

基于 GM(1,1) 模型对我国妇幼保健指标的预测

祝丽玲 孟繁君 杨迪

154007 佳木斯, 佳木斯大学公共卫生学院预防医学教研室

DOI:10.16462/j.cnki.zhjbkz.2019.08.018

【摘要】 目的 研究 GM(1,1) 模型在我国妇幼保健指标中的预测效果, 并对未来妇幼保健指标进行短期预测, 为我国妇幼保健服务水平的逐步完善提供科学依据。方法 收集我国 2008 - 2017 年的孕产妇死亡率 (maternal mortality rate, MMR)、新生儿死亡率 (neonatal mortality rate, NMR)、婴儿死亡率 (infant mortality rate, IMR) 和 5 岁以下儿童死亡率 (under-five mortality rate, U5MR), 建立模型, 应用 MATLAB 2018b 软件进行预测分析。结果 我国 MMR、NMR、IMR 和 U5MR 的预测模型分别为: $\hat{x}(k+1) = -476.08e^{-0.09k} + 510.28 (C_1 = 0.165, P_1 = 1.000)$, $\hat{x}(k+1) = -108.43e^{-0.09k} + 118.63 (C_2 = 0.043, P_2 = 1.000)$, $\hat{x}(k+1) = -160.60e^{-0.09k} + 175.50 (C_3 = 0.085, P_3 = 1.000)$, $\hat{x}(k+1) = -224.37e^{-0.08k} + 242.87 (C_4 = 0.124, P_4 = 1.000)$, 平均相对误差分别为: 3.46%、0.67%、1.75% 和 2.36%。结论 GM(1,1) 模型适用于对我国妇幼保健指标的预测, 拟合精度均较高; 预测未来三年各指标将继续逐年下降, 相关部门应有针对性的加强管理工作。

【关键词】 GM(1,1) 模型; 妇幼保健; 预测分析

【中图分类号】 R181 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1674-3679(2019)08-0977-05

Prediction of maternal and child health care indicators in China based on GM(1,1) model ZHU

Li-ling, MENG Fan-jun, YANG Di

Department of Preventive Medicine, Academy of Public Health of Jiamusi University, Jiamusi 154007, China

【Abstract】 Objective To study the predictive effect of model [GM(1,1)] in China's maternal and child health indicators, and to predict the future maternal and child health indicators in a short-term, and provide a scientific basis for the gradual improvement of maternal and child health care services in China. **Methods** The maternal mortality rate (MMR), neonatal mortality rate (NMR), infant mortality rate (IMR) and under-five mortality rate (U5MR) were collected from 2008 to 2017 in China. Models were established and MATLAB 2018b software was used for predictive analysis. **Results** The prediction models of maternal mortality rate, neonatal mortality rate, infant mortality rate and under-five mortality rate were as follows: $\hat{x}(k+1) = -476.08e^{-0.09k} + 510.28 (C_1 = 0.165, P_1 = 1.000)$, $\hat{x}(k+1) = -108.43e^{-0.09k} + 118.63 (C_2 = 0.043, P_2 = 1.000)$, $\hat{x}(k+1) = -160.60e^{-0.09k} + 175.50 (C_3 = 0.085, P_3 = 1.000)$, $\hat{x}(k+1) = -224.37e^{-0.08k} + 242.87 (C_4 = 0.124, P_4 = 1.000)$, the average relative errors were as follows: 3.46%, 0.67%, 1.75% and 2.36%. **Conclusions** The GM(1,1) is suitable for the prediction of maternal and child health indicators in China, and the fitting accuracy is high. It is predicted that the indicators will continue to decline year by year in the next three years, and relevant departments should strengthen the management work in a targeted manner.

