

停车场内部诱导信息重要度评价及布局方法研究

王卫军, 籍丹萍

(华设设计集团股份有限公司 综合规划研究院, 江苏 南京 210014)

摘要: 为提高大型地下停车场内部诱导信息布局的科学性与合理性, 利用 SMI 眼动仪检测驾驶员在停车场内部的眼动数据, 在实车试验的基础上研究驾驶员对不同诱导信息的注视数据和注视点在视域的分布情况, 分析驾驶员在停车场内部的视认特性; 结合 Nemenyi 检验结果和驾驶员停车问卷调查, 选取注视总频次、总注视时间、巡游时间和心理影响指数作为诱导信息重要度评价指标, 利用因子分析法对停车场内部不同诱导信息的重要度进行综合评价; 基于诱导信息的重要度和驾驶员注视点在视域的分布, 对停车场内部诱导信息的布局方法进行研究, 以提高驾驶员对停车场内部诱导信息的认识效率和停车体验。

关键词: 公路交通; 停车场; 诱导信息; 重要度评价; 布局方法; 视认特性

中图分类号: U491.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)01-0034-04

停车场内部诱导信息布局方式是影响其运行效率的重要因素, 科学合理的诱导信息布局是实现对车辆和行人高效诱导的有效手段。目前, 中国停车场内部诱导标志及诱导信息的布局和设置还无统一标准, 诱导信息布局混乱无序, 不能对驾驶员起到高效的指引作用。国内外对停车场诱导信息的研究主要集中在停车场外部诱导标志的区域布局和诱导标志本身设置属性两方面, 对停车场内部诱导信息布局方法的研究较欠缺。该文借鉴视线跟踪理论, 通过 SMI 眼动仪采集驾驶员在停车场内部的视觉特征数据, 基于因子分析法的综合评价结果, 对停车场内部诱导信息布局方法进行研究。

1 驾驶员视认性试验数据分析

1.1 眼动仪试验

选取 3 座具有代表性的大型停车场, 分别为公共停车场、商业配套停车场和小区配建停车场。通过实车试验, 运用 SMI 眼动仪对驾驶员在停车过程中对诱导信息的视认数据进行检测(见图 1), 包括驾驶员对不同诱导信息的注视频次和注视时间, 为诱导信息布局方法研究提供数据支撑。



图 1 眼动仪试验

1.2 数据分析

1.2.1 不同诱导信息的注视行为特性分析

对眼动仪采集的视频数据进行分析, 主要包括驾驶员对停车场出口信息、剩余车位信息、电梯口信息、商业信息、停车缴费信息及其他相关设施(洗手间、安全出口等)信息的视认频次和注视时间。

1.2.1.1 注视频次

分析驾驶员对停车场内部不同诱导信息的注视频次, 包括注视总频次和平均注视频次。

注视总频次是指驾驶员在完成一次停车行为过程中对不同诱导信息的总注视次数。如图 2 所示, 整个停车过程中驾驶员对停车场出口信息的注视次数最多, 超过一半的驾驶员对出口信息的注视总频次为 50~75 次, 明显高于其他信息; 驾驶员在停车过程中对电梯口、商业等信息的注视总频次较低。

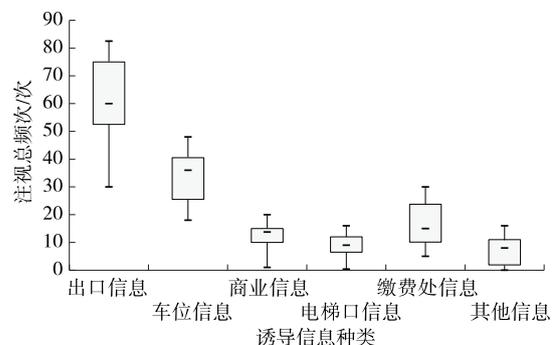


图 2 驾驶员对不同诱导信息的注视总频次

平均注视频次是指驾驶员完成一次停车行为过程中对不同诱导信息的平均注视次数(诱导信息的

总注视频次与数量的比值),反映驾驶员在停车过程中对该诱导信息的注视强度。如图 3 所示,驾驶员停车过程中对剩余车位信息的平均关注频次最高,甚至超过对停车场出口信息的平均注视频次。

