

# 基于GM(1,1)模型的城乡妇幼健康水平分析与预测

张维行, 赵子青

上海工程技术大学管理学院, 上海  
Email: zhangnoah@163.com

收稿日期: 2021年6月21日; 录用日期: 2021年7月11日; 发布日期: 2021年7月23日

## 摘要

在健康中国背景下分析我国妇幼健康水平并预测未来趋势, 为卫生部门制定妇幼健康政策提供参考。文章基于《中国统计年鉴》数据, 选取MMR、NMR、IMR和U5MR指标加以分析, 并通过构建GM(1,1)模型进行预测。结果显示: 2010~2019年, 我国妇幼健康指标呈下降趋势, 降幅均在50%左右, 城乡差距明显。2020~2025年将继续下降, 城乡差距依然存在并呈缩小趋势。表明随着健康中国战略的实施, 我国妇幼健康水平不断提升, 城乡差距不断缩小。仍要重视城乡差距, 发挥政府主导作用, 有效提升我国妇幼健康水平。

## 关键词

健康中国, 妇幼健康水平, 城市, 农村

# Analysis and Prediction of Maternal and Child Health Level in Urban and Rural Areas Based on GM(1,1) Model

Weihang Zhang, Ziqing Zhao

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai  
Email: zhangnoah@163.com

Received: Jun. 21<sup>st</sup>, 2021; accepted: Jul. 11<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 23<sup>rd</sup>, 2021

## Abstract

In the background of Health China, the author analyzes the level of maternal and child health in

China and forecasts the future trend, which provides reference for the health department to formulate the policies of women and children health. Based on the data of China Statistical Yearbook, the paper selects MMR, NMR, IMR and U5MR indicators to analyze, and forecasts by building GM(1,1) model. The results show that: from 2010 to 2019, the indicators of maternal and child health in China are declining, with a decrease of about 50%, and the gap between urban and rural areas is obvious. The gap between urban and rural areas will continue to decline from 2020 to 2025, and the gap between urban and rural areas will remain and will be narrowed. It shows that with the implementation of the health China strategy, the health level of women and children in China has been improved and the gap between urban and rural areas is narrowing. We should still pay attention to the gap between urban and rural areas, give full play to the leading role of the government and effectively improve the health level of women and children in China.

## Keywords

Healthy China, Health Level of Women and Children, Urban Area, Rural Area

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

没有全民健康, 就没有全面小康。党的十九大报告正式提出实施健康中国战略, 把提高公民的健康水平上升为国家战略。随着全面二孩政策的实施和健康中国战略的推进, 妇女和儿童成为国家重点关注的人群, 做好其卫生保健工作极为重要。现行国际上通用的妇幼健康指标主要包括: 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), 这些指标反映了医疗卫生服务水平和公民健康水平[1] [2] [3], 是保障健康中国战略顺利实施的重要前提[4]。不同学者已经从多个角度加以分析: 张天成等运用 1991~2016 年数据从时空变化角度分析了我国孕产妇死亡率呈下降趋势[5], 王雅文从城乡角度分析孕产妇死亡率的变化及预测, 认为在未来三年 MMR 将持续下降[6]。但这些研究集中于全国[7] [8] [9]或某一地区[10] [11], 没能结合我国城乡二元结构深入讨论。然而根据 2019 年 5 月发布的中国妇幼健康事业发展报告, 截止到 2018 年, 我国的 MMR 为 18.3/万, 城乡之比为 1:1.3, NMR、IMR 和 U5MR 分别为 3.9‰、6.1‰和 8.4‰, 其中 U5MR 城乡之比为 1:2.3。同年 7 月发布的《健康中国行动(2019~2030 年)》中明确提出到 2030 年, IMR 和 U5MR 分别控制在 5‰和 6‰及以下; MMR 控制在 12/10 万及以下的目标。为此, 本文基于中国妇幼健康指标, 通过构建模型, 预测未来中国妇幼健康事业发展的趋势及其变化, 以助于卫生部门完善相关政策, 推动我国妇幼健康事业发展[12]。

