

基于横向干扰度和交通事故数的车速预测模型构建^{*}樊兆董¹, 李美玲², 冉晋¹, 张昱¹

(1.山东省交通科学研究院, 山东 济南 250102; 2.山东建筑大学, 山东 济南 250101)

摘要:为解决公路车速值合理性预测问题,基于公路路侧环境、道路特征、交通特性提出车辆行驶横向干扰度指标,结合公路历史交通事故数据,建立交通事故、横向干扰度与车辆 85%位速度的多元线性回归模型;选择 36 处不同路段并通过调查分析得出相应 85%位车速值,基于横向干扰度量化表确定路段的横向干扰度及汇总相应路段近 3 年交通事故数据,分析 85%位车速、横向干扰度、交通事故数之间的关联性;以横向干扰度、交通事故数据为自变量,车辆 85%位速度为因变量建立 85%位车速多元线性回归预测模型,为提高交通安全、合理确定车辆速度奠定理论基础。

关键词:交通安全;交通事故;横向干扰度;车速预测;85%位车速

中图分类号:U491.3

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2021)02-0034-03

交通事故是影响道路交通安全的主要因素,而 47.06%的交通事故由超速行驶所致。挪威《交通安全手册》指出,车速平均每增长 10%,受伤性、死亡性交通事故数将分别增加 25%和 35%。可见,制定合理的道路限速值是提升道路交通顺畅、确保交通安全的有效措施。目前有关道路限速的研究主要集中在道路设计速度、85%位车速、道路几何特征及道路所处区域环境等方面。如 Ottesen J. L. 等以曲率为变量建立平曲线运行车速推算模型,确定了道路限速值;Fitzpatrick K. 等对 128 个车速限制区间进行调查,发现 85%位车速只能作为车速限制的基准值,实际车速限制值应比 85%位车速低 12.87~19.31 km/h;Gibreel G. M. 等基于平曲线半径、竖曲线长度、变坡点与竖曲线起点的平面距离、纵坡及纵坡长度、超高率等因素建立基于平纵组合线形的运行车速计算模型,用于确定道路限速值;杨俊等分析分车道限速的影响因素,在车速限制标准的基础上,提出分车道限速的合理流程及限速值的确定办法;陆建等采用多元线性回归法建立 85%位车速与车道数、限速值、车道位置、车型、道路饱和度、大型车比例等因素之间的关系模型,用于确定道路限速值;程国柱采用回归分析法,分车型建立道路线形指标、交通流参数与运行车速的关系模型,通过对多参数修正确定了道路的最高车速限制值。当前道路限速研究较少考虑路侧环境特征和交通事故等因素的影响。该文考虑道路特征、交通特性、路侧环境等因

素提出道路横向干扰度指标,结合路段交通事故发生数量,构建路段 85%位车速预测模型,为道路限速值确定提供参考。

1 模型变量

1.1 横向干扰度

正常驾驶过程中,驾驶员对行驶速度的选择受多方面因素影响,其中道路特征、交通特性、路侧环境是最重要的因素。道路特征主要包括道路等级、坡度、线形、宽度、车道分布等;交通特性主要包括交通组成、交通流运行状况等;路侧环境主要包括路侧地形及防护设施设置状况等。基于对不同路段上述影响因素的现场调查数据的统计分析,提出横向干扰度指标,表征驾驶员在正常行驶过程中受到道路特征、交通特性、路侧环境等因素干扰程度的大小。其赋值见表 1,横向干扰度越大,说明驾驶员受外界影响越大,交通安全性、顺畅性越低;反之,则说明驾驶员受外界影响越小,交通安全性、顺畅性越高。

1.2 交通事故数

交通事故是影响道路交通安全运行的主要因素。有数据表明,2010 年中国发生的交通事故中,超速行驶造成的死亡人数占事故死亡总数的 14%,交通事故数显著影响对道路运行速度的选择,可作为路段车速预测模型的变量。

1.3 85%位车速

选用交通管理部门常采用的限速参考值 85%

^{*} 基金项目:山东省重点研发计划“公益类科技攻关”项目(2019GSF109057)