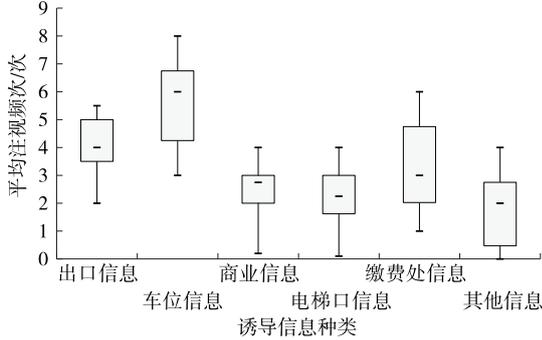


图 3 驾驶员对不同诱导信息的平均注视频次

为进一步分析驾驶员对停车场内部不同诱导信息在注视总频次和平均注视频次上的差异,运用 SPSS 软件中多样本非参数检验模块对试验数据进行 Nemenyi 检验,检验结果 p 值 < 0.01 时,说明检验双方的差异性较明显。结果表明:驾驶员对诱导信息注视总频次之间的差异性较大,而平均注视频次之间的差异性较小。驾驶员的注视总频次更适合作为诱导信息重要度评价指标。

1.2.1.2 注视时间

驾驶员对停车场内部不同诱导信息的注视时间包括单次注视行为的平均持续时间、总注视时间和平均注视时间。

单次注视行为的平均持续时间是指驾驶员每次注视行为的时间之和与总注视次数的比值。如图 4 所示,驾驶员对不同诱导信息单次注视行为的持续时间没有明显差异,都为 0.15~0.25 s(取决于个人生理特征)。

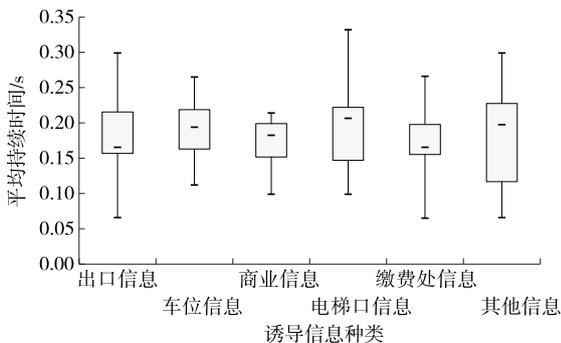


图 4 驾驶员单次注视行为的平均持续时间

平均注视时间是指驾驶员停车过程中对不同诱导信息注视时长(多次注视行为时间之和)的平均

值。如图 5 所示,驾驶员对车位信息的平均注视时间最长,甚至超过 1.5 s,与驾驶员的注视频次特征相吻合。

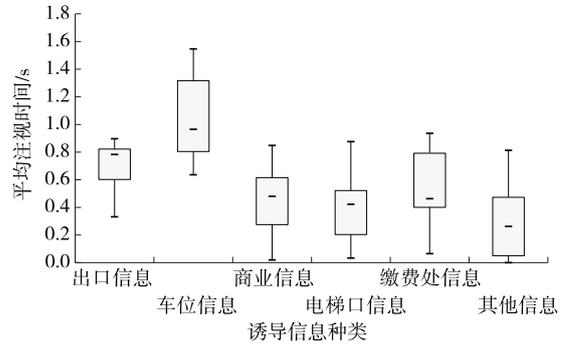


图 5 驾驶员对不同诱导信息的平均注视时间

总注视时间是指驾驶员完成一次停车行为过程中对诱导信息注视时间的总和。如图 6 所示,驾驶员对停车场出口信息的注视时间长于其他诱导信息,为 8~12 s;其次是剩余车位信息,总注视时间为 5~8 s。

