取部分信息,同时换乘站的空间也比较局限,不利于设置过大的导向标

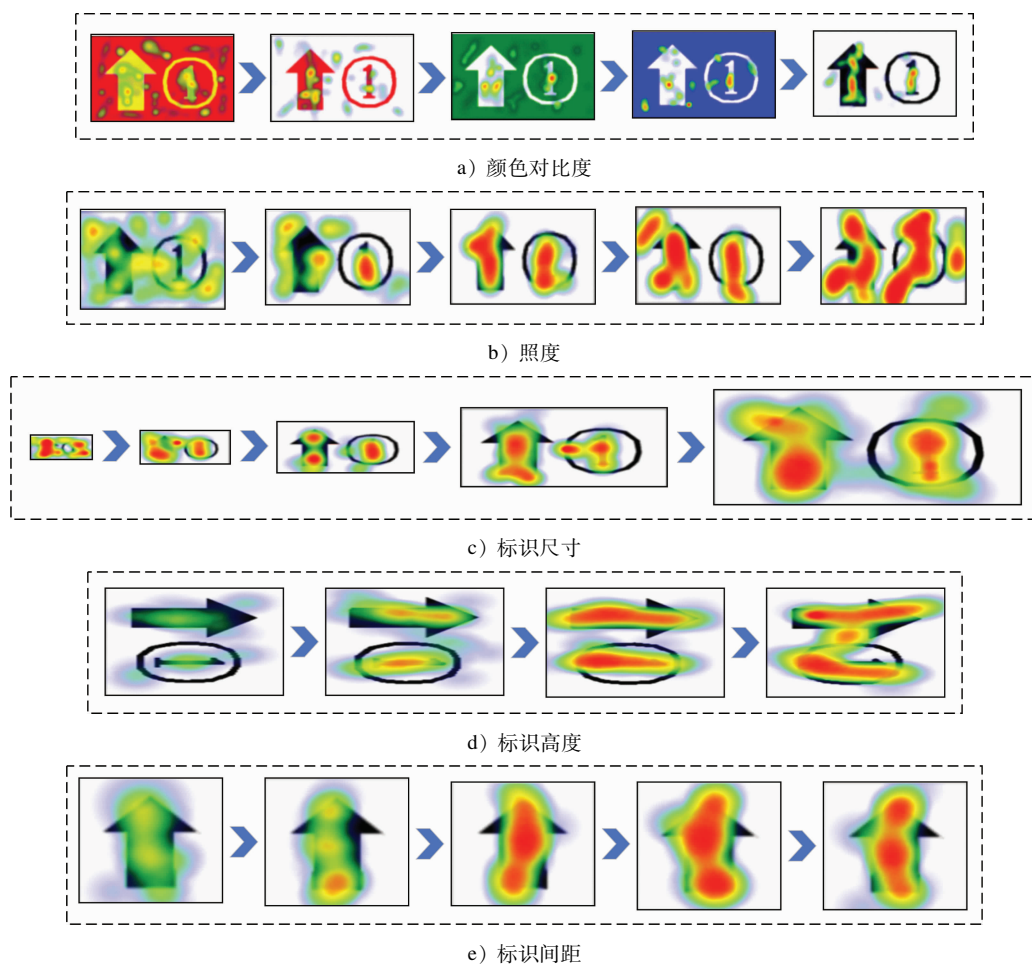


图5 AOI 叠加视觉指标数据热力分布图

Fig. 5 Heatmap of visual indicator data superimposed on AOI

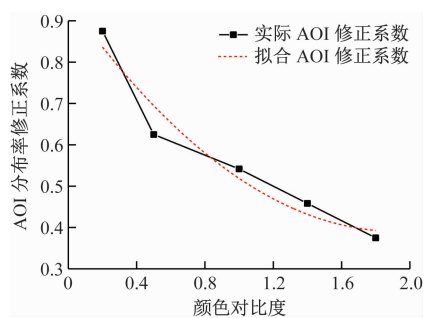


Fig. 6 Relationship between different AOI distribution rate correction coefficients and color contrast degrees

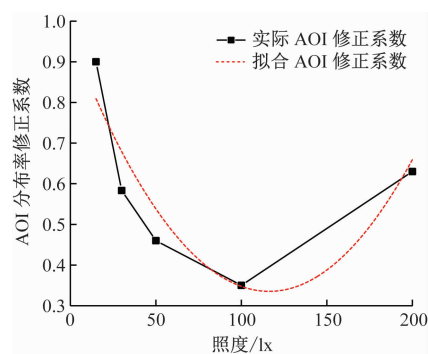


Fig. 7 Relationship between different AOI distribution rate correction coefficients and illuminance