表 1 横向干扰度的量化

横向干扰度	横向干扰度影响因素水平
[0,2)	高速公路的交通、路线、设施等状况较好,符合标准条件
[2,4)	高速公路、一级公路、二级公路的交通、路线、设施等基本符合标准条件
[4,6)	道路两侧少量非机动车、行人出行,路侧环境较复杂
[6,8)	道路两侧停车、非机动车较多或交通、路线、设施等条件一般,路侧有出入口等
[8,10]	穿过村镇,经过学校;支路有车辆进出,农用车混杂;慢速行驶,有大量货车通行;行人或非机动车来往较频繁,交通秩序很差;有集市,缺少交通管理

位车速作为模型变量,该变量可表征通行路段 85% 车辆的行驶速度,具有较好的代表性。

2 数据采集与分析

2.1 数据采集

选取 36 处具有不同道路特征、交通特性和路侧环境的典型路段,道路类型主要包括高速公路、国道、省道等,路段长度为 2.5~10 km。根据现场调查资料(见图 1),确定不同路段的干扰度量化值。



图 1 现场调查照片

通过查阅所选路段近 3 年的交通事故数据,包含轻微交通事故、一般交通事故、重大交通事故、特大交通事故等,确定该路段近 3 年所发生的交通事故数。

根据 GB 5768.5—2017《道路交通标志和标线》,车头时距至少大于 4 s 则视为自由流状态下的车速。采集相应路段的车辆运行速度,并计算每一

路段车辆运行速度的 85% 位车速。

2.2 数据分析

2.2.1 85%位车速与交通事故数关联性分析

85%位车速与交通事故数的关联性见图 2。由图 2 可知:在 85%位车速小于 80 km/h 的路段,交通事故数基本上随着 85%位车速的提高而逐渐增加;在 85%位车速大于 80 km/h 的路段,交通事故数则较少。表明在车辆运行速度较低的路段,影响驾驶员安全顺畅驾驶的因素较多,交通事故数较高。而在车辆运行速度较高的路段,影响驾驶员安全顺畅驾驶的因素较少,因而交通事故数较少。

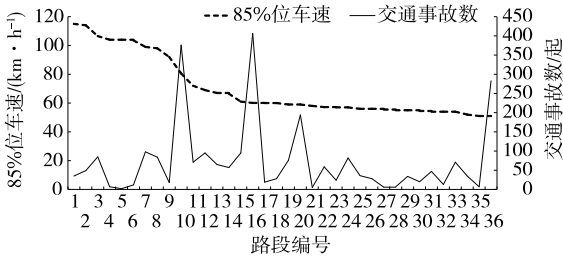


图 2 85%位车速与交通事故的关系

2.2.2 85%位车速与横向干扰度的关联性分析

85%位车速与横向干扰度的关联性见图 3。由图 3 可知:在 85%位车速大于 80 km/h 的路段,横向干扰度较低;在 85%位车速小于 80 km/h 的路段,横向干扰度较高。表明横向干扰度对车辆运行速度的影响较大。

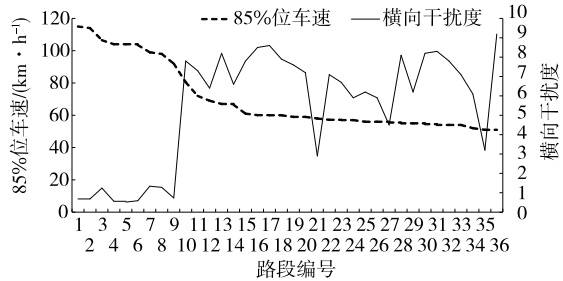


图 3 85%位车速与横向干扰度的关系

2.2.3 交通事故数与横向干扰度的关联性分析

交通事故数与横向干扰度的关联性见图 4。由图 4 可知:在交通事故数较少的路段,横向干扰度较低;在交通事故数较多的路段,横向干扰度较高。说明横向干扰度对交通事故数有较大影响。

