

文章编号: 1002-0268 (2005) 11-0130-03

跟驰过程中驾驶员认知结构模型的建立

贾洪飞¹, 隽志才², 曹 鹏¹

(1. 吉林大学交通学院, 吉林 长春 130025; 2. 上海交通大学交通运输研究所, 上海 200052)

摘要: 在道路交通 4 要素中 (人、车、路、环境), 人以其主动性和智慧性起着支配作用, 是其中的主体要素。基于认知心理学的有关知识, 论文采用因子分析法对五轮仪实验系统观测到的车辆跟驰数据进行分析, 确定了对车辆跟驰信息提取过程有独立作用的 4 个因素, 相应地将驾驶员认知过程划分为 4 个阶段, 建立了车辆跟驰过程的驾驶员认知结构模型。为驾驶行为研究和车辆跟驰模型的建立提供了理论基础。

关键词: 驾驶行为; 认知结构; 车辆跟驰; 因子分析

中图分类号: U491.2

文献标识码: A

A Cognition Structure Model for Drivers' Car-following Behavior

JIA Hong-fei¹, JUAN Zhi-cai², CAO Peng¹

(1. Transportation College of Jilin University, Jilin Changchun 130025, China;

2. Institute of Transportation Studying of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200052, China)

Abstract: In the four traffic elements (human, vehicle, road and environment), human is the major factor and plays a dominant role for his activeness and intelligence. Based on the knowledge of Cognitive Psychology, this paper determines four factors having independent role in the process of driving information extraction during car following through the processing and analysis of the data collected by Five-wheel system by using factor analysis. Accordingly, the cognition process of driver is divided into four phases and a cognition structure model for driver's car-following behavior is developed. The result provides a theoretical base for the analysis of driver behavior and the development of car-following model.

Key words: Driver behavior; Cognition structure; Car-following; Factor analysis

0 引言

现代道路交通把人、车、路、环境 (交通 4 要素) 融合为一体, 成为动态与静态相结合的错综复杂的社会大系统。其中, 人以其主动性和智慧性起着支配作用, 是其中的主体要素, 在协调和控制交通 4 要素中起着举足轻重的作用。所以对此类系统的开发研究, 需要对驾驶行为的内部机制进行充分研究。

在交通流仿真中, 应用的驾驶行为模型往往还是基于传统运动学的车辆跟驰、车道变换等模型, 即把

车辆-驾驶员实体看作是纯机械的, 没能充分考虑驾驶行为的认知心理学特性, 只承认可观察到的有机体的反应或行为, 将刺激-反应公式奉为普遍准则。而被部分仿真软件所采用的心理-生理跟驰模型, 如 AP 模型^[1], 是以心理物理实验为基础, 对心理过程的研究大多是分析性的, 阈值的采用重视数量统计和平均数的应用, 而忽略包括自我观察在内的个案研究及表现出来的个性差异。

论文基于认知心理学的有关知识, 采用因子分析法对观测到的车辆跟驰数据进行分析, 确定了对车辆

收稿日期: 2004-08-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70371022)

作者简介: 贾洪飞 (1969-), 男, 山东即墨人, 副教授, 主要研究方向为交通流理论与仿真。

跟驰信息提取过程有独立作用的 4 个因素, 相应地将信息提取过程划分为 4 个阶段, 建立了车辆跟驰过程驾驶员认知结构模型。为驾驶行为研究和车辆跟驰模型的建立提供了理论基础。

1 驾驶行为认知结构

在实际交通环境下, 由于信息加工系统的能力有限, 驾驶员不能同时应用一切可能的信息, 也不能采取一切可能的行动, 因此驾驶员必须采用一定的行动方案、计划或策略, 从而体现出交通 4 要素中人的主动性和智慧性。同时, 这也是驾驶员的意识或内部心理活动的体现, 表明驾驶员的行为受其认知过程的制约。

根据认知心理学的有关知识^[2], 驾驶员的心理过程可理解为信息的获得、贮存、加工和使用的过程。驾驶行为认知结构/信息加工系统结构由感受器、效应器、记忆和加工器组成, 其一般结构见图 1。

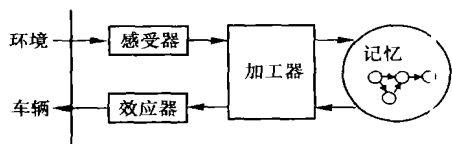


图 1 驾驶行为认知结构

驾驶员在实际的交通流条件下, 不断操纵车辆进行车辆跟驰、车道变换等行为, 照认知心理学看来, 这些事件 (行为) 经历了一系列连续阶段的信息加工过程, 并在不同的阶段有不同的加工^[2]。简单地说, 首先是交通流中其他车辆及道路、环境等有关刺激的信号进入视觉系统而被登记; 其次, 在注意的作用下, 车头间距、相对速度、临界间隙等信息得到识别并转到短时记忆, 再与从长时记忆中提取出来的车头间距、相对速度、临界间隙等信息相匹配; 然后根据已经掌握的车辆跟驰、车道变换的准则 (经验或意愿) 来作出车辆跟驰或车道变换的决定, 再进行加、减速和转向的实际操作。

