

GM(1,1)模型在江苏省 5岁以下儿童死亡率预测中的应用

郭玉秀,宋国强,周荣耀

安徽医科大学卫生管理学院,安徽 合肥 230032

摘要:运用 Matlab 软件建立 GM(1,1)模型,对江苏省 2005—2016 年 5 岁以下儿童死亡率数据进行分析,预测 2017—2020 年江苏省 5 岁以下儿童死亡率,为妇幼保健工作提供参考。建立的预测模型为: $\hat{x}^{(1)}(t+1) = -121.349e^{-0.062t} + 129.909$; 经模型精度检验: $C=0.1037, P=1$, 结果表明预测效果好; 2017—2020 年 5 岁以下儿童死亡率的预测值分别为: 3.70‰、3.48‰、3.26‰、3.07‰。灰色 GM(1,1)模型能较好预测 5 岁以下儿童死亡率,预测结果表明江苏省 5 岁以下儿童死亡率呈下降趋势,同时应加大对儿童健康的关注,把 5 岁以下儿童死亡率控制在更低的水平。

关键词: 5 岁以下儿童死亡率; GM(1,1)模型; 预测

中图分类号: R179

文献标志码: A

文章编号: 1671-0479(2018)04-296-003

doi: 10.7655/NYDXBSS20180410

妇幼死亡率是国际上公认的基础健康指标之一,也是衡量经济社会发展和人类发展的重要综合性指标^[1]。国务院印发的《“健康中国 2030”规划纲要》也将婴儿死亡率、5 岁以下儿童死亡率(child mortality rate under age 5, U5MR)列为健康中国建设的主要指标,把儿童作为重点人群,实施健康儿童计划^[2]。

由于 U5MR 受多种因素(卫生、经济、文化等)的影响,所以本文采用非线性时间序列预测方法中的灰色预测模型[GM(1,1)]进行拟合预测,探讨该模型预测 U5MR 的可行性,预测结果也可为有关部门制定相应的防制对策提供理论依据。灰色模型建模克服了概率统计的弱点,对资料分布类型和样本数量没有严格的限制和要求,运算方便,建模精度高,是处理小样本预测问题的有效工具,在很多领域应用广泛。

一、资料和方法

(一)资料来源

本文数据来源于江苏省统计局网站 2009—2017 年《江苏省统计年鉴》,利用 2005—2016 年江苏省 U5MR 数据作为建模分析的原始数据。

(二)研究方法

根据灰色系统理论,运用 Matlab 软件建立 GM(1,1)模型对 2005—2016 年江苏省 U5MR 数据进行拟

合。首先,为确保 GM(1,1)建模的可行性,可先计算已知数列的“级比”来大致判断是否可用,然后再进行模型的建立、检验和预测。

1. 数据的检验与处理

有些数列用灰色模型预测误差相当大,这样的序列就不适合用 GM(1,1)建模,所以在建模前可以通过计算数列的“级比”来预先大致判断是否可用 GM(1,1)预测。设原始数据序列为 $x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$, 级比 $\lambda(t) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$, $k=2, 3, 4, \dots$, 如果 $\lambda(t)$ 能够落入到 $(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$ 区间内,就可以用 GM(1,1)来预测。否则,就需要对该数列做适当变换处理,使得该数列的级比 $\lambda(t)$ 都落在可容覆盖区间内^[3]。

2. 模型的建立

GM(1,1)模型是灰色预测方法核心内容,其建模过程如下^[4]: 设原始数据序列为 $x^{(0)}(t)$, 作一次累加(累减)生成新序列 $x^{(1)}(t)$ 。建立满足一阶线性微分方程 GM(1,1), 其表达式为 $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$, 其中, a 称为“发展系数”, b 称为“灰作用量”。参数估计采用最小二乘法,最后求解所得 GM(1,1)的具体数学表达式为: $\hat{x}^{(1)}(t+1) = \{x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\} + \frac{b}{a}$ 。

基金项目:安徽省高等学校自然科学研究重点项目“一维双曲平衡律及其松弛问题的研究”(KJ2012A171)

收稿日期: 2018-02-26

作者简介:郭玉秀(1993—),女,安徽宿州人,硕士研究生在读;宋国强(1966—),男,安徽芜湖人,教授,硕士生导师,研究方向为卫生信息与管理,通信作者。

3. 模型检验

计算方差比 C 值和小误差概率 P 值, 检验模型的预测精度。 C 值越小, P 值越大, 表示吻合精度较好(表1)。

表1 灰色模型精度检验对照表

等级	C 值	P 值
I 级(好)	<0.35	>0.95
II 级(合格)	<0.50	<0.80
III 级(勉强合格)	<0.65	<0.70
IV 级(不合格)	>0.80	<0.60

