

基于综合分析法的重庆市生活垃圾产量预测研究

何强, 朱姝, 吴正松, 胡学斌

(重庆大学 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要: 通过分析重庆市1997年—2006年的生活垃圾产量以及影响垃圾产量的主要相关因素,分别采用多元线性回归分析法和灰色系统模型分析法建立了垃圾产量预测模型,并对重庆市的生活垃圾产量进行了预测。在分析两种模型的预测结果和重庆市实际情况的基础上,提出了用综合分析法处理两种模型的预测结果。结果表明:2015年重庆市的生活垃圾产量将达到 543.4×10^4 t,到2020年则将达到 809.6×10^4 t。

关键词: 生活垃圾产量; 多元线性回归分析; 灰色系统模型; 综合分析法; 预测
中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2011)01-0072-03

Prediction of Municipal Solid Waste Production in Chongqing City Based on Comprehensive Analysis

HE Qiang, ZHU Shu, WU Zheng-song, HU Xue-bin

(Key Laboratory of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment <Ministry of Education>, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: By analyzing municipal solid waste (MSW) production from 1997 to 2006 in Chongqing as well as the main impact factors of MSW production, prediction models of MSW production were set up respectively using multiple linear regression analysis and gray model analysis, and used to predict the MSW production in Chongqing. Based on analyzing the results of the two models and the actual situation in Chongqing, a comprehensive analysis of both the model results is proposed, and the results are as follows: MSW production in Chongqing will reach 543.4×10^4 t by 2015 and 809.6×10^4 t by 2020.

Key words: municipal solid waste (MSW) production; multiple linear regression analysis; gray model; comprehensive analysis; prediction

重庆市作为中国第4个直辖市,正处于经济飞速发展、城市化迅速迈进的时期,但日益增长的生活垃圾却成为困扰重庆市经济发展和环境保护、影响人民生活质量的社会问题,同时也使重庆市面临不断增加的生活垃圾产量的全过程管理问题。笔者着眼于重庆市未来可持续发展规划,用科学的方法建立重庆市生活垃圾产量预测模型,预测重庆市未来

的生活垃圾产量,为城市的环境规划和总量控制提供科学的决策信息,也为生活垃圾的收运和处理措施提供参考。

1 预测方法的选择

目前,研究者主要根据社会经济特征(产值、人口等)和数理统计方法(回归分析、灰色预测方法等)对城市生活垃圾产量进行预测,使用较为普遍

的方法有简单趋势预测法、人均产率推算法、多元回归分析法和灰色系统模型分析法等^[1~4]。其中,除简单趋势预测法较为粗略外,其余 3 种方法各有利弊。笔者基于重庆市生活垃圾的产生特点和现有的数据资料,根据各种预测方法的特点和要求,分别采用多元回归分析法和灰色系统模型分析法对重庆市的生活垃圾产量进行预测,并采用综合分析法得出最终的预测结果。

2 多元线性回归分析法预测

2.1 基础数据

对于生活垃圾产量的分析和预测在广义上可以分为社会因素和内在因素。社会因素包括相关的政策法规、居民的垃圾丢弃习惯等。考虑到社会因素和内在因素可能存在冲突,所以在建立回归模型时不予考虑,而是在通过所建模型对生活垃圾进行分析预测后再考虑社会因素,即在内在因素分析预测的基础上进行调整^[5]。因此,根据重庆市的实际情况,笔者确定影响垃圾产量的主要是人口、人均可支配收入和社会总产值这 3 个内在因素。