识。因此,在设计导向标识时,应选取性价比最高的标识尺寸,标识尺寸应控制在 30 cm × 40 cm 至 40 cm × 50 cm 范围内。

3.2.4 标识高度

不同 AOI 分布率修正系数与标识高度的关系如图 9 所示。由图 9 可知:随着标识高度的增加,

AOI 分布率修正系数先逐渐降低后逐渐增加。这说明标识设置得过低或过高,乘客的视认性均不会太好,最佳的标识高度为 1.5 ~ 2.5 m,此区间的标识高度与乘客身高接近,有利于乘客对标识的获取与识别。

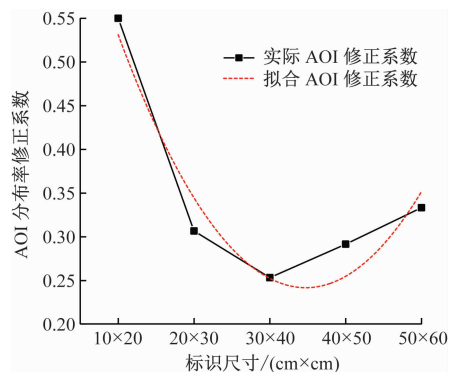


图8 不同 AOI 分布率修正系数与标识尺寸的关系

Fig. 8 Relationship between different AOI distribution rate correction coefficients and sign dimensions

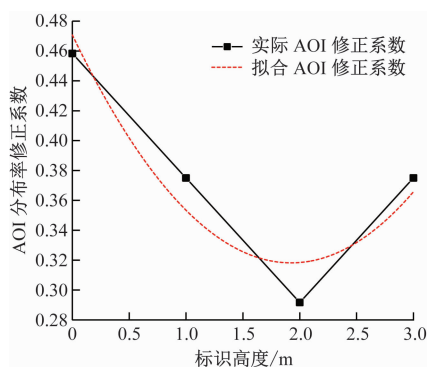


图9 不同 AOI 分布率修正系数与标识高度的关系

Fig. 9 Relationship between different AOI distribution rate correction coefficients and sign heights

3.2.5 标识间距

不同 AOI 分布率修正系数与标识间距的关系如图 10 所示。由图 10 可知:随着标识间距的增加, AOI 分布率修正系数逐渐降低;当标识间距为 20 m 左右时, AOI 分布率修正系数有上升的趋势。这说明标识间距越大,乘客的视认性越低。究其原因在于标识分布多,乘客的注视较分散。从资源最大化

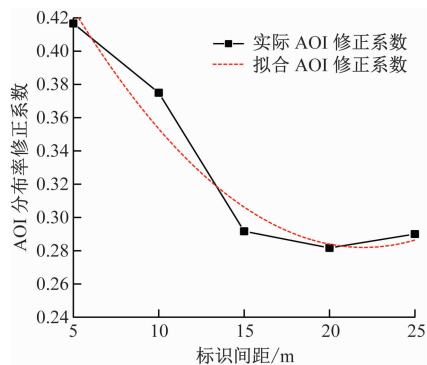


图10 不同 AOI 分布率修正系数与标识间距的关系

Fig. 10 Relationship between different AOI distribution rate correction coefficients and sign spacing

方面来说,标识间距越小,越不利于乘客对标识环境的视认。当标识间距为 15 m 左右时,标识间距越大,对乘客的视认性影响较为平缓。当标识间距为 25 m 左右时, AOI 分布率修正系数有上升的趋势。这说明在地铁换乘站,标识的最佳间距为 15 ~ 25 m。

4 结语

本文基于乘客视觉与换乘导向标识的认知机理,通过熵理论构建了视觉熵评价模型和效用量化方法,并通过模拟换乘试验研究了不同影响因素对导向标识效用的影响规律。

通过 AOI 法发现,颜色对比度越高,导向标识的效用越好;过高或过低的照度及标识高度、过大或过小的标识尺寸及间距均会影响导向标识的效用。研究结果表明,对标识自身影响因素和外界环境影响因素加以控制,可以提高导向标识的效用,进而提高地铁运营效率和乘客换乘效率。

本文提出的基于熵理论和 AOI 法的地铁换乘导向标识效用模型,是一种全新的标识效用量化方法,可进一步拓展至大型交通枢纽、地下空间建筑、商场等公共场所的引导标识效用分析,从行人多元出行需求和客流的复杂聚集特性,开展全龄友好型公共场所导向标识的设计与设置。但由于不同类型公共场所及内外部空间等因素的差异性,运用所提方法时还需考虑实际情况,以提高该方法的普适性。

