

灰色 GM(1,1) 模型在结核病发病率预测中应用*

李立^{1,2}, 杨召¹, 叶中辉¹, 郭奕瑞¹, 梁淑英², 尤爱国³, 张肖肖³, 王重建¹

摘要:目的 应用灰色 GM(1,1) 模型拟合结核病发病率,探讨其在结核病发病率预测中的应用。方法 利用河南省 2004—2011 年结核病疫情资料,建立结核病发病率灰色 GM(1,1) 预测模型,评价模型预测效能,预测该省 2012—2014 年结核病发病率。结果 河南省结核病发病率建立的灰色 GM(1,1) 预测模型的平均相对误差、后验差比值(C)、小误差概率(P)及平均级比偏差值(\bar{P})分别为 3.71%、0.21、1.00 和 0.0269,模型预测效能较好,利用该模型对 2012—2014 年结核病发病率进行外推预测,结果分别为 65.82/10 万、56.42/10 万、47.31/10 万。结论 灰色 GM(1,1) 模型对于结核病发病率的预测效能较好,预测结果对于结核病预防控制具有重要指导意义。

关键词:结核病;发病率;灰色 GM(1,1) 模型;预测

中图分类号:R 52 文献标志码:A 文章编号:1001-0580(2014)04-0396-02 DOI:10.11847/zggws2014-30-04-04

Application of gray GM (1,1) model to predict incidence of tuberculosis in Henan province

LI Li*, YANG Zhao, YE Zhong-hui, et al (* Department of Epidemiology and Biostatistics, College of Public Health, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan Province 450001, China)

Abstract: Objective To develop a gray GM (1,1) model and to explore its potential application in prediction of tuberculosis incidence. **Methods** A gray GM (1,1) model was established using the epidemic data of tuberculosis in Henan province from January 1, 2004 to December 31, 2011, and the predictive performance was tested and accessed. **Results** The average relative error, posterior margin ratio, small error probability, and average level deviation were 3.71%, 0.21, 1.00, and 0.0269, respectively, suggesting the gray GM (1,1) model could be applied for predicting tuberculosis incidence. Based on the model, the tuberculosis incidence predicted for the province from 2012 to 2014 were 65.82/10⁵, 56.42/10⁵, and 47.31/10⁵, respectively. **Conclusion** The gray GM (1,1) model could be used to predict the incidence of tuberculosis for the prevention management and measurement of the disease.

Key words: tuberculosis; incidence; gray GM (1,1) model; prediction

建立健全的结核病疫情预警系统,实现对结核病发病率的有效预测是掌握结核病流行状况、发病趋势和相关预防控制政策制定以及资源配置的基础^[1-2]。中国自 2004 年已建立起较为完善的“疾病监测信息管理系统”和“结核病管理信息系统”,并于 2005 年实现了短程督导化疗策略(directly observed treatment short-course, DOTS)的 100% 覆盖率,但是由于缺少有效的预警预测分析手段,很难有效掌握结核病的未来发病趋势,使得结核病防控工作处于较为被动的局面^[3-4]。本研究在灰色系统理论基础上,利用河南省 2004—2011 年结核病疫情监测资料,建立灰色 GM(1,1) 结核病发病率预测模型,对该省结核病疫情情况进行预测分析,旨在为结核病预防控制措施的制定以及卫生资源的合理分配提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 资料来源 疫情资料源于河南省结核病管理

信息系统 2004—2011 年结核病监测数据;相关人口数据源于国家统计局。

1.2 研究内容 在灰色系统理论的基础上,采用灰色预测方法对该省 2004—2011 年结核病疫情资料进行分析,建立灰色 GM(1,1) 结核病发病率预测模型,通过实证研究评估该模型预测效能,进而实现对该省 2012—2014 年结核病发病率进行预测。

1.3 方法 在灰色 GM(1,1) 模型^[5-8]的基础上,对原始数据序列进行检验和改进,利用级比值检验和数据转换过程,将灰色 GM(1,1) 残差序列模型融入到原始的灰色模型理论中,简化预测模型的同时,提高对原始数据的利用率。具体步骤如下:(1)灰色 GM(1,1) 模型建立。(2)模型精度检验:若模型预测精度较好,则模型可以用于外推预测;若预测精度不合格,则不能用于外推预测。灰色 GM(1,1) 模型预测精度的检验判断指标有平均相对误差、后验差比值(C)和小误差概率(P)及级比偏差值(ρ)。模

* 基金项目:国家自然科学基金(81001293);河南省科技攻关计划项目(122102310210)

作者单位:1. 郑州大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系,河南 郑州 450001; 2. 河南省医学科学院; 3. 河南省疾病预防控制中心

作者简介:李立(1968-),女,河南洛阳人,助理研究员,硕士在读,研究方向:卫生事业管理。

通讯作者:王重建, E-mail: tjwcj2005@126.com

数字出版日期:2014-3-12 8:52

数字出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/21.1234.R.20140312.0852.001.html>

型的精度等级 = $\max \{ C \text{ 所属等级}; P \text{ 所属等级} \}$, $C < 0.35, P > 0.95$ 表明模型精度等级好。(3) 外推预测: 如果模型的精度检验结果较好, 即模型预测效果满意, 可按如下公式进行外推预测: $\hat{x}(t) = \hat{y}(t - 1) - c, t = n + 1, n + 2, \dots, n + k$ 。

1.4 统计分析 采用 Excel 2007 软件对原始结核病疫情资料和人口资料进行整理; 使用 SAS 9.1 软件对结核病发病率进行 χ^2 趋势检验; 通过 Matlab 7.1 软件建立灰色 GM(1,1) 结核病发病率预测模型。

