

二级干线公路限速区的限速取值方法

王华荣^{1,2},高月娥³,聂百胜²,孙综国¹

(1. 中国交通运输协会,北京 100825; 2. 中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院,北京 100083;
3. 哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院,黑龙江 哈尔滨 150190)

摘要:为使二级干线公路限速区的限速取值有据可依,在合理限速所需满足几点假设条件的基础上,选取符合条件的路段采集其交通流、道路、环境特征等相关参数。针对不同路段类型速度样本存在显著差异的情况,构建路段类型虚拟变量,考查其对限速值的影响。分别采用多元线性回归与线性 Panel Data 回归方法建立二级干线公路限速区的限速取值模型。对这 2 种限速取值方法从统计指标、限速影响因素等方面进行对比,得出多元线性回归优于 Panel Data 回归模型,并应用实例对多元线性回归模型的有效性进行了验证。研究结果表明:二级干线公路限速区限速取值的主要影响因素有运行速度、地形、路基宽、出入口密度、大型车比例、是否处于小半径弯坡段等,其中运行速度对限速区限速取值的影响程度最大;研究成果量化了各因素对二级干线公路限速区限速取值的影响程度,为解决速度限制相关问题提供了一种新的尝试。

关键词:交通工程;二级干线公路;限速区;多元线性回归限速模型;Panel Data 限速模型

中图分类号:U491

文献标志码:A

Speed limit model for second-class arterial highway speed zone

WANG Hua-rong^{1,2}, GAO Yue-e³, NIE Bai-sheng², SUN Zong-guo¹

(1. China Communications and Transportation Association, Beijing 100825, China; 2. School of Resources & Safety Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China;
3. School of Transportation and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150190, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to determine speed limits of second-class arterial highway, parameter such as traffic flow, roadway and environment characteristics were collected at segments which met reasonable speed limit assumptions. In view of significant differences among speed samples of various roadway segment types, dummy variables were established to reflect their influences on speed limit value. Multi-linear regression speed limit model and panel data speed limit model of second-class arterial highway were established respectively. On comparing these two models in aspects of statistical indicators and speed limit influencing factors, it could be concluded that multi-linear regression method could obtain better effect than panel data regression method. The results show that operating speed, terrain, subgrade width, the density of entrances and exits, large vehicle ratio, and roadway segments with small radius and large slope are main influencing factors of second-class arterial highway speed limit for speed zone, and operating speed is the decisive factor. The results quantify the effect of influencing factors on second-class arterial highway speed zone,

which provides a new attempt for solving speed limit problem. 6 tabs, 14 refs.

Key words: traffic engineering; second-class arterial highway; speed zone; multi-linear regression speed limits model; Panel Data speed limits model

0 引 言

限速作为速度管理的一种主要手段,在降低事故风险、提高行车安全性等方面发挥着不可或缺的作用。目前,美国将限速分为法定限速与限速区限速 2 种形式,法定限速值一般根据道路等级或类型予以确定,限速区的限速值则结合其所在路段的线形条件、交通流组成特点、路侧环境、气候条件、交通事故分布情况等因素综合确定^[1]。国外确定限速值所用的方法主要有最优限速法、工程研究法、专家系统法等^[2];中国关于公路速度限制最新的研究成果中,限速值的确定则主要通过基本限速值基础上结合实际道路交通环境进行相应折减或在设计速度基础上折减得到^[3]。此外,哈尔滨工业大学的程国柱博士应用最优化理论对高速道路的速度限制方法进行研究,提出了高速公路和城市快速路最高、最低限速值的取值方法^[4]。中国研究成果中限速值的确定主要在设计速度基础上调整得到,而设计速度是公路最不利道路条件处的最大允许行车速度,是设计要素的最低指标,它忽略了前后线形取值的一致性和均衡性,与车辆的实际行驶特性不符,由此制定的限速值往往偏于保守,不适合将其作为整条道路或局部路段的速度限制标准。因此,有必要根据每条道路的实际情况来确定其限速方式与限速值。据交通运输部综合规划司发布的 2011 年统计资料,高速公路占公路总通车里程的比例为 2.1%,二级公路为 7.8%^[5],且二级干线公路发挥重要通达作用,而目前对二级公路限速关注较少。为此,本文对二级干线公路限速取值进行研究,为相关速度管理部门提供决策依据。