4. 模型的预测

利用检验好的灰色模型进行预测, 其中,

$$\hat{x}^{(0)} = [\underbrace{\hat{x}^{(0)}(1), \hat{x}^{(0)}(2), \dots, \hat{x}^{(0)}(n)}_{\text{原数列的模拟}}, \underbrace{\hat{x}^{(0)}(n+1), \dots, \hat{x}^{(0)}(n+m)}_{\text{未来数列的预测}}],$$

m 为正整数。

(三) 统计分析

所建的 $GM(1, 1)$ 模型, 其中参数计算、预测过程实现以及图形绘制均由 Matlab 软件编辑程序完成。

二、结 果

(一) 建模可行性判断

对数据做建模的可行性检验, 该数列所有级比 $\lambda(t)$ 都落在区间 $(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$, 即区间 $(1.013\ 9, 1.123\ 4)$ 内, 初步判断此数据序列可以建立灰色 $GM(1, 1)$ 模型进行预测。

(二) $GM(1, 1)$ 预测模型的建立

根据 2005—2016 年江苏省 U5MR 的数据, 利用 Matlab 软件进行统计分析, 得出模型参数: 发展系数 $a = 0.062\ 8$, 灰色作用量 $b = 8.158\ 3$, $b/a = 129.909$, 则 $GM(1, 1)$ 预测模型为: $\hat{x}^{(1)}(t+1) = -121.349e^{-0.062\ 8t} + 129.909$, 对累计生成的数据进行逆生成及累减还原, 从而得到 $x^{(0)}(t)$ 的预测值: $\hat{x}^{(0)}(t+1) = \hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t)$, $t = 1, 2, \dots, n-1$, 所得结果见表 2。

(三) 模型精度检验及外推预测

通过表 2 可以看出, 江苏省 U5MR 的实际值与预测值之间相对误差均较小。拟合结果显示该模型方差比 $C = 0.103\ 7$, 小误差概率 $P = 1$ 。根据表 1 模型精度对照表判断, 模型精度为优(I 级), 表明灰色 $GM(1, 1)$ 模型可以用来预测 U5MR。2017—2020 年的预测值分别为 3.70% 、 3.48% 、 3.26% 、 3.07% , 呈逐年下降趋势。江苏省 U5MR 实际值与预测拟合效果见图 1。

三、讨 论

(一) $GM(1, 1)$ 模型预测效果好

目前, 用于预测的方法多种多样, 但是它们大多对数据资料都有特定要求和限制。灰色预测系

表2 2005—2016年江苏省U5MR(‰)模型检验及预测值

年份	t	实际值 $x(t)$	预测值 $\hat{x}(t)$	残差 $e(t)$	相对误差 (%)	级比 $\lambda(t)$
2005	1	8.56	-	-	-	-
2006	2	7.62	7.39	0.23	3.07	1.123 4
2007	3	6.94	6.94	0.00	0.05	1.098 0
2008	4	6.53	6.51	0.02	0.24	1.062 8
2009	5	5.86	6.12	-0.26	4.39	1.114 3
2010	6	5.60	5.75	-0.15	2.59	1.046 4
2011	7	5.44	5.40	0.04	0.82	1.029 4
2012	8	4.91	5.07	-0.16	3.19	1.107 9
2013	9	4.82	4.76	0.06	1.28	1.018 7
2014	10	4.39	4.47	-0.09	1.79	1.097 9
2015	11	4.33	4.20	0.13	3.08	1.013 9
2016	12	4.13	3.94	0.19	4.58	1.048 4
2017	13	-	3.70	-	-	-
2018	14	-	3.48	-	-	-
2019	15	-	3.26	-	-	-
2020	16	-	3.07	-	-	-