2 结果

2.1 一般情况 河南省 2004—2011 年结核病发病率依次为 77.79/10 万、139.03/10 万、125.03/10 万、124.35/10 万、115.43/10 万、90.91/10 万、80.37/10 万、76.40/10 万, 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 38.83, P < 0.01$), 且随着时间的推移, 结核病发病率呈现出逐年递减趋势 ($Z = -3.18, P < 0.05$)。

2.2 预测模型建立 根据河南省 2004—2011 年结核病实际发病率情况, 建立结核病灰色 GM(1,1) 发病率预测模型: $x^{(1)}(k+1) = 12\,632.5 - 12\,313.4/e^{0.0313191 * k} - 239.101\,8; k = 1, 2, \dots, n - 1; a = 0.01313; \mu = 395.639\,3; c = 239.1018$ 。

2.3 模型精度检验 (表 1) 根据精度检验计算公式, $C = 0.207\,9, P = 1.00$, 平均级比偏差值 ($\bar{\rho}$) = 0.026 9, 提示该模型精度等级较好, 且达到较高预测要求, 可以用于外推预测。拟合 2004—2011 年结核病发病率值与实际值基本吻合, 平均相对残差、平均相对误差分别为 3.982 0 和 3.71%, 表明该模型整体的拟合效果较好。

表 1 灰色 GM(1,1) 模型的预测及检验结果

年份	结核病发病率 (1/10 万)		残差	相对误差 (%)	级比偏差值
	实际值	预测值			
2004	79.99	79.99	-2.592 3	0.00	
2005	137.98	140.57	-4.131 3	1.88	0.179 9
2006	124.73	128.86	6.694 3	3.31	-0.004 4
2007	124.21	117.52	8.421 1	5.39	0.029 4
2008	114.94	106.52	4.699 2	7.33	0.005 5
2009	91.16	95.86	4.440 8	5.15	-0.038 9
2010	81.09	85.53	0.881 9	5.48	0.000 4
2011	76.41	75.52	-2.592 3	1.11	0.016 4

2.4 外推预测 利用该灰色 GM(1,1) 预测模型对该省 2012—2014 年的结核病发病率进行预测, 结果显示, 2012—2014 年结核病发病率分别为 65.82/10 万、56.42/10 万、47.31/10 万, 年平均下降幅度为 14.23%。

3 讨论

结核病的蔓延是全球面临的重要公共卫生问题之一, 而发病率的预测对结核病防治工作的有效开

展具有重要指导意义^[7-8]。本研究在灰色理论的基础上, 利用河南省 2004—2011 年结核病发病率资料, 建立灰色 GM(1,1) 预测模型, 进而对该省结核病的发病情况进行预测分析。研究结果显示, 河南省 2004—2011 年结核病发病率随着时间的推移呈现出逐年递减的趋势。该省 2004—2011 年结核病发病率资料建立的灰色 GM(1,1) 预测模型的平均相对误差、后验差比值、小误差概率以及平均级别偏差值分别为 3.71%、0.207 9、1.00 和 0.026 9, 提示该模型的预测效能较好, 能够达到较高的预测要求, 可以用于外推预测, 为该省结核病预防控制措施的制定提供参考依据。利用该模型对河南省 2012—2014 年的结核病发病率进行预测, 以目前的发展状况估计, 该省 2012—2014 年的结核病发病率呈下降趋势, 年平均下降幅度为 14.23%。

数学模型是进行结核病控制策略评价的最好手段, 但是该模型与其他常用的数学模型一样, 作为一种数据处理方法, 主要从数据上反映疾病的发展变化趋势, 一旦参数发生变化或无法获得相应参数时, 也就无法做出预测^[7]。此外, 实际工作中, 有很多影响结核病发病的因素未被考虑到模型的参数中, 从而影响到结果的准确性。因此, 在制定结核病的预防控制策略和具体的措施时还必须考虑其他综合因素对预测结果的影响, 如流动人口结核病患者的增加, 人类免疫缺陷病毒感染和艾滋病的流行及多耐药结核病例的增加, 均给当前结核病的预防控制工作带来了新的挑战^[9-10]。

参考文献

- [1] 姜世闻, 张慧, 王黎霞. 我国结核病防治服务体系的发展与展望[J]. 中国防痨杂志, 2012, 34(9): 557-559.
- [2] 王重建. 疾病预防控制机构应急能力评价及发展对策研究[D]. 武汉: 华中科技大学博士学位论文, 2008.
- [3] 成诗明, 刘二勇, 王芳, 等. 现代结核病控制策略的实施进展及系统评价[J]. 中国防痨杂志, 2012, 34(9): 585-591.
- [4] 王黎霞. 中国结核病防治工作现状分析[J]. 中国公共卫生, 2012, 28(4): 413-414.
- [5] 邓聚龙. 灰色系统建模基本方法[M]. 2 版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005: 26-68.
- [6] 徐勇, 杨小兵, 彭磊, 等. 灰色模型 GM(1,1) 在肺结核发病率预测中的应用及预防控制策略[J]. 现代预防医学, 2008, 35(6): 1031-1033.
- [7] 刘刚, 唐宋, 孙文杰. 时间序列分析法在香港结核病预测中的应用[J]. 中国卫生统计, 2012, 29(2): 226-228.
- [8] 邵珠艳, 王春梅, 魏曼莎. 灰色 GM(1,1) 预测模型在疾病预测中的应用[J]. 中国医院统计, 2003, 10(3): 148.
- [9] 边学峰. 中国耐多药结核病防治体系现状、问题与对策研究[D]. 济南: 山东大学硕士学位论文, 2011.
- [10] 张慧, 姜世闻, 王黎霞. 中国流动人口肺结核病患者补助措施实施情况调查[J]. 中国公共卫生, 2012, 28(4): 429-430.