

驾驶人空间距离判识规律心理学分析

侯贻栋,赵炜华,魏 朗,陈 昊

(长安大学 汽车学院,陕西 西安 710064)

摘 要:为了研究驾驶人心理因素在信息认知过程中的作用机理,根据模糊数学和拓扑心理学原理,以数名驾驶人的驾驶信息为样本,分析了道路空间距离对驾驶人驾驶心理的影响程度,研究了在道路空间距离变化规律形成过程中,驾驶人心理量生成基础和变化原因。当实际道路空间距离分别为 25、75、125 m,车辆速度分别为 0、20、40、60、80、100 km/h 时,进行了道路空间距离判识试验,并分别计算了在不同条件下的隶属函数模型。计算结果表明:随着车速的增大,驾驶人的判识距离与道路实际空间距离的差值不断减小,下降速率不断增大;当车速大于 40 km/h 时,随着道路实际空间距离的增大,判识距离下降速率逐渐减小;随着道路实际空间距离的减小,驾驶人心理疆域边界接触允许时间也在不断变小,碰撞风险增大。

关键词:交通工程;交通安全;驾驶环境;驾驶行为;判识距离;实际距离;模糊数学;拓扑心理学

中图分类号:U491.254;B842.2

文献标志码:A

Analysis on psychology in cognitive distance about drivers

HOU Yi-dong, ZHAO Wei-hua, WEI Lang, CHEN Hao

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: The principles of fuzzy mathematics and topological psychology were used to study the mechanism of psychological factor for driver during the information cognitive process. The driving information of several drivers were taken as samples, the influence degree of road space distance on the driving psychology of driver was analyzed, and the generation basic and change reason of driver were researched during the forming process of changing law for road space distance. When the actual road space distances were 25, 75, 125 m respectively, and the vehicle speeds were 0, 20, 40, 60, 80, 100 km · h⁻¹ respectively, the identification test of road space distance was carried out, and the membership function models were calculated respectively under different conditions. Calculation results show that with the increase of vehicle speed, the difference between identification distance of driver and actual road space distance decreases continuously, the decreasing rate increases continuously. When the vehicle speed is more than 40 km · h⁻¹, with the increase of actual road space distance, the decreasing rate of identification distance decreases continuously. With the decrease of actual road space distance, the allowed contact time of psychological territory boundary for driver also decreases continuously, and the collision risk increases. 2 tabs, 2 figs, 11 refs.

Key words: traffic engineering; traffic safety; driving environment; driving behavior; identification distance; actual distance; fuzzy mathematics; topological psychology

0 引 言

驾驶人以信息认知为指导,通过相应操作行为,绕避障碍物,防止碰撞发生,这是一个起点至终点的动态过程^[1-2]。在这一过程中,驾驶人采取的操作反应取决于道路交通环境和驾驶人自身特点。在路上行驶的车辆,除有自杀倾向的驾驶人外,均对行驶安全具有很高期望。所以,驾驶人通过各种驾驶行为的组合,调整车辆运动状态,以达到安全运行的终极目的。研究表明,在诸多交通事故中,驾驶人失误是导致事故的主要原因,占起因的 80% 以上。其中,因感知失误而发生的事故超过总数的 45%,因判断失误发生的事故占 36% 以上。驾驶行为决策的产生或调整,依据驾驶人对于环境危险程度的判识。当判识的危险水平低于环境实际安全水平时,则容易引发交通事故。但危险度的感知,受到驾驶人特点和环境条件影响。对于驾驶行为受环境和驾驶人特点影响这一概念,在国内外学者中获得了普遍认同,并从不同角度进行了深入研究^[3-6]。驾驶人对环境危险水平判识研究中,均存在着指标难以量化和指标复杂的特点。驾驶人对于空间距离判识规律,则从单一因素方面进行了探索,提出了驾驶人空间距离判识变化规律,为驾驶人危险度判识研究奠定了基础,但却未能从产生的心理加工过程和机理方面进行分析^[7-9]。综合上述研究资料可见,在驾驶人心理量化过程进行环境因素研究,不仅可以明确其对应关系,而且可以从根本上分析驾驶人对感知物理量进行心理量化加工的机理。在驾驶人进行驾驶行为决策时,空间距离是一个重要因素,是加速、减速和车道变换等行为的基础,也是影响交通安全的重要因素,是大量交通事故的诱因。地面动态环境中驾驶人所需信息 90% 以上靠视觉获取,其中空间距离判识信息,即深度知觉信息具有重要的作用。为此,本文以被试者在距离判识过程中所呈现的整体变化规律为研究对象,应用心理学试验方法和拓扑心理学理论,剔除驾驶人因素对于空间距离判识的影响,对所呈现规律从拓扑心理学角度进行研究,提出基于驾驶安全诉求的心理量值变化机理。