## 2. 资料来源与方法

### 2.1. 资料来源

本研究采用中国统计局 2020 年公布的《中国统计年鉴》中 2010~2019 年相关数据作为资料来源。选取的妇幼健康指标包括: MMR、NMR、IMR 和 U5MR。本研究数据真实可靠。

### 2.2. 研究方法

灰色系统理论是中国学者邓聚龙教授提出并创立的通过建立数据列差分方程的一种研究小样本、贫

信息的不确定性问题的新方法, 可用来解决一些包含未知因素的特殊领域问题[13]。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[14]。本研究以历史数据作为基础, 通过构建 GM(1,1)模型并进行预测, 为我国妇幼健康事业的发展提供借鉴和参考。

### 2.3. 统计学方法

运用描述性统计分析方法对中国 2010~2019 年妇幼健康的变化情况进行统计分析, 模型构建求解和数据预测分析在 MATLAB 2018 中进行。

## 3. 结果

### 3.1. 城乡妇幼健康发展现状

2010~2019 年, 中国妇幼健康水平是不断提高的, 妇幼健康指标在十年间下降幅度均在 50%左右, 但是存在明显的城乡差别。其中, MMR 城乡差别不大, 由 2010 年的 29.7/10 万和 30.1/10 万分别下降到 2019 年 16.5/10 万和 18.6/10 万, 城乡差距有扩大的趋势; NMR 城乡差距由 2010 年的 1:2.44 下降为 2019 年的 1:2.05, 城乡差距呈缩小趋势; IMR 城乡差距由 2010 年的 1:2.78 下降到 2019 年的 1:1.94, 城乡差距明显缩小; U5MR 城乡差别由 2010 年的 1:2.75 下降到 2019 年的 1:2.29, 城乡差距也在缩小。具体数据见表 1。

**Table 1.** Status quo of maternal and child health in urban and rural areas of China

**表 1.** 中国城乡妇幼健康水平现状

年份	MMR (1/10 万)		NMR (‰)		IMR (‰)		U5MR (‰)	
	城市	农村	城市	农村	城市	农村	城市	农村
2010	29.7	30.1	4.1	10.0	5.8	16.1	7.3	20.1
2011	25.2	26.5	4.0	9.4	5.8	14.7	7.1	19.1
2012	22.2	25.6	3.9	8.1	5.2	12.4	5.9	16.2
2013	22.4	23.6	3.7	7.3	5.2	11.3	6.0	14.5
2014	20.5	22.2	3.5	6.9	4.8	10.7	5.9	14.2
2015	19.8	20.2	3.3	6.4	4.7	9.6	5.8	12.9
2016	19.5	20.0	2.9	5.7	4.2	9.0	5.2	12.4
2017	16.6	21.1	2.6	5.3	4.1	7.9	4.8	10.9
2018	15.5	19.9	2.2	4.7	3.6	7.3	4.4	10.2
2019	16.5	18.6	2.0	4.1	3.4	6.6	4.1	9.4

### 3.2. 城乡妇幼健康水平预测模型

建立时间序列:

$$X^0 = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(10))$$

经过计算, 该数列所有的级比数值均落在区间  $\sigma(k) \in \left( e^{\frac{-2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$  内, 可以进行模型的建立。通过累

加构造生成列:

$$x^{(1)}k = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m) \quad (k=1,2,\dots,10)$$

构造数据矩阵  $B$  和数据向量  $Y$

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1)+x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2)+x^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(9)+x^{(1)}(10)] & 1 \end{bmatrix}, \quad Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(10) \end{bmatrix}$$

经  $\hat{\rho} = (a, u)^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$  计算得到  $a$  和  $u$ , 最终得到预测模型为:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left[ x^{(1)}(1) - \frac{u}{a} \right] e^{-ak} + \frac{u}{a}$$