【Key words】 GM(1,1) model; Maternal and child health care; Predictive analysis

(Chin J Dis Control Prev 2019, 23(8):977-980, 1007)

妇女和儿童作为世界各国重点关注的人群, 其保健工作水平的提升尤为重要^[1]。妇幼保健指标

主要包括: 孕产妇死亡率 (maternal mortality rate, MMR)、新生儿死亡率 (neonatal mortality rate,

NMR)、婴儿死亡率(infant mortality rate, IMR)和 5 岁以下儿童死亡率(under-five mortality rate, U5MR),以上指标可以反映一个国家或地区的经济发展水平,教育及健康卫生状况,也是世界各国综合实力的部分评定依据^[2-3]。《“健康中国 2030”规划纲要》,提出到 2020 年我国 MMR、IMR 和 U5MR 分别控制在 18.0/10 万、7.5‰ 和 9.5‰ 以下的目标。基于该目标是否实现以及最终实现情况的前提下,选用适合模型对各指标的未来趋势进行统计预测。灰色系统理论着重研究概率统计、模糊数学所难以解决的“小样本”、“贫信息”等不确定性问题,并依据信息覆盖,通过序列算子的作用探索事物运动的现实规律,其特点是“少数据建模”,该系统理论着重研究“外延明确,内涵不明确”的对象。GM(1,1)模型是目前使用最为广泛的灰色预测模型,它基于随机的原始时间序列,按时间累加后形成新的时间序列,新序列所呈现的规律即可用一阶线性微分方程的解来逼近。在以往研究中,GM(1,1)模型的预测效果是令人满意的^[4]。因此,本研究以历史数据为依据,建立模型并进行短期预测,为儿童保健工作的科学决策提供参考建议。

1 资料与方法

1.1 资料来源 相关数据源于《中国卫生健康统计年鉴 2018》。本文包括 2008 - 2017 年我国妇幼保健指标,分别为:MMR、NMR、IMR 和 U5MR。

1.2 研究内容 MMR:指某年平均每 1 万名或 10 万名活产中孕产妇的死亡数。NMR:指某年平均每 1 000 名活产中出生至 28 天以内新生儿的死亡数。IMR:指某年平均每 1 000 名活产中不满 1 周岁婴儿的死亡数。U5MR:某年平均每 1 000 名活产中 5 岁以下儿童的死亡数。

1.3 研究方法

1.3.1 研究数据 采用 2008 - 2017 年我国妇幼保健指标(MMR、NMR、IMR 和 U5MR)数据进行建模,以 2009 - 2017 年的数据进行回代检验模型预测效果,进而对未来 3 年(2018 - 2020 年)各指标发展情况进行预测。

1.3.2 GM(1,1)模型的建立 (1)确定原始序列,记为: $x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$, x 经累加处理生成累加数列,记为: $x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$ 。(2)根据生成的累加序列,建立 GM(1,1)相应的一阶微积分方程,记为: $dx^{(1)}/dt + ax^{(1)} = u$,其中 a 为发展灰数, u 为内生控制灰数,二者为该模型的主要参数。(3)设 \hat{a} 待估计参数向

量,记为 $\hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix}$ 。(4)利用最小二乘法进行参数估计,并求解微积分方程,可得预测模型为: $\hat{x}(k+1) = [x^{(0)}(1) - u/a]e^{-ak} + u/a, k = (0, 1, 2, \dots, n)$ 。

1.3.3 拟合效果检验 (1)符合率,即预测值与实际值的相符程度,用回代年份的预测值与实际值之比的百分数表示。(2)后验差比值 $C = Se/Sx$, Se 表示残差序列标准差, Sx 表示原始序列的标准差。 C 值是反映预测值与实际值之差的集中程度,其值越小,表示预测值与实际值之差越集中。(3)小误差概率 P ,是满足残差与残差均值之差 $< 0.6475 * Sx$ 的个数占总数的比。其值越大,表示差值越接近 $0.6475 * Sx$,即模型拟合精度越高。 P 值与 C 值综合判断模型拟合精度标准见表 1。

表 1 GM(1,1)模型精度判断标准^[7]

Table 1 GM(1,1) model accuracy judgment criteria^[7]

P 值	C 值	拟合精度等级
>0.95	<0.35	好
>0.80	<0.50	合格
>0.70	<0.65	勉强合格
≤0.70	≥0.65	不合格

1.3.4 相对误差检验 通常情况下平均相对误差 $< 5\%$ 较优, $< 20\%$ 尚可接受^[5-6]。

1.4 统计学方法 采用 Excel 2010 软件进行数据录入并核对, MATLAB 2018b 软件进行预测分析。

2 结果

2.1 我国妇幼保健指标 10 年前后对比情况 2008 - 2017 年各指标整体上均呈现下降趋势, MMR 由 2008 年的 34.20/10 万降至 2017 年的 19.60/10 万, 下降 14.60/10 万; NMR 由 2008 年的 10.20‰ 降至 2017 年的 4.50‰, 下降 5.70‰; IMR 由 2008 年的 14.90‰ 降至 2017 年的 6.80‰, 下降 8.10‰; U5MR 由 2008 年的 18.50‰ 降至 2017 年的 9.10‰, 下降 9.40‰。以上各指标在 10 年前后下降幅度均在 50.00% 左右。见表 2。

