

文章编号:1005-0523(2012)04-0069-04

不同平面线形下驾驶模拟器速度有效性验证

刘兆,熊坚,郭凤香

(昆明理工大学交通工程学院,云南昆明 650034)

摘要:通过分析国内外经典速度预测模型,在此基础上选择目前国内外广泛应用的经典速度预测模型即 Lamm 模型作为标准,然后设计了驾驶模拟器速度有效性验证的标准实验场,通过选定的经典速度预测模型,计算得到标准实验场的预测车速,提出了车速有效性验证的方法,即将标准实验场的预测车速与模拟实验车速进行对比分析,将其作为驾驶模拟器实验车速的绝对有效性和相对有效性评价方法,为驾驶模拟器速度有效性的验证提供规范的验证标准。并使用昆明理工大学中型研究型驾驶模拟器进行模拟器速度有效性验证标准的应用研究。通过对比分析标准实验场的预测车速轨迹曲线与实验车速轨迹曲线,从两种车速的显著性差异和两种变化趋势等方面对该中型模拟器进行了验证。

关键词:交通工程;有效性验证;道路平面线形;速度;驾驶模拟系统

中图分类号:U491

文献标志码:A

由于驾驶模拟器在交通研究方面所具有的优势以及车速在道路交通安全评价中的所占有的重要地位,可通过驾驶模拟实验获取运行车速,并以该车速为中介对道路安全性进行分析和评价^[1]。但是,应用驾驶模拟器进行速度方面的研究首先要对应用驾驶模拟器进行模拟实验所获得的速度实验数据的可靠性及有效性进行验证。

国外对驾驶模拟器的有效性检验和评价做过一些研究。例如,Stunrt T Godley 在 2001 年通过平均车速来研究驾驶模拟器的有效性^[2]。Francesco Bella 在 2008 年在特定场景(双车道乡村公路)对驾驶模拟器有效性进行研究^[3]。Michaelw Perker 在 2009 年就驾驶模拟器在冬季环境下的有效性进行了探讨^[4];而与国外相比,我国对驾驶模拟器有效性验证方面已经做过的研究还很少。熊坚、丁立等人在 2002 年曾对昆明理工大学的驾驶模拟器(KMRTS)进行了驾驶员视觉空间的效度研究^[5]。在 2008 年进行山区公路安全保障技术的模拟器评价实验中,也进行过相关的效度检验和分析。陈亮于 2010 年通过在弯道上的模拟驾驶和实地实验对比分析,对昆明理工大学的驾驶模拟器系统运动逼真性进行了验证。成红芳也在 2006 年对飞行模拟器的视景系统有效性进行过探讨。

通过分析国内外经典速度预测模型,在此基础上选择目前国内外广泛应用的经典速度预测模型即 Lamm 模型作为标准^[6],然后设计了驾驶模拟器速度有效性验证的标准实验场,通过选定的经典速度预测模型,计算得到标准实验场的预测车速,提出了车速有效性验证的方法,并使用昆明理工大学中型研究型驾驶模拟器进行模拟器速度有效性验证标准的应用研究。

1 驾驶模拟器速度有效性验证方法

1.1 建立标准实验场

标准实验场的建立主要分两步,第 1 步是对实验场的特征路段进行选取;第 2 步是在选取了特征路段后,确定实验线形的各项参数。

收稿日期:2012-06-04

作者简介:刘兆(1984—),男,硕士研究生,研究方向为交通系统安全与仿真。

主要采用双向两车道作为路块模型。仿真道路分别由直线路段、平曲线路段构成。当驾驶者从上一特征段驶向下一特征段时,都会有一段直线路段进行中间过渡,那么驾驶者可在这期间,将车速恢复到期望值,然后将期望车速做为入口车速进入下一个特征段^[7]。根据实车测试调查结果结合模拟车辆性能,将期望车速值初始设为 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

平面线形主要分直线和圆曲线两种,直线线形中,唯一需确定的参数就是长度^[8]。圆曲线主要需要确定的就是半径值,半径值确定,曲线其他数据随之确定,根据《公路工程技术标准》对圆曲线最小半径的规定,以及我们的实验车速确定为 $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,可选取半径为 200, 300, 400, 500, 600 m 和 700 m 的圆曲线作为实验线形。如表 1 所示。

表 1 平面线形实验参数表

Tab.1 Horizontal Alignment of experimental parameters in Table

参数	圆曲线 1	圆曲线 2	圆曲线 3	圆曲线 4	圆曲线 5	圆曲线 6
半径 R	200	300	400	500	600	700
长度 L	300	300	200	300	400	500

