

灰色理论及其模型在北京典型城市区域声环境研究中的应用

廉婕, 马民涛, 刘洁

(北京工业大学环境与能源工程学院, 北京 100124)

摘要: 以北京市某典型区域作为研究对象, 在收集大量相关资料与实测历史噪声数据的基础上, 对研究区域内的声环境质量影响因素进行灰色关联度分析, 并运用灰色理论建立 GM(1, 1) 模型进行预测。结果表明, 影响城市区域声环境质量因素从大到小的排序依次为: 机动车辆 > 常住人口数量 > 平均车流量 > 地区生产总值 > 城市道路桥梁 > 基础设施投资 > 治理噪声环保投资; 以研究区域内噪声污染实测历史数据建立的 GM(1, 1) 模型精度符合要求标准, 根据 GM(1, 1) 模型预测北京市“十二五”期间声环境质量达标且有轻微下降趋势。

关键词: 区域声环境质量; 灰色系统理论; 灰色关联度; GM(1, 1) 模型; 噪声污染水平预测

中图分类号: TB533.4; X593 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2013)03-0021-05

Application of Grey Theory and Model on Acoustic Environment of Typical Urban Area in Beijing

LIAN Jie, MA Min-tao, LIU Jie

(College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: In order to complete the objectives of "The Twelfth Five-Year Guideline" of the main noise pollution prevention and control in urban areas of Beijing, comprehensively improve the level of acoustic environmental quality in Beijing, and scientifically predict of noise pollution in the regional level and development trend in the "The Twelfth Five-Year Guideline" period, based on collected data and measured historical noise data, this article focused on a typical region in Beijing to make grey Relational Analysis for some factors affecting the quality of the acoustic environment within the study area, and to predict by using the gray theory GM(1, 1) model. The results showed that: the factors that of influence acoustic environmental quality were ranked as follows: motor vehicles > average traffic flow > GDP > urban roads and bridges > Population density > infrastructure investment > noise control and environmental protection investment; the accuracy of the GM(1, 1) model established by the measured historical data of noise pollution within the study area meets the requirements. prediction based on the GM(1, 1) model suggested the acoustic environment quality reaching the standards with declining trend during "The Twelfth Five-Year Guideline" of Beijing.

Key words: Acoustic environment quality in areas; Grey theory; Grey relational analysis; Grey model (1, 1); The level of noise pollution predict

噪声污染是一种物理性的污染^[1], 与水体和空气中的化学污染不同, 通常具有随机性、区域性和感觉性等特点。声源的广泛存在与暴露人群的交错分布, 使噪声污染已经成为最厌恶、最直接的环境污染要素之一。每年噪声污染投诉平均占我

国城市中各种公害投诉案件的 60% ~ 70%。城市

收稿日期: 2012-11-14; 修订日期: 2013-04-28

基金项目: 北京市教育委员会科技基金资助项目 (JC005013201001)

作者简介: 廉婕(1987—), 女, 甘肃兰州人, 硕士, 主要研究方向为环境规划与管理。

区域环境噪声除具有明显的时间上、空间上差异性特点外,还具有明显的物理传播和区域统计特点。虽然噪声是由物体的运动、振动等物理因素引起的,但对区域噪声而言,区域性的散点噪声又具有宏观上的统计性。因此,城市环境噪声不仅是城市环境质量中一个重要组成部分,同时又(特别)是在(特)大城市环境污染系统中,较难治理,具有更高层次内涵的环境质量要素。

噪声是一个相对的概念,要看具体的环境和条件,仅从物理学的角度判断是不够的,人们的主观感觉往往起着决定性作用。同时人口数量、机动车数量和平均车流量、环保基础设施投资水平、人们的环境意识等相关因素都可能对噪声造成很大的影响,而这些因素内部之间又有着复杂的联系。现选取北京典型城市区域作为研究区域,利用多年实测噪声污染数据及对应网格中的其他社会、经济等相关资料,通过运用灰色系统理论,进一步建立GM(1,1)模型,对区域声环境质量的影响因素进行灰色关联度分析,找出城市区域声环境质量的主要影响因素,进而对北京城市区域在“十二五”期间的噪声污染水平进行预测。