参考文献

- [1] TU Q, ZHANG Z, ZHANG Q. Directional signage location optimization of subway station based on big data[J]. IEEE Access, 2019, 8: 12354.
- [2] SHI Y, ZHANG Y, WANG T, et al. The effects of ambient illumination, color combination, sign height, and observation angle on the legibility of wayfinding signs in metro stations[J]. Sustainability, 2020, 12(10): 4133.
- [3] 唐晓勇, 黄凤至, 王昕, 等. 城市轨道交通客流导向标识系统研究[J]. 工程建设与设计, 2021(20): 45.
TANG Xiaoyong, HUANG Fengzhi, WANG Xin, et al. Research on guide sign system for passenger flow of urban rail transit[J]. Construction & Design for Engineering, 2021(20): 45.
- [4] 张蜚, 贾利民, 秦勇. 基于协同引导的地铁站台导向标识系统布局优化[J]. 交通运输系统工程与信息, 2016, 16(4): 146.
ZHANG Zhe, JIA Limin, QIN Yong. Optimization of signage sys-

- tem configuration on metro platform based on cooperative guidance [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2016, 16(4): 146.
- [5] OUYANG K M, LIU S F. A simulation method for rail transit sign optimization[J]. International Journal of Simulation Modelling, 2021, 20(4): 742.
- [6] 张锐. 基于眼动分析的沈阳世博园导向标识研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2019.
- ZHANG Rui. Shenyang Expo Garden guide identification research based on eye movement analysis[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019.
- [7] 张馨予. 城市干路指路标志动态视认特性及设置方法研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2020.
- ZHANG Xinyu. Study on dynamic visual recognition characteristics and setting method of urban trunk road guide signs[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2020.
- [8] ELLAHYANI A, EL ANSARI M, EL JAAFARI I. Traffic sign detection and recognition based on random forests[J]. Applied Soft Computing, 2016, 46: 805.
- [9] 郭凡良, 禹丹丹, 董宝田. 基于人与环境交互作用的交通枢纽导向标识布局评估[J]. 西南交通大学学报, 2015, 50(4): 597.
- GUO Fanliang, YU Dandan, DONG Baotian. Evaluation of guide sign layout in rail transit hubs based on human environment interaction[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2015, 50(4): 597.
- [10] ZHANG Z, QIN Y, JIA L. Discrete modeling approach for emergency guidance signage system design in underground spaces: a case study in transportation hubs [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2022, 120: 104275.
- 收稿日期:2023-03-14 修回日期:2023-04-19 出版日期:2025-05-10
Received:2023-03-14 Revised:2023-04-19 Published:2025-05-10
· 第一作者:钟佳露, 硕士研究生, 2970798456@qq.com
通信作者:方勇, 副教授, fangyong87@tongji.edu.cn
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第210页)

- [4] 李润新. 对高铁建设项目提前介入的思考[J]. 铁道运营技术, 2019, 25(3): 54.
- LI Runxin. Thinking on the early intervention of high-speed railway construction project [J]. Railway Operation Technology, 2019, 25(3): 54.
- [5] 杨春强. 新建高铁提前介入工作研究[J]. 铁路工程技术与经济, 2022, 37(4): 49.
- YANG Chunqiang. Research on early intervention of new high-speed railway [J]. Railway Engineering Technology and Economy, 2022, 37(4): 49.
- [6] 徐敢锋, 高飞, 戴卫杰. 上海新建市域铁路运营初期维保模式探讨[J]. 城市轨道交通研究, 2022, 25(增刊1): 51.
- XU Ganfeng, GAO Fei, DAI Weijie. Maintenance model of Shanghai newly built municipal railway at the initial stage of operation [J]. Urban Mass Transit, 2022, 25(S1): 51.
- [7] 徐军, 邓志翔, 姜西. 市域铁路列车出车辆段/停车场效率研究: 以温州轨道交通 S3 线丽岙车辆段为例[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(1): 90.
- XU Jun, DENG Zhixiang, JIANG Xi. Research on depot/yard exit efficiency of city railway train: focusing on Wenzhou rail transit line S3 Li'ao depot [J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(1): 90.
- [8] 金庄庄, 夏海山. 公交化市域铁路车站站域空间设计策略[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(7): 50.
- JIN Zhuangzhuang, XIA Haishan. Spatial design strategies for public-transport-oriented city railway station area [J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(7): 50.
- [9] 郑翔, 徐行方, 刘薇, 等. 基于 Max-plus 代数法的市域铁路快慢车运行特性[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(9): 1.
- ZHENG Xiang, XU Xingfang, LIU Wei, et al. Characteristics of municipal railway express/local train operation based on max-plus algebra method [J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(9): 1.
- [10] 黄江阳, 李爱东, 陈剑, 等. 轨道交通市域快线快慢车运营模式方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(1): 126.
- HUANG Jiangyang, LI Aidong, CHEN Jian, et al. Study on express/local train operation mode scheme of rail transit commuter express [J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(1): 126.
- 收稿日期:2023-07-11 修回日期:2023-09-25 出版日期:2025-05-10
Received:2023-07-11 Revised:2023-09-25 Published:2025-05-10
· 第一作者:徐敢锋, 高级政工师, 839676520@qq.com
通信作者:张戎, 教授, zhangrong@tongji.edu.cn
· ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license