

普通公路交通标志设置效用调查研究

梁钰, 黄德娟

(福建工程学院 交通运输学院, 福建 福州 350118)

摘要: 根据驾驶人视认过程确定交通标志设置效用的影响因素, 建立基于集对分析理论的交通标志设置效用综合评价体系。利用“鱼骨图”分析法, 确定了交通标志设置效用指标评价体系, 并通过层次分析法计算各评价指标权重值, 借用集对分析理论进行联系度计算, 最终得到交通标志设置效用的综合评价值。最后, 以国道316永辉-洪山桥路段现状交通标志设置为例, 利用已构建集对分析评价模型确定该路段交通标志设置效用等级, 并结合评价结果提出相应的改善建议。

关键词: 交通安全; 效用评价; 集对分析法; 层次分析法; 交通标志; 公路

中图分类号: U491.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-4348(2015)06-0546-05

Research on the effectiveness of road traffic signs

Liang Yu, Huang Dejuan

(College of Transportation, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: The influence factors of the effectiveness of traffic signs were determined based on drivers' visual cognition process. A comprehensive evaluation system of the effectiveness of traffic signs based on the theory on set pair analysis (SPA) was established. To improve the effectiveness of traffic signs, an index evaluation system was formulated by using “fishbone diagram” analysis. The weight value of evaluation indicators was calculated through analytic hierarchy process (AHP). The contact degree of indicators was calculated via SPA to attain the comprehensive evaluation value. The effectiveness level of the traffic signs of Yonghui-Hongshan bridge section of national highway 316 in Fuzhou was determined by the SPA evaluation model. Corresponding suggestions on improving the traffic signs were proposed in relation with the evaluation results.

Keywords: traffic safety; effectiveness evaluation; set pair analysis (SPA); analytic hierarchy process (AHP); traffic sign; road

近年来,我国的科技、经济综合实力得到了长足的发展,与之配套的交通公路网络也日趋完善,使得人们出行越来越便捷。交通标志作为道路工程的重要组成部分,其合理设置对保障交通安全至关重要。在道路交通标志方面,我国通过颁布和实施大量标准、规范,已初步形成了交通标志体系。但总体上,在交通标志建设中仍然存在着一些问题^[1]。虽然目前国内外在交通标志设置理

念方面有了一定的研究进展,但交通标志设计与设置,多以设计规范为依据。实践表明,交通标志设置的有效性取决于驾驶人与交通标志相互作用的结果^[2]。从驾驶人的角度出发,调查了现有交通标志对驾驶人的影响,并收集了驾驶人对现有交通标志设置的评价和建议。运用集对分析(set pair analysis, SPA)理论建立了一种基于多元联系度的交通标志设置效用评价模型,以更全面、科学

地对交通标志设置效用进行评价,为处理交通标志设置效用综合评价中的不确定性提供了有价值的参考。

1 SPA 概述

1989 年,赵克勤首次提出 SPA 理论与方法,即通过用联系数 $a + b_i + c_j$ 对模糊不清、随机、信息不完整所导致的不确定性问题进行统一处理的系统理论和方法^[3]。SPA 的实质是一种不确定性理论,核心思想是从事物的同、异、反三个方面来研究事物间的确定性与不确定性,把被研究的客观事物进行确定性与不确定性的分析和处理^[4]。目前,SPA 已广泛应用于各学科领域,在处理不确定性问题时,SPA 采用“宽域式”的函数结构建模形式,是一种全新的建模评价方法。由于该模型高度重视相对性和模糊性的信息处理方式,故与其他方法相比,具有信息收集全面、计算简单等无可比拟的优势。

2 交通标志设置效用评价模型的建立

基于 SPA 的交通标志效用评价模型建立步骤为:(1)建立评价指标体系;(2)确定各评价指标权重;(3)计算联系度。

2.1 建立评价指标体系

1)驾驶人交通标志视认过程

驾驶人使用交通标志时,首先要发现交通标志的存在,然后随着距离的缩短,对标志形状、颜色等信息进行识读,确定标志内容是否为有用信息。如与自己需求有关则对其进行存储,并根据此信息做出决策,最终体现在驾驶操作行为中。该过程称为驾驶人对交通标志信息处理过程,即发现标志、识读标志内容、信息处理与决策、反应操作,如图 1 所示。

