

文章编号:1000-582X(2006)07-0142-04

基于灰色系统理论的重庆市煤炭消费需求预测*

孙国文¹,尹光志^{2,3}

(1. 重庆工程职业技术学院 资勘系,重庆 400037;
重庆大学 2. 资环学院;3. 西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室,重庆 400030)

摘要:根据灰色系统理论,以1995-2002年重庆市煤炭消费量作为基础数据,建立了2个灰色预测模型.应用灰色预测GM(1,1)模型预测了重庆市2005-2011年煤炭消费量,并分析了预测的结果.结果表明,该预测具有较好的精度,结果是可信的.

关键词:煤炭消费量;灰色预测;GM(1,1)模型
中图分类号:TK01

文献标识码:A

现代科学技术在高度分化的基础上高度综合的大趋势,导致了具有方法论意义的系统科学学科群的出现.系统科学揭示了事物之间更为深刻、更具本质性的内在联系,大大促进了科学技术的整体化进程;许多学科领域中长期难以解决的复杂问题随着系统科学新学科的出现迎刃而解;人们对自然界和客观事物演化规律的认识也由于系统科学新学科的出现而逐步深化.20世纪40年代末期诞生的系统论、信息论及控制论,产生于20世纪70年代末、70年代初的耗散结构理论、协同论、突变论、分形理论以及70年代中后期相继出现的超循环理论、动力系统理论、泛系理论等都是具有横向性、交叉性的系统科学新学科.

在系统研究中,由于内外扰动的存在和认识水平的局限,人们所得到的信息往往带有某种不确定性.随着科学技术的发展和人类社会的进步,人们对各类系统不确定性的认识逐步深化,不确定性系统的研究也日益深入.20世纪后半叶,在系统科学和系统工程领域,各种不确定性系统理论和方法的不断涌现形成一大景观.如扎德(L. A. Zadeh)教授于20世纪70年代创立的模糊数学,邓聚龙教授于20世纪80年代创立的灰色系统理论,帕拉克(Z. Paw lak)教授于80年代创立的粗糙集理论(Rough sets theory)和王光远教授于20世纪90年代创立的未确知数学等,都是不确定性系统理论研究的新兴学科.从不同角度、不同侧面论述了描述和处理各类不确定性信息的理论和方法.

1 灰色系统理论

灰色系统的概念是由中国学者邓聚龙教授于1982年首先提出的,并建立了灰色系统理论,引起了国内外很多学者、科技人员的重视.之后,系统灰色理论得到了较深入地研究,并在众多方面获得了成功的应用.灰色系统,是部分信息已知,部分信息未知的系统.灰色系统理论认为,凡是有些参数已知,有些参数未知的系统都是灰色系统^[1].如社会系统、经济系统、生态系统等都是灰色系统.灰色系统理论能更准确地描述社会经济系统的状态和行为,研究基于灰色系统理论的灰色预测模型^[2],则对社会经济系统预测具有重要意义.

2 基于灰色系统理论的煤炭需求预测

多年来,中国矿产资源、能源等需求量预测的研究取得了很大的进展,先后提出许多预测方法,主要有主观推断法、趋势外推法、消费弹性系数法、部门分析法、回归分析法、因果分析法、人均能量消耗法、技术分析法、经济计量模型法和能源投入产出分析法^[3]等,这些方法基本上反映需求量的动态规律和发展趋势,其预测结果作为开发矿产资源的可行性依据,达到了不同时期主观要求的目标.这些需求预测方法大多只考虑某一方面因素对资源、能源消费的影响.但事实上矿产资源需求是多方面因素影响的.国内一些专家和研

* 收稿日期:2006-03-25

基金项目:重庆市国土资源与房屋管理局资助项目

作者简介:孙国文(1976-),男,重庆丰都人,重庆工程职业技术学院教师,硕士,主要从事工程管理的研

究单位曾采用不同的方法, 对中国 2000 - 2015 年的能源和煤炭需求做过大量研究工作, 但由于所采用的方法和所取的基础数据不同, 预测结果差异较大, 且预测精确度都较低^[4]. 以 2000 年为例, 已有的预测结果多数在 14 亿 t 左右, 从当年全国经济运行形势看, 虽然下半年经济形势较好, 全年能源消费总量有所增加, 煤炭需求有所回升, 社会库存下降较大, 出口显著增长, 但全年国内煤炭消费增加不多, 当年国内煤炭消费总量在 12 亿 t 左右^[5].

