

GM(1, 1) 灰色模型在交通噪声预测中的应用^{*}

张亚匡 王华庆

(浙江省海宁市环境保护监测站, 海宁 314400)

摘要 以两个不同区域为例, 探讨了灰色系统理论的一维建模理论在交通噪声预测中的应用, 本方法具有较一般预测方法所需信息量少, 结果合理的优点

关键词 灰色模型, 交通噪声, 预测

分类号 X 839.03

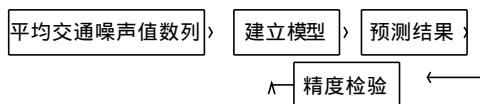
交通噪声在我国城市中主要是机动车辆噪声, 以平均值 L (dB) 表示. 据一些国家统计, 交通噪声要占城市环境噪声能量的75%. 可见, 如能较精确地预测交通噪声水平, 将有利于城市规划、噪声达标区的建设、交通管理和道路建设等项工作的开展.

1 GM(1, 1) 建模机理

1.1 GM(1, 1) 的建模

按灰色理论的思想, 要建立一个抽象系统的模型, 一般分为语言模型、网络模型、量化模型动态模型和优化模型五步. 因这里是建立预测模型, 故后两者不讨论.

1.1.1 语言模型 以时间间隔相等的平均交通噪声值, 预测以后的数值.



1.1.2 网络模型 如附图所示.

附图 网络模型

1.1.3 量化模型 令 $x^{(0)}(K)$ ($K = 1, 2, \dots, n$) 几

个等时距的交通噪声值构成的数列, 称为原始数列, 记为 $x^{(0)}$. 以 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 作1-AGO, $x^{(1)}(K) = \sum_{m=1}^K x^{(0)}(m)$ 得数列 $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$, 则 $x^{(1)}$ 可以建立下述白化形式的方程为

$$dx^{(1)}/dt + ax^{(1)} = u.$$

这是一阶一元微分方程模型, 记为 GM(1, 1). 参数列为 \hat{a}, \hat{u} , $\hat{a} = [a \quad u]^T$ 按最小二乘法解, 则 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N$, 其中

$$B = \begin{bmatrix} - (x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2))/2 & 1 \\ - (x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3))/2 & 1 \\ \dots & \dots \\ - (x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n))/2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y_N = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), ..., x^{(0)}(n)]^T.$$

白化形式微分方程的解为

$$\hat{x}^{(1)}(K+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-aK} + \frac{u}{a},$$

式中 $\hat{x}^{(1)}(K+1)$ 是 $x^{(1)}(K+1)$ 的预测值, 即

$$x^{(0)}(K+1) = \hat{x}^{(1)}(K+1) - \hat{x}^{(1)}(K).$$

以上所述是 GM(1, 1) 的建模过程, 这是建立交通噪声——GM(1, 1) 的基础.

1. 2 交通噪声的 GM(1, 1) 建模

灰色预测指以 GM(1, 1) 模型为基础所进行的预测, 而交通噪声平均值预测是对数的大小进行的预测, 它通过最新的原始数列得到一个预测模型, 便得到一个合适的预测值.

2 交通噪声预测举例

以海宁市和海盐县两地的城市交通噪声为例, 原始数据见附表.

原始数列分别为

$$x_1^{(0)} = [74.4, 76.0, 74.8, 75.1, 78.4];$$

$$x_2^{(0)} = [78.5, 77.2, 76.7, 73.2, 76.8].$$

对 $x_1^{(0)}$ 建立 GM(1, 1) 模型, 对 $x_1^{(0)}$ 作1-AGO 得数列
为

附表 海宁市和海盐县交通噪声值(dB)					
年 份	1991	1992	1993	1994	1995
海宁市	74.4	76.0	74.8	75.1	78.4
海盐县	78.5	77.2	76.7	73.2	76.8

