

灰色系统 GM(1, 1)模型对大隆矿煤工尘肺发病趋势的预测

【论著】

杨永利, 刘宏志, 孙世奎, 侯铁铎, 刘国军

摘要 目的 预测大隆矿今后 10 年的煤工尘肺患者数量变化趋势, 为大隆矿煤工尘肺防治工作提供参考依据。方法 对 2005 年以前铁法煤业集团大隆矿所有确诊的煤工尘肺患者做统计分析, 运用灰色系统 GM(1, 1) 模型, 对大隆矿今后 10 年的煤工尘肺患者数量变化趋势进行预测。结果 大隆矿尘肺病人数的动态长期预测 GM(1, 1) 模型为: $\hat{X}_{ij} = 1183.47 \times e^{-0.02849 \times (k-1)} + 1218.471$, 其总绝对误差为 0.02, 总相对误差百分率为 0.0%; $C=0.15$, $P=1.00$ 。2005—2006、2007—2008、2009—2010、2011—2012 年的患病人数分别为 27、23、26、47、25、72、25、00、24、30。结论 模型精度较好, 可信度优。可用于该矿煤工尘肺发病趋势的预测; 该矿今后 10 年尘肺病患者将不断减少。

关键词 煤工尘肺; 灰色预测; GM(1, 1) 模型; 发病趋势

中国图书资料分类号: R135.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-1257(2007)18-1581-03

Subject Grey Model Forecast on the Incidence of Coalminers' Pneumoconiosis in Dalong Mine

Authors YANG Yong-li, LIU Hong-zhi, SUN Shi-kuai, et al. (The General Hospital of Tiefa Coalmine Corporation, Liaoning 112700, China)

Abstract [Objective] To predict the incidence tendency of coalminers' pneumoconiosis in the following 10 years and provide evidence for the prevention and control work. [Methods] Statistic analysis was made on the diagnosed coalminers' pneumoconiosis patients in Tiefa Coalmine Corporation since 2005. Grey system GM(1, 1) was used to predict the changing tendency of coalminers' pneumoconiosis in the following 10 years. [Results] The GM(1, 1) model of the dynamic prediction of the long-term incidence tendency of coalminers' pneumoconiosis in Dalong coalmine was $\hat{X}_{ij} = 1183.47 \times e^{-0.02849 \times (k-1)} + 1218.471$, the total relative deviation was 0.02, total relative deviation rate was 0.0%; $C=0.15$, $P=1.00$. The expected numbers of CMP patients during the periods of 2005—2006, 2007—2008, 2009—2010 and 2011—2012 were 27, 23, 26, 47, 25, 72, 25, 00 and 24, 30 respectively. [Conclusion] This model is accurate and reliable that can be applied for the prediction of the incidence tendency of coalminers' pneumoconiosis; the number of coalminers' pneumoconiosis patients will decrease in the following 10 years.

Key words Coalminers' pneumoconiosis; Grey prediction; GM(1, 1) model; Incidence tendency

煤工尘肺是尘肺中危害最严重的一种, 占尘肺总病例近 50%^[1-2]。工人患尘肺后, 丧失劳动力, 明显缩短寿命, 并严重影响经济建设^[3]。因此, 煤矿工人健康状况与我国经济、社会的发展息息相关, 掌握煤工尘肺发病势态, 弄清现有条件下煤工尘肺发病规律并做出发病趋势预测, 将有助于政府采取相应的控制措施, 以达到保护劳动者健康和促进经济发展的最终目的。流行病学调查资料表明, 尘肺的发生、发展与诸多因素有关。但是对每种因素的作用尚难以定量地说明, 对过去情况的了解, 大部分是建立在既往记录基础上, 资料的完整性也不能保证。例如: 当既往的粉尘浓度缺乏时, 往往难以补救。然而, 无论影响尘肺发病的因素多么复杂, 但它们综合作用的结果最终将体现在尘肺发病数量上。因此, 我们拟以 2004 年底铁法煤业集团大隆矿所有已确诊的煤工尘肺患者为研究对象, 采用灰色系统 GM(1, 1) 模型对大隆矿煤工尘肺发病趋势进行预测, 为大隆矿煤工尘肺防治工作提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源与数据录入 资料来源于铁法煤业集团大隆矿从建矿至 2004 年底, 所有曾接尘矿工中确诊的尘肺患者。所有尘肺患者病情信息则在该矿劳资科数据库基础上, 与该集团职工医院职业病科核实。由铁岭市职业病诊断小组和铁法矿区职工医院职业病科执业医师进行诊断。

所有资料进行核实后用 FoxPro 6.0 录入。

1.2 预测方法及其原理 根据灰色系统理论的计算公式, 采用 SPSS 11.5 系统软件编写运算程序, 以 1989—2004 年大隆矿尘肺患病人数资料计算模型参数。

