

# 安徽省卫生总费用的预测分析

## ——基于灰色GM(1,1)模型

王凌宇

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2022年5月27日; 录用日期: 2022年6月19日; 发布日期: 2022年6月28日

### 摘要

目的: 预测2020~2026年共七年安徽省卫生总费用及其筹资结构。方法: 基于灰色系统理论, 收集2009~2019年期间的安徽省省卫生总费用数据, 建立安徽省卫生总费用的GM(1,1)灰色预测模型。研究安徽省卫生总费用筹资水平与筹资结构及其占GDP比重现状。结果: 安徽省卫生总费用及其占GDP比重逐年增加, 政府、个人卫生支出比例不断降低, 社会卫生支出比例不断提高的趋势。研究意义: 为区域卫生健康费用管理、筹资水平与结构优化提供科学依据, 促进安徽省卫生健康事业的发展。

### 关键词

GM(1,1)模型, 灰色系统, 卫生总费用, 预测

# Predictive Analysis of Total Health Expenditure in Anhui Province

## —Based on Grey GM(1,1) Model

Lingyu Wang

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: May 27<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 19<sup>th</sup>, 2022; published: Jun. 28<sup>th</sup>, 2022

### Abstract

**Objective:** To forecast the total health expenditure and its financing structure in Anhui Province for seven years from 2020 to 2026. **Methods:** Based on the grey system theory, the data of total health expenditure in Anhui Province from 2009 to 2019 were collected, and a GM(1,1) grey prediction model of total health expenditure in Anhui Province was established. To study the financing level

and financing structure of total health expenditure in Anhui Province and its proportion to GDP. Results: The total health expenditure and its proportion in GDP in Anhui Province increased year by year, the proportion of government and individual health expenditure decreased, and the proportion of social health expenditure increased. Provide scientific basis for regional health cost management, financing level and structure optimization, which is of great significance to the development of health care in Anhui Province.

## Keywords

GM(1,1) Model, Gray System, Total Health Expenditure, Forecast

Copyright © 2022 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

卫生总费用是评价一个国家卫生状况的重要指标之一，是指一个国家或地区在一定时期内，全社会用于卫生服务支出的资金总额[1]。根据我国十四五规划所提要求，全面推进健康中国建设是当前发展的重要要务之一[2]。因此预测卫生总费用对于推进健康中国建设具有极强的现实意义。卫生总费用中政府、社会与个人卫生支出所占比重的不同能反映出卫生健康事业发展与经济、社会之间的关系，其占 GDP 比重能反映一个国家或地区卫生医疗筹资水平和利用程度[3]。据《安徽省统计年鉴》，安徽省 GDP 2010 年到 2019 年年均增长率达 12.99%，数值从 12359.33 亿元增长到 37113.98 亿元；卫生总费用同样增长迅速，数值从 721.12 亿元增长到 2240.12 亿元，年均增长率高达 13.42%。随着安徽省卫生事业的发展，合理的预测分析安徽省卫生总费用的发展趋势，这对促进卫生改革有重要意义。科学的预测和合理的数据，无疑会促进安徽省公共卫生健康事业的发展。

近年来，利用对卫生总费用进行预测的研究相对较多，主要利用灰色预测模型或 ARIMA 模型，但预测安徽省卫生总费用的较少。该研究能够填补安徽省卫生总费用预测的空白，给区域医疗卫生费用管理提供科学依据，本研究选取了安徽省 2010~2019 年共计 10 年的卫生总费用及 GDP 相关数据，通过对卫生总费用(政府、社会和个人卫生支出)以及 GDP 的数据进行统计分析，对安徽省 2020~2026 年卫生总费用和筹资结构进行预测分析。

## 2. 资料来源与方法

### 2.1. 资料来源

数据来源：本数据来源于《中国统计年鉴》和《安徽统计年鉴》，选取了 2010~2019 年安徽省卫生总费用、安徽省生产总值相关指标数据。

### 2.2. 研究方法

通过灰色预测 GM(1,1)模型，对安徽省 2020 年至 2026 年每年的卫生总费用及筹资结构进行预测。灰色系统由华中科技大学邓聚龙教授创立，是介于白色与黑色系统之间的适用于“少数据不确定”问题的系统[4]。本文就是借助邓教授的灰色系统 GM(1,1)数列预测模型展开预测的。通过 Excel 构建起含安徽省卫生总费用、政府、社会和个人卫生支出的数据库，然后基于 MATLAB 的灰色 GM(1,1)模型展