中国公路行业现行相关标准与规范(2003 版《公路工程技术标准》、2006 版《公路路线设计规范》)中将二级公路划分为干线公路、集散公路 2 种,规定干线公路应选择较高的设计速度,按交通组成情况确定相应的横断面型式,注重平面交叉设计和设置交通安全设施,以保证较高运行速度时的行车安全性,其平面交叉的间距不小于 500 m。可见,二级干线公路具有平面交叉口密度低,行车环境相对

安全,纵横向干扰少等特点。已往的研究表明,如果某路段的限速取值合理,则其很容易被大多数驾驶人所遵守,从而使该路段上车辆的行驶速度趋于一致,降低速度离散程度,提高行车安全性^[6]。同时,结合合理限速与运行速度等因素之间所存在的逻辑关系^[7],不难得出若某一路段的限速设置合理,则其应满足以下几个条件:①该路段具有较高的安全水平;②限速与运行速度之间存在相关关系;③限速是运行速度、交通流条件、道路特征、路侧干扰等因素的综合反映。

本文按以上 3 个条件选取调研地点,应用多元线性回归与线性 Panel Data 回归方法分别建立限速模型,对这 2 种模型从统计指标和影响因素两方面进行比较,选择较优的模型作为二级干线公路限速取值的推荐方法。

1 样本概况

表 1 给出了二级干线公路 106 个观测断面所有变量的一些基本特征,其中地形、路面类型、路侧干扰、出入口密度的取值及含义见下页表 2。

表 1 二级干线公路样本路段数据特征描述
Tab. 1 Descriptive statistics for second
-class arterial highway samples

数据项	均值	标准差	最小值	最大值
地形	1.580	0.79	1.00	3.00
限速/(km·h ⁻¹)	59.620	12.64	40.00	80.00
车道宽/m	3.690	0.33	3.30	4.80
行车道宽/m	7.390	0.66	6.60	9.60
硬路肩宽/m	0.830	0.40	0.00	1.50
土路肩宽/m	0.710	0.41	0.00	1.50
路基宽/m	10.380	1.39	8.00	14.80
纵坡/%	0.000	3.26	-6.30	6.30
曲线半径/m	630.125	335.80	150.00	1200.00
曲线转角/(°)	15.050	21.73	0.00	71.43
路面类型	0.910	0.29	0.00	1.00
路侧干扰/%	17.910	12.31	0.30	50.12
出入口密度/(个·km ⁻¹)	3.330	1.67	0.00	6.00
慢行车辆比例/%	25.330	8.34	6.57	54.46
平均速度/(km·h ⁻¹)	59.040	9.33	39.77	90.56
速度标准差/(km·h ⁻¹)	18.680	3.53	9.50	27.09
85%位速度/(km·h ⁻¹)	79.200	11.23	56.40	115.30

表 2 二级干线公路部分数据项的取值含义

Tab. 2 Meaning of some variables of second-class arterial highway

数据项	取值	含义
地形	1, 2, 3	1 微丘; 2 平原; 3 山区
路面类型	0, 1	0 刚性路面; 1 柔性路面
路侧干扰		慢行车辆比例(轴距<1.7 m 的机动车)
出入口密度		每公里内存在的出入口个数(包括交叉口及车流运行方向右侧供机动车自由驶进驶出的道路开口)

结合表 1、表 2 可知,二级干线公路样本所在地形包括山区、平原、微丘 3 种;路基宽度变化范围较大,从最小的 8 m 到 14.8 m;纵坡坡度及平曲线半径的分布范围均较大,具体而言,样本中包含了小半径平曲线路段 10 个、小半径弯坡段 24 个、陡坡路段 38 个、平直路段 34 个;大型车分布均值为 25.33%,其分布范围为 47.89%;各观测断面平均速度、85%位速度均值的分布范围(即最大值与最小值之间的差值)较大,由平均速度的 50.79 km/h 增加到 85%位速度时的 58.8 km/h,均大于国外同类型道路上平均速度与 85%位速度均值的分布范围(分别为 35.4 km/h、37 km/h)^[8],这充分说明中国的车速分布情况与国外存在很大差异,不能完全套用国外的速度管理经验。