2.2 各指标 GM(1,1)模型的建立及检验

2.2.1 MMR 运用 MATLAB 2018b 软件,对历年各指标进行系统建模,得出 MMR 的发展灰数 $a = 0.068$,内生控制灰数 $u = 34.443$,预测模型为: $\hat{x}(k+1) = -476.08e^{-0.09k} + 510.28 (C_1 = 0.165, P_1 = 1.000)$;模型预测符合率均高于 90%,相对误差值范围:2.21% ~ 7.55%,平均相对误差为 3.46%。结合 GM(1,1)模型精度判断标准, C 值与 P 值拟合效果等级为好。见表 1、2。

表 2 我国各年份妇幼保健指标的 GM(1,1) 模型建立及检验^[8]Table 2 Establishment and testing of GM(1,1) model for maternal and child health indicators in various years in China^[8]

时间	MMR(1/10 万)			NMR(‰)			IMR(‰)			U5MR(‰)		
	实际值	预测值	相对误差(%)	实际值	预测值	相对误差(%)	实际值	预测值	相对误差(%)	实际值	预测值	相对误差(%)
2008	34.20	-	0.00	10.20	-	0.00	14.90	-	0.00	18.50	-	0.00
2009	31.90	31.08	2.57	9.00	9.06	0.67	13.80	14.03	1.67	17.20	17.46	1.51
2010	30.00	29.05	3.17	8.30	8.30	0.00	13.10	12.80	2.29	16.40	16.10	1.83
2011	26.10	27.15	4.02	7.80	7.61	2.44	12.10	11.68	3.47	15.60	14.85	4.81
2012	24.50	25.38	3.59	6.90	6.97	1.01	10.30	10.66	3.50	13.20	13.69	3.71
2013	23.20	23.73	2.28	6.30	6.39	0.00	9.50	9.73	2.42	12.00	12.63	5.25
2014	21.70	22.18	2.21	5.90	5.86	0.68	8.90	8.88	0.22	11.70	11.64	0.51
2015	20.10	20.73	3.13	5.40	5.37	0.56	8.10	8.11	0.12	10.70	10.74	0.37
2016	19.90	19.38	2.61	4.90	4.92	0.41	7.50	7.40	1.33	10.20	9.90	2.94
2017	19.60	18.12	7.55	4.50	4.51	0.22	6.80	6.75	0.74	9.10	9.13	0.33
C 值	0.165			0.043			0.085			0.124		
P 值	1.000			1.000			1.000			1.000		
平均误差(%)	3.46			0.67			1.75			2.36		

注:符合率 = 预测值/实际值 * 100%, 相对误差 = 1 - 符合率。

2.2.2 NMR 经建模后,得出 NMR 的发展灰数 $a = 0.087$, 内生控制灰数 $u = 10.345$, 预测模型为: $\hat{x}(k+1) = -108.43e^{-0.09k} + 118.63$ ($C_2 = 0.043, P_2 = 1.000$); 模型预测符合率均高于 95%, 相对误差值范围: 0.00% ~ 2.44%, 平均相对误差为 0.67%。结合 GM(1,1) 模型精度判断标准, C 值与 P 值拟合效果等级为好。见表 1、2。

2.2.3 IMR 经建模后,得出 IMR 的发展灰数 $a = 0.091$, 内生控制灰数 $u = 16.041$, 预测模型为: $\hat{x}(k+1) = -160.60e^{-0.09k} + 175.50$ ($C_3 = 0.085, P_3 = 1.000$); 模型预测符合率均高于 95%, 相对误差值范围: 0.12% ~ 3.50%, 平均相对误差为 1.75%。结合 GM(1,1) 模型精度判断标准, C 值与 P 值拟合效果等级为好。见表 1、2。