2)确定指标评价体系

在对交通标志效用进行总体评价时,往往需要考虑不同的评价指标,而某些评价指标可能又由其他指标所决定,根据评价指标的抽象程度和相互关系,综合考虑交通标志设置存在的各种问题。采用鱼骨图分析法^[5]罗列评价指标,如图 2 所示。

结合交通标志设计设置法规要求及驾驶人对交通标志信息的处理过程,并结合相关文献资料

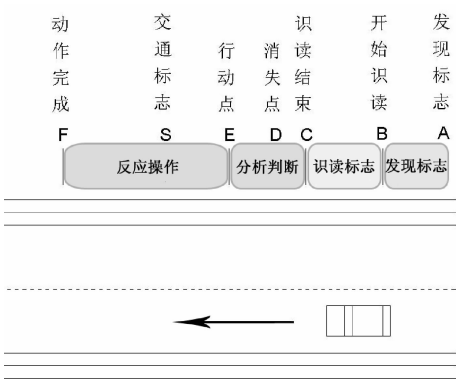


图 1 驾驶人信息处理过程
Fig. 1 Drivers' information processing

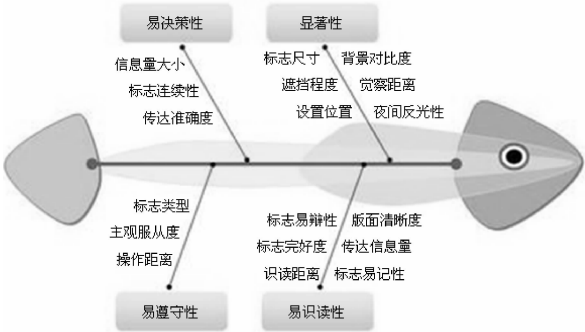


图 2 交通标志设置效用评价指标鱼骨图
Fig. 2 Fishbone diagram of traffic signs effectiveness evaluation indicators

的分析,确定交通标志显著性、易识读性、易决策性和易遵守性 4 个准则层指标(X_i),再将每个指标根据不同的内容和性质向下展开,直到可被定量或可进行定性分析的指标层(x_{ij}),由此得到较完整的交通标志设置效用评价指标体系。

2.2 层次分析法(AHP)计算指标权重

Yaahp 软件是 AHP 法可视化建模与计算软件,操作方便快捷,为 AHP 法在指标权重计算中提供了良好的技术手段。在 Yaahp 软件中,按 1 ~ 9 标度,衡量尺度划分为 9 个等级,对调查结果进行数据整理分析。其操作过程如下^[6]:(1)层次结构模型图绘制;(2)层次结构模型编辑;(3)层次结构模型正确性检查;(4)层次结构树检查;(5)判断矩阵值的输入;(6)判断矩阵一致性动态显示及检查;(7)判断矩阵一致性自动调整;(8)残缺判断矩阵自动补全;(9)计算结果导出。使用 YaahpV6.0 计算得到各指标权重如表 1 所示。

表 1 各评价指标权重值

Tab. 1 Weight value of traffic signs effectiveness evaluation indicators

指标	权重	指标	权重
标志尺寸	0.043 7	传达信息量	0.022 8
背景对比度	0.018 1	识读距离	0.034 7
遮挡程度	0.112 6	标志易记性	0.008 5
觉察距离	0.059 6	信息量大小	0.062 3
设置位置	0.029 7	标志连续性	0.121 5
夜间反光性	0.013 0	传达准确度	0.303 8
标志易辨性	0.004 8	标志类型	0.012 6
版面清晰度	0.006 6	主观服从度	0.099 1
标志完好度	0.014 8	操作距离	0.031 7

由上表可看出,部分指标所占比例较小,即对交通标志设置效用影响较小。利用“反木桶原理”,在进行交通标志设置效用评价时,应精益求精,不断提高权重大的影响指标。由此,本研究选出权重值最大的 12 个指标,其权重值如表 2 所示。

表 2 筛选指标权重表

Tab. 2 Weight of selected evaluation indicators

指标	权重	指标	权重
背景对比度	0.018 1	觉察距离	0.059 6
传达信息量	0.022 8	信息量大小	0.062 3
设置位置	0.029 7	主观服从度	0.099 1
操作距离	0.031 7	遮挡程度	0.112 6
识读距离	0.034 7	标志连续性	0.121 5
标志尺寸	0.043 7	传达准确度	0.303 8