1.2.1 尘肺患病人数、发病人数和灰色建模

1.2.1.1 数据行列灰色过程生成 即累加生成灰色模型, 为建模提供中间信息和弱化原始数据的随机性, 这是用一次累加生成来实现, 一次累加生成由式 (1) 获得, 即:

$$X_{(1)}^{(1)} = \sum_{k=1}^n X_{(1)}^{(0)} (i=1, 2, \dots, 17, n=17) \quad (1)$$

$$\text{例如: } X_{(1)}^{(1)} = X_{(1)}^{(0)} = 2$$

$$X_{(2)}^{(1)} = X_{(1)}^{(0)} + X_{(2)}^{(0)} = 2 + 3 = 5$$

基金资助: 辽宁省自然科学基金, 编号: 20052219

作者简介: 杨永利, 男, 副主任医师, 主要从事煤工尘肺卫生管理与防治工作。

作者单位: 铁法煤业集团总医院, 辽宁省调兵山市 112700

类推,得到新的时间数据列,填于表 3第 4列

1.2.1.2 确定数据矩阵 B, Y_n

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X_{(2)}^{(1)} + X_{(1)}^{(1)}] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X_{(3)}^{(1)} + X_{(2)}^{(1)}] & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2}[X_{(k)}^{(1)} + X_{(k-1)}^{(1)}] & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = [X_{(2)}^{(0)}, X_{(3)}^{(0)}, \dots, X_{(n)}^{(0)}]$$

1.2.1.3 求参数 a, u 值

$$a = [a, u]^T = (B^T B)^{-1} \cdot B^T \cdot Y_n$$

1.2.1.4 由下述公式得到预测模型:

$$\hat{X}_{(k+1)}^{(0)} = \left[X_{(1)}^{(0)} - \frac{u}{a} \right] e^{-ak} + \frac{u}{a} \tag{2}$$

把 a, u 和 $X_{(2)}^{(0)}$ 的值代入式 (2)即可得到铁法大隆煤矿尘肺病人数的动态长期预测 $GM(1, 1)$ 模型。

1.2.2 模型精度检验 为了评判预测模型 $GM(1, 1)$ 的精度和有效性,必须对预测残差和合适性进行检验,由于误差大小反映预测精度,相对误差百分率作为拟和好坏的直观测度,由实际值与理论值比较,可得出相对误差百分率。预测值的可信度,可以通过后验差进行检验,后验差检验步骤如下。

1.2.2.1 计算历年的残差 ϵ_i (实际值与理论值之差)。

1.2.2.2 计算实际均值与残差的均值 $\bar{\epsilon}$

$$m = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n m_k \quad \bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_k$$

1.2.2.3 计算实际方差 S_1^2 与残差 S_2^2

$$S_1^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (m_k - m)^2 \quad S_2^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\epsilon_k - \bar{\epsilon})^2$$

1.2.2.4 计算后验差比值 $C, C = \frac{S_2}{S_1}$

1.2.2.5 计算小误差概率

$$P = \left\{ \epsilon_k - \bar{\epsilon} < 0.6745 S_2 \right\}$$

1.2.2.6 按表 1指标判断模型优劣

表 1 检验评价标准

指标	P值	C值
好	> 0.95	< 0.35
合格	> 0.8	< 0.5
勉强	> 0.7	< 0.65
不合格	≤ 0.7	≥ 0.65

2 结果

2.1 $GM(1, 1)$ 模型的建立

2.1.1 列出 1989—2004年度大隆矿尘肺病人的资料见表 2。作为建立灰色模型的原始数据,以 $X_{(k)}^{(0)}$ 为 1个单位列表。

表 2 大隆矿历年尘肺病人统计情况

年份	发病人数	患病人数 $X_{(k)}^{(0)}$	累积病人数
1989—	2	35	35
1991—	1	34	69
1993—	0	33	102
1995—	1	30	132
1997—	1	29	161
1999—	3	30	191
2001—	4	30	221
2003—2004	0	28	249

2.1.2 输入程序 将序列 $X_{(k)}^{(0)}$ 中的数据输入 SPSS

11.5系统软件中的相应程序,即求得各年的预测理论

值 $\hat{X}_{(k)}^{(0)}$,见表 3及 a 值和 u 值。

$$a = 0.02849$$

$$u = 34.71424$$

2.1.3 将 a 值和 u 值代入式 (2),得到大隆矿尘肺病人数的动态长期预测 $GM(1, 1)$ 模型。

表 3 灰色模型预测计算结果

年份	实际患病人数 $X_{(k)}^{(0)}$	预测理论值 $\hat{X}_{(k)}^{(0)}$	绝对误差 $X_{(k)}^{(0)} - \hat{X}_{(k)}^{(0)}$	相对误差 $X_{(k)}^{(0)} - \hat{X}_{(k)}^{(0)} / X_{(k)}^{(0)} \times 100\%$
1989—	35	35.00	0.00	0.0
1991—	34	33.24	0.76	2.2
1993—	33	32.31	0.69	2.1
1995—	30	31.40	-1.40	4.7
1997—	29	30.52	-1.52	5.2
1999—	30	29.66	0.34	1.1
2001—	30	28.83	1.17	3.9
2003—2004	28	28.02	-0.02	0.1
合计	249	248.98	0.02	0.0