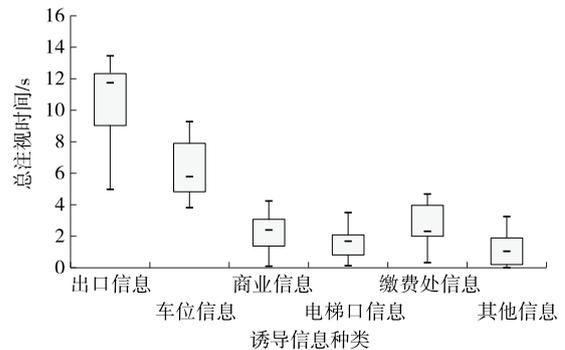


图 6 驾驶员对不同诱导信息的总注视时间

同理,利用 SPSS 软件对驾驶员的平均注视时间和总注视时间进行 Nemenyi 检验。结果显示:驾驶员对不同诱导信息总注视时间之间的差异性较大,而平均注视时间的差异性较小。总注视时间更适合作为诱导信息的重要性评价指标。

1.2.2 驾驶员注视点分布研究

1.2.2.1 驾驶员注视点在各视域的分布

为研究不同行驶状态下驾驶员注视点的分布,分别对车辆在直行、右转、左转时驾驶员的注视点分布情况进行检测和统计,结果见图 7~9。

由图 7~9 可知:从区域分布来看,直行时,驾驶员的注视点主要集中在正前方区域和行车道上方区域;右转时,驾驶员的注视点主要集中在行车道上方区域和右侧区域;左转时,驾驶员的注视点主要集中在行车道上方区域和左侧区域。从注视点的离散程

