

一种顾及多因素影响的公路客运量预测模型

张亮, 王伟

(上海市市政工程设计研究总院, 上海市 200092)

摘要:提出采用双线性模型预测公路客运量。预测模型包含时序自回归项、线性回归项和双线性项三部分。为了研究模型参数的时变特性,将公路客运量预测分为模型参数的预测和在此基础上的客运量预测,采用多层递阶方法计算模型的时变参数,然后进一步分析拟合参数的变化曲线,计算后续时段的参数预测值,并以此进行公路客运量预测。实例分析表明,双线性动态预测模型能很好地反映公路客运量的发展特性,具有较高的预测精度和实用价值。

关键词:公路客运量;双线性模型;时变参数;多层递阶

中图分类号:U491.14 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)05-0024-03

0 前言

公路客运量是反映公路运输业为国民经济和人民生活服务的重要指标。预测公路客运量及其变化规律,研究公路运输发展的规模和速度,可以合理编制和检查营运计划、配备运力,从而为交通行业提高经济效益提供可靠的依据。

目前适用于公路交通运输方面的预测方法主要有两大类:时间序列分析法和相关分析法。时间序列分析法直接从观测数据本身出发,认为公路客运量仅是时间的函数,采用合适的曲线方程对已知数据进行拟合,或者采用AR、ARMA等时间序列数学模型预测远景客运量。此类方法直观简便,且数据需求量少,但缺乏必要的理论基础,而且对于经济社会变化较快或者相关因素发生突变的某些时段,预测效果不佳。相关分析法有弹性系数法和一元及多元回归分析法等。此类分析法将客运量看成是某些相关因素的函数,宏观上把握了客运量发展的趋势,但它忽视了客运量自身的发展特性。以上两类方法一个普遍的局限性是,预测模型一旦建立,模型中的参数就保持恒定,这与实际情况不符,因此预测精度也难以得到保证。

基于上述分析,该文提出一种新的公路客运量预测模型,即时变双线性动态预测模型。双线性模型兼有时间序列法和相关分析法的优点,模型本身既包含了公路客运量观测值的自相关特性,又包含了其它重要的相关因素对客运量的影响,而时变参数则反映了不断变化的外界环境因素对客运量的综合效应。该文对时变参数的预测采用了多层递阶^[1]的方法。

1 双线性模型

对于一些复杂系统建立的线性模型在很多实际问题中是不可接受的,而非线性理论目前尚未完善,且计算量很大,现阶段采用的对非线性模型的线性化近似在许多实际问题中又严重偏离了非线性的实质,不利于对问题的分析和讨论。双线性系统是一类介于线性系统与非线性系统之间的特殊的非线性系统。即使系统本身是非线性的甚至是严重非线性的,但非线性系统的双线性化在精度上却优于非线性系统的线性化^[2]。

p 阶时序自回归模型(AR(p)模型),其形式为

$$y(k) = \alpha_1 y(k-1) + \alpha_2 y(k-2) + \cdots + \alpha_p y(k-p) + \varepsilon(k) \quad (1)$$

式中, y 为客运量观测值序列; $\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_p$ 为模型参数; $\varepsilon(k)$ 为白噪声序列; p 为模型阶次。线性回归模型的形式为

$$y(k) = \beta_1 z_1(k) + \beta_2 z_2(k) + \cdots + \beta_q z_q(k) \quad (2)$$

式中, $z_i(k)$ 为第 i 种相关因素的观测值, $i=1, 2, \cdots, q$ 为相关因素的数量; β_1 为待估的回归参数。

式(1)、(2)显示客运量预测值与已知客运量和相关因素变量之间是线性的情况。事实上,由于交通运输系统的复杂性,当公路客运量呈现出非线性变化趋势时,可将非线性系统表示成关于客运量和相关因素分别是线性的,而总体上又出现客运量与相关因素变量的乘积项——即双线性项,同时考虑参数的时变特性,从而建立如下双线性混合回归变形模型

$$y(k) = \sum_{i=1}^p \alpha_i(k) y(k-i) + \sum_{i=1}^q \beta_i(k) z_i(k) + \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^q \gamma_{ji}(k) y(k-j) z_i(k) + \varepsilon(k) \quad (3)$$