2.2.4 U5MR 经建模后,得出 U5MR 的发展灰数 $a = 0.081$, 内生控制灰数 $u = 19.672$, 预测模型为: $\hat{x}(k+1) = -224.37e^{-0.08k} + 242.87$ ($C_4 = 0.124, P_4 = 1.000$); 模型预测符合率均 > 90%, 相对误差值范围: 0.33% ~ 5.25%, 平均相对误差为 2.36%。结合 GM(1,1) 模型精度判断标准, C 值与 P 值拟合效果等级为好。见表 1、2。

2.3 各指标 GM(1,1) 模型的预测 我国妇幼保健主要指标未来 3 年呈持续下降趋势, 到 2020 年为止, 我国 MMR、NMR、IMR、U5MR 预测值分别为: 14.80/10 万、3.47‰、5.13‰、7.16‰。见表 3。

3 讨论

在大数据时代背景下, 预测模型已广泛应用到社会各个领域, 而 GM(1,1) 模型是其中较为成熟的预测方法之一。GM(1,1) 模型可对较少的数据序

表 3 2018 - 2020 年妇幼保健指标的预测情况

Table 3 Forecast of maternal and child health indicators from 2018 to 2020

时间	MMR 预测值	NMR 预测值	IMR 预测值	U5MR 预测值
	(1/10 万)	(‰)	(‰)	(‰)
2018	16.93	4.13	6.16	8.42
2019	15.83	3.79	5.62	7.77
2020	14.80	3.47	5.13	7.16

列进行预测且短期预测精确度较高。本研究中, 通过模型检验, 发现 GM(1,1) 模型适用于妇女儿童死亡趋势的预测, 原因主要有以下几点: 首先, GM(1,1) 模型是对含有一部分已知信息、一部分未知信息进行预测的理论模型^[7], “妇幼保健指标”符合其要求。其次, 从理论上讲, 科学研究的任何对象都可以被看作是特殊的系统。本研究中的“妇幼保健指标”问题可以看作是多个系统共同作用结果的一个复杂系统。其中, 信息完全明确的称为白色系统, 信息完全不明确的称为黑色系统。影响“妇幼保健指标”的各种因素, 如出生窒息、新生儿主要死因等是白色的, 也有隐藏在背后的一些深层次原因, 如文化观念、政策因素等对其产生的影响则是“灰色的”。灰色系统理论建模法试图运用一定的数学方法使不完全明确的信息经数据处理后得到较明确、较符合实际的情况的结果。它将原始序列作为在一定范围内变化的灰变量, 并对该灰变量进行处理, 消除其随机性, 使杂乱无序且离散的数据呈现一定的规律性, 有效提升其精确度, 进而得到 2018 - 2020 年“妇幼保健指标”的模型预测值, 使其变化趋势由“灰”变“白”^[8-10]。

在以往的研究^[11]中, 有学者将其应用于 IMR 和 U5MR 的预测时发现: 两种死亡率数据波动小且

无序的,在短期预测中要优于 ARIMA 模型。在刘洁等^[12]研究中发现,GM(1,1)模型的 5 岁以下儿童死亡率预测结果理想,适用于短期预测。郭玉秀等^[13]在江苏省 5 岁以下儿童死亡率预测中发现,GM(1,1)模型预测效果较好。王雅文等^[14]研究中,发现 GM(1,1)模型预测 MMR,在未来三年呈下降趋势。以上结果均与本研究相一致。此外,有宋志慧等^[6]学者运用残差修正 GM(1,1)模型,对妇幼卫生健康指标进行预测且预测效果可靠。本研究采用 GM(1,1)模型对我国妇幼保健指标进行预测,得出 2018-2020 年各指标预测值,发现其未来变化规律。对于 MMR 影响因素,有研究^[15]表明,高危产妇比重与产妇死亡率关系最为密切,受不同年龄、经济以及环境等条件所限制,部分产妇因感染、大出血等原因死亡。此外,我国 NMR、IMR 及 U5MR 随着时间变化而不断下降,但现阶段全国儿童死亡人数仍较多,主要为经济因素、医疗卫生条件的差异所限制。同时,随着社会的加速发展,越来越多的人外出务工,大部分流动儿童没有稳定的成长环境;二胎政策的开放,很多高龄产妇怀孕分娩的危险系数较高,这些都是导致我国儿童死亡人数仍然较高的主要原因^[16-17]。

