

基于灰色模型的中国职业性耳鼻喉口腔疾病发病预测研究

邱劲松, 罗磊

长沙市疾病预防控制中心职业卫生科, 湖南 长沙 410003

摘要:

[背景] 近年我国职业性耳鼻喉口腔疾病的发病呈增多趋势, 将严重危害劳动者健康。

[目的] 了解全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病情况, 预测其发病趋势。

[方法] 收集国家卫生健康委员会官方网站公布的历年职业病防治工作情况通报和我国卫生健康事业发展统计公报, 汇总 2011—2018 年全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病数据, 以该流行病学调查数据建立灰色模型并检验模型效果, 进一步运用灰色模型预测 2019—2020 年职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数。

[结果] 2011—2018 年全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病人数分别为 532、639、716、880、1097、1276、1608、1528 例。全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病预测模型为 $\hat{x}^{(1)}(k+1)=4\ 123.87e^{0.15k}-3\ 591.87$, 均方差比值 $c=0.226$, 小误差概率 $p=1.00$, 平均相对误差为 6.30%; 预测 2019—2020 年职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数分别为 1954、2277 例。

[结论] GM (1, 1) 灰色模型可较好地拟合全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病情况并预测, 具有一定实用性。

关键词: GM (1, 1) 灰色模型; 职业性耳鼻喉口腔疾病; 预测

Prediction of occupational otorhinolaryngological diseases in China based on grey model QIU Jin-song, LUO Lei (Department of Occupational Health, Changsha Center for Disease Control and Prevention, Changsha, Hunan 410003, China)

Abstract:

[Background] Occupational otorhinolaryngological diseases are increasing in China in recent years, and will seriously harm the health of workers.

[Objective] The study aims to understand and predict the incidence of occupational otorhinolaryngological diseases in China.

[Methods] We collected relevant statistics of reported occupational otorhinolaryngological diseases from 2011 to 2018 from official bulletins on prevention and treatment of occupational diseases and development of health care undertakings published on websites of relevant national health departments. The epidemiological data were used to establish and test a grey model and to validate model predictive effect by applying the model to predict the incidence of occupational otorhinolaryngological diseases in 2019-2020.

[Results] The cases of occupational otorhinolaryngological diseases from 2011 to 2018 were 532, 639, 716, 880, 1097, 1276, 1608, and 1528, respectively. The grey model for national occupational otorhinolaryngological diseases was $\hat{x}^{(1)}(k+1)=4\ 123.87e^{0.15k}-3\ 591.87$, mean-squared error ratio (c)=0.226, micro error probability (p)=1.00, and average relative error was 6.30%. The predicted cases of occupational otorhinolaryngological diseases from 2019 to 2020 were 1954 and 2277, respectively.

[Conclusion] The GM (1, 1) grey model can well fit and predict the incidence of occupational otorhinolaryngological diseases in China, and it is applicable.

Keywords: GM(1, 1) grey model; occupational otorhinolaryngological diseases; prediction

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19657

基金项目

长沙市科技计划项目 (kq1801138)

作者简介

邱劲松 (1986—), 男, 硕士, 主管医师; E-mail: 449317219@qq.com

通信作者

邱劲松, E-mail: 449317219@qq.com

利益冲突 无申报

收稿日期 2019-09-25

录用日期 2019-12-12

文章编号 2095-9982(2020)03-0281-04

中图分类号 R13

文献标志码 A

引用

邱劲松, 罗磊. 基于灰色模型的中国职业性耳鼻喉口腔疾病发病预测研究 [J]. 环境与职业医学, 2020, 37 (3): 281-284.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19657

Funding

This study was funded.

Correspondence to

QIU Jin-song, E-mail: 449317219@qq.com

Competing interests None declared

Received 2019-09-25

Accepted 2019-12-12

To cite

QIU Jin-song, LUO Lei. Prediction of occupational otorhinolaryngological diseases in China based on grey model[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(3): 281-284.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19657

我国最新的《职业病分类和目录》中^[1], 职业性耳鼻喉口腔疾病包括噪声聋、铬鼻病、牙酸蚀病和爆震聋, 其中以噪声聋为主。随着国家产业结构的逐步调整和升级, 经济快速发展的同时, 历史遗留问题不断累积, 新的职业病危

害问题不断出现^[2-3]。其中,职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数呈增多趋势^[4-5],已成为严重危害劳动者健康的职业病之一。如何进行职业病发病的风险分析和监测是目前研究的重点。灰色模型是运用数学方法在一定范围内对既含有已知信息又含有未知或非确定信息的灰色系统进行预测,最常见的是GM(1,1)模型^[6]。本研究通过对我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病数据进行建模并预测分析,为开展职业性耳鼻喉口腔疾病防控提供参考。