其中,历史观测值与第 t 期相关因素观测值的乘积项——双线性项描述它们对第 t 期客运量

收稿日期:2006-07-15

作者简介:张亮(1972-),男,江苏武进人,工程师,从事道路交通设计工作。

的联合影响,也即表示客运量的非线性变化趋势。 $\alpha_i(k)$ 、 $\beta_i(k)$ 和 $\gamma_{pi}(k)$ 分别表示自回归项、线性回归项和双线性项的时变参数,其余符号意义同上。上式不考虑相关因素的记忆叠加和滞后效应。

2 参数估计

多层递阶方法是以时变参数模型的辨识方法为基础的,首先为控制理论界所接受,在其它领域也逐渐得到应用^[3,4]。多层递阶方法在输入输出等阶的意义下,依据大量的历史观测资料进行预测模型的多层分析,由于其充分注意到参数可能的时变特性,因而更利于解决某些预测问题。

令

$$\psi(k)=[y(k-1), \dots, y(k-p), z_1(k), \dots, z_q(k), y(k-1)z_1(k), \dots, y(k-p)z_q(k)]^T \quad (4)$$

$$\theta(k)=[\alpha_1(k), \dots, \alpha_p(k), \beta_1(k), \dots, \beta_q(k), \gamma_{11}, \dots, \gamma_{pq}]^T \quad (5)$$

则模型式(3)可以表示为

$$y(k)=\psi(k)^T \theta(k)+\varepsilon(k) \quad (6)$$

采用参数随机化补偿法,把模型(6)中的白噪声参数 $\varepsilon(k)$ 化到模型的时变参数上去。为此令

$$\phi(k)=\theta(k)+\frac{1}{\|\psi(k)\|^2} \times \psi(k) \varepsilon(k) \quad (7)$$

因为

$$\begin{aligned} \psi(k)^T \phi(k) &= \psi(k)^T \theta(k) + \psi(k)^T \frac{1}{\|\psi(k)\|^2} \psi(k) \varepsilon(k) \\ &= \psi(k)^T \theta(k) + \varepsilon(k) \end{aligned} \quad (8)$$

所以有

$$y(k)=\psi(k)^T \phi(k) \quad (9)$$

式中 $\phi(k)=[\phi_1(k), \dots, \phi_p(k), \phi_{p+1}(k), \phi_{p+2}(k), \phi_{p+3}(k), \dots, \phi_{p+q}(k), \phi_{p+q+1}(k), \dots, \phi_{p+q+pq}(k)]^T$ 是随机时变参数。 $\{\phi(k)\}$ 构成了一个 $p+q+pq$ 维的时间数列,相对于时间数列 $\{y(k)\}$ 而言, $\{\phi(k)\}$ 为第二层的时间序列。文献^[5]给出了关于时变参数的跟踪公式

$$\hat{\phi}(k)=\phi(k-1)+\frac{1}{\|\psi(k)\|^2} \psi(k) \cdot \{y(k)-\psi(k)^T \hat{\phi}(k-1)\} \quad (10)$$

对式(10)得到的 $\{\phi(k)\}$ 序列进行分析,可得到参数随时间的变化规律,若 $\{\phi(k)\}$ 满足平稳性要求,则依据估值结果建立 $\{\phi(k)\}$ 的时序模型,求出向前一步至 p 步的预测值;时变参数有明显的变化规律时,亦可对其变化曲线进行拟合,或继续采用多层递阶方法进行分析,直到参数不随时间变化为止,然后依次寻求各层参数的估值。

3 实例分析

一般认为,地区综合运输量的变化与该地区的人口总量、经济水平、人均乘车次数等因素相关。现选取人均国内生产总值(人均GDP)和年人均乘车次数等指标作为相关因素,以文献^[6]提供的资料作为实例进行分析。某地区公路网1981~2000年综合客运量、地区人均GDP和年人均乘车次数数据如表1所示。为验证方法的可行性,利用前17年的实际观测数据建立该地区公路客运量的双线性模型,并用来预测后面3年的客运量。

应用多层递阶方法进行时变参数的预测之前,通常需对观测值序列进行平稳性检验。由于公路客运量、人均GDP和年人均乘车次数均有逐渐增大的趋势,为消除趋势项的影响,采用观测值的增量作为原始数据序列,认为增量序列是平稳序列,针对增量序列建立模型。增量序列见表1。