2 多元线性回归限速模型的建立

在对二级干线公路运行速度与其影响因素的简单回归分析中发现,某些影响因素与运行速度存在显著的线性相关关系^[9],但这种单因素分析的方法难以反映这些因素对运行速度或限速的综合作用。多元线性回归分析方法能够同时考虑多种因素共同作用下对某一对象所构成的综合作用效果,因此首先采用多元线性回归的方法来探寻运行速度(85%位速度)、出入口密度、大型车比例等因素对限速的量化影响关系。

2.1 路段类型变量的构造

本文所收集到的二级干线公路数据样本较多,其观测断面所属路段类型涵盖了 4 种路段类型(R 为半径; i 为坡度):平直路段($R>600\text{ m}$ 且 $|i|<2\%$)、小半径平曲线段($R\leq 600\text{ m}$ 且 $|i|<2\%$)、小半径弯坡段($R\leq 600\text{ m}$ 且 $|i|\geq 2\%$)、陡坡段($R>600\text{ m}$ 且 $|i|\geq 2\%$)(路段类型划分依据参见文献

[10])。在此,构造一个用于表征路段类型的类别变量 C_j ,其下标 j 取不同值时对应不同的路段类型,具体为

$$j = \begin{cases} 1, \text{平直路段} \\ 2, \text{小半径平曲线段} \\ 3, \text{小半径弯坡段} \\ 4, \text{陡坡段。} \end{cases} \quad (1)$$

将此变量也作为限速回归模型中的自变量,在代入模型进行分析前,需要先将其处理成虚拟变量。虚拟变量的处理方法见文献[11]。

2.2 模型建立

2.2.1 模型变量选择及含义说明

以二级干线公路的限制速度(后文中简记为 S)作为因变量,以运行速度(V_{85})、纵坡(G)、出入口密度(I)、车道宽(L_w)、行车道宽(R_w)、硬路肩宽(Y_w)、土路肩宽(E)、路基宽(S_B)等横断面要素,平曲线半径(R_H)、曲线转角(D_C)、慢行车辆比例 M 、(轴距小于 1.7 m 的车辆在交通量中所占百分比)、是否处于缓和曲线段的 0-1 变量(A)、路面类型(P)、地形(T_j)、路段类型(C_j)等作为初选变量,应用 Stata 软件相关模块进行多元线性回归^[8],同时去掉模型中存在多重共线性的变量,运用逐步回归法得到的最优回归结果如下页表 3 所示^[3]。表中 P 值所在列为双尾检验所得统计值,当 $P\leq 0.05$ 时,认为所对应的自变量对因变量的影响不容忽视。可知,表 3 中所有自变量和常数项(_cons)在模型中均有意义。“Beta”所在列为标准化之后的回归系数值,用以比较模型内各自变量对因变量的相对影响程度。例如,运行速度变量所对应的 Beta 绝对值为 1.331,是所有自变量 Beta 绝对值里面的最大值,这说明对于二级干线公路而言,运行速度对限速值的影响程度最大。表 3 中最后一行中的 $P_r>F$ 为所建模型的检验结果,当其值小于 0.05 时,表示模型在统计意义上是显著的。

对表 3 中的几个虚拟变量(0-1 变量)详细说明如下: P 值取 0 时,为刚性路面,取 1 时为柔性路面; T_j 的下标值为 1、2、3,分别代表地形为微丘、平原、山区, T_j 值为 1 时,表示所属路段类型对限速有影响; G_j 中的下标值为 1~4,分别代表平直路段、小半

表 3 二级干线公路限速的多元线性最优回归结果

Tab.3 Optimum results of multi-linear regression for second-class arterial highway

变量名	回归系数	标准差	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	Beta 值
<i>V</i> ₈₅	1.126 825	0.060 988	18.48	0.000	1.331 466
<i>G</i>	0.305 435	0.157 666	1.94	0.026	0.078 837
<i>I</i>	3.521 325	0.672 244	5.24	0.000	0.464 006
<i>E</i>	−11.020 500	3.149 423	−3.50	0.001	−0.357 770
<i>R</i> _w	−4.635 610	1.742 152	−2.66	0.009	−0.243 520
<i>S</i> _B	4.322 495	0.801 832	5.39	0.000	0.476 704
<i>H</i>	−0.000 360	0.000 138	−2.62	0.010	−0.134 040
<i>M</i>	0.604 869	0.110 828	5.46	0.000	0.399 010
<i>P</i>	−18.113 600	4.865 857	−3.72	0.000	−0.420 750
<i>T</i> ₁	9.971 000	3.452 000	2.89	0.005	0.388 000
<i>T</i> ₂	19.634 510	2.867 696	6.85	0.000	0.632 789
<i>C</i> ₃	−3.509 670	1.638 000	−2.14	0.035	−0.116 730
常数项	−45.864 000	15.814 890	−2.90	0.005	
<i>P_r</i> > <i>F</i> = 0.0000; 判定系数 <i>R</i> ² = 0.876					