本文的线形组合,主要选取了典型的反向曲线,所以我们选取了平面实验线形中的半径为 300 m 和 400 m 的圆曲线作为线形组合的曲线参数,且两圆曲线之间通过沿切线方向的直线相连。参数为 $R=300 \text{ m}$, $L=300 \text{ m}$; $L=120 \text{ m}$; $R=400 \text{ m}$, $L=200 \text{ m}$ 。

1.2 速度标准的建立

通过分析大量国内外文献,各国使用的车速预测模型很多,但绝大多数模型的适用范围都有限。Lamm 模型是在多达 322 个曲线段的数据基础上,对 85% 位驾驶车辆速度与平曲线关系作进一步研究,确认曲线半径(曲率)是关系到车辆驾驶运行速度的最主要的变量参数,并建立模型:

$$V_{85\%} = 94.398 - 3.188.656R$$

式中: $V_{85\%}$ 为运行速度, $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; R 为曲线半径, m。

基于 Lamm 模型的权威性,以及在平曲线车速预测方面的普遍性,本文选用 Lamm 模型作为标准,对驾驶模拟器不同平曲线半径时的速度有效性进行分析。

通过选用的 Lamm 模型,对建立的标准实验场特征路段速度进行预测,获得的速度标准如表 2 所示,并且将其作为驾驶模拟器速度有效性检验的标准。

表 2 特征路段速度标准

Tab.2 Characteristic sections of speed standard

半径/m	700	500	300	400	600	200
$V_{85\%}/\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	89.84	88.02	83.77	86.43	89.08	78.45

1.3 有效性验证方法的提出

速度绝对有效性验证方法:

第 1 步,分析各特征路段绝对有效性。方法是通过 SPSS 的 t 检验来分析经典速度预测模型预测的特征路段速度标准与模拟实验特征路段车速的差异是否显著。如果显著性概率 $p < 0.001$,则差异显著,绝对有效性不存在。

第 2 步,对标准实验场的绝对有效性进行检验,由于标准实验场有 6 段特征路段,本文通过打分来讨论标准实验场绝对有效性,打分标准为:6 个路段绝对有效性成立,打 100 分;5 个成立,打 90 分;4 个成立,打 80 分;3 个成立,打 70 分;2 个成立,打 60 分;1 个成立,打 50 分;都不成立,打零分。100 分时,绝对有效性极好;90 分时,良好;80 分时,一般;70 分时,不好;60 分时,较差;50 分时,很差;0 分时,极差。

速度相对有效性验证方法:

对于相对有效性的验证,本文认为如果标准实验场绝对有效性成立,那么,它的相对有效性也一定成

立。当绝对有效性不成立时,根据速度相对有效性的定义,从标准实验场整体出发考虑,观察标准实验场实验速度与速度标准变化趋势是否一致,如果一致,则速度相对有效性成立。

2 速度有效性验证方法的应用

2.1 进行实验

按照标准实验场的参数将仿真场景设置成车道宽为4 m的双车道公路,如图1所示。

受试者:实验随机抽取了共计10名受试者,驾龄最少2年,最高35年。

实验要求:限定车辆在直线路段上保持在右侧车道行驶,限速 $120\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。要求驾驶者行驶状态与实际驾驶相一致。

2.2 数据分析

本次实验共有10名受试者完成实验,将所有受试者对应于道路里程桩号的速度值取平均值,绘出基于道路里程桩号的平均速度轨迹线,将其与标准实验场的速度标准进行对比,见图2。

速度标准与实验运行车速轨迹线在大部分路段能够很好地拟合,线形走势基本一致,也与车辆行驶的基本规律相符合。特别在平曲线路段预测车速轨迹线基本能与实验车速轨迹线重合。

