

文章编号:1671-8879(2007)03-0031-03

参数自适应跟踪法预测高速公路路面使用性能

唐 娴^{1,2}, 戴经梁¹, 贾 倩³

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064;

2. 陕西交通职业技术学院 公路系, 陕西 西安 710021; 3. 山东交通学院 汽车工程系, 山东 济南 250023)

摘 要:为了准确预测高速公路路面使用性能,采用参数自适应跟踪法,按照自动计算出来的级比系数调整历年数据的权重,预测未来路面使用性能,并通过该方法对西安—三原某段路面的历史数据进行了研究和预测。结果表明:路面状况指数、路面行驶质量指数、路面强度系数和路面抗滑摆值的预测数据有较高的精度。该方法能够随着时间的推移和样本的扩大而自行修正模型的动态参数,使模型预测值不断逼近路面的实际观测值。

关键词:道路工程;路面工程;高速公路;路面使用性能;预测;参数自适应跟踪法

中图分类号:U414 **文献标志码:**A

Dynamic parameters self-adapting and self-tracking method to predict expressway pavement performance

TANG Xian^{1,2}, DAI Jing-liang¹, JIA Qian³

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shannxi, China; 2. Department of Highway, Shaanxi College of Communication Technology, Xi'an 710021, Shannxi, China; 3. Department of Automotive, Shandong Jiaotong University, Jinan 250023, Shandong, China)

Abstract: In our country the most of expressways had been built not long before. The historical data about the pavement performance of the expressways are very limited. This paper uses the dynamic parameters self-adapting and self-tracking method to predict the pavement performance through the weight factors of the historical data adjusted by the geometric progression that can be automatic computed, and analyzes the historical data of a expressway from Xi'an to Sanyan in Shaanxi province with this method. The results show that predicted data of pavement condition index, riding quality index, structure strength index and British pendulum number is much better precision. Furthermore, the model can modify the dynamic parameter with the lapse of time and the larger of swatch. So the predicted value can continually approach the real value of the pavement. 1 tab, 9 refs.

Key words: road engineering; pavement engineering; expressway; pavement performance; predict; self-adapting and self-tracking method

0 引 言

目前,在建立高速公路养护管理系统预测模型

时,由于中国高速公路大多新建不久,运营时间短,可用数据极为有限^[1-2],所以很难从有限的数据中得出准确的预测模型。因此,传统的需要大量历史数

收稿日期:2006-04-15

作者简介:唐 娴(1974-),男,陕西安康人,陕西交通职业技术学院讲师,长安大学博士研究生,E-mail:tangxian2000@163.com。

据的建模方法无法适用^[3]。

为此,本文介绍的参数自适应跟踪方法,是以最小二乘法为理论基础,以预测项目的客观发展趋势为依据确定预测函数形式,以参数自适应跟踪方法为手段确定预测模型的动态参数,并随着时间的推移和样本的扩大而自行修正模型的动态参数,使模型预测值与实际观测值达到最大程度的逼近。

1 预测原理

预测的函数模型为

$$y = f(u, a) \quad (1)$$

式中: y 为路面的各项使用性能; u 为路龄; a 为动态参数。

在参数自适应跟踪方法预测中,函数只能有一个动态参数。如果所选取的函数不止一个参数,就必须选取对函数值变化最为敏感的参数作为动态参数,其余参数设定为固定值^[4]。

根据前 n 年的实测路面使用性能资料($\tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \tilde{y}_3, \dots, \tilde{y}_n$) 和式(1),反算出前 n 年的各年“实测”的动态参数 $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \tilde{a}_3, \dots, \tilde{a}_n$ 。参数自适应跟踪预测方法的实质就是对函数值 y 的预测转换为对动态参数 a 的预测,根据前 n 年“实测”的动态参数 $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \tilde{a}_3, \dots, \tilde{a}_n$, 预测第 $n+1$ 年的动态参数 \hat{a}_{n+1} 。

对于 $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \tilde{a}_3, \dots, \tilde{a}_n$, 这些前 n 年的“实测”历史数据,它们对预测 \hat{a}_{n+1} 的“贡献”是不会相同的。离预测年第 $n+1$ 年越远的年份的数据对预测值的影响越小;离预测年第 $n+1$ 年越近的年份的数据对预测值的影响越大,也就是说越新的数据越能反映当前的路面情况。