1 研究基础

针对动态环境中驾驶人空间距离判识规律研究,不仅可以探索驾驶人对空间距离判识变化规律,而且对于驾驶危险度感知提供了量化基础。本文通过前期研究,获得的主要研究结论如下所述。

(1)随着行车速度的增加,驾驶人对相同空间距

离的判识值不断减小。

(2)在近、中、远 3 个环境距离条件下,判识值下降程度有差异,近距离条件下,相伴速度升高所引起的判识值下降程度最为剧烈;中、远距离条件下则依次减弱。

全部被试者在试验过程中,对于空间距离的判识值变化具有一致性。随着车速增加,空间距离判识值不断减小,且判识距离与车速之间呈负指数函数的变化规律。驾驶人在实际道路近距离 25 m、中等距离 75 m 和远距离 125 m 时,对绝对距离“X”判识的变化规律分别为

$$S = 27.334e^{-0.009v} \tag{1}$$

$$S = 84.232e^{-0.004v} \tag{2}$$

$$S = 153.286e^{-0.003v} \tag{3}$$

式中:S 为判识距离;*v* 为车辆运行速度。

在上述试验结果中,判识距离是实际空间距离的映射,是可测量空间距离的驾驶人所认知的心理量值。

在拓扑心理学理论中,驾驶行为与环境和个人之间存在函数关系^[9]。其关系可表示为

$$B = f(E,P) \tag{4}$$

式中:*B* 为驾驶行为;*E* 为环境因素;*P* 为个人因素。

由式(4)可见,驾驶行为选择是环境因素与个人特点共同作用的结果。对于现实的物理空间来说,驾驶人在面对某一实际疆域时,必然建立起心理距离与空间距离的映射关系,如图 1 所示。

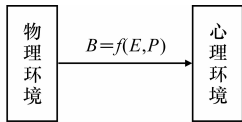


图 1 物理环境与心理环境的映射关系

虽然这一现实空间距离是可测量的,且有绝对数值,但心理空间量则存在差异,并不是呈相应的比例关系。全部驾驶人的距离判识结果均表现出相同的变化规律,则可以消除人的因素在距离判识中的作用和差异。在此试验中,驾驶人因素可以认为是一个常数量,则距离判识行为变为受环境因素单一变量影响的问题。其关系可表示为

$$B_p = f(E,P_0) \tag{5}$$

式中:*B_p* 为距离判识行为;*P₀* 为常量。

2 驾驶行为心理量模型

在车辆运动过程中,驾驶人与前方障碍物之间的距离实际上是一个有边界的疆域。这一疆域虽然无实质边界,但在驾驶人的心理当中是存在的。在被

试者抵达判识基准时,车辆具有一定的运动速度,与障碍物之间的距离在不断变小过程中。受驾驶习惯因素的影响,驾驶人在基于自车与前方障碍距离选择驾驶行为时,并不是以空间距离概念判断,而是采用了允许接触时间作为驾驶行为决策依据。所以,驾驶人心理疆域则变化为与边界接触允许时间^[10-11]。在此条件下,驾驶人对于接触允许时间 t 可表示为

$$t = S/v \tag{6}$$

驾驶人在控制车辆运行过程中,驾驶行为决策主要依赖于接触允许时间大小。当 t 值较小时,驾驶人心理感觉处于一种危险接近状态,紧接着会采取相应的减速措施或绕避前方物体,以增加接触允许时间;当 t 值较大时,因与前方障碍物接触允许时间多,驾驶人可以选择保持车速不变或加速。

依据决策论的相关理论,决策系统包括状态空间、策略空间和损益函数。状态空间是不以人的意志为转移的客观因素;策略空间是人们根据不同客观情况可能做出的选择;损益函数是不同的状态和策略组合产生的损益值^[11]。驾驶人在进行车辆驾驶过程中,实际上是一个环境信息感知、驾驶行为决策、信息反馈和行为修正的一个往复循环过程。状态空间在驾驶中主要是与前方物体距离、侧方距离和道路通行条件等;策略空间则包括减速、加速和转向等;损益函数则是指发生碰撞的风险程度,以及碰撞结果的烈度。