开预测。

### 3. 结果与分析

#### 3.1. 安徽省卫生总费用现状

从安徽省卫生总费用近 10 年的变化来看，总费用呈现整体上涨的趋势，经过十年上涨了三倍多。就人均卫生总费用方面来看，从 2010 年的 1210.54 元提升到了 2019 年的 3518.93 元，人均费用也上涨了近三倍。除此之外政府、社会及个人卫生三方面支出总费用也面临高速上涨局面。对卫生总费用筹资渠道方面：1) 个人卫生支出所占比例不断下降；2) 政府卫生支出占比升中有降，整体稍有上升；3) 社会卫生支出占比方面，除 2010 年至 2011 年大幅降低外，余下九年时间占比不断升高，所占比率远超政府及个人卫生支出。见表 1。

**Table 1.** Expenditure and composition of total health expenditure in Anhui Province  
**表 1.** 安徽省卫生总费用支出及构成现状

年份	卫生总费用						总费用/ 亿元	人均/元
	政府卫生支出		社会卫生支出		个人卫生支出			
	总费用/亿元	占比(%)	总费用/亿元	占比(%)	总费用/亿元	占比(%)		
2010	214.21	29.7	257.39	35.7	249.52	34.6	721.12	1210.54
2011	302.18	33.9	232.06	26	357.41	40.1	891.65	1494.04
2012	365.75	32.9	300.83	27.1	445.44	40.1	1112.02	1857.08
2013	414.45	34	381.54	31.2	425.51	34.8	1221.5	2025.71
2014	434.77	32.9	440.5	33.33	446.37	33.77	1321.64	2172.67
2015	497.29	34.05	527.68	36.13	435.46	29.82	1460.42	2376.98
2016	550.55	33.5	597.92	36.39	494.82	30.11	1643.29	2652.17
2017	604.65	33.36	675.5	37.27	532.09	29.36	1812.24	2897.37
2018	634.66	31.76	779.67	39.02	583.75	29.22	1998.08	3159.72
2019	702.38	31.35	886.14	39.56	651.59	29.09	2240.12	3518.93

2010~2019 年，安徽省卫生总费用在国内生产总值(GDP)的所占比率稳中有升，整体相较于稳定，但安徽省卫生总费用随着安徽省 GDP 的增长也不断提高。就政府、社会卫生支出来看，其在 GDP 中所占比率略有提高，分别从 1.73%、2.08%增至 1.89%和 2.39%。个人卫生支出占 GDP 比重略有下降，从 2.02%下降到 1.76%。从整体来看安徽省卫生总费用占 GDP 比重稍有提升，比重从 5.83%增长至 6.04%。见表 2。

**Table 2.** Proportion of total health expenditure to GDP in Anhui Province  
**表 2.** 安徽省卫生总费用占 GDP 的比重

年份	GDP/ 亿元	卫生总费用						总费用占比(%)
		政府卫生支出 /亿元	占比(%)	社会卫生支 出/亿元	占比(%)	个人卫生支 出/亿元	占比(%)	
2010	12359.33	214.21	1.73	257.39	2.08	249.52	2.02	5.83
2011	15300.65	302.18	1.97	232.06	1.52	357.41	2.34	5.83

Continued

2012	17212.05	365.75	2.12	300.83	1.75	445.44	2.59	6.46
2013	19229.33	414.45	2.16	381.54	1.98	425.51	2.21	6.35
2014	20848.74	434.77	2.09	440.5	2.11	446.37	2.14	6.34
2015	22005.63	497.29	2.26	527.68	2.40	435.46	1.98	6.64
2016	24407.62	550.55	2.26	597.92	2.45	494.82	2.03	6.73
2017	27018	604.65	2.24	675.5	2.50	532.09	1.97	6.71
2018	30006.82	634.66	2.12	779.67	2.60	583.75	1.95	6.66
2019	37113.98	702.38	1.89	886.14	2.39	651.59	1.76	6.04