2.3 SPA 法计算联系度

将交通标志设置效用评价分为 5 个等级,生成相应的评价指标等级域: $V = \{ \text{很好, 较好, 一般, 较差, 很差} \}$,记为 V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 其相应指标标准值看成集合 $B = \{ 100, 80, 60, 40, 20 \}$ 。

将上述筛选得到的交通标志设置效用评价指标权重值看成集合 A ,评价等级不同(如 V_1, V_2, V_3, V_4, V_5),则其相应指标值集合不同(如 B_1, B_2, B_3, B_4, B_5)。

通过比较联系度 $\mu(A, B_1), \mu(A, B_2), \mu(A, B_3), \mu(A, B_4), \mu(A, B_5)$ 的大小,确定所研究指标等级。联系度最大的标准值等级即为评价指标所属的等级。同异反判定标准^[7]为:同为评价指标值属于假设等级标准值范围内;对立为评价指标

值属于相隔等级标准值范围内;异为评价指标值属于相邻等级标准值内。

以计算联系度 $\mu(A, B_1)$ 为例, N 为评价指标集合 A 的总个数, S 为处于所讨论等级(即级别 V_1)界限内的指标个数,其对应的权重分别为 u_1, u_2, \dots, u_s, F 为处于相邻等级(即级别 V_2)界限内的指标个数,其对应的权重分别为 t_1, t_2, \dots, t_F, P 为处于相隔等级(即级别 V_3)界限内的指标个数,其权重分别对应为 v_1, v_2, \dots, v_F ,则其联系度表达式为^[8]:

$$\mu(A, B_1) = \sum_{i=1}^S \mu_i + \sum_{k=1}^F t_k i_k + \sum_{j=1}^P V_{ij} \quad (1)$$

式中, i_k 表示交通标志设置效用评价指标集合 A 中权重为 t_k 的指标上反映的集合 A 与 B_1 的差异度系数。同理,可得其他集对联系度表达式。

评价指标所属等级的确定,主要通过比较联系度大小而确定。联系度数值大的等级即为交通标志设置效用评价指标所属的等级。

3 实例应用

3.1 实例介绍

实例研究路段为国道 316 福州市永辉大学城店至洪山桥路段,全长共计 6 km,如图 3 所示。该路段是连接福州市区与大学城的主要通道,车流、人流较大,且肩负城市道路和普通公路的双重压力。因此,完善的交通标志对引导交通运行、保障交通安全至关重要。



图 3 课题研究范围

Fig. 3 Research scope of traffic signs effectiveness evaluation program

3.2 数据调查与分析

交通标志设置效用评价指标评分采用李克特量表的方法进行测量,利用语义学标度分为 5 个等级: V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 , 分别表示很好、较好、一般、较差、很差,对每个回答给一个分数,从很好到很差分别为 100、80、60、40、20 分。将交通标志设置效用评价指标设计成调查问卷,采用分层抽样方法,进行随机调查。本次调查共发出 180 份问

卷,回收 164 份,回收率 91.1%。通过对每份问卷进行有效性审查,得到有效问卷 150 份,有效率为 91.5%。问卷整理得到评价指标相对于不同评价等级隶属度,如表 3 所示。

表 3 评价指标的等级隶属度

Tab.3 Membership degree of traffic signs effectiveness evaluation indicators

评价指标	V ₁ /份	V ₂ /份	V ₃ /份	V ₄ /份	V ₅ /份
背景对比度	18	42	36	24	30
传达信息量	24	48	42	24	12
设置位置	30	48	36	24	12
操作距离	54	54	36	6	0
识读距离	48	54	36	6	6
标志尺寸	24	36	42	30	18
觉察距离	36	48	42	18	6
信息量大小	30	42	42	18	18
主观服从度	18	36	42	36	18
遮挡程度	6	30	54	36	24
标志连续性	24	48	36	18	24
传达准确度	48	54	30	18	0

根据上述调查结果,将各指标对于不同评价等级所占的比例进行计算,得到归一化后的某一指标相较于不同评价等级的权重,将得到的权重值作为新值带入评价标准值集合(100,80,60,40,20)进行数值转化,得到交通标志设置效用影响元素的评价结果分值如表 4。交通标志设置效用雷达饼图,如图 4 所示。