$$x_2^{(0)} = [74.4, 150.4, 225.2, 300.3, 378.7],$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} -(x_1^{(1)}(1) + x_1^{(1)}(2))/2 & 1 \\ -(x_1^{(1)}(2) + x_1^{(1)}(3))/2 & 1 \\ -(x_1^{(1)}(3) + x_1^{(1)}(4))/2 & 1 \\ -(x_1^{(1)}(4) + x_1^{(1)}(5))/2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -112.4 & 1 \\ -187.8 & 1 \\ -262.8 & 1 \\ -339.5 & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y_{1N} = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), x^{(0)}(4), x^{(0)}(5)]^T \\ = [76.0, 74.8, 75.1, 78.4]^T,$$

$$(B_1^T B_1)^{-1} = \begin{bmatrix} -112.4 & -187.8 & -262.8 & -339.5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -112.4 & 1 \\ -187.8 & 1 \\ -262.8 & 1 \\ -339.5 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \\ = \begin{bmatrix} 232 & 226.69 & -902.5 \\ -902.5 & 4 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 0.000\ 034\ 965 & 0.007\ 888\ 951 \\ 0.007\ 888\ 951 & 2.029\ 944\ 534 \end{bmatrix} \\ \hat{a}_1 = (B_1^T B_1)^{-1} B_1^T Y_{1N} = \begin{bmatrix} 0.000\ 034\ 965 & 0.007\ 888\ 951 \\ 0.007\ 888\ 951 & 2.029\ 944\ 534 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} -112.4 & -187.8 & -262.8 & -339.5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 76.0 \\ 74.8 \\ 75.1 \\ 78.4 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -0.009\ 981\ 369\ 3 \\ 73.824\ 804\ 13 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ u_1 \end{bmatrix}$$

$$a_1 = -0.009\ 981\ 369\ 3 = -0.009\ 9$$

$$u_1 = 73.824\ 804\ 13 = 73.8$$

微分方程则为

$$\frac{dx_1^{(1)}}{dt} + a_1 x_1^{(1)} = u_1 \frac{dx_1^{(1)}}{dt} - 0.009\ 9 x_1^{(1)} = 73.8.$$

取 $x_1^{(1)}(0) = x_1^{(0)}(1) = 74.4$, 得时间响应函数为

$$\begin{aligned} \hat{x}_1^{(1)}(K+1) &= (\hat{x}_1^{(1)}(0) - \frac{u_1}{a_1})e^{-a_1 K} + \frac{u_1}{a_1} \\ &= (74.4 - \frac{73.8}{-0.009\ 9})e^{0.009\ 9K} + \frac{73.8}{-0.009\ 9} \\ &= 7\ 528.9e^{0.009\ 9K} - 7\ 454.5 \end{aligned}$$

则当 $K=5$ 时, $\hat{x}_1^{(1)}(6) = 456.5$; $K=4$ 时, $\hat{x}_1^{(1)}(5) = 378.5$, 即 $\hat{x}_1^{(0)}(6) = 78.0$. 同理, 可得到 $\hat{x}_2^{(0)}$ 的时间响应函数为

$$\hat{x}_2^{(1)}(K+1) = -12\ 210.39e^{-0.006\ 3K} + 12\ 288.89.$$

所以, 1996年度的预测值为74.8 dB, 而1996年海宁市和海盐县的交通噪声值为77.4 dB 和72.4 dB.

3 结论

应用 GM(1,1) 灰色模型预测了海宁市和海盐县两城镇的交通噪声, 其结果与实测值对照相差不大. 由此可见, 利用 GM(1,1) 灰色模型来预测小城镇的交通噪声是一种可以探讨的方法, 本文预测的结果说明利用这种方法对城市交通及城镇发展有着一种积极意义.

参 考 文 献

- 1 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 上海: 华中理工大学出版社, 1987. 104 ~ 108
- 2 邓聚龙. 灰色预测与决策. 上海: 华中理工大学出版社, 1986. 125 ~ 134

Application of Grey Model to the Prediction of Traffic Noise

Zhang Yakuang Wang Huaqing

(Environmental Monitoring Station of Haining, 314400, Haining, zhejiang)

Abstract In relation to the prediction of traffic noise, a discussion is devoted to the application of theory of grey system one-dimensional modelling in it, with two different regions as example. As compared with conventional prediction method, the authors' method needs only a little information to bring forth rational results.

Keywords grey model, traffic noise, prediction