2 车辆跟驰过程驾驶员认知结构模型

2.1 车辆跟驰试验数据的获取

数据采集主要是利用五轮仪实验系统进行的跟车实验^[3,4]。此实验获取的信息主要包括各时刻前车的位置、速度、加速度, 后车的位置、速度、加速度, 以及前后两车间的相对速度、车头间距 (记录间隔可根据需要自行设定, 对跟车实验一般取 0.5~1s 可满足要求)。表 1 为实验获取的 40 000 多个数据的样本。

表 1 五轮仪实验数据样本

时间 /s	前车 位置 /m	前车 速度 /m·s ⁻¹	前车 加速 度/m·s ⁻²	后车 位置 /m	后车 速度 /m·s ⁻¹	后车 加速度 /m·s ²	相对 速度 /m·s ⁻¹	相对 距离 /m
0	0.00	0.00	0.00	-4.67	0.00	0.00	0.00	1.17
1	0.00	0.00	0.00	-4.67	0.00	0.00	0.00	1.17
2	0.00	0.00	2.50	-4.67	0.00	0.90	0.00	1.17
3	3.75	2.50	2.50	-4.25	0.90	2.08	1.60	4.50
4	10.00	5.00	2.50	-2.31	2.98	1.10	2.02	8.81
5	18.75	7.50	2.50	1.23	4.09	1.58	3.41	14.02
6	30.00	10.00	2.06	6.10	5.67	1.80	4.33	20.40
7	43.10	12.06	0.71	12.67	7.46	1.77	4.60	26.93
8	56.22	12.77	-0.48	21.01	9.23	1.29	3.54	31.70
9	68.27	12.29	-0.15	30.89	10.52	0.62	1.77	33.89
10	80.34	12.14	0.89	41.72	11.14	0.35	1.00	35.12
11	93.82	13.03	-0.05	53.04	11.49	0.53	1.54	37.28
12	106.78	12.98	-0.18	64.79	12.02	0.33	0.97	38.49
13	119.50	12.81	0.19	76.97	12.34	0.16	0.46	39.03
14	132.59	13.00	-0.56	89.39	12.50	-0.07	0.50	39.70
15	144.74	12.43	0.73	101.86	12.43	0.00	0.00	39.38
16	158.27	13.16	-0.73	114.29	12.43	0.00	0.73	40.47
17	170.34	12.44	-0.67	126.73	12.44	-0.67	0.00	40.11
18	181.76	11.76	0.19	138.82	11.76	0.00	0.00	39.44
19	193.80	11.95	0.43	150.59	11.76	0.06	0.19	39.72
20	206.39	12.38	0.18	162.38	11.82	0.17	0.56	40.52
21	219.03	12.55	-0.65	174.28	11.99	-0.09	0.56	41.25
22	230.61	11.90	0.63	186.23	11.90	0.00	0.00	40.88
23	243.45	12.53	0.43	198.13	11.90	0.19	0.63	41.82
24	256.62	12.96	0.31	210.13	12.09	0.26	0.87	43.00
25	270.05	13.27	-0.86	222.35	12.35	0.05	0.91	44.20
26	282.02	12.41	0.80	234.73	12.41	0.00	0.00	43.79
27	295.62	13.20	-0.90	247.13	12.41	-0.10	0.80	44.99
28	307.48	12.31	-0.14	259.49	12.31	-0.14	0.00	44.49
29	319.58	12.17	0.65	271.73	12.17	0.00	0.00	44.35
30	332.72	12.82	-0.42	283.89	12.17	0.19	0.65	45.33

另外, 为对驾驶员跟驰行为的信息加工过程有客观的理解, 我们在应用五轮仪实验系统进行跟驰行为描述参数的测试中又辅助以出声思考实验, 即在测试车内安装麦克风和录音装置, 要求被试驾驶员不定时地说出他正在想什么或做什么。实验后通过对同一时间段的录音资料 and 五轮仪系统记录的车辆信息进行分析, 利于建立的驾驶员认知结构模型准确体现其信息处理过程。

出声思考方法要求被试驾驶员说出他正在想什么或做什么, 而不是要他来解释情景或思维过程。被试驾驶员所报告的东西是他当时所注意的, 并且是保持在短时记忆中的, 因而也是可靠的。同时研究表明, 出声思考的方式并不影响思维的正常进程。在利用这个方法进行研究之前, 应对被试驾驶员进行足够的训练, 使他们能够顺利进行出声思考^[2]。