表 1 列出了 1997 年—2006 年重庆市生活垃圾产量和影响因子的统计资料,其中数据来源于中国统计年鉴和重庆市统计年鉴。

表 1 1997 年—2006 年重庆市生活垃圾产量及主要影响因素

Tab. 1 MSW production and main factors from 1997 to 2006 in Chongqing

项目	垃圾量 $Y/10^4$ t	人口 $X_1/$ 万人	人均可支配收入 $X_2/$ 元	社会总产值 $X_3/$ 亿元
1997 年	146.54	890.74	5 302.05	1 360.24
1998 年	157.92	935.86	5 442.84	1 440.56
1999 年	144.20	981.11	5 828.43	1 491.99
2000 年	173.30	1 013.88	6 176.30	1 603.16
2001 年	164.60	1 058.12	6 572.30	1 765.68
2002 年	211.70	1 123.12	7 238.07	1 990.01
2003 年	215.30	1 174.55	8 093.67	2 272.82
2004 年	237.20	1 215.42	9 220.96	2 692.81
2005 年	237.60	1 265.95	10 243.99	3 070.49
2006 年	243.90	1 311.29	11 569.74	3 491.57

2.2 多元线性回归模型预测

根据表 1 中所列数据,利用 Excel 数据计算软件中的“回归”功能^[3],建立生活垃圾产量(Y)与城镇人口(X_1)、城市人均可支配收入(X_2)和社会总产值(X_3) 3 个因素间的线性回归模型:

$$Y_{\text{线性}} = -53.568 1 + 0.345 959X_1 - 0.071 42X_2 + 0.192 554X_3 \quad (1)$$

应用线性模型(1)对重庆市 1997 年—2006 年的生活垃圾产量进行预测与验证,结果见表 2。

表 2 多元线性回归模型预测与验证重庆市 1997 年—2006 年的生活垃圾产量

Tab. 2 Prediction and validation of MSW production from 1997 to 2006 in Chongqing by multiple linear regression analysis

项目	实际值/ 10^4 t	预测值/ 10^4 t	残差/ 10^4 t	相对误差/%
1997 年	146.54	137.86	8.68	5.93
1998 年	157.92	158.88	-0.96	-0.61
1999 年	144.2	156.90	-12.70	-8.81
2000 年	173.3	164.80	8.50	4.91
2001 年	164.6	183.12	-18.52	-11.25
2002 年	211.7	201.25	10.45	4.94
2003 年	215.3	212.40	2.90	1.35
2004 年	237.2	226.90	10.30	4.34
2005 年	237.6	244.04	-6.44	-2.71
2006 年	243.9	246.13	-2.23	-0.91

经检验,均方差比值 C 为 0.001 5 (<0.35),小误差概率 P 为 1 (>0.95),模型的精度达到一级,可以用模型(1)对重庆市的生活垃圾产量进行预测。

利用模型(1)对 2010 年—2020 年重庆市的生活垃圾产量进行预测,结果表明,2015 年和 2020 年的生活垃圾产量将分别达到 583×10^4 和 899×10^4 t。

3 灰色系统模型分析法预测

一维模型 GM(1,1) 是人们普遍使用的一种方法,它可以建立时间响应函数从而适于进行未来趋势的预测,笔者以生活垃圾产量单变量作 GM(1,1) 模型进行预测。

根据 GM(1,1) 模型的原理并利用 Excel 数据计算软件进行计算,最终得出重庆市生活垃圾产量的 GM(1,1) 预测模型:

$$Y_{\text{灰色}} = \hat{x}^{(0)}(k+1) = 1 898.656e^{0.074 3k} - 1 752.12 - \hat{x}^{(1)}(k) \quad (2)$$

应用模型(2)对重庆市 1998 年—2006 年的生活垃圾产量进行预测与验证,结果见表 3。

经检验,均方差比值 C 为 0.001 8 (<0.35),小误差概率 P 为 1 (>0.95),模型的精度达到一级,可以用模型(2)对重庆市的生活垃圾产量进行预测。应用上述 GM(1,1) 模型对 2010 年—2020 年重庆市的生活垃圾产量进行预测,结果表明,2015 年和

2020 年的生活垃圾产量将分别达到 517×10^4 t 和 750×10^4 t。

表 3 GM(1,1) 模型预测与验证 1998 年—2006 年重庆市的生活垃圾产量

Tab. 3 Prediction and validation of MSW production from 1998 to 2006 in Chongqing by GM(1,1) model