表1 历年客运量、人均GDP及年人均乘车次数序列

年份	k	y/(万人/a)	Δy /(万人/a)	z_1 /千元	Δz_1 /千元	z_2 /次	Δz_2 /次
1981	0	6140	/	0.834	/	11.7	/
1982	1	6663	523	0.898	0.064	12.6	0.9
1983	2	7101	438	0.988	0.090	13.4	0.8
1984	3	7517	416	1.279	0.291	14.1	0.7
1985	4	7324	-193	1.718	0.439	13.7	-0.4
1986	5	6851	-473	1.926	0.208	12.7	-1.0
1987	6	9287	2436	2.326	0.400	17.0	4.3
1988	7	8807	-480	2.995	0.669	16.0	-1
1989	8	8125	-682	3.167	0.172	14.6	-1.4
1990	9	7519	-606	3.603	0.436	13.4	-1.2
1991	10	8082	563	4.166	0.563	14.3	0.9
1992	11	13927	5845	6.345	2.179	24.6	10.3
1993	12	11810	-2117	9.239	2.894	20.7	-3.9
1994	13	10586	-1224	12.616	3.380	18.5	-2.2
1995	14	19863	9277	15.764	3.148	34.7	16.2
1996	15	12104	-7759	17.456	1.692	21.1	-13.6
1997	16	16473	4369	19.697	2.241	28.6	7.5
1998	17	14291	-2182	21.726	2.029	24.8	-3.8
1999	18	16845	2554	23.574	1.848	28.9	4.1
2000	19	18559	1714	26.648	3.074	32.1	3.2

由于该文旨在阐明双线性预测模型的优越性,限于篇幅,模型中的时序自回归项只取一阶,根据该地区客运量的实际观测数据,建立如下公路客运量预测模型

$$\begin{aligned} \Delta y(k) &= \Delta \hat{\phi}_1(k) \Delta y(k-1) + \hat{\phi}_2(k) \Delta z_1(k) \\ &\quad + \hat{\phi}_3(k) \Delta z_2(k) + \hat{\phi}_4(k) \Delta y(k-1) \cdot \\ &\quad \Delta z_1(k) + \hat{\phi}_5(k) \Delta y(k-1) \Delta z_2(k) \end{aligned} \quad (11)$$

式中, $\Delta y(k)$ 、 $\Delta z_1(k)$ 和 $\Delta z_2(k)$ 分别为客运量、人均GDP和年人均乘车次数的增量观测序

列;为离散的流动时间。

取时变参数初值 $\hat{\phi}(0)=\{0.5 \ 0.25 \ 0.25 \ -0.1 \ -0.1\}$,应用式(10),根据实测的数据数列 $\{y(k)\}$ 可以计算出时变参数 $\{\phi(k)\}$ 的一系列估值 $\{\hat{\phi}(k)\}$,如表2所示。为便于表述,对 $\{\hat{\phi}(k)\}$ 进行中心化处理,图1~图5分别表示中心化后自回归项、线性回归项以及双线性项各时变参数的变化曲线。经过计算发现,不同的初值将使各时变参数在不同的取值范围内进行波动,而曲线的形状则基本相同,因此对预测结果没有本质的影响。时变参数的变化趋势反映了公路客运量在一定观测期间的内在变化规律。

表2 时变参数的计算值

k	$\hat{\phi}_1(k)$	$\hat{\phi}_2(k)$	$\hat{\phi}_3(k)$	$\hat{\phi}_4(k)$	$\hat{\phi}_5(k)$
3	0.8112	0.2502	0.2505	0.1906	0.1179
4	-0.1584	0.2492	0.2514	-0.2351	0.5057
5	1.3895	0.2475	0.2595	0.0868	-1.0422
6	1.2831	0.2476	0.2604	0.0443	-1.4996
7	0.0536	0.2473	0.2609	-0.7783	-0.2701
8	0.4290	0.2471	0.2620	-0.7137	-0.7957
9	0.3589	0.2472	0.2619	-0.7442	-0.7116
10	0.2517	0.2473	0.2621	-0.8046	-0.8080
11	0.4324	0.2480	0.2654	-0.4110	1.0524
12	0.6154	0.2481	0.2652	0.1186	0.3386
13	0.6332	0.2480	0.2653	0.1788	0.2994
14	0.5834	0.2482	0.2659	0.0219	-0.5079
15	0.5391	0.2482	0.2660	-0.0530	0.0945
16	0.5119	0.2482	0.2660	-0.1139	-0.1093