### 3.2. 安徽省卫生总费用 GM(1,1)模型

1) 建立时间序列:

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(10)\} = \{721.12, 891.65, \dots, 2240.12\}$$

原始数据一阶累加生成得:

$$X^{(1)} = \{721.12, 1612.77, \dots, 14422.08\}$$

2) 准光滑性检验。

$$\rho(k) = \frac{x^0(k)}{x^1(k-1)}$$

经计算得出:  $\rho(2)=0.45$ ,  $\rho(3)=0.33$ ,  $\rho(4)=0.28$ ,  $\rho(5)=0.23$ ,  $\rho(6)=0.20$ ,  $\rho(7)=0.17$ ,  $\rho(8)=0.16$ ,  $\rho(9)=0.15$ ,  $\rho(10)=0.14$ , 所有数据皆满足准光滑条件。故可以利用 GM(1,1)模型建模。

3) 构建数据矩阵  $B$  和数据向量  $Y_n$ , 通过计算可以得出:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(721.12+1612.77) & 1 \\ -\frac{1}{2}(1612.77+2724.79) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(12181.96+14422.08) & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1166.95 & 1 \\ -2168.78 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -13302.02 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = \begin{bmatrix} 891.65 \\ 1112.02 \\ \vdots \\ 2240.12 \end{bmatrix}$$

4) 最小二乘法计算参数向量得:

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ \mu \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$$

经计算, 得到:  $a = -0.105357645$ ,  $\mu = 836.4598711$ ,  $\frac{\mu}{a} = -7839.242329$ 。

5) 得安徽省卫生总费用的预测模型:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{\mu}{a} \right] e^{-ak} + \frac{\mu}{a} = 8660.362329e^{0.105357645k} - 7839.242329$$

6) 计算模型方差比  $C$  和小误差概率  $P$ :

$$\begin{aligned} \Delta^{(0)} &= x^{(0)} - \hat{x}^{(0)} \\ \bar{\Delta}^{(0)} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{(0)} \\ C &= \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\Delta^{(0)} - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ x^{(0)} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^{(0)} \right]^2}} \\ P &= \left\{ \Delta^{(0)} - \bar{\Delta}^{(0)} \right\} \end{aligned}$$

经计算, 安徽省卫生总费用的平均相对误差为 0.017;  $C$  为 0.062905115, 小于 0.35;  $P$  为 98.31%。

**Table 3.** Prediction model test of total health expenditure in Anhui Province

**表 3.** 安徽省卫生总费用预测模型检验

年份	实际值	预测值	残差	相对误差	$P$	$S_1$	$S_2$
2010	721.12	721.12	0	0	98.31%	460.2935328	28.95481752
2011	891.65	962.2348532	70.5849	0.03484			
2012	1112.02	1069.146767	-42.8732	0.01296			
2013	1221.5	1187.937442	-33.5626	0.00578			
2014	1321.64	1319.926701	-1.7133	0.04814			
2015	1460.42	1466.581013	6.1610	0.01173			
2016	1643.29	1629.52978	-13.7602	0.03856			
2017	1812.24	1810.583446	-1.6566	0.04749			
2018	1998.08	2011.753608	13.6736	0.00765			
2019	2240.12	2235.275369	-4.8446	0.03867			

7) 与精度检验对照表对比

**Table 4.** Accuracy test comparison table

**表 4.** 精度检验对照表

模型精度等级	$P$	$C$
1 级(好)	>95%	<0.35
2 级(合格)	>80%	<0.50
3 级(勉强)	>70%	<0.65
4 级(不合格)	≤70%	>0.65

经步骤 6 解得:  $P = 98.31\% > 95\%$ ,  $C = 0.062905115 < 0.35$ , 模型精度等级为 1 级, 精度良好。

### 3.3. 安徽省卫生总费用三部分预测

同理，分别建立出安徽省政府、社会以及个人卫生费用的灰色预测模型。首先，分别构造三个模型生成列。其次，对应建立起三个构造矩阵  $B$  和数据向量  $Y_n$ 。最后分别计算出经计算  $a$  和  $\mu$ ，均通过准光滑性检验，其  $a$  分别为： $-0.095729376$ 、 $-0.14854861$ 、 $-0.065675006$ ， $\mu$  分别为： $295.452768$ 、 $218.582144$ 、 $339.3194001$ 。因此，可以得出政府、社会和个人卫生支出 GM(1,1)模型分别为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 3300.543378e^{0.095729376k} - 3086.33378$$