项 目	实际值/ 10^4 t	预测值/ 10^4 t	残差/ 10^4 t	相对误差/%
1998 年	157.92	146.39	11.53	7.30
1999 年	144.20	157.68	-13.48	-9.35
2000 年	173.30	169.83	3.47	2.00
2001 年	164.60	182.93	-18.33	-11.13
2002 年	211.70	197.03	14.67	6.93
2003 年	215.30	212.22	3.08	1.43
2004 年	237.20	228.59	8.61	3.63
2005 年	237.60	246.21	-8.61	-3.62
2006 年	243.90	265.19	-21.29	-8.73

4 综合分析法预测

从多元线性回归模型和灰色系统 GM(1,1) 模型对重庆市生活垃圾产量的预测结果来看,这 2 种预测方法在 2010 年以前的预测结果较为接近,而在 2010 年以后的预测结果差别较大,线性回归分析法的预测结果更高一些。为了能较为精确地预测重庆市未来的生活垃圾产量,笔者提出将 2 种预测方法所得的数值进行加权平均的综合预测方法。与算术平均法相比,加权平均法兼顾了两种预测值的准确性,考虑到重庆市实施垃圾“减量化”措施,增长率会下降,灰色系统模型法预测的结果可以作为生活垃圾产量的最小可能值;另外,随着重庆市城市化进程的加快和城市规模的扩大,将来服务人口的数量和范围将变大,生活垃圾产量可能有较大的增长,因此 2010 年以后的预测跨度较大,预测精度难以准确估算。而灰色系统模型预测方法是根据目前较少的数据对未来的情况作趋势分析,对于生活垃圾产量未来的变化趋势有一定的预见性,因此笔者将多元

线性回归模型预测值的权数取 0.4、GM(1,1) 模型预测值的权数取 0.6,从而得出重庆市生活垃圾产量的综合分析法模型,即:

$$Y_{\text{综合}} = 0.4Y_{\text{线性}} + 0.6Y_{\text{灰色}} \quad (3)$$

根据综合分析模型预测 2010 年—2020 年重庆市的生活垃圾产量,结果表明,2015 年和 2020 年的生活垃圾产量将分别达到 543.4×10^4 t 和 809.6×10^4 t。

5 结论

城市生活垃圾的产生受多种因素的影响,对生活垃圾产量的预测具有一定的难度。通过对影响城市生活垃圾产量各种影响因素的系统分析,建立了预测效果可靠的多元线性回归模型和 GM(1,1) 模型,并对重庆市 2010 年—2020 年的生活垃圾产量进行预测,在此基础上对 2 种方法的预测结果进行综合分析,结果表明,到 2015 年重庆市的生活垃圾产量将达到 543.4×10^4 t,到 2020 年将达到 809.6×10^4 t。

参考文献:

- [1] 李金惠,王伟,王洪涛. 城市生活垃圾规划与管理 [M]. 北京:中国环境科学出版社,2007.
- [2] 宁平,张承中,陈建中. 固体废物处理与处置实践教程 [M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 金龙,赵由才. 计算机与数学模型在固体废物处理与资源化中的应用 [M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [4] 杨有清,袁涌铨,孙杰. 青岛市生活垃圾量的关联度分析与灰色模型预测 [J]. 中南民族大学学报:自然科学版,2005,24(3):5-8.
- [5] 赵由才,宋立杰,张华. 固体废物污染控制与资源化 [M]. 北京:化学工业出版社,2002.

E-mail: 102shu@126.com

收稿日期: 2010-06-29

版 权 声 明

自 2011 年 1 月 1 日起,本刊所刊文章之复制权、发行权、广播权、信息网络传播权、改编权、翻译权、汇编权及其他有可转让的著作权均于本刊刊发之日转由本刊享有,原著作权人可在非营利范围内继续使用。版权费用以稿酬的形式一次付清。如作者向本刊投稿,本刊将视为作者已接受上述条件。

特此声明。

(本刊编辑部)