1 对象与方法

1.1 对象

数据来源于《关于2011年职业病防治工作情况的通报》^[7]、《关于2012年职业病防治工作情况的通报》^[8]、《关于2013年职业病防治工作情况的通报》^[9]、《关于2014年职业病防治工作情况的通报》^[10]、《关于2015—2016年职业病防治工作情况的通报》^[11]、《2017年我国卫生健康事业发展统计公报》^[12]和《2018年我国卫生健康事业发展统计公报》^[13]。收集和汇总2011—2018年全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数,以发病例数作为统计指标。我国2011—2018年全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病人数分别为532、639、716、880、1097、1276、1608、1528例。

1.2 方法

1.2.1 原始数据的处理 给定非负原始数据序列: $X^{(0)}=\{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$,首先对 $X^{(0)}$ 进行一次累加生成一次累加序列: $X^{(1)}=\{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)\}$,其中 $x^{(1)}(k)=\sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$,若 $\delta(k)=\frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$ ($k=2, 3, \dots, n$),称为序列 $X^{(1)}$ 的级比,若 $\delta(k) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$ 时,序列 $X^{(1)}$ 可做GM(1,1)建模。

1.2.2 GM(1,1)模型建模思想 将时间序列转化为微分方程,从而建立起抽象系统的发展变化动态模型,即GM(1,1)模型。它表示含有一个变量的一阶微分方程的动态模型,对 $X^{(1)}$ 可建立下述白化形式的微分方程: $\frac{dx^{(1)}}{dt}+ax^{(1)}=b$,式中 a 为待辨识发展系数, b 为待辨识灰色作用量。记得辨识向量 $\hat{a}=[a, b]^T$,按照最小二乘法求得 $\hat{a}=(B^T B)^{-1} B^T Y_n$,式中: B —数据矩阵; Y_n —数据列。

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(1)+x^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(2)+x^{(1)}(3)) & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(n-1)+x^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix}, Y_n = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n))$$

求得上述白化微分方程的解,即GM(1,1)灰色预测模型的离散时间响应函数: $\hat{x}^{(1)}(k+1)=(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a})e^{-ak}+\frac{b}{a}$,式中: \hat{x} 为模型模拟预测值; k 为时间序列,可取年、季或月。

由于GM模型得到的是一次累加量,必须将GM模型所得数据 $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ 经过逆生成即累减生成还原为 $\hat{x}^{(0)}(k+1)$,即: $\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k)$ 。

1.2.3 灰色模型检验 模型检验主要采用相对误差、均方差比值、小误差概率三种。灰色模型中模拟值与实际值的差为残差序列为 $\varepsilon^{(0)}=\{x^{(0)}(1)-\hat{x}^{(0)}(1), x^{(0)}(2)-\hat{x}^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)-\hat{x}^{(0)}(n)\}$;相对误差序列为 $\Delta=\{|\frac{\varepsilon^{(0)}(1)}{x^{(0)}(1)}|, |\frac{\varepsilon^{(0)}(2)}{x^{(0)}(2)}|, \dots, |\frac{\varepsilon^{(0)}(n)}{x^{(0)}(n)}|\}$;平均相对误差为 $\bar{\Delta}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n \Delta_k$;原始数据的方差为 $s_1^2=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n (x^{(0)}(k)-\bar{x})^2$;残差序列的方差为 $s_2^2=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^n (\varepsilon(k)-\bar{\varepsilon})^2$;则称模型平均相对精度为 $1-\bar{\Delta}$; $c=\frac{s_2}{s_1}$ 为均方差比值; $p=P(|\varepsilon(k)-\bar{\varepsilon}|<0.6745s_1)$ 为小误差概率。当精度大于90%时,表明模型达到了较好的精度要求。通常,模型精度等级由 c 和 p 两个指标综合评定,划分为四个等级。模型的精度级别为 $\max\{c$ 所在级别, p 所在级别级},见表1。

表1 模型精度等级参照表

精度等级	均方差比值 c	小误差概率 p
一级(好)	≤ 0.35	≥ 0.95
二级(合格)	$>0.35 \sim 0.50$	$<0.95 \sim 0.80$
三级(勉强)	$>0.5 \sim 0.65$	$<0.80 \sim 0.70$
四级(不合格)	>0.65	<0.70

1.3 统计学分析

用Excel 2010进行数据录入汇总,运用南京航空航天大学灰色系统研究所提供灰色建模软件第七版(GSTA V7.0)软件建立GM(1,1)灰色模型并预测。

2 结果

2.1 GM(1,1)模型的建立

以2011—2018年流行病学调查数据进行建模分析,得到原始数据序列: $X^{(0)}=\{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}=(532, 639, 716, 880, 1097, 1276, 1608, 1528)$;对其进行一次累加处理生成的一次累加序列为 $X^{(1)}=\{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(3), \dots, x^{(1)}(n)\}=(532, 1171, 1887, 2767, 3864, 5140, 6748, 8276)$ 。计算原始数据级比 $\delta(k)=\frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)} \in (0.80, 1.25)$,可做GM(1,1)建模分析。