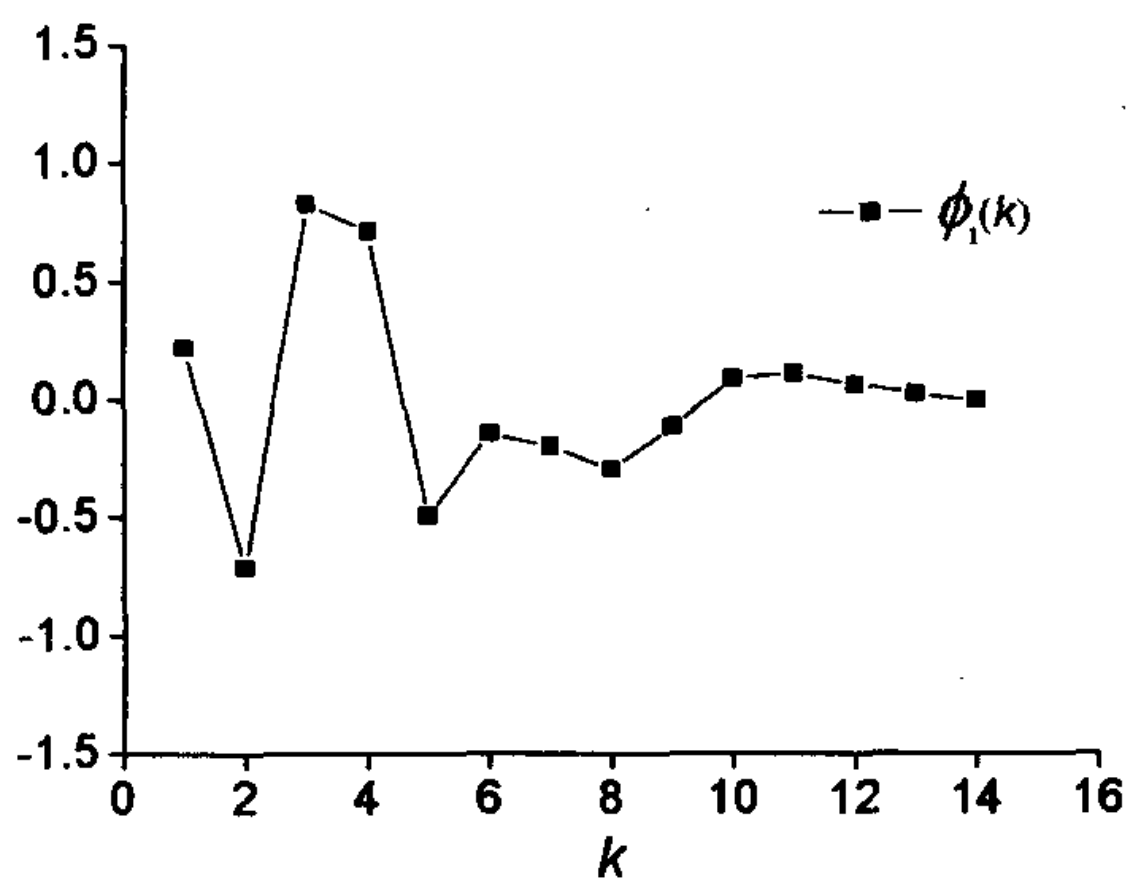


图1 时变参数 $\hat{\phi}_1(k)$ 的变化曲线

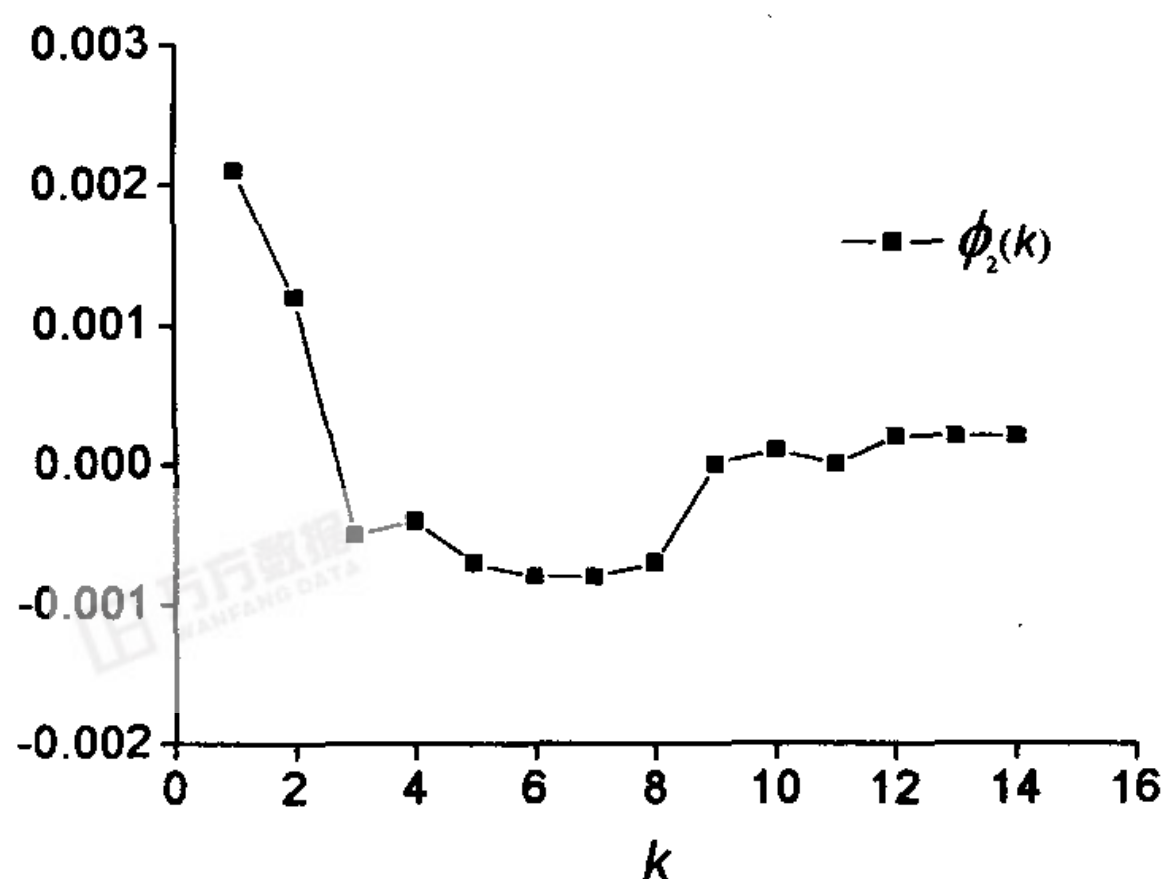


图2 时变参数 $\hat{\phi}_2(k)$ 的变化曲线

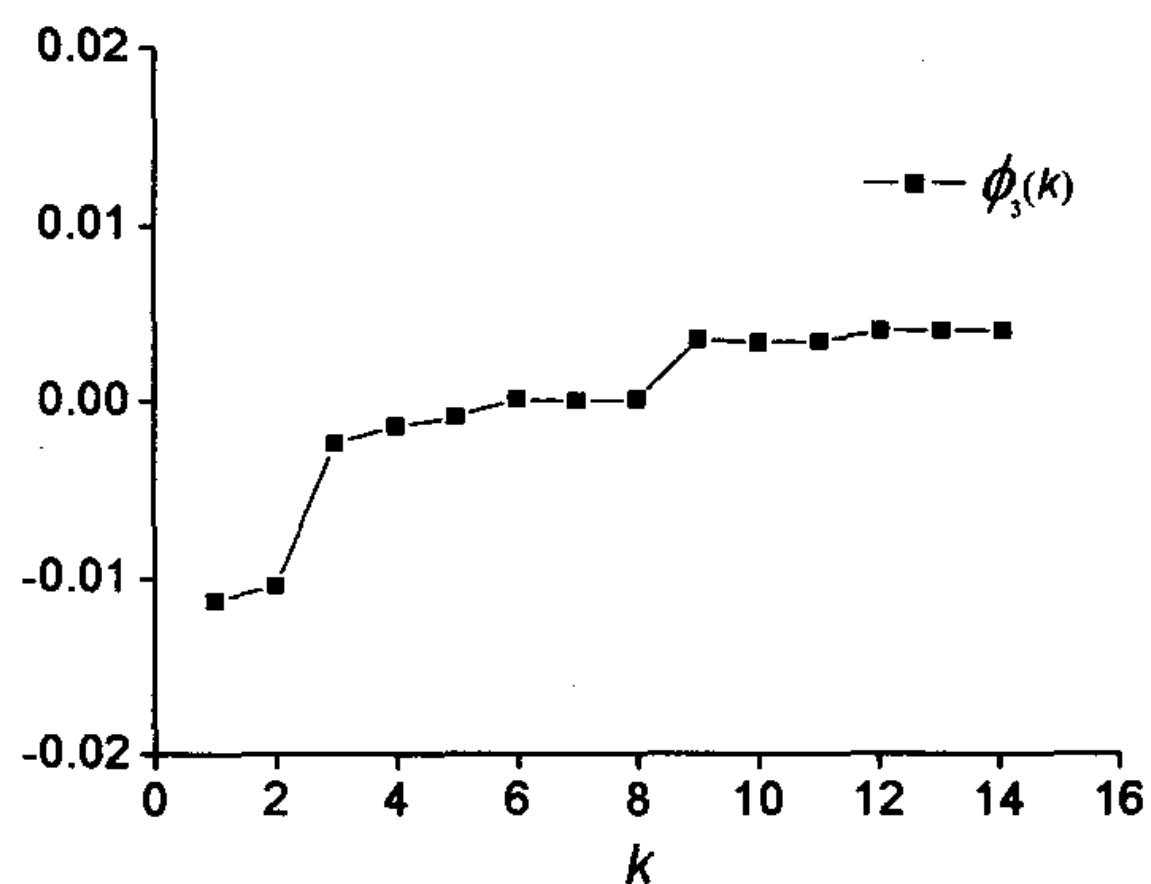