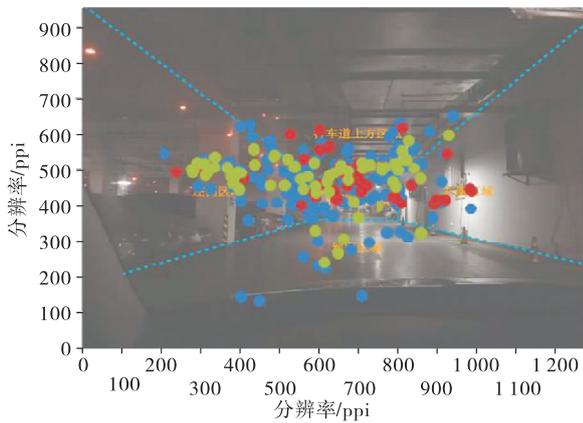


图7 直行状态下驾驶员注视点分布情况

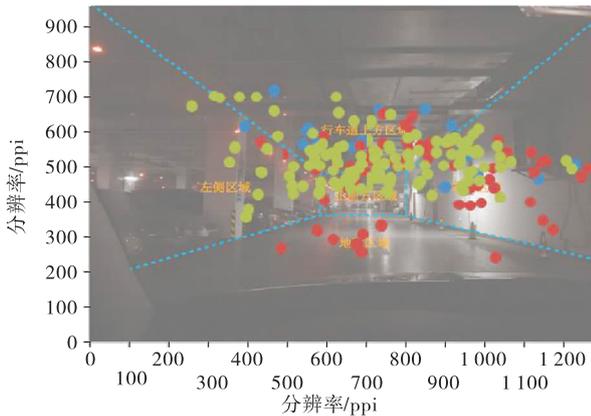


图8 右转状态下驾驶员注视点分布情况

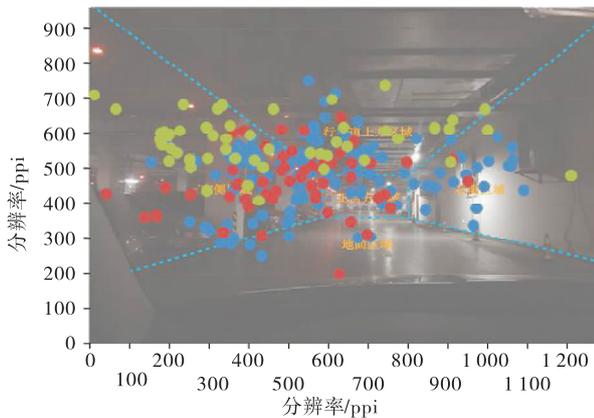


图9 左转状态下驾驶员注视点分布情况

度来看,直行时,驾驶员注视点较集中;左转或右转时,因驾驶员需选择和判断,注视点的离散度较高。

1.2.2.2 驾驶员注视点在各视域的驻留时间

除空间分布上的不同,驾驶员注视点在各视觉区域的注视时间也有差异。总注视时间越长,说明驾驶员对该区域的关注强度越高,该区域所设置的停车诱导信息更易被驾驶员识别。

如表1所示,驾驶员注视点在行车道上方区域

的总注视时间最长,占比达38%;其次为两侧区域。因此,设置在诱导灯箱、两侧墙面和柱面上的诱导信息更易被驾驶员注意。

表1 不同视觉区域驾驶员的总注视时间 ms

位置	左转	直行	右转	合计
正前方区域	2 794	10 823	3 291	16 908
上方区域	17 914	10 731	19 126	47 771
左侧区域	19 294	3 824	4 122	27 240
右侧区域	5 954	8 144	11 570	25 668
地面区域	3 058	2 726	1 463	7 247

2 停车场内部诱导信息重要度评价

2.1 建立评价指标体系

诱导信息的属性决定其重要程度,从被关注度和影响后果两个维度来衡量。

被关注度利用注视频次和注视时间来评价。根据前文的试验数据和 Nemenyi 秩和检验结果,选择注视总频次和总注视时间作为被关注度评价指标。

影响后果采用错过该诱导信息车辆的巡游时间和该诱导信息对驾驶员的心理影响指数来评价,主要通过问卷调查获得。根据对南京、上海、重庆等城市245位驾驶员的停车调查,驾驶员因找不到车位信息导致巡游的时间最长,达5.5 min;其次为商业信息、缴费信息等。诱导信息对驾驶员心理的影响指数调查发现,出口信息对驾驶员心理的影响最大,其次为车位信息和商业信息(见表2、表3)。

表2 驾驶员在停车场内部巡游时间问卷调查结果

诱导信息种类	驾驶员巡游时间/min	诱导信息种类	驾驶员巡游时间/min
出口信息	3.5	电梯口信息	3.5
车位信息	5.5	缴费处信息	3.9
商业信息	4.7	其他信息	3.8

表3 诱导信息对驾驶员心理影响指数

诱导信息种类	得票率/%	驾驶员心理影响指数 β
出口信息	89.66	90
车位信息	55.17	55
商业信息	51.72	52
电梯口信息	24.14	24
缴费处信息	20.69	21
其他信息	20.69	21

2.2 基于因子分析的诱导信息重要度评价

4个评价指标之间既相互独立,又有所关联。针对这种特征,选择因子分析法进行评价。

设总体 $x = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, 其均值向量

$E(x) = \bar{\mu}$ 和协方差矩阵都存在。因子分析模型为:

$$\begin{cases} X_1 - \mu_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \epsilon_1 \\ X_2 - \mu_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \epsilon_2 \\ \dots \\ X_n - \mu_n = a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \dots + a_{nm}F_m + \epsilon_n \end{cases} \quad (1)$$

式中: a_{ij} 为变量 X_i 在因子 F_j 上的荷载; F_1, F_2, \dots, F_m 为初始变量的公共因子; ϵ_i 为变量 X_i 的特殊因子,特殊因子和公共因子不相关; $m < n$ 。

以总注视时间、注视总频次、巡游时间和心理影响指数作为初始变量。共提取 2 个公共因子,累计贡献率达 97.07%,这 2 个公共因子能基本反映诱导信息的重要度。根据得分高低,将诱导信息分为 A、B、C 3 个等级,A 级表示很重要,B 级表示比较重要,C 表示一般重要。不同诱导信息的综合得分及重要度等级划分结果见表 4。