径曲线段、小半径弯坡段、陡坡段, *G_j* 取 1 时, 表示所属路段类型对限速有影响(*P_r* 为模型总的检验统计值)。

2.2.2 模型表达式

表 3 中的回归结果可表示为如式(2)的形式。

$$S=1.127V_{85}+0.305G+3.52I-11.02E-4.636R_w+4.322S_B-0.000\ 36R_H-18.114P+0.605M+9.971T_1+19.635T_2-3.51C_3-45.864 \tag{2}$$

3 Panel Data 限速模型

鉴于以往仅以 85% 位速度作为限速主要依据的缺陷^[12], 基于前述合理限速与运行速度、道路特征等约束条件之间存在的逻辑关系, 根据百分位速度与其他限速影响因素所构成变量的数据结构与 Panel Data 结构的相似性^[8], 引入 Panel Data 相关建模方法来构建限速与百分位速度等影响因素之间的数学模型。

3.1 Panel Data 限速模型的构建

以限速作为因变量, 将 50%, 55%, …, 95% 位等百分位速度、道路线形特征、交通组成、路侧干扰等因素作为自变量, 建立如下所示的 Panel Data 限速模型:

$$S_{it}=\alpha_0+\alpha_1t_1+\alpha_2t_2+\cdots\alpha_{10}t_{10}+x_{it}\beta+\sum_{it} \tag{3}$$

式中: *t*₁~*t*₁₀ 分别为针对 50%、55%、…、95% 位速度所构成时点所建立的虚拟变量; *S_{it}* 为观测断面 *i* 在第 *t* 个时点的实际限速值(在此, 对于某一限速区, 其各时点的限速值相同, 不随百分位速度的变化而变化, 为一固定值); *α*₀ 为模型常数项; *α*₁~*α*₁₀ 是 *t*₁~*t*₁₀ 这 10 个虚拟变量所对应的模型回归系数; *x_{it}* 为模型中各自变量所组成的 1×*k* 维向量; *β* 为 *k*×1 维系数向量; *Σ_{it}* 为模型的随机误差项; *t*、*i* 分别表示 Panel Data 的第 *t* 个时点(百分位速度值所在截面)和第 *i* 个观测断面。

对二级干线公路构造如式(3)所示的 Panel Data 限速模型, 应用相关求解方法计算模型中各变量的回归系数与常数项的估计值。

3.2 模型求解

对线性 Panel Data 模型的求解过程如下^[13]。

3.2.1 建立时点固定效应模型

采用最小二乘法(LSDV 法)对时点固定效应模型进行求解。然后, 应用逐步回归法计算时点固定效应模型最优回归结果的参数估计值, 得到时点固定效应限速模型的影响因素变量及各变量对限速的影响程度量化指标。

3.2.2 *F* 检验

前面所建立的模型进行 *F* 检验, 若 *P_r* > *F* > 0.05, 则表明混合模型优于固定效应模型, 采用 OLS 法进行混合模型的参数估计, 此时混合模型即为最优的 Panel Data 限速模型; 若 *P_r* > *F* 之值小于等于 0.05, 则表明时点固定效应模型优于混合模型, 接下来还需对时点固定效应模型与时点随机效应模型应用 Hausman 检验进行取舍。

3.2.3 Hausman 检验

首先建立时点随机效应模型。其具体方法是: 以前面得到的最优时点固定效应模型中所有自变量作为时点随机效应模型回归计算中的自变量, 以限速为因变量, 采用可行广义最小二乘法(FGLS 法)计算模型中各项参数估计值。然后, 运用 Hausman 检验判定时点固定效应模型与时点随机效应模型的取舍: 若模型的卡方检验结果大于 0.05, 则表明时点随机效应模型优于时点固定效应模型; 若模型的