图3 时变参数 $\hat{\phi}_3(k)$ 的变化曲线

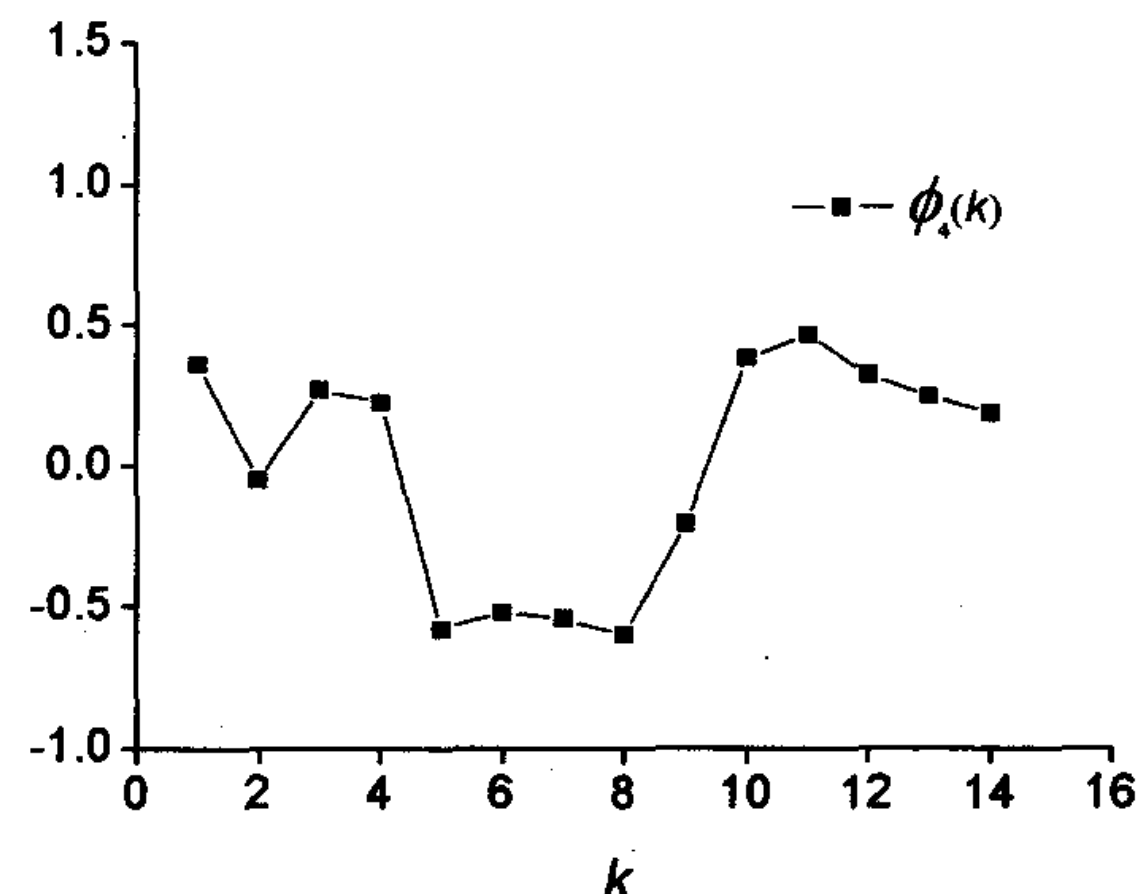


图4 时变参数 $\hat{\phi}_4(k)$ 的变化曲线

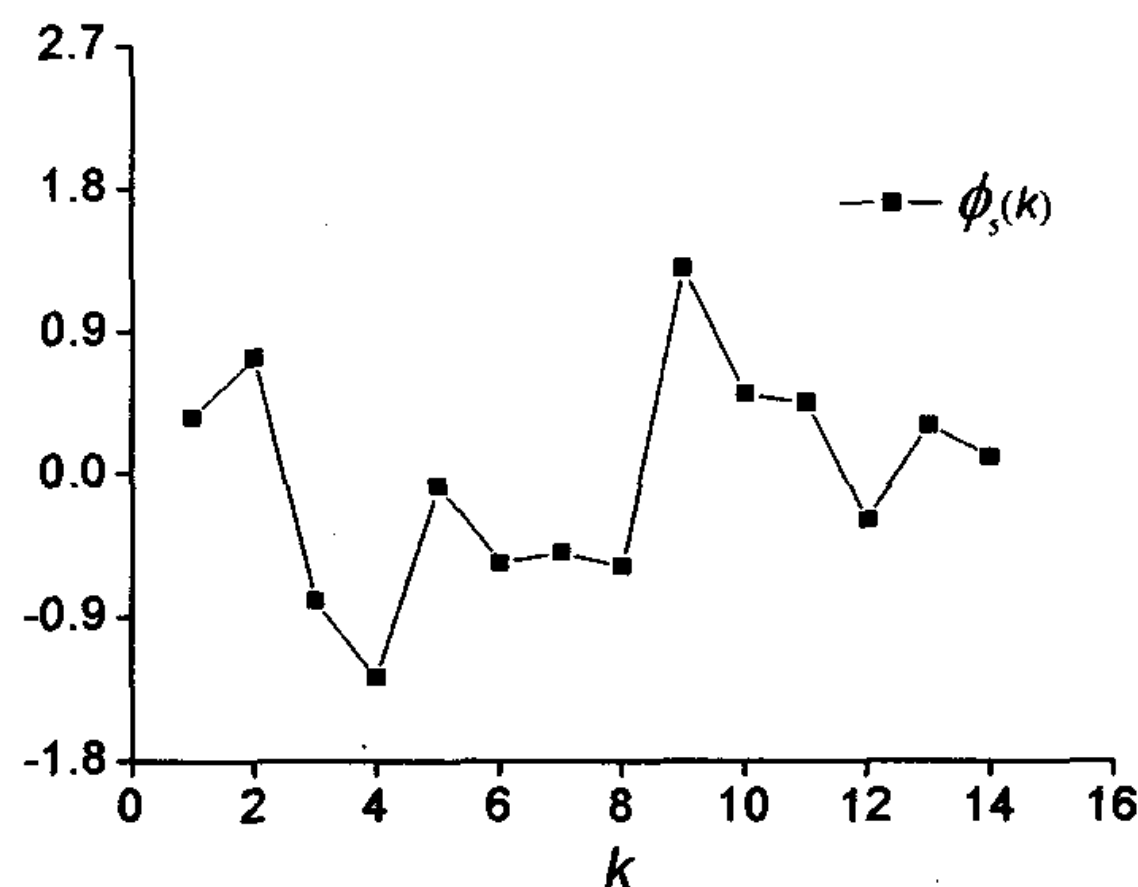


图5 时变参数 $\hat{\phi}_5(k)$ 的变化曲线

为预测后3次的客运量,首先需对相应的时变参数进行预测。时变参数的预测可以有多种方法,此处将时变参数作为连续函数,用样条函数逼近。由于样条函数分段光滑、逐段逼近、数值稳定性高等特点,使得它优于多项式逼近等方法。采用三次样条曲线对时变参数进行拟合,可得到后续时刻时变参数的预测值,然后由式(11)可对后续客运量进行预测。求得的时变参数和客运量的预测结果如表3所示。由表3可知,最大预测误差为7.27%,平均误差为5.73%,可见预测模型具有较高的预测精度。

4 结论与建议

(1)该文针对公路客运量预测的双线性模型做了深入研究,模型本身既包含了客运量观测值

跨座式单轨道岔制造验收分析

陶明鹤

(上海市政工程设计研究总院重庆办事处,重庆市 400015)