2.2 车辆跟驰影响因素的提取

为全面了解驾驶员在纵向驾驶过程中所具有的感

觉、理解、判断、决定等一系列信息处理过程 (认知过程), 本文利用因子分析方法对五轮仪实验系统获取的与驾驶行为有关的前车速度、后车速度、相对速度、前车位移、后车位移、相对距离等 7 个变量构建因子模型进行统计分析, 提取了公因子载荷较高 (亦即信息含量高) 且相对独立的变量, 从而确定了对车辆跟驰过程有独立作用的 4 因素 (此 4 个公因子的方差贡献所提供的累积信息达到总信息的 99.5%): 前车位移、前车速度、前车加速度和后车位移。因子分析算法逻辑结构图和总方差解释分别如图 2 与表 2 所示^[5]。

2.3 车辆跟驰驾驶员认知结构模型

因子分析方法得出的结论和出声思考分析结果表明, 在车辆跟驰过程中, 驾驶员对交通环境因素的认知过程是由如下一系列信息加工过程组成的, 见图 3。

表 2 总方差解释

公因子	初始的公因子方差			提取后的因子载荷平方和			旋转后的因子载荷平方和		
	特征值	占总方差百分比/%	累积信息量/%	特征值	占总方差百分比/%	累积信息量/%	特征值	占总方差百分比/%	累积信息量/%
1	3.122	44.601	44.601	3.122	44.601	44.601	2.886	41.231	41.231
2	2.694	38.488	83.090	2.694	38.488	83.090	2.198	31.393	72.624
3	0.805	11.495	94.584	0.805	11.495	94.584	1.024	14.631	87.255
4	0.348	4.971	99.555	0.348	4.971	99.555	0.861	12.300	99.555
5	3.115E-02	0.445	100.000						
6	6.583E-16	9.405E-15	100.000						
7	4.462E-16	6.374E-15	100.000						

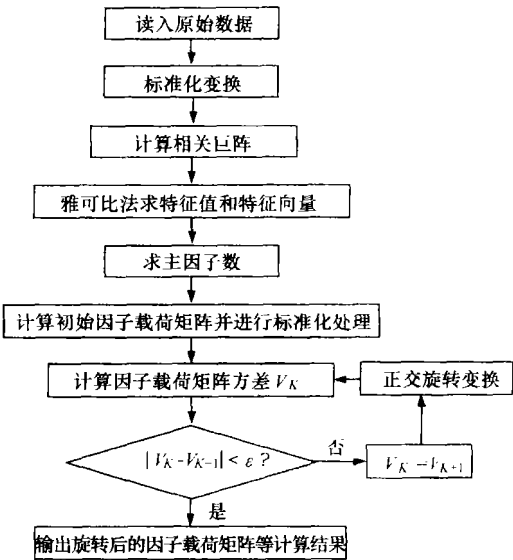


图 2 因子分析算法逻辑结构图

过程划分为包含识别前车、理解前车状态、判定/预测前车随后状态和后车决策 4 个独立阶段的多段式信息处理过程。可以较好地说明跟驰过程中驾驶员的认知过程或心理过程, 对 ITS 系统设计、交通安全、交通仿真等研究领域中的驾驶行为分析有一定的参考价值。但要在整体上把握驾驶员的个性心理特征等, 尚需进一步综合考虑制约某一认知过程的若干因素, 从信息的系列加工和信息的平行加工两个角度来系统研究。

参考文献:

[1] Mark Backstone and Mike McDonald. Car-following: a historical review [J]. Transportation Research, 1999, 2F (4): 181-196.

[2] 王, 汪安圣. 认知心理学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2003

[3] 贾洪飞. 城市道路车辆跟驰行为神经网络模拟模型研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2002.

[4] 赵淑芝, 等. 利用五轮仪实验数据建立车辆跟驰模型 [J]. 公路交通科技, 2003, 20 (1): 133-135.

[5] 贾洪飞, 等. 利用因子分析选取车辆跟驰模型输入变量 [J]. 公路交通科技, 2004, 21 (1): 81-84.

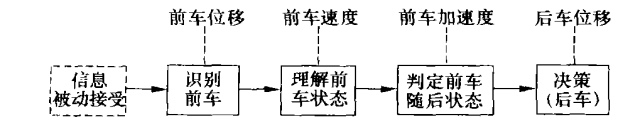


图 3 车辆跟驰驾驶员认知结构模型

即跟驰过程中驾驶员对信息的处理主要包括 4 个独立的加工阶段: 识别前车、理解前车状态、判定/预测前车随后状态和后车决策。

在纵向行驶中, 驾驶员首先根据由前车位移所表现出的车辆外观大小的变化初步识别前车的存在, 并进一步通过由相对前车视角变化所表征的前车速度察觉相对速度的变化。接下来驾驶员将根据前车所处的环境和自身的经验判定或预测前车随后的状态, 即前车加速度 (无法用数字准确表示的模糊值)。而驾驶员的接续决策和动作将基于对间距变化 (后车位移) 的察觉。

3 结论

本文基于认知心理学的有关知识, 根据因子分析方法得出的结论和出声思考实验结果, 将驾驶员认知