2.2 精度检验及预测结果

2.2.1 回代误差结果 见表 3。绝对误差为 $X_{(k)}^{(0)} - \hat{X}_{(k)}^{(0)}$,相对误差为 $X_{(k)}^{(0)} - \hat{X}_{(k)}^{(0)} / X_{(k)}^{(0)} \times 100\%$,总的误差率为 0.0%,可以认为预测回代的精度好。

$$\hat{X}_{(k)}^{(0)} = -1183.47 \times e^{0.02849 \times (k-1)} + 1218.471$$

2.2.2 后验差的检验 根据 1.2.2.1~1.2.2.6的步骤对系统模型进行后验差检验,得出 $S_1 = 6.41, S_2 = 0.97$ 后验差比 $C = 0.15, P = 1.00$ 属预测精度“优”类,该预测模型是可用的。

2.2.3 未来 10 年尘肺患病人数预测 上面得到的铁法大隆煤矿尘肺发病的 GM 模型是有过去信息引入到将来的动态模型,也就是通过已知的白色模块延伸得到的预测模型,我们可利用这个模型对未来 10 年的灰色区域进行预测,结果见表 4。

表 4 2005—2014 年大隆矿尘肺患病人数预测

年份	预测值
2005—	27.23
2007—	26.47
2009—	25.72
2011—	25.00
2013—2014	24.30

3 讨论

煤工尘肺是尘肺中最为严重的一种^[3]。目前,其发病机制不甚明确,亦无特殊的治疗方法,因而关键在于预防。我们通过研究与探索大隆矿煤工尘肺发病趋势,可为该矿煤工尘肺防治工作提供参考依据。

灰色预测法是一种对含有不确定因素的系统进行预测的方法。灰色预测通过鉴别系统因素之间发展趋势的相异程度,即进行关联分析,并对原始数据进行生成处理来寻找系统变动的规律,生成有较强规律性的数据序列,然后建立相应的微分方程模型,从而预测事物未来发展趋势的状况。GM(1,1)模型是常用的灰色模型之一,它是由一个包含单变量的一阶微分方程构成的模型,通过简单的累加生成模块,使上下波动的时间序列转变为单调升的线性或指数律的序列^[4]。当原始数据序列符合或基本符合指数规律变化,且变化速

度不是很快时,应用该预测模型有可能得到较好的预测结果^[5]。以往研究表明,用灰色数列预测模型对概率分布并不呈典型分布的尘肺发病趋势进行预测是合理的^[6-7]。

本文通过铁法煤业集团大隆矿 1989—2004 年煤工尘肺患病资料,建立灰色系统 GM(1,1)预测模型,定量预测该矿 2005—2012 年煤工尘肺发病趋势。该预测模型总相对误差百分率为 2.58%,可以认为预测回代的精度是可以的; $C=0.15$ $P=1.00$ 预测的可信度“优”,可知系统模型拟合成功。

4 参考文献

- [1] 邹昌洪,刘占元,程玉海,等. 全国尘肺流行病学调查研究. 全国尘肺流行病学调查研究资料集 (1949—1986). 北京: 北京医科大学协和医科大学联合出版社, 1992: 16249
- [2] 李涛,张敏,李德鸿,等. 中国职业卫生发展现状. 工业卫生与职业病, 2004, 30(2): 65—68
- [3] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Silicosis mortality: prevention and control—United States, 1968—2002. MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report, 2005, 54: 401—405
- [4] 蔡金钟. 疾病监测的灰色预测模型 GM(1,1) 研究. 厦门大学医学报, 1995, 34(1): 121—126
- [5] 吉培荣,胡翔勇,熊冬青. 对灰色预测模型的分析与评价. 水电能源科学, 1999, 7(2): 42—44
- [6] 李舒才,肖全华,曹永兴,等. GM(1,1) 灰色模型在尘肺患病人数预测的应用与评价. 国际医药卫生导报, 2004, 10(18): 207—208
- [7] 孙晓楼,顾伟玲. 灰色预测法在尘肺患病中的应用. 中华劳动卫生职业病杂志, 1997, 15(4): 210

(收稿: 2007—02—14)

(本文编辑: 方弘)

中华预防医学会系列杂志 《职业与健康》杂志 2008 年征订通知

本刊为半月刊,全年共 24 期,大 16 开,全年定价 144 元。由邮局向全国发行,本刊邮发代号 6—124 邮局可办理 2008 年征订工作,编辑部亦随时接受征订。欢迎就近到邮局办理订阅,亦可向编辑部直接订阅。

本刊欢迎广大专业技术人员踊跃投稿,对获国家及部、省、市级科学基金资助者或属攻关项目、获科技成果奖及国际学术会议宣读论文者,投稿可优先选用刊登,请作者在文稿首页下部注明,并列出项目号、获奖号等,其证书复印件随稿寄来。