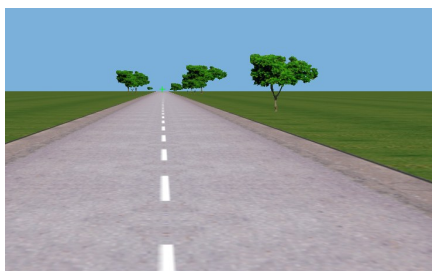


图1 实验场景
Fig.1 Experimental scene

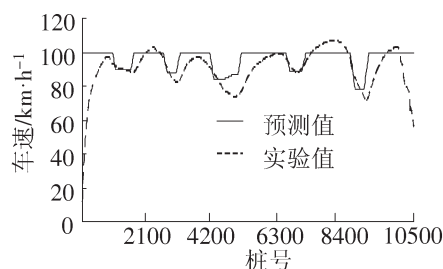


图2 速度标准与实验值对比
Fig.2 Speed standard with the experimental value of contrast

2.3 有效性分析

通过SPSS的 t 检验,各特征路段不含缓和曲线条件下,当半径 R 为700 m时,显著性概率 $p=0.001$; $R=500\text{ m}$, $p=0.000$; $R=300\text{ m}$, $p=0.002$; $R=400\text{ m}$, $p=0.000$; $R=600\text{ m}$, $p=0.430$; $R=200\text{ m}$, $p=0.594$ 。当 p 小于0.001时,差异性显著,所以 $R700\text{ m}$, $R300\text{ m}$, $R600\text{ m}$, $R200\text{ m}$ 的实验速度与标准速度差异性不显著。 $R500\text{ m}$, $R400\text{ m}$ 的实验速度与标准速度差异性显著。根据本文提出的绝对有效性验证方法可以得到, $R700\text{ m}$, $R300\text{ m}$, $R600\text{ m}$, $R200\text{ m}$ 路段的绝对有效性成立,由于有4个特征路段绝对有效性成立,打80分,所以标准实验场绝对有效性一般。

从图3中可以看出,标准实验场的实验速度与速度标准的变化趋势具有较好的一致性。所以标准实验场的相对有效性成立。

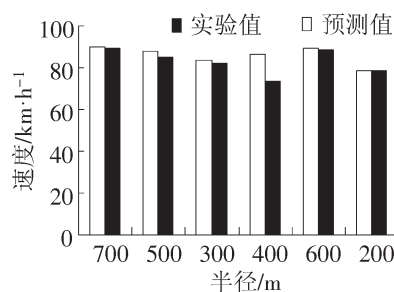


图3 相对有效性分析
Fig.3 Relative Efficiency Analysis

3 结论

在对驾驶模拟器进行验证的研究方法分析的基础上提出了驾驶模拟器速度有效性的验证标准及评价方法。设计并建立了进行驾驶模拟器速度有效性验证的标准实验场,并通过速度预测的方法,计算得到标准实验场的速度标准;提出了利用标准实验场及速度标准对驾驶模拟器速度的绝对有效性和相对有效性

进行。

参考文献:

- [1] 郭凤香,道路线形安全分析与评价[D],昆明:昆明理工大学,2005:45-57.
- [2] MCLANE R C, WIERWILLE W W. The influence of motion and audio cues on driver performance in an automobile simulator[J]. Human Factors, 1975, 17(5):488-501.
- [3] BLAAUW G J. Driving experience and task demands in simulator and instrumented car: a validation study[J]. Human Factors, 1982, 24(4):473-486.
- [4] 詹彩娟,潘晓东,交通影响评价中交通量预测算法的实例检验[J]. 华东交通大学学报, 2011, 28(4):52-56
- [5] HARMS L. Driving performance on a real road and in a driving simulator: Results of a validation study[C]//GALE G A, BROWN I D, HASLEGRAVE C M, TAYLOR S, Vision in Vehicles V North Holland: Elsevier Science, 1996: 19-26.
- [6] 张兵,邓卫,基于DPSIR模型的经济圈交通网络评价指标体系[J]. 华东交通大学学报, 2011, 28(4):7-13.
- [7] THOMPSON S J, GOW P, COLES G. Nottinghamshire's road ramp scheme[J]. Traffic Engineering and Control, 1990, 31(10):550-551.
- [8] 杜琳琳,混合超启发式求解大规模VRP的优化研究[J]. 华东交通大学学报, 2011, 28(1):62-67.

Analysis on Speed Validation of the Driving Simulator Based on Different Plane Alignment

Liu Zhao, Xiong Jian, Guo Fengxiang

(School of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650034, China)

Abstract: Through analysis of classic speed forecasting models both at home and abroad, the widely used-Lamm model was chosen as a standard model. Then a standard experimental field was designed to validate the speed of the driving simulator. With the selected classic speed forecasting model, forecast speed of the standard experimental field was calculated. In this paper, the method of speed validation was explored, which compared and analyzed the forecast speed of standard experimental field and the speed of the driving simulator, then the related results were used to evaluate the absolute validity and relative effectiveness of the driving simulator's experimental speed, thus providing a validation criterion for driving simulator's speed validation. The application research about the driving simulator's speed validation standard was carried out in Kunming University of Science and Technology. The forecast speed trajectory curve and experimental speed trajectory curve of the standard experimental field were compared and analyzed. Furthermore, the medium driving simulation system was verified by the differences of the two speeds and two changing trends.

Key words: traffic engineering; validation test; road plane alignment; speed; driving simulation system