3 车速预测模型的构建

以横向干扰度和交通事故数作为自变量,85% 位车速作为因变量,构建基于横向干扰度和交通事

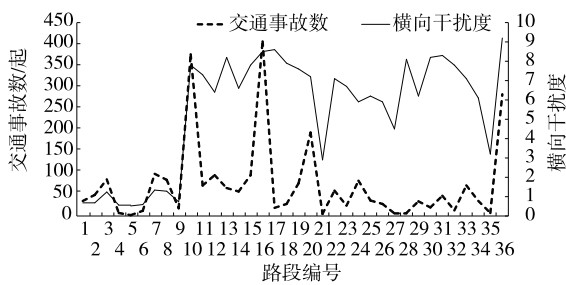


图4 交通事故数与横向干扰度的关系

故数的车速预测模型如下:

$$y = 0.55x_1 - 6.404x_2 + 100.828 \quad (1)$$

式中: y 为 85% 位车速预测值(km/h); x_1 为交通事故数; x_2 为横向干扰度。

该模型为多元线性回归模型,各变量相关性分析、回归分析、方差分析、回归系数及显著性检验结果见表 2~5。

表2 各变量相关性分析结果

变量	85%位车速	交通事故数	横向干扰度
85%位车速	1.000	-0.063	-0.826
交通事故数	-0.063	1.000	0.347
横向干扰度	-0.826	0.347	1.000

表5 回归系数及显著性检验

参数	非标准化系数		标准系数	T 检验	p 值	共线性统计量	
	B	标准误差				容差	方差膨胀因子
常量	100.828	3.853		26.168	0.000		
交通事故	0.550	0.210	0.253	2.671	0.012	0.880	1.137
横向干扰度	-6.404	0.665	-0.914	-9.632	0.000	0.880	1.137

R^2 的原则,且其值偏大,说明该模型拟合效果较好。

由表 4 可知:该模型的 F 检验结果 $F_{0.05} = 46.643 > F_{0.05}$ 值,说明回归效果高度显著; $p = 0.00 < 0.05$,说明具有显著的统计学意义。

由表 5 可知:2 个自变量的容差均大于 0.1,且其方差膨胀因子均小于 10,表明交通事故数和横向干扰度之间不存在共线问题。

4 结语

结合道路特征、交通特性、路侧环境等因素提出横向干扰度指标,结合 36 处具有不同道路特征、交通特性和路侧环境的典型路段现场调查资料,分析交通事故数、横向干扰度和 85% 位车速的关联性。结果表明交通事故数和横向干扰度对 85% 位车速的影响都较显著,且横向干扰度越高,交通事故数越大。构建以交通事故数和横向干扰度为自变量的多

表3 回归分析结果

项目	计算值
R	0.860
R^2	0.739
调整 R^2	0.723
标准估计误差	11.023 1
德宾-瓦特逊检验	1.073

表4 方差分析结果

参数	平方和	自由度	均值平方	分布的统计量 F	p 值
回归	11 335.10	2	5 667.550	46.643	0.00
残差	4 009.77	33	121.508		
总计	15 344.87	35			

由表 2 可知:交通事故数、横向干扰度和 85% 位车速 3 个变量之间呈较强的相关性 ($|r| > 0.6$, $p < 0.05$),故将交通事故数、横向干扰度作为自变量纳入该模型中具有较好的合理性。

由表 3 可知: R 的取值范围为 (0, 1),且达到 0.86,证明线性回归关系密切; R^2 为 0.739,表明所建立的回归模型效果优良;调整 R^2 为 0.723,符合小于

元线性回归模型,从事故数和交通运行环境方面对路段 85% 位车速进行预测。模型拟合效果较好,可为今后路段限速值的合理确定提供参考。

参考文献:

- [1] 张春笋,吴进良.基于运行速度的路线设计方法[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2008,27(4):552-554.
- [2] 程国柱,裴玉龙.高速公路 85% 位车速特征分析及车速限制建议[J].公路工程,2008,33(1):62-66.
- [3] 石红星,董月振.道路限速指标的确定[J].市政技术,2014,32(1):17-19.
- [4] OTTESEN J L, KRAMMES R A. Speed-profile model for a design-consistence evaluation procedure in the United States [J]. Transportation Research Record, 2000, 1701:7685

(下转第 42 页)