在全面地分析、对比以往预测方法和结果的基础上, 在此运用灰色系统理论预测重庆市煤炭 2005 - 2011 年消费需求量, 对于重庆市发展具有重要战略意义. 影响煤炭需求是多方面的, 如国民经济发展速度、产业结构的变化、技术进步、替代产品的开发、生产消费、价格变化等, 且这些因素有些是可预知的, 而大多数是未知的, 因此, 可把煤炭消费需求看作灰色系统, 采用灰色系统控制理论^[6]进行预测.

2.1 灰色预测模型

灰色预测模型称为 GM 模型, GM(1, 1) 表示一阶、单变量的线性动态预测模型, 用于时间序列预测的是其离散形式的微分方程型预测模型; 而 GM(1, n) 表示一阶、n 个变量的微分方程型预测模型.

对于一个变量: 如果 $\chi^{(0)}$ 有 m 个相互对应的数据, 则可形成一个数列 $\chi^{(0)}(1), \chi^{(0)}(2), \dots, \chi^{(0)}(m)$.

对 $\chi^{(0)}$ 作一次累加生成一个新数列 $\chi^{(1)}$, 有

$$\chi^{(1)}(j) = \sum_{m=1}^j \chi^{(0)}(m) \quad (j=1, 2, \dots, m),$$

则可生成新数列 $\chi^{(1)}(1), \chi^{(1)}(2), \dots, \chi^{(1)}(m)$.

对新数列可建立白化形式的微分方程, 即

$$\frac{d\chi^{(1)}}{dt} + a\chi^{(1)} = u, \quad (1)$$

式(1)中参数可表示为 $\hat{a} = (a, u)^T$, 其中 a 称为发展灰数, u 为内生控制灰数.

按最小二乘法估计参数 \hat{a} , 则有

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T y_n,$$

式中,

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(\chi^{(1)}(1) + \chi^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(\chi^{(1)}(2) + \chi^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(\chi^{(1)}(m-1) + \chi^{(1)}(m)) & 1 \end{bmatrix},$$

$$y_n = (\chi^{(0)}(2), \chi^{(0)}(3), \dots, \chi^{(0)}(m))^T.$$

解微分方程(1)可得 GM(1, 1) 模型为

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(1)}(j+1) &= \left| \chi^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right| e^{-aj} + \frac{u}{a}, \\ \chi^{(0)}(0) &= \chi^{(0)}(1). \end{aligned}$$

则有

$$\hat{\chi}^{(0)}(j+1) = \hat{\chi}^{(1)}(j+1) - \hat{\chi}^{(1)}(j) \quad (j=1, 2, \dots, m).$$

由此式便可计算出第 $j+1$ 年的预测值

$$\hat{\chi}^{(0)}(j+1).$$

对于 n 个变量: $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$, 如果每个变量都有 m 个相互对应的数据, 则可形成 n 个数列 $\chi_i^{(0)} (i=1, 2, \dots, n)$, 即

$$\chi_i^{(0)} = \{\chi_i^{(0)}(1), \chi_i^{(0)}(2), \dots, \chi_i^{(0)}(m)\} (i=1, 2, \dots, n).$$

对 $\chi_i^{(0)}$ 作一次累加生成, 形成 n 个生成数列 $\chi_i^{(1)}$, 有

$$\chi_i^{(1)}(j) = \sum_{t=1}^j \chi_i^{(0)}(t) = \chi_i^{(1)}(j-1) + \chi_i^{(0)}(j) \quad (i=1, 2, \dots, n),$$

$$\text{则 } \chi_i^{(1)} = \{\chi_i^{(1)}(1), \chi_i^{(1)}(2), \dots, \chi_i^{(1)}(m)\}$$

$$(i=1, 2, \dots, n).$$

对 n 个数列可建立微分方程, 即

$$\frac{d\chi_i^{(1)}}{dt} + a\chi_i^{(1)} = b_1\chi_2^{(1)} + b_2\chi_3^{(1)} + \dots + b_{n-1}\chi_n^{(1)}, \quad (2)$$

式(2)中参数可表示为 $\hat{a} = (a, b_1, b_2, \dots, b_{n-1})^T$.