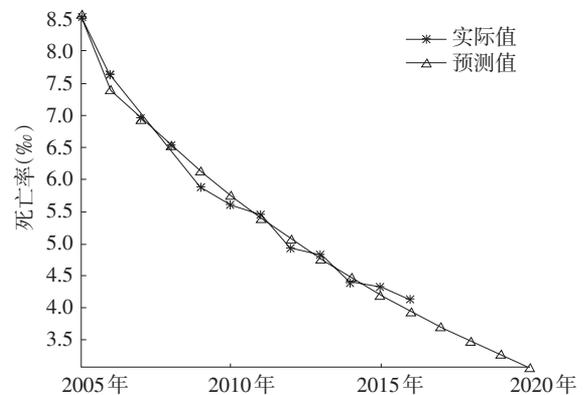


图1 江苏省5岁以下儿童死亡率实际值与预测值的比较
统理论已被国内外学者成功应用于众多研究领域, 其具有原始数据样本量小、拟合度高、预测效果好、实用性强等特点, 在医药卫生领域, 更是被广泛应用于门诊量预测、疾病发病率和死亡率预测、卫生人力和卫生费用预测等, 均有较高的预测精度, 表现出了较好的预测水平^[4]。由于 U5MR 受到社会、经济、卫生、文化、教育等多种因素的影响, 所以本文采用非线性时间序列预测方法中的灰色预测模型 $[GM(1, 1)]$ 进行拟合预测。本研究中, $GM(1, 1)$ 模型预测江苏省 U5MR 的方差比 C 和小误差概率 P 均达到了较好的拟合水准, 精度等级为优(I 级)。与庞艳蕾^[5]、刘洁^[6]等对全国婴儿、U5MR 预测研究结果一致, 表明灰色 $GM(1, 1)$ 模型可以用于 U5MR 的预测, 结果精确度高。

(二) 江苏省 U5MR 呈逐年下降趋势, 应继续保持较好的控制水平

U5MR 是反映儿童健康和人类发展的一个重要指标, 已成为全球共同关注的重要问题之一。

2005—2016年江苏省U5MR整体呈下降趋势,2016年江苏省U5MR已下降至4.13‰,11年间下降了51.75%。2016年我国U5MR是10.2‰^[7],江苏省U5MR已远远低于全国水平,这都表明,江苏省在5岁以下儿童健康保健方面取得了一定成果。且根据时间序列数据及预测结果表明,江苏省U5MR呈逐年下降趋势。这与经济发展、医学技术进步有很大关系,但与此同时,还应继续关注1~4岁儿童的健康问题,减少儿童营养不良和意外伤害事件的发生,把死亡率控制在更低水平。

(三)不足之处

因为未获取人口学、经济学等其他相关数据资料,所以本研究无法对江苏省5岁以下儿童死亡相关因素的影响进行分析;另外,由于本研究只考虑了时间因素,未考虑地理等因素,因此关于江苏省5岁以下儿童死亡时空模型有待于进一步研究^[8]。

参考文献

- [1] 中国政府网.《国家卫生计生委关于加强母婴安全保障工作的通知》[EB/OL]. [2017-07-31]. <http://www.nhfpc.gov.cn/fys/s3581/201707/a786fae7e4d480c94fb0e09c89a>
- [2] 中共中央国务院印发《“健康中国2030”规划纲要》[EB/OL]. [2016-10-25]. <http://www.nhfpc.gov.cn/xcs/wzbd/201610/21d120c917284007ad9c7aa8e9634bb4.shtml>
- [3] 姜文娟,滕文杰,崔帅帅,等. GM(1,1)模型在中国围产儿死亡率预测中应用[J]. 中国公共卫生, 2015, 31(11):1478-1480
- [4] 刘思峰,谢乃明,党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 开封:河南大学出版社,1991:158-180
- [5] 庞艳蕾,张惠兰,李向云,等. 灰色模型GM(1,1)和ARIMA在拟合全国婴儿、5岁以下儿童死亡率中的应用[J]. 中国卫生统计, 2015, 32(3):461-463
- [6] 刘洁,何钦成. GM(1,1)模型在5岁以下儿童死亡率预测研究中的应用[J]. 实用预防医学, 2012, 19(1):27-29
- [7] 中国政府网. 2016年我国卫生和计划生育事业发展统计公报[EB/OL]. [2017-08-18]. <http://www.nhfpc.gov.cn/guihuaxxs/s10748/20170882fa7141696407abb4ef764f3edf095.shtml>
- [8] 吕娜,金冬梅,戚少帅,等. 浙江省5岁以下儿童死亡率的时间序列分析[J/OL]. 浙江预防医学, 2016, 28(1):13-16

Application of gray model (1,1) in prediction of child mortality rate under age 5 in Jiangsu Province

Guo Yuxiu, Song Guoqiang, Zhou Rongyao

School of Health Management, Anhui Medical University, Hefei 230032, China

Abstract: By analysis of child mortality rate under age 5 in Jiangsu Province from 2005 to 2016, we aimed to forecast child mortality rate under age 5 from 2017 to 2020 in order to provide references for maternal and child health care. The gray model GM (1,1) was established by Matlab software to predict the child mortality rate under age 5 in Jiangsu Province. The established prediction model was $\hat{x}^{(1)}(t+1) = -121.349e^{-0.0628t} + 129.909$, and the predictive accuracy of the model established was at a high level: $C=0.1037$, $P=1$. The model precision was good. The predicted child mortality rate under age 5 for 2017 to 2020 was 3.70‰, 3.48‰, 3.26‰, 3.07‰, respectively. GM (1,1) can predict the child mortality rate under age 5, and the child mortality rate under age 5 in Jiangsu Province will decline continuously. At the same time, more attention should be paid to the health of children, so as to keep the child mortality rate under age 5 at a lower level.

Key words: child mortality rate under age 5; grey model(1,1); prediction