表 4 评价指标的评分结果

Tab.4 Grading result of evaluation indicators

评价指标	评价结果分值/分	所属等级
背景对比度	59.2	V ₃ (一般)
传达信息量	66.4	V ₂ (较好)
设置位置	68.0	V ₂ (较好)
操作距离	80.8	V ₁ (很好)
识读距离	77.6	V ₂ (较好)
标志尺寸	62.4	V ₂ (较好)
觉察距离	72.0	V ₂ (较好)
信息量大小	66.4	V ₂ (较好)
主观服从度	60.0	V ₂ (较好)
遮挡程度	54.4	V ₃ (一般)
标志连续性	64.0	V ₂ (较好)
传达准确度	77.6	V ₂ (较好)

在 12 个指标中,有 9 个指标处于 V₂ 级评价

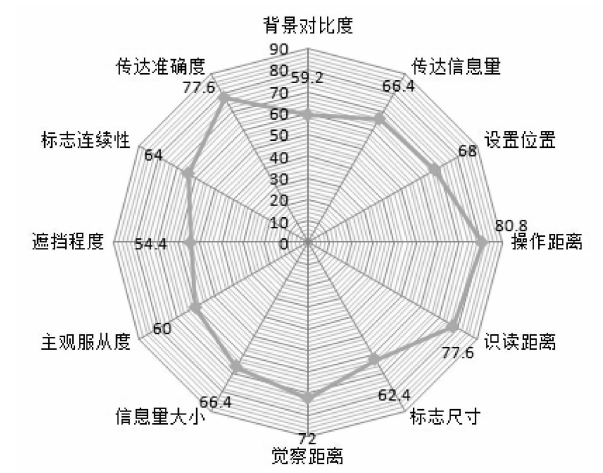


图 4 交通标志设置效用雷达图

Fig.4 Radar map of traffic signs effectiveness evaluation

等级,2 个指标处于 V₃ 级评价等级,有 1 个指标处于 V₁ 级评价等级。用定性分析方法,一般认为国道 316 永辉-洪山桥路段交通标志设置效用评价指标评分属于 V₂ 级评价范围,但是对于该路段交通标志设置效用的趋向无法确定。虽然评分在 II 级的居多,但是分数靠近 II、III 级的界限值。

3.3 模型应用

由表 2 可知,国道 316 永辉-洪山桥路段交通标志设置效用评价指标集 = {背景对比度,传达信息量,设置位置,操作距离,识读距离,标志尺寸,觉察距离,信息量大小,主观服从度,遮挡程度,标志连续性,传达准确度} 权重向量为 $\omega = \{0.018\ 1, 0.022\ 8, 0.029\ 7, 0.031\ 7, 0.034\ 7, 0.043\ 7, 0.043\ 7, 0.059\ 6, 0.062\ 3, 0.099\ 1, 0.112\ 6, 0.121\ 5, 0.303\ 8\}$ 。

由上述计算可知,这 12 个指标中,操作距离指标值处于对应指标的 V₁ 级标准范围内,其权重为 0.031 7;传达信息量,设置位置,识读距离,标志尺寸,觉察距离,信息量大小,主观服从度,标志连续性,传达准确度 9 个指标值处于 V₂ 级标准范围内,其权重分别为 0.022 8,0.029 7,0.034 7,0.043 7,0.059 6,0.062 3,0.099 1,0.121 5,0.303 8;而遮挡程度和背景对比度 2 个指标的指标值处于 V₃ 级标准范围内,权重分别为 0.112 6 和 0.018 1。

依照联系度公式 $\mu(A,B) = a + bi + cj$, 建立交通标志设置效用评价指标集合与交通标志设置级标准指标值集合的联系度为:

$$\begin{aligned} \mu(A, B_1) = & 0.0317 + 0.0228 i_1 + 0.0297 i_2 + \\ & 0.0347 i_3 + 0.0437 i_4 + 0.0596 i_5 + \\ & 0.0623 i_6 + 0.0991 i_7 + 0.1215 i_8 + \\ & 0.3038 i_9 + 0.1307 j \end{aligned}$$

i_1 为交通标志设置效用评价指标集中权重为 0.0228 的指标,即传达信息量所反映的交通标志设置效用评价指标值集合与交通标志设置 V_1 级标准指标值集合之间的差异度。应用模糊联系度的思想,确定 i_1 的值也就是要确定交通标志设置下效用评价指标集中传达信息量的指标值 x_1 与该指标 V_1 级标准指标值 b_1^1 之间的模糊联系度。已知指标传达信息量的 V_1 、 V_2 级标准的限值 S_1^1, S_2^1 分别为 80 和 60 分,计算可得:

$$\begin{aligned} i_1 = \mu(x_1, b_1^1) = & a_1 + b_1 i + c_1 j = \\ & \frac{S_1^1 S_2^1}{(S_1^1 + S_2^1) x_1} + \frac{(S_2^1 - x_1)(x_1 - S_1^1)}{(S_1^1 + S_2^1) x_1} + \frac{x_1}{S_1^1 + S_2^1} j \\ i_1 = & 0.516 + 0.009i + 0.474j \end{aligned}$$