运用GSTA V7.0建立GM(1,1)灰色预测模型,得出: $a=-0.15, b=538.78$;将 a, b 的值代入方程式 $\hat{x}^{(1)}(k+1)=(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a})e^{-ak}+\frac{b}{a}$,求得灰色预测模型为: $\hat{x}^{(1)}(k+1)=$

$4123.87e^{0.15k}-3591.87$ 。

2.2 模型的检验

将数据代入灰色预测模型进行计算，还原 $\hat{x}^{(0)}(k+1)$ ，得到 $X^{(0)}$ 序列的预测值。对模型进行检验，相对误差在 3.20%~10.50% 之间，平均相对误差为 6.30%，平均相对精度为 93.70%；模型均方差比值 $c=0.226<0.35$ ，小误差概率 $p=P(|\varepsilon(k)-\bar{\varepsilon}|<0.6745s_1)=1.00>0.95$ ，精度等级为一级（好）。全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病的 GM (1, 1) 建模及检验过程见表 2。

表 2 全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病人数的 GM (1, 1) 建模及检验

年份	实际值	预测值	残差	相对误差 /%
2011	532	—	—	—
2012	639	670.04	-31.04	4.86
2013	716	780.74	-64.74	9.04
2014	880	909.73	-29.73	3.38
2015	1097	1060.03	36.97	3.37
2016	1276	1235.15	40.85	3.20
2017	1608	1439.21	168.79	10.50
2018	1528	1676.99	-148.99	9.75
模型方程式	$\hat{x}^{(1)}(k+1)=4123.87e^{0.15k}-3591.87$			
平均误差 /%	6.30			
相对精度 /%	93.70			
均方差比值 c	0.226			
小误差概率 p	1.00			

2.3 实际应用预测

对照模型精度等级参照表，本研究建立的灰色预测模型精度等级为一级，可用于我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病预测。2011—2018 年我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数的实际值和预测值如图 1。可以看出，实际值和预测值拟合程度较高，应用灰色模型进行我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病分析和预测取得较好效果。运用该灰色模型预测 2019—2020 年全国职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数分别为 1954、2277 例。

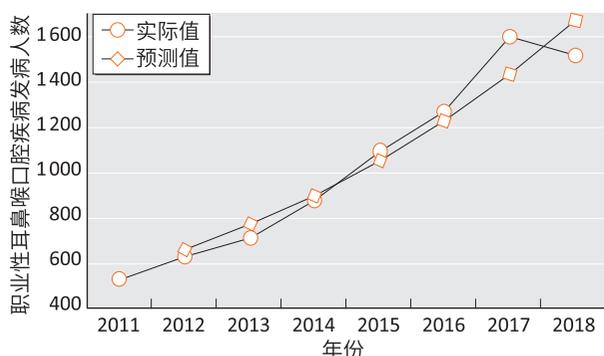


图 1 职业性耳鼻喉口腔疾病发病人数实际值与预测值比较

3 讨论

职业性耳鼻喉口腔疾病的监测和控制一直是我国职业病防控的重要工作之一。近年来，随着职业病防治法的普法宣传和职业卫生监督力度不断加大，大中型企业职业卫生条件有了较大改善。但是，我国职业性耳鼻喉口腔疾病的防控工作仍然十分艰巨^[14-15]。本研究通过掌握职业性耳鼻喉口腔疾病的发病趋势，可为今后指导相关疾病防控工作提供依据。研究显示，2011—2017 年我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数逐年上升，在 2011 年发病例数首次超过了 500 例，2017 年发病例数已经是 2011 年的 3 倍多，呈现明显上升趋势。分析增长的主要原因包括：《中华人民共和国职业病防治法》及相关配套法律法规的实施，全社会对职业性噪声聋等职业病的研究和重视程度不断加强^[16]，劳动者维权意识显著提高；职业健康监护覆盖面进一步提高，体检人数不断增加；相关职业病诊断标准放宽^[17]，更多的职业性耳鼻喉口腔疾病被检出。