3 停车场内部诱导信息优化布局方法

根据前文对驾驶员视认特性的分析和诱导信息

表 5 停车场内部停车诱导信息的优化布局

诱导信息种类	布设区域	诱导标志种类	诱导信息设置具体位置		
			左转诱导	直行诱导	右转诱导
出口信息	行车道上方区域	诱导灯箱	诱导灯箱左侧区域和左侧柱面	诱导灯箱中间区域	诱导灯箱右侧区域和右侧柱面
车位信息	行车道上方区域	诱导灯箱	诱导灯箱左侧区域	诱导灯箱中间区域	诱导灯箱右侧区域
缴费处信息	左侧区域或右侧区域	柱面诱导标或墙面诱导标	左侧柱面或墙面设置诱导信息	按现实条件选择左侧或右侧墙面和柱面设置诱导信息	右侧柱面或墙面设置诱导信息
商业信息	左侧区域或右侧区域	柱面诱导标或墙面诱导标	选择合适的墙面设置诱导信息		
电梯口信息	地面区域或正前方区域	地面诱导标或墙面诱导标	按行人通道走向进行设置,并在电梯口处设置醒目的标志		
其他信息	地面区域或正前方区域	地面诱导标或墙面诱导标	按行人通道走向进行设置或利用有条件的墙面或柱面进行设置		

4 结语

利用 SMI 眼动仪对停车场内部驾驶员的注视行为和注视点分布特征进行研究,并运用 SPSS 软件对注视数据进行分析和检验,结果表明驾驶员对不同诱导信息的总注视频次和总注视时长差异较大。从被关注度和影响后果 2 个维度建立诱导信息重要度评价指标体系,利用因子分析法对停车场内部不同诱导信息的重要度进行评价,并以此为基础

表 4 不同诱导信息的综合评价得分及重要度等级划分

诱导信息种类	第一因子得分	第二因子得分	综合评价得分	重要度等级
出口信息	1.822 42	-0.855 03	1.087 794	A
车位信息	0.469 06	1.646 96	0.755 139	A
商业信息	-0.302 84	0.779 01	-0.018 670	B
电梯口信息	-0.682 80	-0.795 54	-0.691 550	C
缴费处信息	-0.497 57	-0.477 31	-0.477 880	B
其他信息	-0.808 26	-0.298 10	-0.654 820	C

注:综合评价得分出现负值是因为 SPASS 软件对因子得分进行了标准化处理。

重要度评价结果,停车场内部驾驶员对视域范围内不同区域的注视频次和视觉注视时间存在显著差异,且不同诱导信息的重要度不尽相同。将重要度更高的诱导信息布设在驾驶员注视频次高、视觉注视时间长的区域,可提升驾驶员对重要诱导信息的视认效果,减少车辆的无效绕行,提升停车体验。

停车场内部能设置诱导信息的地方主要有诱导灯箱、柱面、墙面和地面,不同诱导信息的优化布局见表 5。

提出诱导信息优化布局方法。研究成果可有效提高驾驶员对关键诱导信息的辨识能力,但在提升诱导信息设置的连续性方面还有待深入研究。

参考文献:

[1] 关宏志,刘兰辉,廖明军.停车诱导系统的规划设计方法初探[J].公路交通科技,2004,20(1):136-139.
[2] 赵崧淞.区域停车诱导系统诱导标志布局及设计[D].

越好,但相应耗时会增加。试验中选取 N 值为 540 次,每迭代 30 次统计一次总平均延误 D_i ,迭代 540 次,共统计 18 次总平均延误进行对比。

$$D_i = \sum_{m=30i+1}^{30i+30} d \quad (7)$$

式中: D_i 为第 i 个 30 次迭代车均延误的和; m 为迭代次数($m \in [1, 540]$); i 为统计次数标记($i \in [1, 18]$); d 为每次迭代的车均延误。