采用级比平均法预测第 $n+1$ 年的动态参数 \hat{a}_{n+1} 为

$$\hat{a}_{n+1} = k_{n+1}\tilde{a}_n + k_{n+1}m\tilde{a}_{n-1} + \dots + k_{n+1}m^i\tilde{a}_{n-i} + \dots + k_{n+1}m^{n-1}\tilde{a}_1 \quad (2)$$

式中: k_{n+1} 为第 $n+1$ 年预测中的基比, $0 < k_{n+1} \leq 1$; m 为级比平均法预测中的共比, $0 < m < 1$ 。

在各项“实测值”前面均有一项级比系数 ($k_{n+1}m^i$), $\tilde{a}_n, \tilde{a}_{n-1}, \dots, \tilde{a}_1$ 分别是 $k_{n+1}, k_{n+1}m, \dots, k_{n+1}m^{n-1}$, 而 $k_{n+1} > k_{n+1}m > k_{n+1}m^{n-1}$, 且级比系数之和为

$$k_{n+1} + k_{n+1}m + \dots + k_{n+1}m^i + \dots + k_{n+1}m^{n-1} = \frac{\tilde{a}_n}{\tilde{a}_{n-1}} = M_n \quad (3)$$

其中, M_n 是第 n 年实测动态参数与第 $n-1$ 年实测动态参数的级比,它反映了实测动态参数的变化趋势。

第 $n-1$ 年预测中动态参数的级比系数之和等于 M_n ,也就是说假定第 $n-1$ 年动态参数的变化趋势与第 n 年的变化趋势相同。

通过对西安—三原、西安—临潼和西安—宝鸡高速公路的历史数据分析后,得出预测函数为^[5]

$$y = y_0 \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{\alpha}{t} \right)^\beta \right] \right\} \quad (4)$$

式中: y_0 为起始使用性能; t 为使用年限; α, β 均为模型参数。

式(4)反算出来的动态参数 a 呈现一个增长的趋势,在 α 取定值的情况下,路面使用年限前期, β 越小路面使用性能衰变越快, β 越大路面使用性能衰变越慢。对于高速公路路面,如果按照 β 的初始值进行衰变的话,使用性能的降低将在建成二三年后超出容许范围,养护部门只得投入大量的人力物力进行养护管理,减缓过快的衰变趋势,这就是 β 呈现增大趋势的原因^[6-7]。

共比 m 反映级比系数由大到小变化的快慢趋势,是一个可以根据实际情况调整的值。通过对西安—三原、西安—临潼线和西安—宝鸡高速公路数据分析,发现 m 为 0.6 时预测误差最小,所以推荐 $m = 0.6$ 。并代入式(2)和式(3)可得

$$\hat{a}_{n+1} = k_{n+1}(\tilde{a}_n + 0.6\tilde{a}_{n-1} + \dots + 0.6^i\tilde{a}_{n-i} + \dots + 0.6^{n-1}\tilde{a}_1) \quad (5)$$

$$k_{n+1} = \frac{1 - 0.6^n}{0.4} = \frac{\tilde{a}_n}{\tilde{a}_{n-1}} \quad (6)$$

再根据式(6)计算出第 $n+1$ 年预测的权重基 k_{n+1} , 根据式(5)计算出第 $n+1$ 年预测动态参数 \hat{a}_{n+1} , 最后利用式(1)计算出第 $n+1$ 年路面使用性能指数的预测值。

2 预测流程

已知初始回归模型: $y = f(u, \hat{a}_1)$

(1) 预测开始,将 u_1 代入模型,求得 \hat{y}_1 。

(2) 根据 y 的实测值 \tilde{y}_1 , 代入模型,反算出 \tilde{a}_1 , 用 \tilde{a}_1 代入式(5)来修正 \hat{a}_2 , 得: $\hat{a}_2 = k_2\tilde{a}_1$, 输入 u_2 , 代入模型,求得 \hat{y}_2 。

(3) 根据 y 的实测值 \tilde{y}_2 , 代入模型,反算出 \tilde{a}_2 ,

.....