在这一过程中,车辆存在发生碰撞的危险,而对车辆的控制则是要避免碰撞的产生,则驾驶安全是第一诉求。在这一过程中,环境量通过感知和信息加工系统,在驾驶人心理上形成相应的映射关系,获得心理量值,而对于当前所处状态的风险性进行评估,进而做出保证安全的行为决策。因决策结果的不确定性,在驾驶行为决策的产生过程中,基于对交通安全的考虑,驾驶人所采用的往往是悲观主义者偏好的方法,即认为存在碰撞的风险;但还是选择碰撞风险最小的驾驶行为,以达到安全的目的。

3 试验与结果分析

3.1 试验结果

基于实际道路试验结果和前期研究结论,可获得在不同车速和实际空间距离条件下,驾驶人动态判识距离与实际距离的差值,结果见表1。

由表1可见,随着车速的增加,驾驶人判识距离与实际距离的差值不断减小。在静止状态或者较远距离,并在低速情况下,判识距离大于实际距离;而车速增加后,在相同实际距离下的判识距离变小。

表 1 判识距离与实际距离的差值

车速/ (km·h ⁻¹)		0	20	40	60	80	100
不同判识距离 (m)与实际距 离的差值/m	25	1.77	-1.43	-6.38	-9.20	-12.25	-14.08
	75	4.72	3.95	-1.35	-7.92	-14.82	-22.80
	125	23.40	22.90	15.00	7.00	-1.40	-10.90

注:表中“-”号表示判识距离小于实际距离。
因在不同速度条件下,实际空间距离对于判识结果也存在影响,故以差值相对于实际空间距离百分比,分析其随空间距离变化而呈现的心理量变化规律,结果见表2。

表 2 判识结果与实际差值变化百分比

车速/ (km·h ⁻¹)		0	20	40	60	80	100
不同判识距离(m) 与实际距离的 差值百分比/%	25	0.07	-0.06	-0.26	-0.37	-0.49	-0.56
	75	0.06	0.05	-0.02	-0.11	-0.20	-0.30
	125	0.19	0.18	0.12	0.06	-0.01	-0.09

注:表中“-”号表示判识距离小于实际距离。
由表2可见,当车速大于40 km/h时,随着实际空间距离的增加,判识距离下降程度逐渐减小,下降速率变缓;但在车速较低时,则表现为判识准确性的变化。

3.2 心理紧张度模糊判识模型

在行车过程中,心理紧张程度决定了驾驶人对外界环境的安全水平评估,进而影响控制策略。而在驾驶人空间距离判识过程中,则表现为空间距离判识结果大小的变化,并体现在碰撞接触时间估计上。基于上述原理,对于驾驶人在空间距离判识过程中的心理紧张程度,进行模糊评价试验。

在整个试验过程中,不同距离和车速下组合模式较多。为方便起见,将40 km/h作为速度分界点,将低于或等于40 km/h划分为低速,其他则为高速。形成模糊判识的论域 $L = \{\text{近距离低速, 近距离高速; 中距离低速, 中距离高速; 远距离低速, 远距离高速}\}$,记为 $\{L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6\}$ 。为了简化评价模型,仅设定驾驶人距离判识过程中主观感受紧张程度为评价因子,由此建立心理紧张度模糊集。距离判识中心理紧张度模糊集 $F = \{\text{紧张, 较紧张, 不紧张}\}$,记为 $\{F_1, F_2, F_3\}$ 。利用模糊统计方法,获得各自隶属度,记为 R 。将全部被试者判识结果进行模糊统计,得到判识条件与心理紧张度间的模糊关系,其论域空间覆盖频率曲线如下页图2所示。

通过距离判识过程中心理紧张程度模糊评价试验,得到驾驶人心理紧张度变化规律的有效数据。针对紧张度的评语汇总结果,得到心理紧张度变量论域空间各模糊集隶属度。从隶属度的变化规律可

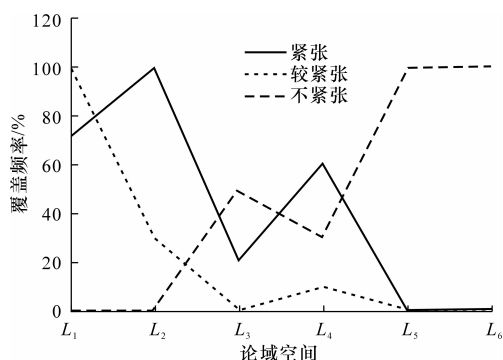


图2 距离判识过程中心理紧张程度的评价

以看出,随着距离的增加,驾驶人心理紧张程度降低;随着车速的增加,驾驶人心理紧张程度增加。驾驶人在距离判识过程中,随着心理紧张程度增加,判识距离减小,预计接触时间缩短。依据韦伯定律可知,在实际距离越大的条件下,驾驶人感觉到的物理量等值变化差异越小。基于上述分析,结合模糊数学隶属函数确定方法,可获得不同论域对于评价子集的隶属度函数。