同理可求得其余差异度,并根据式(1)计算得到交通标志设置效用评价指标值集合与交通标志设置 V_1 、 V_2 、 V_3 级标准指标值集合之间的联系度表达式:

$$\begin{aligned} \mu(A, B_1) = & 0.414 + 0.004i + 0.222j; \\ \mu(A, B_2) = & 0.795 + 0.000317i + 0.14493j; \\ \mu(A, B_3) = & 3.318 - 0.369i + 6.722j. \end{aligned}$$

式中 $i = 0, j = -1$ 得联系度 $\mu(A, B_1) = 0.192$ 、 $\mu(A, B_2) = 0.65007$ 、 $\mu(A, B_3) = -3.404$ 。

则由上述结果可知: $\mu(A, B_2) = 0.65007 > \mu(A, B_1) = 0.192 > \mu(A, B_3) = -3.404$ 。因此,交通标志设置效用评价指标的等级为 V_2 级,与定

性分析和模糊理论分析方法得到的结论相同(交通标志设置效用评分等级属于 V_2 级)。而由联系度我们可以看出,交通标志设置效用的总体效果虽然处于 V_2 级,但是分数靠近 V_2 、 V_3 级的界限值,位于 V_2 级的评分多低于 70 分,靠近 V_2 级评分下限值,与 V_3 级评分上限值很接近。因此根据定性分析和模糊理论分析方法单纯地认为交通标志设置处于 V_2 级缺乏科学性和合理性,应该综合层面分析,认为交通标志设置位于 V_2 级和 V_3 级之间,即国道 316 永辉-洪山桥路段交通标志设置效用程度稍趋向于较好,有待进一步改善。

4 结论与建议

影响交通标志设置效用中权重比例较高的因素有标志传达准确度、标志设置连续性和遮挡程度,因此在日后交通标志设计、设置过程中应特别注重这些影响因素。在评分结果中遮挡程度、背景对比度和主观服从度等指标评分值较低,根据评价结果,给出如下改善建议:

- (1)检查交通标志设置情况,及时对遮挡交通标志的树木、广告牌等进行清理,以免干扰驾驶人对交通标志的视认,保障交通安全。
- (2)交通标志设置过程中,应确保提供信息的准确度,增加驾驶人对交通标志的信任度,从而提高驾驶人对标志内容的服从度,同时避免给驾驶人带来不必要的误解,造成驾驶人识读困难。
- (3)交通标志设置过程中,一段距离内,标志牌应连续完整,避免出现指示信息突然中断的情况发生,以防驾驶人行驶过程中出现慌乱情绪。

参考文献:

[1] 白大鹏. 道路交通标识标志认知性实验研究[D]. 北京:北京交通大学,2014.
[2] 李小萍. 基于真实环境的交通标志仿真试验系统开发与研究[D]. 西安:长安大学,2008.
[3] 姚勇. 甘肃农村小城镇地质灾害分析与评价[D]. 西安:西安科技大学,2010.
[4] 李铭洋. 基于集对分析理论的评标模型及算法研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2008.
[5] 绍祖峰. 用鱼骨图与层次分析法结合进行道路交通安全诊断[J]. 中国人民公安大学学报:自然科学版,2003(6): 44-47.
[6] 胡杨,张毅. 基于 Yaahp 软件实现 AHP 模型下 BOT 项目资本结构风险分析[J]. 项目管理技术,2011,9(8):28-31.
[7] 万星,丁晶,张晓丽,等. 区域地下水资源承载力综合评价的集对分析方法[J]. 城市环境与城市生态,2006,19(2): 8-10.
[8] 张薇薇. 基于集对分析和模糊层次分析法的城市系统评价方法[D]. 合肥:合肥工业大学,2007.