卡方检验结果之值小于等于 0.05,则表明时点固定效应模型优于时点随机效应模型。

应用以上几个步骤求解二级干线公路的线性 Panel Data 模型,经比选后最终得出对于二级干线公路而言,其最优的线性 Panel Data 模型形式为时点固定效应模型,模型中各参数的回归结果如表 4 所示。

表 4 二级干线公路时点固定效应模型的最优回归分析结果
Tab. 4 Optimum results of fixed-time effect model of second-class arterial highway

变量名	回归系数	标准差	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
<i>t</i> ₁	31.206 970	1.020 762	30.57	0.000
<i>t</i> ₂	28.846 960	0.983 244	29.34	0.000
<i>t</i> ₃	26.385 850	0.945 901	27.89	0.000
<i>t</i> ₄	23.743 580	0.908 037	26.15	0.000
<i>t</i> ₅	21.165 650	0.873 599	24.23	0.000
<i>t</i> ₆	18.255 850	0.838 083	21.78	0.000
<i>t</i> ₇	15.024 360	0.803 360	18.70	0.000
<i>t</i> ₈	11.289 380	0.770 261	14.66	0.000
<i>t</i> ₉	6.841 962	0.742 001	9.22	0.000
<i>V_{it}</i>	0.981 258	0.022 590	43.44	0.000
<i>I</i>	2.759 139	0.236 499	11.67	0.000
<i>G</i>	0.397 456	0.056 096	7.09	0.000
<i>R_W</i>	3.917 170	1.056 810	3.71	0.000
<i>E</i>	−6.918 880	1.211 371	−5.71	0.000
<i>D_W</i>	−2.935 600	0.68 3901	−4.29	0.000
<i>S_B</i>	3.525 916	0.385 449	9.15	0.000
<i>D_C</i>	0.027 154	0.011 730	2.31	0.021
<i>M</i>	0.357 527	0.038 389	9.31	0.000
<i>P</i>	−9.554 740	1.714 918	−5.57	0.000
<i>T</i> ₁	−8.622 320	0.898 007	−9.60	0.000
<i>T</i> ₃	−14.719 700	1.008 976	−14.59	0.000
<i>A</i>	1.395 091	0.487 617	2.86	0.004
<i>C</i> ₃	−2.248 900	0.682 599	−3.29	0.001
<i>C</i> ₄	−1.119 630	0.522 423	−2.14	0.032
常数项	−39.929 400	5.519 030	−7.23	0.000

$P_r>F=0.0000;R^2=0.8282$

为更直观地表达各变量间关系,将表 4 写成式(4)所示的模型形式,该模型即为二级干线公路的最优 Panel Data 限速模型。

$$S=0.981V_{it}+2.759I+0.397G+3.917R_s-6.919E-2.936R_w+3.526S_B+0.027D_C+0.357M-9.555P-8.622T_1-14.72T_3+1.395A-2.249C_3-1.120C_4+(t_i-39.929)$$

式中: V_{it} 为百分位速度,可以是 50%~90%(以 5%递增)位速度中的任一种。

式(4)表示对于同一限速区,其限速值可以由该区内 50%~90%位速度中任何一个百分位速度计算得到。举例来说,若以 80%位速度来计算某限速区的限速值,由表 4 可知 80%位速度(V_{80})所对应虚拟变量 t_7 的回归系数为 15.024,从而式(4)中的常数项即为 $t_7-39.929=-24.905$,从而式(4)可写成的形式为

$$S=0.981V_{80}+2.759I+0.39G+3.917R_w-6.919E-2.936D_w+3.526S_B+0.027D_C+0.357M-9.555P-8.622T_1-14.72T_3+1.395A-2.249C_3-1.120C_4-24.905$$

由表 4 可以看出,采用线性 Panel Data 回归方法所得的限速模型中,百分位速度、地形、路面类型、出入口密度、路基宽度、道路纵坡、平曲线转角、大型车比例、是否处于缓和曲线以及路段类型(小半径弯坡段和陡坡段对限速有影响)等因素均对限速区的限速取值产生影响。