综上所述,GM(1,1)模型适用于妇幼保健指标的预测且效果精确,通过对 2020 年各指标预测,发现我国 MMR、IMR 及 U5MR 均有望实现《“健康中国 2030”规划纲要》中“2020 规划目标”,对于妇幼保健工作的科学决策具有重要意义。同时,有关部门应加强对于妇女儿童生存状况的重视力度,积极有效地调整工作,从而减少妇女儿童因可避免疾病所引起的死亡。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] 王四梅. 妇幼保健工作与母婴安全 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(78): 206. DOI: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.78.165.
Wang SM. Maternal and child health work and maternal and child safety [J]. World Latest Medicine Information, 2018, 18(78): 206. DOI: 10.19613/j.cnki.1671-3141.2018.78.165.
- [2] 卢月, 毕蕾, 张寒, 等. 我国妇幼保健资源配置现状及公平性分析 [J]. 中国妇幼保健, 2018, 33(5): 965-969. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2018.05.02.
Lu Y, Bi L, Zhang H, et al. Analysis on the status quo and fairness of maternal and child health resources allocation in China [J]. Maternal and Child Health Care of China, 2018, 33(5): 965-969. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2018.05.02.
- [3] 张涛, 李书婷, 孙立奇, 等. 我国妇幼保健机构公共卫生服务效
- 率测评及影响因素分析 [J]. 中国卫生统计, 2018, 35(1): 89-91.
Zhang T, Li ST, Sun LQ, et al. Evaluation of public health service efficiency and its influencing factors in maternal and child health care institutions in China [J]. Chin J Health Statistics, 2018, 35(1): 89-91.
- [4] 刘元元. 2010 年我国孕产妇、婴儿及 5 岁以下儿童死亡率的统计预测研究 [D]. 成都: 四川大学, 2005.
Liu YY. Statistical prediction of maternal, infant and under-five child mortality in China in 2010 [D]. Chengdu: Sichuan University, 2005.
- [5] 朱春梅. 灰色 GM(1,1)模型在孕产妇和新生儿死亡率预测研究中的应用 [J]. 中国妇幼保健, 2016, 31(3): 455-457. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2016.03.03.
Zhu CM. Application of grey GM(1,1) model in predicting maternal and neonatal mortality [J]. Maternal and Child Health Care of China, 2016, 31(3): 455-457. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2016.03.03.
- [6] 宋志慧, 王永斌, 冯福民. 残差修正 GM(1,1)模型在我国妇幼卫生健康指标预测中的应用 [J]. 中国妇幼保健, 2015, 30(34): 5951-5954. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2015.34.05.
Song ZH, Wang YB, Feng FM. Application of residual correction GM(1,1) model in predicting maternal and child health indicators in China [J]. Maternal and Child Health Care of China, 2015, 30(34): 5951-5954. DOI: 10.7620/zgfybj.j.issn.1001-4411.2015.34.05.
- [7] 庞艳蕾. 孕产妇、婴儿及 5 岁以下儿童死亡率分析与预测 [D]. 潍坊: 潍坊医学院, 2016.
Pang YL. Analysis and prediction of maternal, infant and under-five mortality rates [D]. Weifang: Weifang Medical College, 2016.
- [8] 国家卫生健康委员会. 2018 年《中国卫生健康统计年鉴》[C]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2018: 217-221.
National Health and Wellness Committee. China health statistics yearbook in 2018 [C]. Beijing: China Union Medical University Press, 2018: 217-221.
- [9] Wang Y, Wei F, Sun C, et al. The research of improved grey GM(1,1) model to predict the postprandial glucose in type 2 diabetes [J]. Biomed Res Int, 2016; 1-6. DOI: 10.1155/2016/6837052.
- [10] Shen X, Ou L, Chen X, et al. The application of the grey disaster model to forecast epidemic peaks of typhoid and paratyphoid fever in China [J]. PLoS One, 2013, 8(4): e60601. DOI: 10.1371/journal.pone.0060601.
- [11] 鲁红坤. 灰色 GM(1,1)模型的改进及应用 [D]. 沈阳: 东北大学, 2013.
Lu HK. Improvement and application of grey GM(1,1) model [D]. Shenyang: Northeastern University, 2013.
- [12] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1006-3110.2012.01.008.