同理, 城乡妇幼健康水平指标均通过了级比检验, 可以建立 GM(1,1)灰色预测模型。可以得出的 GM(1,1)灰色预测模型如表 2 所示。

**Table 2.** Prediction model of maternal and child health level in urban and rural areas of China

**表 2.** 我国城乡妇幼健康水平预测模型

指标	城乡	模拟方程	$C$	$P$
MMR	城市	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -442.3548e^{-0.0573k} + 472.0548$	0.0314	96.26%
	农村	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -610.8515e^{-0.0434k} + 640.9515$	0.0542	96.53%
NMR	城市	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -53.9261e^{-0.0819k} + 58.0261$	0.0474	95.18%
	农村	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -100.1291e^{-0.0959k} + 110.1291$	0.0072	97.85%
IMR	城市	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -95.3509e^{-0.0625k} + 101.1509$	0.0230	97.58%
	农村	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -154.5128e^{-0.0961k} + 170.6128$	0.0083	98.11%
U5MR	城市	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -119.1306e^{-0.0592k} + 126.4306$	0.0617	96.35%
	农村	$\hat{X}^{(1)}(k+1) = -225.3514e^{-0.0842k} + 245.4514$	0.0180	97.56%

### 3.3. 城乡妇幼健康水平预测模型的检验

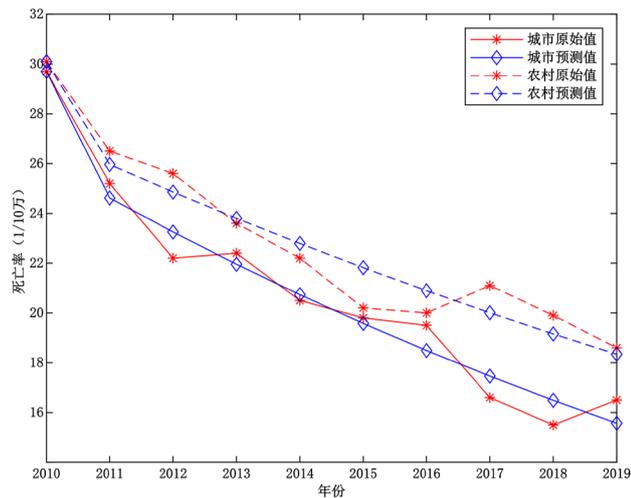
经计算可知, 中国城乡妇幼健康水平指标的后验差比值  $C$  均小于 0.35, 模型精度  $P$  最小值为 95.18%, 精确等级为 1 级, 表明模型的精度较高, 可以进行合理科学的预测。具体的模型精度见表 3。根据灰色系统理论, 当模型灰参数  $a \geq -0.3$  且  $a \in (-2, 2)$  时, 此时的 GM(1,1)预测模型可用于中长期预测。具体的拟合效果见图 1~4。

### 3.4. 城乡妇幼健康水平预测模型的检验

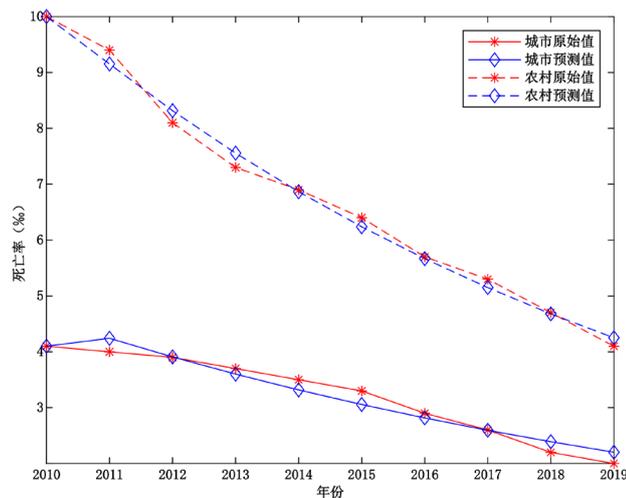
通过建立城乡妇幼健康水平的 GM(1,1)预测模型及其检验, 可以根据原有的数据进行中长期预测。2020~2025 年我国妇幼健康水平的预测结果见表 4。

**Table 3.** Evaluation criteria of model accuracy  
**表 3.** 模型精度评判标准

模型精度等级	$P$	$C$
1 级(好)	$0.95 \leq P$	$C \leq 0.35$
2 级(合格)	$0.80 \leq P < 0.95$	$0.35 < C \leq 0.35$
3 级(勉强)	$0.70 \leq P < 0.80$	$0.50 < C \leq 0.65$
4 级(不合格)	$P < 0.70$	$0.65 < C$