4 二级干线公路限速模型的择优选取

为使二级干线公路限速区限速的取值更为合理,下面分别从统计指标、限速模型中所涉及到的影响因素这两方面对前面 2 种限速建模方式进行对比。

4.1 统计指标对比

表 5 列出了分别以多元线性回归法与 Panel Data 相关方法所得出限速模型的判定系数 R^2 和 AIC 统计值。对于这 2 个指标而言, R^2 越大,表明模型预测精度越高;AIC 值越小,表明模型拟合程度越好^[14]。从表 5 可知,从统计指标角度衡量,采用多元线性回归方法所建立的限速模型要优于 Panel Data 线性回归方法所建立的限速模型。

表 5 2 种建模方式的统计指标对比
Tab. 5 Comparison of statistical criteria for two model building methods

对比指标	多元线性回归模型	Panel Data 线性回归模型
R^2	0.876	0.828
AIC 值	6.062	6.189

4.2 限速影响因素的对比

下页表 6 对这 2 种建模方式所得出的限速影响

因素予以对比。可以看出,采用 Panel Data 线性回归方法所得出的二级干线公路限速影响因素多达 10 项,远高于多元线性回归模型所得到的 6 项影响因素。对照表 4 可知,Panel Data 线性回归模型所得影响因素中的平曲线转角、道路纵坡的回归系数相对较小(分别为 0.027 和 0.397),因此对限速值的变化构不成太大影响。因此,Panel Data 线性回归方法所得限速模型虽然具备考虑因素较为全面的优点,但同时也存在计算繁琐,不易于在实际工程中得到广泛应用的缺点。考虑到限速取值方法的实用性,在此推荐采用多元线性回归方法。

表 6 限速的影响因素对比
Tab. 6 Comparison of speed limit factors

建模方式	影响因素
多元线性回归模型	运行速度、地形、路基宽、出入口密度、慢行车辆比例、路段类型
Panel Data 线性回归模型	百分位速度、地形、路面类型、出入口密度、路基宽、道路纵坡、平曲线转角、慢行车辆比例、是否处于缓和曲线、路段类型

4.3 二级干线公路限速模型的选取

根据前面 2 种建模方式在统计指标与限速影响因素这两方面的对比分析结果,结合工程实际应用过程中对模型要求简便易行的宗旨,对二级干线公路限速区的限速取值计算选取多元线性回归限速模型,即如式(2)所示的模型计算式。这主要是从统计指标对比结果和应用中简便易行 2 个方面权衡得出的结论。

5 模型应用

本文中限速模型的建立一方面是为了找出限速的影响因素,另一方面则是为了能够应用于工程实践,对中国二级干线公路限速区的限速取值提供决策依据。在得出适合中国二级干线公路限速区限速取值计算模型的基础上,下面对该模型如何在实际工程中具体应用予以说明。

5.1 应用实例

为验证本文所得限速模型在实际工程中的有效性,就其他二级干线公路的相似路段各选取 1 个观测断面,并收集其交通流特征、道路特征、路侧干扰等要素的取值情况为:纵坡为 1.7%,路基宽为 11.4

m,硬路肩宽为 3 m,土路肩宽为 1.2 m,出入口密度为 1 个/km,平曲线半径为 800 m,刚性路面,大型车比例为 6.569%,路侧干扰程度为 6.1%,地形为微丘,经实测得到的 85%位速度为 108.9 km/h,所在断面实际限速值为 80 km/h。

将以上各项已知条件代入式(2)中相应的限速模型进行限速值计算,得到的限速计算值为 79.3 km/h,在应用中对其个位数四舍五入取整到最近的整十位数,即 80 km/h。模型误差采用式(5)。由此公式计算得到的二级干线公路限速模型误差为 0.875%,小于 5%,精度较高,能够满足实际应用需要。

$$M_E = \left| \frac{S_R - S_C}{S_R} \right| \times 100\%$$

(5)

式中: M_E 为模型误差; S_R 为实际限速值; S_C 为限速计算值。

5.2 实际应用中的注意事项

受数据样本范围所限,本文中所得出的二级干线公路可用于平直段、小半径弯坡段、小半径平曲线段、陡坡段的限速计算。而且,因本文中所建立的模型均属于回归分析的方法,因此只适用于样本所覆盖的数据范围:限速范围为 40~80 km/h,对于超出样本范围的数据,应用本文方法计算限速时需慎重。