该算法与固定配时方案的总平均延误对比见图 4。

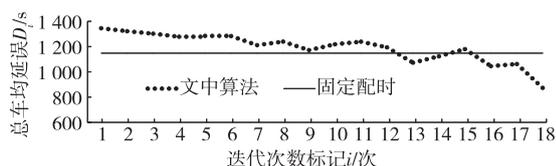


图 4 文中算法与固定配时延误对比曲线

由表 2 和图 4 可知:固定信号配时与交通环境较匹配。该算法在学习 480 次后才在总平均延误上达到固定信号配时的控制效果,主要原因在于该算法的信号配时方案是不断地在原固定信号配时方案上下进行探索,易导致仿真中交叉口车流出现波动现象,而偶尔的波动就会给交通延误指标造成较大影响;迭代 480 次后,该算法在延误指标上趋于稳定并优于固定信号配时方案;迭代 540 次后,总平均延误为 871.992 25 s。固定配时方案的总平均延误为 1 147.871 719 s,相对于固定配时,该算法的总平均延误减少 24%,明显优于固定信号配时。

3 结语

运用 Q 学习算法设计单点信号配时方案选择算法,以交叉口平均延误的相关规则作为评价回报

值,利用 Qlearning 进行 Q 值矩阵的收敛性学习,实现对交叉口信号配时方案选择的学习。通过对 Vissim 进行二次开发,将该算法与交叉口原固定信号配时进行仿真对比,结果表明该算法经过学习后的总平均延误优于固定信号配时,对单点交叉口方案选择具有一定的适用性。

参考文献:

- [1] 朱海峰,刘畅,温熙华,等.均衡流量和饱和度的交通瓶颈控制[J].控制理论与应用,2019,36(5):816-824.
- [2] 朱海峰,刘畅,刘彦斌,等.基于通行能力系数优化的道路交叉口单点动态控制研究[J].公路与汽运,2019(5):29-34.
- [3] 王祉祈,赵颀,马健霄,等.基于 Q-learning 算法的单点信号控制研究[J].物流工程与管理,2021,43(4):93-95+109.
- [4] 沈玲宏,赵颀,张梦凡,等.小型平立复合式交叉口交通设计及适用性[J].物流工程与管理,2020,42(4):133-136.
- [5] 刘皓,吕宜生.基于深度强化学习的单路口交通信号控制[J].交通工程,2020,20(2):54-59.
- [6] 舒洲洲,吴佳,王晨.基于深度强化学习的城市交通信号控制算法[J].计算机应用,2019,39(5):1495-1499.
- [7] 李珣,刘瑶,周健,等.基于改进遗传算法的交通信号配时优化模型[J].工业仪表与自动化装置,2017(4):125-130.
- [8] 王铁鹏.单交叉口配时优化的函数逼近型强化学习模型[D].长沙:长沙理工大学,2017.
- [9] 李志强.Q 学习单路口交通信号控制中的应用研究[D].长沙:长沙理工大学,2010.

收稿日期:2021-06-09

(上接第 37 页)

北京:北京交通大学,2014.

- [3] 张玉茹,赵戊辰,李晖,等.智能停车场停车诱导方法研究[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2015,31(6):732-734+740.
- [4] 史未名.停车诱导信息版面设计研究[D].北京:北京工业大学,2010.
- [5] BRAAKSMA J P, COOK J W. Human orientation in transportation terminals[J]. Transportation Engineering Journal, 1980, 106(2): 189-203.
- [6] SENEVIRATNE P N, MARTEL N. Criteria for evaluating quality of service in air terminals[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation

Research Board, 1994, 1461: 24-30.

- [7] 陈振武,陈小鸿,熊文.基于视域叠加分析的导向标志设计评价[J].城市轨道交通研究,2009,12(4):19-24.
- [8] 姜军,陆建,李娅.基于驾驶人视认特性的城市道路指路标志设置[J].东南大学学报(自然科学版),2010,40(5):1089-1092.
- [9] 许金良,王荣华,冯志慧,等.基于动视觉特性的高速公路景观敏感区划分[J].交通运输工程学报,2015(2):1-9.
- [10] 韩磊.基于驾驶员视觉特性的草原公路交通标志信息量研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.

收稿日期:2021-03-17