**Figure 1.** MMR fitting effect  
**图 1.** MMR 拟合效果



**Figure 2.** NMR fitting effect  
**图 2.** NMR 拟合效果

由预测结果可知, 2020~2025 年我国的妇幼健康水平将不断提高, 说明随着健康中国战略的不断推进、医疗卫生体系不断完善、健康产业的不断发展以及人们的健康意识逐渐加强, 妇幼健康水平指标将逐步降低。但分城乡来看, 城乡差距依然明显存在, NMR、IMR 和 U5MR 城乡差距在不断缩小, 而 MMR 的城乡差距却有不断增大的趋势。

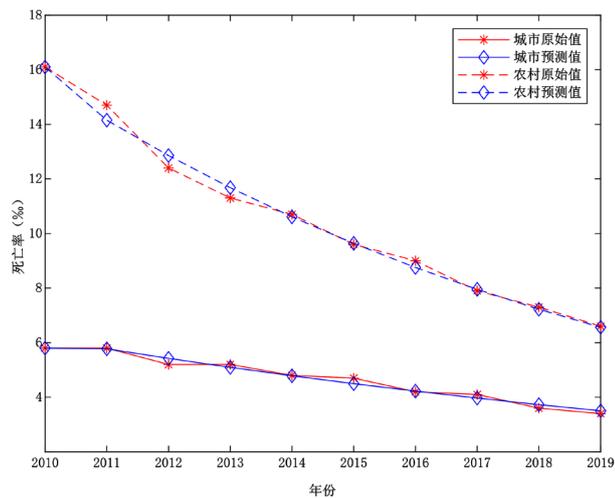


Figure 3. IMR fitting effect

图 3. IMR 拟合效果

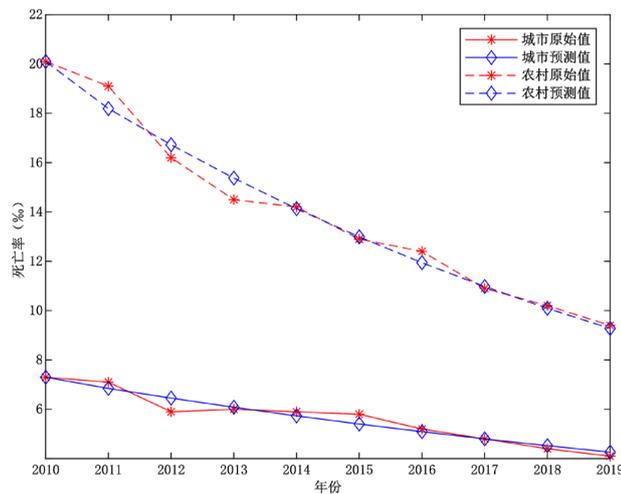


Figure 4. U5MR fitting effect

图 4. U5MR 拟合效果

Table 4. Prediction of maternal and child health level in urban and rural areas of China from 2020 to 2025

表 4. 2020~2025 年我国城乡妇幼健康水平预测

年份	MMR (1/10 万)		NMR (‰)		IMR (‰)		U5MR (‰)	
	城市	农村	城市	农村	城市	农村	城市	农村
2020	14.7048	17.5622	2.0292	3.8625	3.2907	5.9614	4.0192	8.5286
2021	13.8864	16.8158	1.8696	3.5094	3.0915	5.4154	3.7882	7.8402
2022	13.1135	16.1011	1.7226	3.1886	2.9043	4.9194	3.5705	7.2072
2023	12.3836	15.4168	1.5871	2.8972	2.7285	4.4688	3.3653	6.6254
2024	11.6944	14.7616	1.4622	2.6323	2.5633	4.0595	3.1718	6.0906
2025	11.0435	14.1342	1.3472	2.3917	2.4081	3.6877	2.9895	5.5989