1 灰色系统理论简介

灰色系统理论(Grey Theory,GT)是研究少量数据不确定性的有效理论之一^[2],是灰色系统理论将一切随机变量看作在一定时空范围内变化的灰色量,将随机过程看作是在一定范围内变化且与时间有关的灰色过程。灰色模型(Grey Model,GM)^[2-4]是通过研究实践中某些变量产生有较强规律性的原始数据序列,建立相应模型,进而预测该变量未来发展趋势,具有要求样本数据少、原理简单、运算方便、短期预测精度高等优点。

1.1 灰关联分析^[5-6]

系统行为因子 x_0 ,受多种因素的影响、作用、制约,通过灰关联分析可找出因素 x_i 对 x_0 的灰关联度,以表示因素 x_i 对行为 x_0 影响的大小,称为灰关联分析(Grey Relational Analysis,GRA)。在灰层次决策中,行为因子序列实际上是某一决策层的对策序列,而因素序列则为另一相关层次的对策序列。

GRA的目的^[7]是找寻各因素之间的主要关系,找出影响目标值的重要因素,从而掌握事物的主要特征,促进和引导该事物有效地发展。

1.2 灰色模型精度等级

一般模型的精度等级按表1划分。

表1 模型精度等级

Table 1 The grade of the model accuracy

模型级别	小误差概率 p	后验差比值 C
1级(好)	> 0.95	< 0.35
2级(合格)	> 0.85	< 0.50
3级(勉强)	> 0.70	< 0.65
4级(不合格)	≤ 0.70	≥ 0.65

2 北京城市区域声环境质量影响因素分析

2.1 研究区域选择及相关数据获取

在目前现有与声污染及其防治的相关研究中,一方面大多数研究集中在对各类噪声声源及噪声质量的测量^[8-10]与评价^[11-12]、噪声源的控制^[13-14]、声传播途径屏蔽^[15-16]、受声体防护等方面^[17-18];另一方面偏重于对单个声源产生机理^[19-20]、控制技术^[21-22]等研究较多。从区域声环境的总体研究框架来看,多数集中在校园^[23-25]等较为单一性质且范围较小的区域内,而对城市社区、工业级商业混合区域的声环境测量较少^[26-27],且研究水平和深度都有限。

将位于北京市西南部的区域作为主要研究区域,在ArcGIS平台下,对选定的研究区域进行网格划分,共分成138个(1km×1km)网格区域,在网格上进行平面图数字化并布设监测点。根据自2003年以来的各网格噪声实测数据及《北京市统计年鉴》等相关资料中收集到与区域环境质量相关的属性数据为分析基础数据。

通过相关基础数据发现2010年所选定的研究区域声环境噪声平均值为53.4 dB,与2009年的54 dB基本持平;从声级覆盖面积和覆盖人口方面,51dB~55 dB声级覆盖面积和覆盖人口占主要比例,分别为66.7%和69.4%;在138个网格中,达标的网格为126个,占91.3%,与2009年持平;从噪声源构成来看,生活噪声占主要地位,测点数为124个,所占比例为89.9%。

2.2 研究区域声环境质量影响因素分析

影响区域声环境质量的因素众多,除了直接产生噪声的4大类(道路交通、工业生产、建筑施工、社会生活)噪声源之外,还涉及到社会发展、经济增长、人口数量、环境保护投入、城市建筑物配置格局等。为此,选取地区生产总值、城市常住人口数

量、城市道路桥梁数、车流量、机动车车辆、治理噪声环保投入、基础设施投资共 7 个因素作为对区域声环境质量具有影响的子因素,以区域环境噪声实测值作为母因素,进行灰色关联度分析^[26-27],统计

结果见表 2。

取 $\xi = 0.5$ 根据灰色关联度的计算方法,对上述 7 个因素进行分析研究,计算结果见表 3。

表 2 研究区域环境噪声主要影响因素统计结果

Table 2 The main influence factors of the study regional environmental noise tables

年份	区域环境噪声值/dB(A)	地区生产总值/亿元	常住人口数量/万人	城市道路桥梁/座	平均车流量/(辆·h ⁻¹)	机动车辆/辆	噪声治理环保投入/亿元	基础设施投资/亿元
2003	53.8	5 007.2	1 456.4	848	6 401	83 429	192.3	417.8
2004	54.0	6 033.2	1 492.7	949	6 206	74 806	409.4	463.2
2005	53.1	6 969.5	1 538	964	6 252	85 471	136.1	610.7
2006	53.6	8 117.8	1 581	1 079	7 353	87 135	346.4	935.3
2007	53.7	9 846.8	1 633	1 230	7 476	87 171	346.0	1 175.8
2008	53.2	11 115.0	1 695	1 738	7 119	89 867	133.0	1 160.7
2009	53.6	12 153.0	1 755	1 765	7 608	90 376	12.00	1 462.0
2010	53.4	14 113.6	1 961.9	1 855	8 332	90 657	11.00	1 403.5