(4) 最后可求出动态参数 a , 完成对预测模型动态参数的修正。

3 预测实例

为了验证参数自适应法预测高速公路路面使用

性能的准确性,采用西安—三原 K26+750~K27+750 段路面左半幅在 1992~1999 年的实测路用性能历史数据,如表 1 所示。然后采用参数自适应跟踪法进行预测^[8-9],预测数据也列于表 1 中。

表 1 参数自适应跟踪法预测数据与实测数据

年份	路面状况指数		路面行驶质量指数		路面强度系数		路面抗滑摆值	
	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值	实测值	预测值
1992	91.12		9.46		2.38		49	
1993	91.12	90.05	9.47	9.35	1.92	2.35	45	48.42
1994	90.27	91.12	9.25	9.36	1.92	1.75	41	40.04
1995	88.63	86.16	9.38	8.56	1.92	1.91	39	38.48
1996	86.25	86.77	9.32	9.42	2.00	1.87	54	37.58
1997	83.61	83.12	9.45	9.08	1.56	1.97	46	53.36
1998	87.85	79.86	9.42	9.43	1.92	1.63	49	41.36
1999	83.45	87.47	9.44	9.14	2.08	1.88	44	50.42

经计算表 1 中预测的路面状况指数、路面行驶质量指数、路面强度系数和路面抗滑摆值与实测数据的平均相对误差分别为 0.028 6、0.027 8、0.128 和 0.126,均满足预测要求,具有较高的预测精度。

4 结 语

- (1)以调查数据资料为依据确定预测的函数形式,以参数自适应跟踪法为手段确定预测模型的动态参数值的预测方法,其理论严密,概念明确,应用可靠,特别适用于新建道路路面。
- (2)参数自适应跟踪法可以随时间的推移和样本的扩大而自行修正模型动态参数,使路面管理系统预测模型向科学化、动态化发展。同时,该方法在其他领域的预测模型开发中也可得到广泛应用。

参考文献:

References:

[1] JTJ 073.2-2001,公路沥青路面养护技术规范[S].

[2] 董秀婷,邵丽婷. 沥青混凝土路面质量控制问题探讨[J]. 筑路机械与施工机械化,2006,23(5):23-25.
DONG Xiu-ting, SHAO Li-ting. Discussion on quality control of asphalt pavement [J]. Road Machinery & Construction Mechanization, 2006, 23 (5):23-25.

[3] 殷建军. 路面管理系统的预测和决策方法研究[D].

西安:长安大学,1991.

[4] 郑为中,史其信. 基于贝叶斯组合模型的短期交通量预测研究[J]. 中国公路学报,2005,18(1):85-89.
ZHENG Wei-zhong, SHI Qi-xin. Study of short-term freeway traffic flow prediction based on BAYESIAN combined model[J]. China Journal of Highway and Transport,2005,18(1):85-89.

[5] 杨宏志,许金良. 基于混和 Petri 网的公路仿真系统模型[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(4):40-44.
YANG Hong-zhi, XU Jin-liang. Model of highway simulation system based on hybrid Petri net [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2006,26(4):40-44.

[6] 马荣贵,宋宏勋,来旭光. 激光路面平整度检测系统[J]. 长安大学学报:自然科学版,2006,26(2):38-41.
MA Rong-gui, SONG Hong-xun, LAI Xu-guang. Pavement roughness measurement system based on laser displacement sensors[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition ,2006,26(2):38-41.

[7] 邹国平,邹 群,黄 铮. 基于 SDSS 的高速公路养护管理系统结构[J]. 交通运输工程学报,2006,6(3):47-50.
ZOU Guo-ping, ZOU Qun, HUANG Zheng. Architecture of expressway maintenance management system based on SDSS[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006,6(3): 47-50.

[8] 陈 斌,金炜东,高 利. 特殊过程下的车辆跟驰模型数值模拟分析[J]. 中国公路学报,2005,18(1):90-94.
CHEN Bin, JIN Wei-dong, GAO Li. Numerical simulation and analysis of car-following models on particular progress[J]. China Journal of Highway and Transport,2005,18(1):90-94.

[9] 曾凡奇,黄晓明. 超载对沥青路面的影响[J]. 交通运输工程学报,2004,4(3):8-10.
ZENG Fan-qi, HUANG Xiao-ming. Asphalt pavement stress under overloading [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004,4(3): 8-10.