按最小二乘法估计参数 \hat{a} , 则有

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T y_n,$$

式中,

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(\chi_1^{(1)}(1) + \chi_1^{(1)}(2)) & \chi_2^{(1)}(2) & \dots & \chi_n^{(1)}(2) \\ -\frac{1}{2}(\chi_1^{(1)}(2) + \chi_1^{(1)}(3)) & \chi_2^{(1)}(3) & \dots & \chi_n^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(\chi_1^{(1)}(n-1) + \chi_1^{(1)}(n)) & \chi_2^{(1)}(n) & \dots & \chi_n^{(1)}(n) \end{bmatrix},$$

$$y_n = (\chi_1^{(0)}(2), \chi_1^{(0)}(3), \dots, \chi_1^{(0)}(m))^T.$$

解微分方程(2)可得 GM(1, n) 模型为

$$\hat{x}^{(1)}(j+1) = \left| \chi_i^{(0)}(1) - \frac{1}{a} \sum_{i=2}^n b_{i-1} \chi_i^{(1)}(j+1) \right| e^{-aj} +$$

$$\frac{1}{a} \sum_{i=2}^n b_{i-1} \chi_i^{(1)}(j+1),$$

$$\chi_i^{(0)}(0) = \chi_i^{(0)}(1) \quad (i=1, 2, \dots, n).$$

则有

$$\hat{\chi}^{(0)}(j+1) = \hat{\chi}^{(1)}(j+1) - \hat{\chi}^{(1)}(j) \quad (j=0, 1, 2, \dots, n),$$

由上式便可计算出第 $j+1$ 年的预测值 $\hat{\chi}^{(0)}(j+1)$.

2.2 重庆市煤炭消费需求灰色预测模型的建立和预测

通过对重庆市煤炭历年消费数据(见表 1)可看出, 重庆市煤炭消费保持逐年增长, 大体呈线性动态变

化.因此,对于重庆市煤炭消费需求预测,笔者采用 GM(1,1)模型对其进行预测比较适宜.

表1 重庆市1995-2002年煤炭消费量

万吨标准煤

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
煤炭消费量	1 605.08	1 702.10	1 800.30	1 826.90	1 960.45	1 994.37	2 090.89	2 153.58

说明:数据来源于重庆市1996-2003年统计年鉴

根据前述灰色预测模型可知重庆市煤炭消费原始数据序列

$\chi^{(0)}(m) = (1.605\ 08, 1.702\ 1, 1.800\ 3, 1.826\ 9, 1.960\ 45, 1.994\ 37, 2.090\ 89, 2.153\ 58)$ (单位:千万吨标准煤).

对原始数据作一阶累加生成 $\chi^{(1)}(m)$,则

$\chi^{(1)}(m) = (1.605\ 08, 3.307\ 18, 5.107\ 48, 6.934\ 38, 8.894\ 83, 10.889\ 2, 12.980\ 09, 15.133\ 67)$,

构造数据矩阵 B 及数据向量 y_n ,

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}(\chi^{(1)}(1) + \chi^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(\chi^{(1)}(2) + \chi^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(\chi^{(1)}(m-1) + \chi^{(1)}(m)) & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2.456\ 13 & 1 \\ -4.207\ 33 & 1 \\ -6.020\ 93 & 1 \\ -7.914\ 61 & 1 \\ -9.892\ 02 & 1 \\ -11.934\ 60 & 1 \\ -14.056\ 90 & 1 \end{pmatrix}$$

$y_n = (1.702\ 1, 1.800\ 3, 1.826\ 9, 1.960\ 45,$

$1.994\ 37, 2.090\ 89, 2.153\ 58)$ (UPT)

应用 MATLAB 6 计算参数 \hat{a} , 计算结果为 $\hat{a} = (-0.038\ 8, 1.619\ 6)^T$.

再根据公式 $\hat{\chi}^{(1)}(j+1) = \left| \chi^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right| e^{-aj} + \frac{u}{a}$

计算 $\hat{\chi}^{(1)}(j+1)$, 其中 $\chi^{(0)}(1) = 1.605\ 08, a = -0.038\ 8, u = 1.619\ 6$.