## 4. 讨论

### 4.1. 模型预测结果相对准确

灰色预测模型对数据分布、数据特征、样本量的大小均无特殊要求, 并且具有预测效果好, 实用性强等优势[15], 现已被运用于众多领域。因此, 在公共健康领域, 特别是疾病发病率、孕产妇死亡率和儿童死亡率预测方面已经较为成熟[16], 选择 GM(1,1)模型具有科学性和合理性。本文中妇幼健康水平预测是以历史数据作为基础, 通过建立 GM(1,1)模型, 得到妇幼健康水平的预测结果并揭示其发展趋势。可以为政府及卫生部门制定合理的卫生政策提供参考和借鉴。同时, 该方法有其特定的使用条件, 也有一定的不足之处。妇幼健康水平会受经济发展水平、医疗卫生水平、生活环境等各种因素的综合影响[17], 很难控制各种因素, 这也是本研究的不足之处。

### 4.2. 我国城乡妇幼健康水平的分析

通过观察我国十年间妇幼健康水平的变化趋势发现, 妇幼健康水平指标都呈现下降趋势且降幅均达到 50%左右。从妇女保健指标来看, 农村 MMR 总体呈下降趋势, 只在 2017 年有异常升高, 可能的原因是 2016 年全面二孩政策开始实施, 农村医疗设施相对落后, 高危产妇数量增加, 部分产妇因感染、大出血等原因死亡, 造成了 MMR 的短暂上升, 而且 MMR 的变化相对于政策的实施具有滞后性, 所以到 2017 年才得以体现。由于城市二孩生育意愿比农村低, 城市 MMR 在 2019 年出现异常升高。从儿童保健指标来看, NMR、IMR 和 U5MR 一直呈下降趋势, 我国儿童保健工作取得的成效与国家层面的顶层设计和医疗服务的可及性、公平性密切相关。近年来, 我国政府在儿童保健领域投入了大量的人力、物力和财力, 特别是《中国儿童发展纲要(2011~2020 年)》的颁布, 有力的推动了儿童保健工作的开展, 切实提升了儿童保健水平。

从城乡来看, MMR 指标虽然实际值城乡差别不大, 但未来有差距逐渐增大的风险。而 NMR、IMR 和 U5MR 城乡差别在 2~3 倍之间, 城乡差距有缩小的趋势。由于我国医疗资源地区分配不均, 农村地区医疗资源相对匮乏, 影响了妇幼健康水平的变化, 同时也使得公民健康水平出现了地区的差异化特征。健康中国战略的实施对减小妇幼健康城乡差距取得了一定成效, 有效提高了妇幼健康水平。未来在妇幼健康领域, 要充分发挥政府的主导作用, 坚持以妇女和儿童健康为中心, 针对出生缺陷、儿童重大疾病、妇女宫颈癌乳腺癌等影响妇女儿童健康的突出问题和主要影响因素, 精准施策, 补齐短板, 预防和减少妇女儿童疾病发生, 同时创新服务理念, 拓展服务内涵, 提升服务功能, 实现对妇女儿童全方位全周期健康保障, 促进妇女儿童全面发展。

### 4.3. 我国城乡妇幼健康水平的预测

通过预测未来的妇幼健康指标变化, 既可以为提高我国妇幼健康水平提供目标和方向, 又可以为卫生部门后续制定详尽的卫生政策提供参考和借鉴。

2019 年发布的《健康中国行动(2019~2030)》明确提出 MMR、IMR 和 U5MR 到 2022 年和 2030 年分别控制在 18/10 万、7.5‰、9.5‰和 12/10 万、5.0‰、6.0‰以下。通过预测结果, 未来我国的妇幼健康水平将不断提高, 对 MMR 而言, 城市 MMR 可以提前在 2024 年完成 2030 规定的目标, 农村 MMR 也能如期推进; 对 IMR 和 U5MR 而言, 城市 IMR 和 U5MR 早已完成 2030 规定的目标, 农村 IMR 和 U5MR 也分别能在 2022 年和 2025 年提前完成。根据预测结果可知, 未来妇幼健康水平的城乡差距依然存在, 但总体差距在不断缩小。虽然能完成既定的目标, 但同时也要重视医疗卫生领域的城乡差距, 加大对农村地区的支持力度。要继续扩大对农村适龄妇女“两癌”检查项目的覆盖面, 建立多元立体的疾病防治