表 3 研究区域环境噪声主要影响因素的灰色关联度

Table 3 The main influence factors of the study regional environmental noise in grey relational analysis

机动车辆	常住人口数量	平均车流量	地区生产总值	城市道路桥梁	基础设施投资	噪声治理环保投入
0.929 3	0.880 6	0.866 8	0.670 4	0.669 0	0.625 3	0.510 3

由表 3 可见,研究区域内声环境质量主要影响因素的灰色关联度大小顺序依次为:机动车辆 > 常住人口数量 > 平均车流量 > 地区生产总值 > 城市道路桥梁 > 基础设施投资 > 治理噪声环保投入。

对研究区域内声环境质量影响最大的因素是机动车辆,其次是常住人口数量,平均车流量跟常住人口数量的关联度相差不大,影响最小的因素是噪声治理环保投入,而地区生产总值和城市道路桥梁的关联度十分接近,基本等同。说明该区域的声环境质量主要是由机动车的数量、常住人口数量和平均车流量影响。因此,结合该区域的实际情况和特点,重点控制机动车辆及平均车流量,在交通噪声发生源方面下更大的力度来控制该区域的噪声污染水平,可对该区域的环境噪声产生明显的缓解作用。同时也要兼顾人口的流动,在人口密集度大的区域制定一些合理措施,在建筑格局上合理规划统筹,在经济水平增长同时要大力控制噪声污染,从而更有效地全面改善该区域的声环境质量。

3 北京城市区域噪声污染水平预测及发展趋势

利用上述选定研究区域中的 2003 年—2010 年的噪声污染水平监测值,根据灰色理论建立 GM(1,1) 预测模型。分析采用的原始数据见表 4。

表 4 2003 年—2010 年研究区域环境

噪声监测值 dB(A)

Table 4 Monitoring values of the study regional

environmental noise from 2010 to 2003 dB(A)

序号	年份	实测值
1	2003	53.8
2	2004	54.0
3	2005	53.1
4	2006	53.6
5	2007	53.7
6	2008	53.2
7	2009	53.6
8	2010	53.4

根据 GM(1,1) 原理,原始数据为:

$$X^{(0)} = \{ 53.8, 54.0, 53.1, 53.6, 53.7, 53.2, 53.6, 53.4 \}$$

$$\text{累加后产生的数列: } X^{(1)} = \{ 53.8, 107.8, 160.9, 214.5, 268.2, 321.4, 375, 428.4 \}$$

通过 GM(1,1) 原理,借助 MatLab 软件运行得到以下结果:

$$XX^{(1)}(t+1) = 66\ 982.545\ 8 - 66\ 928.745\ 8 \exp(-0.000\ 801\ 82\ t)$$

依据以上建立的 GM(1,1) 预测模型,计算研究区域 2003 年—2010 年的数据模拟值,见表 5。

表 5 GM(1,1) 模型预测 2003 年—2010 年研究区域环境噪声数据 dB(A)
Table 5 GM(1,1) model predite the study regional environmental noise datas from 2010 to 2003 dB(A)

序号	年份	预测累加值 $XX^{(1)}(t+1)$	模拟值 $XX^{(0)}(t+1)$	实测值 $X^{(0)}(t+1)$	残差	相对误差 /%
1	2003	53.8	53.80	53.80	0.00	0.00
2	2004	107.44	53.64	54.00	0.36	0.67
3	2005	161.04	53.60	53.10	-0.50	-0.94
4	2006	214.60	53.56	53.60	0.04	0.07
5	2007	268.12	53.52	53.70	0.18	0.34
6	2008	321.57	53.45	53.20	-0.25	-0.47
7	2009	375.02	53.45	53.60	0.15	0.28
8	2010	428.40	53.38	53.40	0.02	0.04

根据灰色系统理论,一般要求原始数据数列原点的预测误差 5%,即可满足预测的精度要求;由表 5 可见,误差在 5% 范围之内,预测精度很高,因此,达到了建模要求。

为进一步检验建模的精度和所达到的要求,根据表 5 的相关测算数据,进行灰色预测模型的后验差检验,计算结果如下:

$$\text{后验差比: } C = \frac{S_2}{S_1} = \sqrt{\frac{0.22 \times 10^{-4}}{0.08}} = 0.0166$$