- road safety barriers[J]. Engineering Failure Analysis, 2006, 14(8): 1711—1718.
- [5] 闫书明, 陈冠雄, 刘航. 几种改进的波形梁护栏的碰撞分析[J]. 公路工程, 2016, 41(1): 167—171+201.
- [6] FALLER R K, POLIVKA K A, KUIPERS B D, et al. Midwest guardrail system for standard and special applications[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2004, 1890(1): 19—33.
- [7] 交通部公路司, 中国工程建设标准化协会公路工程委员会. 公路工程技术标准: JTG B01—2003[S]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [8] 北京深华达交通工程检测有限公司. 公路护栏安全性评价标准: JTG B05—01—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
- [9] 交通运输部公路科学研究院. 公路交通安全设施设计细则: JTG/T D81—2017[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.
- [10] 张晓晴, 黄小清, 汤立群. 高速公路护栏的冲击动力学分析有限元模型[J]. 计算机仿真, 2007(3): 266—269.
- [11] 肖盈, 邵永刚, 白书锋. 公路波形梁护栏建模技术的探讨和研究[J]. 特种结构, 2010, 27(5): 77—80+87.
- [12] 伊政. 高速公路波形梁护栏碰撞仿真研究及其优化[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.
- [13] 於弈铮, 王银辉, 罗征. 冲击荷载下预制装配式护栏的防撞性能分析[J]. 公路与汽运, 2020(1): 40—45.
- [14] 赵庆云, 吴军鹏, 刘康, 等. 桥梁砼护栏直立式接高改造设计与碰撞分析[J]. 公路与汽运, 2020(1): 46—51.
- [15] 赵建, 雷正保, 王素娟. 高速公路跨线桥 SS 级防撞护栏优化设计[J]. 公路交通科技, 2011, 28(9): 142—146+158.
- [16] 李志锋, 邵永刚, 张颖, 等. 高速公路波形梁护栏改造方案研究[C]//中国汽车工程学会. 2006 中国汽车安全技术国际学术会议暨中国汽车工程学会第九届汽车安全技术年会论文集. 北京: 中国汽车工程学会, 2006: 335—339.
- [17] 莫劲翔. 汽车碰撞动力学响应分析及波形梁护栏防护性能的改进研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2003.

收稿日期: 2020—10—20

(上接第 28 页)

- [8] WANG Shuaian, QU Xiaobo. Rural bus route design problem: Model development and case studies[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2015, 19(6): 1892—1896.
- [9] 姚志刚, 翟奎, 刘松. 基于熵值加权逼近理想排序技术的城乡公交线网结构比较研究[J]. 交通运输研究, 2017, 3(4): 30—34.
- [10] BOARD T. Transit capacity and quality of service manual[M]. 2nd ed. Orlando: Kittelson and Associates Inc, 2013: 12—28.
- [11] 胡超芳. 基于决策者满意度的多目标模糊优化算法研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [12] 徐茜, 俞礼军. 基于“多站点”的城市常规公交线网优化设计[J]. 公路与汽运, 2016(4): 32—35.
- [13] 杨凯华. 城乡三级公交网络中镇村级线网布设方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.

收稿日期: 2020—08—09

(上接第 36 页)

- [5] FITZPATRICK K, BLASCHKE J D, Shamburger C B, et al. Compatibility of design speed, operating speed, and posted speed[R]. Texas Transportation Institute, College Station, Texas, 1995: 55—61.
- [6] Gibreel G M, Easa S M, El-Dimeery A L. Prediction of operation speed on three-dimensional highway alignment[J]. Journal of Transportation Engineering, 2001, 127(1): 21—3010.
- [7] 杨俊, 孙静怡. 分车道限速相关问题研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(15): 3780—3782.
- [8] 陆建, 孙祥龙, 戴越. 普通公路车速分布特性的回归分析[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2012, 42(2): 374—377.
- [9] 程国柱. 高速道路车速限制方法研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.
- [10] 郭英. 公路车辆行驶速度与事故关系模型研究[D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [11] 全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会. 道路交通标志和标线 第 5 部分: 限制速度: GB 5768.5—2017[S]. 北京: 全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会, 2017.
- [12] 马筱标, 樊博. 降雨对山区高速公路运行车速的影响研究[J]. 公路与汽运, 2020(5): 33—36.
- [13] 何磊, 邱建栋, 刘恒. 基于突变理论的交通速度预测方法研究[J]. 公路与汽运, 2018(4): 11—13.
- [14] 贺成林. 横向干扰对车速和行车轨迹影响研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2017.
- [15] 傅岳隆. 考虑三维线形的双车道公路运行车速预测模型[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2014.

收稿日期: 2020—09—14