体系, 推进妇幼健康优质资源下沉的上下联动机制, 提高优质医疗资源可及性, 同时探索农村地区儿童早期发展服务模式, 开展家庭养育照护风险筛查、入户家访干预和养育照护小组活动等创新项目, 宣传科学的妇幼健康知识、做好婴幼儿的健康管理, 切实提高妇幼健康水平。

## 参考文献

- [1] Zhang, X., Ye, Y., Fu, C., Qian, M. and Tang, S. (2020) Anatomy of Provincial Level Inequality in Maternal Mortality in China during 2004-2016: A New Decomposition Analysis. *BMC Public Health*, **20**, Article No. 758. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08830-2>
- [2] Shams Javi, S., Raeissi, P. and NasiriPour, A.A. (2020) The Effect of Health System Reform Plan on Health Indicators in Population Covered by Ahvaz University of Medical Science. *Journal of Hospital*, **19**, 81-89.
- [3] Al-Jawaldeh, A., Abul-Fadl, A. and Tawfik, A. (2018) In-Depth Analysis of Mortality in Relation to Malnutrition in Children Under-Five of Age in the Eastern Mediterranean Region. *Journal of Nutrition & Weight Loss*, **3**, Article ID: 1000112. <https://doi.org/10.35248/2593-9793.18.3.112>
- [4] 李扬萩, 张敏, 刘红. 2012-2016 年四川省妇幼保健卫生资源配置公平性与利用效率分析[J]. 医学与社会, 2019, 32(10): 9-12.
- [5] 张天成, 陈露, 谭利明, 等. 中国孕产妇死亡率时空变化及预测探究[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(5): 745-747.
- [6] 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.
- [7] 刘珍, 刘芯如, 何春花, 等. 2010-2016 年中国 5 岁以下儿童死亡率及主要死因分析[J]. 中华预防医学杂志, 2019, 53(4): 411-414.
- [8] 黄润龙. 1991-2014 年我国婴儿死亡率变化及其影响因素[J]. 人口与社会, 2016, 32(3): 67-75.
- [9] 綦美艳, 牛慧彦. 基于 GM(1,1)模型的我国 5 岁以下儿童死亡率预测[J]. 中国妇幼保健, 2020, 35(21): 3914-3917.
- [10] 夏曼曼, 冯欣欣, 唐笑, 等. 2008-2015 年我国西部四省 5 岁以下儿童死亡率变化及影响因素分析[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(4): 581-583.
- [11] 冯海哲, 王菲, 张谊, 等. 贵州 1991-2015 年 <5 岁儿童死亡率和死亡原因分析[J]. 中国公共卫生, 2017, 33(10): 1469-1473.
- [12] 董旻晔, 肖煜吟, 贾芷莹, 等. 基于时间序列模型的全国监测地区婴儿死亡率预测分析[J]. 中国妇幼保健, 2019, 34(14): 3156-3159.
- [13] 杜鑫, 朱梦蓉. 基于 GM(1,1)灰色模型的四川省“十三五”民营医院发展趋势预测分析[J]. 现代预防医学, 2017, 44(8): 1448-1453+1463.
- [14] 祝丽玲, 孟繁君, 杨迪. 基于 GM(1,1)模型对我国妇幼保健指标的预测[J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(8): 977-980+1007.
- [15] 司明舒, 孔少楠, 井淇, 等. 基于灰色系统理论模型的卫生资源配置预测研究[J]. 中国卫生统计, 2019, 36(4): 528-531.
- [16] 王雪芬, 孙钦. GM(1,1)模型在精神障碍病人死亡趋势预测中的应用[J]. 护理研究, 2020, 34(20): 3697-3700.
- [17] 丁海峰, 高凯, 姜茂敏. 基于灰色 GM(1,1)模型的上海市卫生总费用预测研究[J]. 医学与社会, 2020, 33(6): 42-46.