小概率误差 $p = 1$ 。

对应表 1,可知 GM(1,1) 预测模型级别为 1 级,说明 GM(1,1) 预测模型的精度可靠。

根据上述研究区域声污染的 GM(1,1) 预测模型,对选定研究区域 2013 年—2016 年期间的区域噪声污染水平进行了预测,其预测结果见表 6。

表 6 2013 年—2016 年研究区域环境噪声预测数据 dB(A)

Table 6 The study of regional environmental noise predicting datas from 2013 to 2016 dB(A)

序号	年份	预测值
9	2013	53.26
10	2014	53.22
11	2015	53.17
12	2016	53.13

由表 6 可见,在“十二五”期间,研究区域内的噪声污染水平有下降趋势,噪声污染强度水平总体保持在相关环境保护标准规范之内。但由于区域声环境质量受控于多种因素,北京市的社会发展和经济增长迅速,机动车总量虽已得到初步有效控制,但机动车总量巨大,北京市要完成“到 2015 年,环境噪声污染防治能力得到进一步强化,工业、交通、建筑工地和社会生活噪声污染全面达标,居民

噪声污染投诉、信访和纠纷下降;声环境质量管理体系不断完善等。”主要声污染防治工作目标^[28]的任务依然艰巨。

4 结论

(1) 对研究区域声环境质量影响最大的因素是机动车辆;其次,是常住人口数量和平均车流量;影响最小的因素是噪声治理环保投资;而地区生产总值和城市道路桥梁的关联度十分接近。

(2) 运用灰色系统理论及历史数据所建立 GM(1,1) 预测模型其预测精度可靠,方法可行;利用模型预测北京“十二五”城市区域声环境质量水平为:均在相关环保标准范围之内,且有下降的趋势。

(3) 虽然利用 GM(1,1) 模型预测研究区域在“十二五”期间噪声污染水平可以保持在噪声标准范围之内,并且有轻微下降的趋势,但北京市政府及其相关行政部门不可掉以轻心。声环境系统与其他研究环境要素系统一样均受到多因素的影响与控制,且这些多因素之间的变化、协同控制难度较大。因此,北京市在“十二五”期间的声环境质量改善的工作难度依然较大。

[参考文献]

[1] 贺启环. 环境噪声控制工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011: 2-3.
 [2] 邓聚龙. 灰预测与灰决策[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 181-82.
 [3] 范常忠, 祝昌健, 周喜. 灰色系统理论在城市区域噪声研究中的应用[J]. 噪声与振动控制, 1997, 10(5): 23-25.
 [4] 陈德容, 冉涛. GM(1,1) 模型预测城市区域环境噪声的应用[J]. 云南环境科学, 2004 (S1): 162-164.
 [5] 邓聚龙. 灰预测与灰决策[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 204-206.
 [6] 代伟, 李克国. 基于灰色关联度的区域大气环境质量影响因