灰色系统理论是我国邓聚龙教授创立于 20 世纪 80 年代^[18]，它以“部分信息已知，部分信息未知”的“小样本”“贫信息”“不确定性系统”为研究对象，主要通过对部分已知信息的累加、累减、均值等序列生成，获取有价值的信息，实现对系统运行变化趋势的有效预测和合理监控^[6]。灰色系统预测已成功应用到社会、经济、工业、农业等众多领域^[6]。GM (1, 1) 模型是灰色系统中应用最为广泛的模型。近年来，越来越多的学者尝试将其运用到医学领域，成功解决了带有模糊不确定性的实际问题，取得了良好的效果^[19-21]。然而，对我国范围内的职业病发病预测的研究鲜有报道。本研究采用 GM (1, 1) 模型对我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数进行预测，结果显示模型精度非常好，预测值与实际值基本一致，较好地拟合了我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病情况，具有一定的实用性。尽管 2018 年我国各类职业病报告新病例数较 2017 年下降，职业性耳鼻喉口腔疾病发病例数 2018 年相比 2017 年也下降了约 5%，首次出现了降低的情况，但本研究预测短期内我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病还将上升。

职业病的发病受其本身具有的“隐匿性”和“迟发性”特点以及政府干预措施、诊断标准变化、职业病报告情况等多种因素的影响，这些因素均会影响模型的精度。模型的精度直接关系到预测的效果，如何

提高模型的精度是进行灰色预测研究的关键环节。因此,模型数据的时效性、模型的维度,以及对模型精度不合格的残差修正有待进一步深入研究。本研究基于灰色模型对我国职业性耳鼻喉口腔疾病发病情况进行了预测,可以为卫生健康部门制订职业病防控策略提供一定的理论依据。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生计生委. 国家卫生计生委等4部门关于印发《职业病分类和目录》的通知[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5898b/201312/3abbd667050849d19b3bf6439a48b775.shtml>.
- [2] 钟学飘, 朱志良, 马争, 等. 2005—2013年全国职业病发病情况分析[J]. 实用预防医学, 2015, 22(7): 858-859.
- [3] 高茜茜, 张恒东, 白莹, 等. “十二五”期间某省职业病发病情况及趋势分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2017, 35(12): 925-928.
- [4] 刘晓勇, 金佳纯, 黄永顺, 等. 2006—2013年广东省新发职业性耳鼻喉口腔疾病分布特征分析[J]. 中国职业医学, 2014, 41(5): 540-543.
- [5] 朱文静, 张峻, 高茜茜, 等. 2006—2015年江苏省职业性耳鼻喉口腔疾病特征[J]. 江苏预防医学, 2017, 28(6): 695-696.
- [6] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 8版. 北京: 科学出版社, 2017: 31-142.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 关于2011年职业病防治工作情况的通报[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899t/201309/14ddb8fcd7b4385ald0a6351b5cebfc.shtml>.
- [8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 关于2012年职业病防治工作情况的通报[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899t/201309/9af5b88cc6ea40d592e8a5e0aa76914a.shtml>.
- [9] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 关于2013年职业病防治工作情况的通报[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899t/201406/ed8ed220d0b74010bc6dcd8e340f4fb.shtml>.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家安全生产监督管理总局. 关于2014年职业病防治工作情况的通报[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899t/201512/c5a99f823c5d4dd48324c6be69b72f9.shtml>.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家安全生产监督管理总局. 2015-2016年全国职业病防治报告情况[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899t/201712/c46227a95f054f5fa40e4db05bb37.shtml>.
- [12] 中华人民共和国卫生健康委员会. 2017年我国卫生健康事业发展统计公报[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s10743/201806/44e3cdf11fa4c7f928c879d435b6a18.shtml>.
- [13] 中华人民共和国卫生健康委员会. 2018年我国卫生健康事业发展统计公报[EB/OL]. [2020-01-17]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s10748/201905/9b8d52727cf346049de8accce25ffcbd0.shtml>.
- [14] 林秋红, 刘移民, 郭静宜. 广州市2001—2010年职业病发病情况分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2012, 30(10): 759-762.
- [15] 郭国强, 谌阿璟, 朱志良. 2011至2015年深圳市某街道职业病防治情况分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2017, 35(10): 763-764.
- [16] 张国英, 唐智峰, 姚永平, 等. 露天石矿噪声危害与工人听力状况调查[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2014, 32(8): 597-599.
- [17] 李旭东, 瞿红鹰, 温贤忠, 等. 某省职业病流行趋势和预测[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2018, 36(7): 508-511.
- [18] DENG J L. Control problems of grey systems[J]. Syst Control Lett, 1982, 1(5): 288-294.
- [19] 魏微. 辽阳市艾滋病时间序列模型灰色预测研究[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(6): 935-936.
- [20] 王雅文, 沈忠周, 马帅, 等. GM(1, 1)模型在孕产妇死亡率预测中的应用[J]. 中华疾病控制杂志, 2018, 22(7): 755-757.
- [21] 许小珊, 孙娜, 杜彦春, 等. GM(1, 1)模型的优化及其在乙肝发病预测中的应用研究[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(5): 772-774, 778.

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 丁瑾瑜)