对于评价为{紧张}时,不同论域空间的隶属度函数为

$$A_1(x, y) = \begin{cases} 1, & x = 25, y > 40 \\ 0.7, & x = 25, y \leq 40 \\ 0.6, & x = 75, y > 40 \\ 0.2, & x = 25, y \leq 40 \\ 0, & x = 125 \end{cases} \quad (7)$$

对于评价为{较紧张}时,不同论域空间的隶属度函数为

$$A_1(x, y) = \begin{cases} 1, & x = 25, y \leq 40 \\ 0.3, & x = 25, y > 40 \\ 0.1, & x = 75, y > 40 \\ 0, & x = 75, y \leq 40 \\ 0, & x = 125 \end{cases} \quad (8)$$

相应评价为{不紧张}时,不同论域空间的隶属度函数为

$$A_2(x, y) = \begin{cases} 1, & x = 125 \\ 0.5, & x = 75, y \leq 40 \\ 0.3, & x = 75, y > 40 \\ 0, & x = 25 \end{cases} \quad (9)$$

式中: x 为实际距离(m); y 为车辆运行速度(km/h)。

3.3 拓扑心理学分析

由前述可知,在拓扑心理学中,驾驶人所处的环境为有边界的物理空间,而且这一边界是不可突破的,在实际行车中则意味着碰撞事故的发生。而驾驶人对于边界大小的判断,在此虽然表现为距离,但经

过信息加工后,则表现为车辆行驶到边界的时间,即与实际边界发生碰撞的可能性心理映射。依据决策论相关理论,驾驶人在空间距离判识过程中,车速为状态空间;判识距离是实际距离的心理映射,是与心理疆域边界接触碰撞时间的估计,属于决策空间;损益函数为碰撞产生的风险程度。其相互间的关系为

$$D = D(v, t, d) \quad (10)$$

式中: D 为驾驶行为决策系统; v 为车速; t 为与边界接触允许时间; d 为碰撞产生的风险程度。

由式(10)可知,随着车辆运行速度的增加,在相同的空间距离条件下,驾驶人心理疆域边界的接触时间 t 不断减小,而物理疆域不可打破,导致碰撞风险程度不断升高。在驾驶安全的心理基本要求下,驾驶人为保证安全,降低与边界碰撞接触的风险,心理上主动愿意判识允许接触时间 t 更小于实际值,在实际行车时则可以降低车速,减小碰撞发生的风险程度。因在距离判识过程中车速保持不变,车速增加造成驾驶人感知到的风险程度升高,造成实际距离的判识心理量值减小。

与空间距离判识随车速变化相近,在速度增加的条件,距离判识值随着实际空间距离减小,其下降速率不断增加。随着实际空间距离的减小,驾驶人心理疆域边界接触允许时间也在不断变小,即碰撞风险度增加,驾驶人感知到的危险程度增加,损益函数变大。在相同的车速条件下,较小空间距离所造成的主观紧张程度增加,驾驶人更愿意将接触时间判识更小,以高估风险程度来确保驾驶安全。反映至距离判识的心理量值变化中,则表现为判识距离下降速率增大。

4 结 语

(1)驾驶人在空间距离判识过程中,与前方障碍物实际空间距离是驾驶人可行疆域的边界,驾驶人的判识距离是实际距离的映射量,是心理量值。

(2)在驾驶行为决策的制定中,将依据自车与边界的接触允许时间大小进行;基于对行驶安全的需求,依据悲观主义偏好的方法,进行碰撞接触风险评估,选择风险较小的方式进行驾驶行为选择。

(3)随着车速的增加,驾驶人愿意相信允许接触时间比实际小,而在距离较近的情况下,驾驶人愿意将允许时间的判识值主观判断为更小,以采取相应的行为决策,确保驾驶安全。

参考文献:

References:

[1] Gibson J J. The senses considered as perceptual sys-

- [2] Gibson J J. The perception of the visual world[M]. Boston MA:Houghton Mifflin,1950.
 - [3] Anderson G J,Kim R D. Perceptual information and attentional constrains in visual search of collision events[J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 2001, 27 (5): 1039-1056.
 - [4] Julesz B. Binocular depth perception of computer generated patterns [J]. Bell System Technical Journal, 1960,39:1125-1162.
 - [5] 赵炜华,刘浩学,赵建有,等. 基于 BP 网络的驾驶人昼夜动态空间距离判识规律[J]. 中国公路学报, 2010,23(2):92-98.
ZHAO Wei-hua, LIU Hao-xue, ZHAO Jian-you, et al. BP neural network-based space distance cognition of drivers in dynamic environment in day and night [J]. China Journal of Highway and Transport, 2010, 23(2):92-98.
 - [6] 赵炜华,刘浩学,董宪元,等. 昼间颜色对行驶中驾驶人距离判识的影响[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2009,29(5) 90-94.
ZHAO Wei-hua, LIU Hao-xue, DONG Xian-yuan, et al. Influence of color tone on distance cognition in dynamic environment about drivers in day[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2009, 29(5) 90-94.
 - [7] 刘浩学,赵炜华,刘凯铮,等. 驾驶人昼间动态环境暖色调障碍物空间距离判识规律[J]. 交通运输工程学报,2009,9(2):105-109.
LIU Hao-xue,ZHAO Wei-hua, LIU Kai-zheng, et al. Cognitive regulation of space distance about drivers to genial tone obstacles in daytime dynamic environment on the ground[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2009,9(2):105-109.
 - [8] 赵炜华. 地面动态环境中驾驶人空间距离判识规律研究[D]. 西安:长安大学,2010.
 - [9] Cavallo V, Mestre D, Berthelon C. Time-to-collision judgments:visual and spatio-temporal factors in traffic and transport psychology: theory and application [M]. Amsterdam:Pergamon Press,1997.
 - [10] Delucia P R, Novak J B. Judgments of relative time-to-contact of more than two approaching objects:toward a method[J]. Perception & Psychophysics, 1997, 59 (6):913-928.
 - [11] 杨超. 运筹学[M]. 北京:科学出版社,2004.

(上接第 62 页)

 - [3] 聂建国,赵洁,唐亮. 钢板混凝土组合在钢筋混凝土梁加固中的应用[J]. 桥梁建设,2007(3):76-79.
NIE Jian-guo,ZHAO Jie,TANG Liang. Application of steel plate and concrete composite to strengthening of reinforced concrete girder [J]. Bridge Construction, 2007(3):76-79.
 - [4] 王春生,高珊,任腾先,等. 钢板-混凝土组合加固带损伤钢筋混凝土 T 梁的抗弯性能试验[J]. 建筑科学与工程学报,2010,27(3):94-101.
WANG Chun-sheng, GAO Shan, REN Teng-xian, et al. Bending behavior experiment of damage RC T-beams with steel plate and concrete composite strengthening[J]. Journal of Architecture and Civil Engineering, 2010,27(3):94-101.
 - [5] 邵勇,覃仁辉. 预应力锚索框架梁边坡支护数值模拟[J]. 地球科学与环境学报,2010,32(3):307-310.
SHAO Yong,XIN Ren-hui. Numerical simulation of slope supporting for prestressed anchor with frame beam[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2010,32(3):307-310.
 - [6] 任伟,贺拴海,赵小星,等. 黏贴钢板加固持荷钢筋混凝土 T 型梁模型试验[J]. 中国公路学报,2008,21(3):64-68.
REN Wei, HE Shuan-hai, ZHAO Xiao-xing, et al. Model test on preloaded RC T-beam strengthened by bonded steel plates[J]. China Journal of Highway and Transport, 2008,21(3):64-68.
 - [7] 过镇海. 钢筋混凝土原理[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
 - [8] 江见鲸,陆新征,叶列平,等. 混凝土结构有限元分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
 - [9] Fragiaco M, Amadio C, Macorini L. Finite-element model for collapse and long-term analysis of steel-concrete composite beams[J]. Journal of Structural Engineering, 2004,130(3):489-497.
 - [10] Jeong Y J, Kim H Y, Lee J W, et al. Partial-interaction behavior of steel-concrete composite bridge deck[C]// ASCE. Proceedings of the 5th International Conference of Composite Construction in Steel and Concrete. Bergendal:ASCE,2006:35-46.
 - [11] Rudolf S. Partial-interaction fatigue assessment of continuous composite steel-concrete [C]//ASCE. Proceedings of the 5th International Conference of Composite Construction in Steel and Concrete. Bergendal: ASCE,2006:93-104.
 - [12] Yong L P,Mark A B,Brian U. Second order nonlinear inelastic analysis of composite steel-concrete members I:theory[J]. Journal of Structural Engineering, 2006, 132(5):751-761.
 - [13] Shanmugam N E,Baskar K. Steel-concrete composite plate girders subject to shear loading[J]. Journal of Structural Engineering,2003,129:1230-1242.