- 素研究—以秦皇岛市为例[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(30): 18642-18643.
- [7] 易德胜, 郭萍. 灰色理论与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 25-26.
- [8] 朱怀亮, 袁二娜, 李鹏, 等. 城市立体轨道交通的环境噪声测试与分析[J]. 上海大学学报(自然科学版), 2009, 15(6): 611-614.
- [9] 李雪平. 城市居住小区室内环境噪声的测量与分析[J]. 山西建筑, 2007, 33(21): 348-349.
- [10] 屈红艳. 我国的环境噪声监测技术现状及发展[J]. 中国新技术新产品, 2009(8): 139.
- [11] BANERJEE D, CHAKRABORTY S K, BHATTACHARYA S, et al. Attitudinal response towards road traffic noise in the industrial town of asansol[J]. India, Environmental Monitoring Assessment, 2009(151): 37-44.
- [12] GUOXIA M A, TIAN Y J, TIANZHEN J U, et al. Assessment of traffic noise pollution from 1989 to 2003 in Lanzhou city[J]. Environmental Monitoring Assessment, 2006(123): 413-430.
- [13] 何志辉, 于涛. 柴油发电机环境低频噪声影响防治初探[J]. 中国环境监测, 2009, 25(1): 88-90.
- [14] 夏艳阳, 高铭. 水泵房环境低频噪声影响及防治初探[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(7): 130-131, 137.
- [15] 扬易, 金新阳, 王敏远, 等. 深圳地铁环境噪声与声屏障降噪数值模拟研究[J]. 城市轨道交通研究, 2010(2): 23-27.
- [16] 王德利. 利用声屏障降低铁路噪声对居民环境的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2007, 25(3): 381-383.
- [17] 王佐民, 俞悟周, 蔺磊. 通风隔声窗声学性能传递矩阵法分析[J]. 声学技术, 2007, 26(2): 277-281.
- [18] 吴周桥, 刘敏, 李少芳. 工厂噪声环境下的防护耳罩研制[J]. 声学及电子工程, 2008(1): 43-45.
- [19] 谭伟, 张崇高, 曹卫东, 等. 轮胎/路面噪声机理与降噪路面[J]. 公路与汽运, 2008(127): 85-87.
- [20] 费仁元, 刘太文, 伊善贞. 发动机排气自适应有源消声控制仿真实验[J]. 北京工业大学学报, 2005, 31(6): 561-565.
- [21] 王艳. 离心风机噪声污染分析与控制方法[J]. 中国环保产业, 2008(9): 55-59.
- [22] 蔺磊, 王佐民, 姜在秀. 微穿孔共振吸声结构中吸声材料的作用[J]. 声学学报, 2010, 35(4): 385-392.
- [23] 楼迎华, 崔良, 高寒梅, 等. 青岛大学校园环境的噪声测量与评价[J]. 环境与可持续发展, 2008(3): 4-6.
- [24] 杨友良, 美克热依, 阿布力提甫. 西北工业大学友谊校区校园环境噪声调查分析[J]. 噪声控制, 2010, 34(1): 82-85.
- [25] 卢颖, 赵山山, 赖旭, 等. 东北林业大学校园周边环境噪声监测与评价研究[J]. 林业科技学报, 2009, 14(4): 70-73.
- [26] 易德胜, 郭萍. 灰色理论与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 35-38.
- [27] 北京统计局, 国家统计局. 2011 北京统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [28] 环境保护部, 发展改革委, 科技部, 等. 关于加强环境噪声污染防治工作改善城乡声环境质量的指导意见[J]. 中国环保产业, 2011(2): 16-18.

本栏目责任编辑 李文峻

• 简讯 •

环保部发布 2013 年世界环境日中国主题 “同呼吸 共奋斗”

环境保护部有关负责人 4 月 22 日向媒体通报: 2013 年“六·五”世界环境日中国主题为“同呼吸 共奋斗”, 旨在释放和传递建设美丽中国人人共享、人人有责的信息, 倡导在一片蓝天下生活、呼吸的每一个公民都应牢固树立保护生态环境的理念, 切实履行好呵护环境的责任, 自觉从我做起, 从小事做起, 尊重自然, 顺应自然, 增强节约意识、环保意识、生态意识, 养成健康合理的生活方式和消费模式, 激发全社会持久的环保热情, 为改善空气质量、实现天蓝、地绿、水净的美丽中国而奋斗。

这位负责人说, 拟定这一主题的主要考虑是: 突出当前环境保护部正在着力推进的以防治 PM_{2.5} 为重点的大气污染防治工作; 积极回应人民群众对环境问题的关切和期待; 倡导全社会群策群力, 共同行动, 积极参与到防治大气污染的行动中; 从人人参与、注重节约和环保的角度呼应世界主题。据了解, 联合国环境规划署确定今年世界环境日主题为“思前, 食后, 厉行节约(THINK. EAT. SAVE)”, 旨在倡导反对粮食浪费, 减少耗粮足迹和碳排放, 使人们意识到粮食消耗方式对环境产生的影响。

这位负责人表示, “六·五”期间, 环境保护部将按惯例举办一系列宣传纪念活动, 向社会推出一系列围绕中国主题及生态文明和美丽中国建设策划制作的公益广告和宣传挂图, 举办“青年暨巾帼环境友好使者共建美丽中国行动”启动仪式及世界环境日主题音乐会, 制作播出环保特别节目等。各地也将围绕中国主题, 结合实际开展丰富多彩的宣传纪念活动, 以广泛凝聚社会共识, 营造全社会参与生态文明建设的良好氛围。

摘自 www. jshb. gov. cn 2013-04-23