摘要:介绍关节型道岔的动作原理、基本结构、关键工序工艺控制及制造验收。
关键词:轨道交通;跨座式单轨;道岔制造
中图分类号:U213.6 文献标识码:A 文章编号:1009-7716(2006)05-0027-03

1 概述

重庆是我国著名的山城,地势起伏大,道路狭窄,坡陡弯急,城市交通拥堵严重。为此,重庆市选择了跨座式轨道交通系统,该系统为单轨胶轮电力驱动,梁轨合一,制造工艺要求高,特别是道岔部分的梁轨结构较其他系统复杂,其与车辆、信号共列为该系统的三大关键技术。

日立株式会社日立制作所为重庆轻轨较新线制造三副关节型道岔:1851A、1851B、9#,该文结合制造验收工作,介绍跨座式单轨道岔系统的类型、构造和功能,并就重庆轻轨较新线工程关节型单开道岔系统的设计和制造验收进行分析。

2 单轨道岔介绍

收稿日期:2006-02-22
作者简介:陶明鹤(1962-),男,浙江余姚人,高级工程师,从事轨道交通工程设计研究工作。

2.1 单轨道岔

跨座式单轨道岔(见图 1)是一种由箱形钢梁作为列车走行通道的特殊轨道,最简单的关节型单开道岔全长约 22 m,由四节钢结构道岔梁组成道岔主体。道岔梁既是承载梁,又是列车运行的轨道,道岔两端与 PC 梁连接,因此其设计不仅要保证能满足道岔线形的要求及结构强度、刚度、竖向挠度、横向抗扭转变形等要求,同时还应考虑满足牵引供变电、接触网、通讯信号控制、避雷防雷、自动监控、综合接地等要求。

跨座式单轨道岔的动作原理基本结构为采用双台车十字形轴的连接方式,正常情况下其运动使用电力驱动,通过导轮在导槽中的运动,使道岔梁整体转辙,与轨道梁或道岔梁对位而形成岔道,以完成车辆行驶线路的转线需要。

道岔锁紧时,道岔相当于轨道梁,列车从其上通过。当列车需要转线时,各节道岔梁在驱动装置的驱动下,以道岔固定端尾轴为固定点,转动不同

表 3 时变参数的预测值

k	$\hat{\phi}_1(k)$	$\hat{\phi}_2(k)$	$\hat{\phi}_3(k)$	$\hat{\phi}_4(k)$	$\hat{\phi}_5(k)$	Δy	预测值/(万人/a)	实测值/(万人/a)	误差/%
k=17	0.4853	0.2482	0.2660	-0.2239	0.0902	-1363	15110	14291	5.73
k=18	0.4639	0.2482	0.2669	-0.4328	-0.3542	2439	17549	16845	4.18
k=19	0.6346	0.2484	0.2663	-0.1245	0.2234	2360	19909	18559	7.27

的自相关特性,又包含了人均 GDP 和年人均乘车次数对客运量的影响,能够很好地反映公路客运量的实际发展情况。

(2)对模型参数的计算采用了多层递阶的方法,同时采用样条曲线对时变参数进行拟合,保证了模型的时变特性和预测精度。

(3)对于相关因素为非恒定或发生突变的情况下,该文建立的双线性模型较之一般的时间序列模型具有较大的优越性。实例分析表明,时变双线性动态预测模型对公路客运量预测是适用的,短时期内方法具有较好的预测精度,但是同其它的预测方法一样,误差将会随着预测时长的增加而增大,因此,实际应用中应采用多种预测方法对公路客运量进行预测,互相验证,以提高预测的可

靠度。

参考文献

[1]韩志刚.动态系统预报的一种新方法[J].自动化学报.1983,(3):161-168

[2]华向明.双线性系统建模与控制[M].上海:华东化工学院出版社,1990

[3]郭飞,朱学愚,吴剑锋.多层递阶非平稳时间序列模型预测矿坑涌水量[J].南京大学学报(自然科学版),2000,36(3):301-305

[4]余天堂,王振波.基于多层递阶方法的边坡位移预测[J].岩土力学,2003,24(3):442-444

[5]姜继忱.关于一类递推算算法的进一步探讨[J].黑龙江大学学报(自然科学版).No.1(1982)20-29

[6]王伟等.道路交通工程系统分析方法[M].北京:人民交通出版社,2004.171-205