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 1728.841965e^{0.14854861k} - 1471.457965$$

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 5416.164384e^{0.065675006k} - 339.3194001$$

通过上述计算，能够得出政府、社会和个人卫生支出的方差比  $C$  均小于 0.35，分别为： $0.096674614$ 、 $0.092814622$ 、 $0.22895864$ ，见表 3。根据表 4 中精度表，对照所建立模型的精度检验，安徽省卫生总费用、政府、社会和个人卫生费用支出模型精度处于较高水平高，都为一级模型。

**Table 5.** Based on GM (1,1) model 2020~2026 Anhui Province health total prediction results

**表 5.** 基于 GM(1,1)模型的 2020~2026 年安徽省卫生总费用预测结果

时间(年)	政府卫生支出		社会卫生支出		个人卫生支出		总费用 (亿元)
	费用(亿元)	占比(%)	费用(亿元)	占比(%)	费用(亿元)	占比(%)	
2020	784.80	31.60%	1054.16	42.44%	663.95	26.73%	2483.63
2021	863.64	31.30%	1222.98	44.32%	709.01	25.69%	2759.58
2022	950.40	31.00%	1418.84	46.27%	757.14	24.69%	3066.19
2023	1045.88	30.70%	1646.06	48.32%	808.54	23.73%	3406.87
2024	1150.95	30.40%	1909.68	50.45%	863.42	22.81%	3785.40
2025	1266.57	30.11%	2215.51	52.68%	922.03	21.92%	4205.99
2026	1393.81	29.82%	2570.32	55.00%	984.61	21.07%	4673.31

## 4. 讨论

通过构建安徽省卫生总费用 GM(1,1)模型，我们发现前几年的预测值与实际值较为接近，模型有着较高的拟合度，因此本次预测是合理的。2010 年到 2019 年，安徽省卫生总费用在地区生产总值的比值呈上升趋势，这说明我国正在不断加大对于医疗卫生方面的投入，全面保障人民群众生命健康安全。同时，安徽省省卫生总费用的年平均增长率为 13.42%，高于地区生产总值的年平均增长率，这意味着安徽省省的卫生支出水平高于经济发展水平。一方面，这说明安徽省卫生事业正处于快速发展；从另一方面也可以看出居民看病既难又贵的现象越来越严重。其次，在模型中个人卫生费用支出不断减少，也可以看出新医改对我国医疗保障制度有着明显的促进作用。

根据预测数据来看，安徽卫生总费用将处于持续增长状态，且增幅巨大，年均增长率高达 37%。根据第七次人口普查数据以及相关研究发现，人口老龄化可能是导致卫生总费用持续增长的一个重要原因，这将会给我国社会保障体系带来巨大的压力，甚至会抑制经济的增长。此外卫生总费用的结构也会发生变化。据表 5 可以看出，政府卫生支出及个人卫生支出将会逐年降低，而社会卫生支出在卫生总费用中的占比将会过半，这无疑会对社会造成严重的负担。个人卫生支出占比依然偏高，无法完成世界卫生组织提出的目标，即个人现金卫生支出占比在 15%至 20%的区间[5]。因此“因病致贫”的情况仍可能存在。

## 参考文献

- [1] 黄晓光, 周绿林, 王悦. 卫生经济学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 155.
- [2] 中共中央国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》[EB/OL].  
[http://www.gov.cn/xinwen/2016-10/25/content\\_5124174.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2016-10/25/content_5124174.htm), 2016-10-25.
- [3] 汪朝阳, 肖辉. 湖北省卫生总费用预测及影响因素研究[J]. 医学与社会, 2020, 33(10): 11-15+25.
- [4] 陈嘉琳. 基于灰色 GM(1,1)模型的广东省卫生总费用预测分析[J]. 中国医疗管理科学, 2021, 11(5): 5-11.
- [5] 相静, 孔杨, 徐天和. 基于灰色系统 GM(1,1)模型的山东省卫生总费用预测研究[J]. 中国卫生统计, 2016, 33(4): 653-656.