对比文献[7]可知,当样本数量较少时,应用 Panel Data 方法比多元线性回归方法所建立的模型更为有效;但当样本数量较多时(如本文中二级干线公路的观测断面数多达 106 个),采用多元线性回归的建模方法就能满足实际应用需求。

6 结 语

(1)采用大量实测数据与数学建模相结合的方法,分别建立了中国二级干线公路限速区速度限制取值的多元线性回归与 Panel Data 线性回归计算模型。在对这 2 种建模方式进行对比分析之后,选择多元线性回归限速模型作为中国二级干线公路限速区的限速取值计算依据,应用实例对其实用性与有效性进行了验证,同时指出本文中所建立模型在实际应用时需要注意的几个事项。

(2)为保障出行安全,在某些重要交叉口或事故

多发路段辅以速度控制设施也是必要的。由此,限速标志如何与众多的速度控制技术有效结合来进行速度管理,将是治理由超速所引起诸多负面效应的重要途径之一,也是研究速度相关问题的发展方向。

参考文献:

References:

- [1] 王华荣. 美国限速制定方法及启示[J]. 城市交通. 2008,6(5):81.
WANG Hua-rong. The establishment of speed limits in U S and its Implications for China[J]. Urban Transport of China, 2008,6(5):81. (in Chinese)
- [2] Transportation Research Board. Special Report 254: managing speed-review of current practice for setting and enforcing speed limits [M]. Washington DC: Transportation Research Board, 1998.
- [3] 北京工业大学. 公路速度限制与速度控制技术指南[R]. 北京:北京工业大学, 2010.
Beijing University of Technology. Guide for highway speed limits and speed control technology [R]. Beijing: Beijing University of Tehnology, 2010. (in Chinese)
- [4] 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.
CHENG Guo-zhu. Research on the method of setting speed limits on freeway and urban expressway[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2007. (in Chinese)
- [5] 交通运输部综合规划司. 全国交通简明统计资料[M]. 北京:交通运输部综合规划司, 2011.
Comprehensive Planning Division of Ministry of Transport. Brief statistics of national transportation [M]. Beijing: Comprehensive Planning Division of Ministry of Transport, 2011. (in Chinese)
- [6] Park J. Modeling of setting speed limits on urban and suburban roadways [D]. Tampa: University of South Florida, 2003.
- [7] 王华荣. 一级干线公路的 Panel Data 限速模型[J]. 公路交通科技, 2012,29(4):114-119.
WANG Hua-rong. Panel data speed limit model for first-class arterial highway[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development. 2012, 29(4):114-119. (in Chinese)
- [8] Alberto M, Figueroa M, Andrew P T. Reconciling speed limits with design speeds[R]. Washington D C: Transportation Research Board, 2004.
- [9] 王华荣. 一、二级干线公路的速度限制决策方法研究[D]. 北京:北京工业大学, 2011.
WANG Hua-rong. Seed Limits decision methods for first and second class arterial highway [D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2011. (in Chinese)
- [10] 西部地区公路运行速度特征与应用模型的研究-总报告[R]. 北京:交通运输部公路科学研究院, 2010.
Study on western area highway speed characteristics and application of the models- general report[R]. Beijing: Research Institute of Highway Ministry of Transport, 2010. (in Chinese)
- [11] 薛毅, 陈立萍. 统计建模与 R 软件:下册[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.
XUE Yi, CHEN Li-ping. Statistical modeling and R (the last of two volumes) [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007. (in Chinese)
- [12] 伍德里奇 J M. 计量经济学导论:现代观点[M]. 费剑平, 林相森, 译. 北京:中国人民大学出版社, 2007.
Woodridge J M. Introductory to Econometrics: a modern view [M]. Translated by Fei Jian-ping, Lin Xiang-sen. Beijing: Renmin University of China Press, 2007. (in Chinese)
- [13] 任燕燕. 平行数据模型及其在经济分析中的应用[M]. 北京:经济科学出版社, 2006.
REN Yan-yan. Panel data model and its application in economic analysis [M]. Beijing: Economic Science Press, 2006. (in Chinese)
- [14] 钟连德. 高速公路事故预测模型研究[D]. 北京:北京工业大学, 2008.
ZHONG Lian-de. Research on traffic accident prediction on model for freeway [D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2008. (in Chinese)