对 $\hat{\chi}^{(1)}(j+1)$ 累减还原得 $\chi^{(0)}$ 的模拟值 $\hat{\chi}^{(0)}(j+1)$, 结果见表 2.

将 1995-2002 年重庆市煤炭年消费量和 1995-2011 年煤炭消费年需求量预测值绘成图 1. 从图 1 中可以看出, 1995-2002 年重庆市煤炭年消费量的模拟结果具有很好的拟合度, 由此可见本预测模型具有较好的预测精度, 预测结果是可信的. 同理, 也可以采用该模型对其他能源消费, 金属和非金属消费需求进行预测, 预测结果是可信的.

表2 重庆市煤炭消费需求预测结果

万吨标准煤

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
煤炭预测消费量	2 431.66	2 527.86	2 627.87	2 731.83	2 839.91	2 952.28	3 069.07

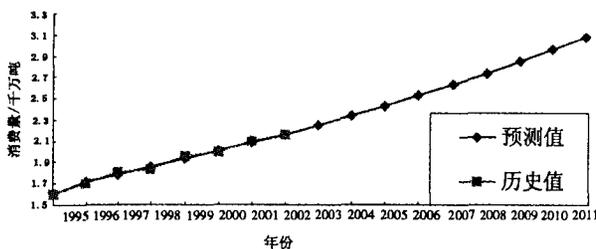


图1 重庆市历年模型计算值与实际值折线图

3 结论

基于灰色系统理论建立了重庆市煤炭消费需求预测模型, 从对重庆市煤炭需求量预测的结果看, 预测精度较高, 所需指标变量少、计算简便、便于实际应用等优点.

灰色预测技术用于矿产资源消费需求量的中、短期预测都有很高的可信度, 可以作为矿产资源需求的定量预测方法在实际中应用.

由于影响煤炭消费需求的因素众多且相当复杂, 因此, 灰色预测技术用于煤炭需求量的长期预测有待进一步研究, 其他矿产资源也是如此.

参考文献:

- [1] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及其应用(第2版)[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统理论与应用进展的若干问题[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1999. 1-10.
- [3] 李一智. 经济预测技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 1991. 203-230.
- [4] 魏同, 张先尘, 王玉浚. 中国煤炭开发战略研究[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1995. 91-92.
- [5] 孙继湖. 我国煤炭供求状况的回顾与展望[J]. 中国能源, 2001, (5): 19-24.
- [6] 邓聚龙. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 1992.

Coal Consumption Prediction in Chongqing Municipality on the Basis of Gray System Theory

SUN Guo-wen¹, YIN Guang-zhi^{2,3}

- (1. Department of Resource and Perambulation, College of Engineering and Profession Technology of Chongqing, Chongqing, 400037, China; 2. College of Resource and Environmental Science;
- 3. Key Laboratory of the Exploitation of Southwest Resources & the Environmental Hazards Control Engineering Under the state Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: On the basis of the theory of gray system, two models have been presented to forecast the coal consumed during 2005 – 2011. The comparison between coal consumption over 1995 – 2002 and the prediction show that the models enjoy a high precision and are practical, and the forecast results are reliable.

Key words: coal consumption; coal gray prediction; GM(1,1) model

(编辑 姚 飞)

(上接第 141 页)

Performance of Municipal Wastewater Treatment by the ABIR with Intermittent Aeration

LIU Zhi-ping¹, FANG Fang¹, GUO Jin-song¹, XIONG Qin²

- (1. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment Under the state Ministry of Education, College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China;
- 2. CISDI Engineering Co., LTD., Chongqing 400013, China)

Abstract: The authors study the performance of municipal wastewater treatment by the activated sludge – biofilter integrative reactor (ABIR) in continuous flow with intermittent aeration, and mainly investigate the performance of municipal wastewater treatment in the biofilter under the conditions of different intermittent aeration cycles with the DO level 1.0 mg/L when the loading is 0.4 mgCOD/mgMLSS · d in activated sludge. The concentration of COD, SS, NH₄⁺ – N and TN of the effluent has meet the class I, level B drainage standard of GB18918 – 2002 when C/N ratio is 1.32 in the biofilter, the temperature is 20℃ and the time of aeration/unaeration is 2 h/1 h.

Key words: integrative reactor; municipal wastewater; nitrogen removal; intermittent aeration

(编辑 姚 飞)