

基于灰色系统GM(1,1)模型的河南省卫生总费用预测研究

黄菟芮, 刘璐

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2022年7月18日; 录用日期: 2022年8月16日; 发布日期: 2022年8月24日

摘要

目的: 分析预测河南省未来卫生总费用及其筹资结构, 为政府相关部门提供科学依据和理论支撑, 探讨医疗卫生事业的发展。方法: 根据2012~2019年河南省卫生总费用相关数据, 基于灰色系统理论, 构建GM(1,1)预测模型, 分析卫生总费用的变化趋势、筹资状况、所占GDP比重。结果: 河南省卫生总费用及其占GDP比重逐年增加, 其中政府、个人卫生支出占卫生总费用占比逐渐降低, 社会卫生支出占卫生总费用占比继续呈现上升的趋势。结论: 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, 促进河南省公共卫生健康事业的发展。

关键词

卫生总费用, 筹资结构, 灰色模型

Study on the Forecast of Total Health Expenditure in Henan Province Based on Grey System GM(1,1) Model

Wanrui Huang, Lu Liu

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jul. 18th, 2022; accepted: Aug. 16th, 2022; published: Aug. 24th, 2022

Abstract

Objective: To analyze and predict the future total health expenditure and its financing structure in Henan Province, so as to provide scientific basis and theoretical support for relevant government

departments, and to explore the development of medical and health undertakings. Methods: According to the data of total health expenditure in Henan Province from 2012 to 2019, a GM(1,1) prediction model was constructed based on the grey system theory, and the trend, financing status and proportion of total health expenditure in GDP were analyzed. Results: The total health expenditure and its proportion in GDP in Henan Province increased year by year, among which the proportion of government and individual health expenditure in total health expenditure gradually decreased, and the proportion of social health expenditure in total health expenditure continued to show an upward trend. Conclusion: It provides a scientific basis for the optimization of regional health cost management, financing level and structure, and promotes the development of public health in Henan Province.

Keywords

Total Expenditure on Health, Financing Structure, Grey Model

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

卫生总费用是指一个国家或地区在一定时期内, 全社会用于医疗卫生服务支出的资金总额[1]。从卫生总费用可以看出当地医疗卫生费用资金状况以及组成结构, 其中政府、社会与个人卫生支出的占比能够反映出当地社会经济和医疗卫生事业之间的关系, 同时卫生总费用所占 GDP 的比重可以反映出这一地区医疗卫生服务水平和资金利用状况[2]。通过科学合理地预测卫生总费用的未来发展趋势, 可以为相关部门提供一定的参考和借鉴, 从而有效控制政府部门对于医疗卫生费用的支出。随着十四五规划的不断推进, 如何提高国民健康水平、进行健康中国建设, 已经成为当前被广泛关注的热点话题[3]。

近年来, 国内大量学者已经对各地的卫生总费用进行了预测和分析, 探讨卫生总费用筹资规模和特点。相静等通过建立灰色系统 GM(1,1)模型, 预测山东省未来卫生总费用的构成及变化趋势, 为相关部门建立筹资机制提出相应的建议[4]; 汪朝阳和肖辉采用灰色马尔可夫模型和灰色关联法预测湖北省的卫生总费用未来总体规模的发展[5]; 李岩等针对“十三五”时期中国卫生总费用状况, 用来源法和机构法分析目前中国卫生筹资体系面临的主要问题, 对进一步完善公共卫生体系提供科学依据[6]; 姚克勤等主要探讨新医改以来我国医疗卫生事业的供给现状, 运用灰色模型预测 2030 年我国医疗卫生事业的投入需求[7]。

基于此, 本文以河南省卫生总费用及构成为研究对象, 根据《河南省统计年鉴》中卫生总费用及 GDP 等相关数据, 基于灰色系统理论, 通过构建灰色 GM(1,1)模型, 预测河南省未来几年卫生总费用及筹资结构的变化趋势。为河南省政府及有关部门提供科学依据和理论支撑, 共同探讨医疗卫生事业的发展, 为减轻居民所承担的基本医疗卫生费用提出相应的建议, 同时也为其他地区提供借鉴和参考。

2. 资料来源与方法

2.1. 资料来源

本研究数据来源于《河南省统计年鉴》, 其中选取 2012~2019 年河南省卫生总费用、国民生产总值 (GDP) 相关数据作为分析和预测指标。

2.2. 研究方法

通过灰色预测 GM(1,1)模型, 对河南省 2020 年至 2026 年的卫生总费用进行预测。灰色预测模型就是将原本杂乱的数据处理成较为规律的数据, 从中得出系统内部存在的逻辑关系, 主要用于揭示主导因素变化规律和未来发展变化态势。这种方法对样本量和数据分布没有较高的要求, 具有很强的适用性。

1) 原始序列: $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$, 对其进行一次累加处理, 得到 $X^{(0)}$ 的 1-AGO 序列 $X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$, 其中, $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$, $k = 1, 2, \dots, n$

2) 对原始序列 $X^{(0)}$ 进行准光滑性检验,

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

若原始序列 $X^{(0)}$ 满足:

$$\frac{\rho(k+1)}{\rho(k)} < 1$$

$$\rho(k) \in (0, 0.5)$$

则称 $X^{(0)}$ 为准光滑序列, 则可对 $X^{(0)}$ 建立 GM(1,1)模型:

$$\frac{dx^{(1)}}{dk} + ax^{(1)} = b \quad (\text{其中, } a \text{ 和 } b \text{ 为待定参数})$$

3) 构造数据矩阵 B 和数据向量 Y 。

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

4) 用最小二乘法计算参数向量。

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

5) 建预测模型。

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a}, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

6) 模型精度检验。灰色 GM(1,1)预测模型使用方差比 C 和小误差概率 P 来进行精度检验,

$$C = \frac{S_2}{S_1}$$

$$P = \left\{ \left| q^{(0)} - \bar{q}^{(0)} \right| \right\}$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[x^{(0)}(i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^{(0)}(i) \right]^2}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[q^{(0)}(i) - \bar{q}^{(0)} \right]^2}$$

$$q^{(0)} = x^{(0)} - \hat{x}^{(0)}$$

$$\bar{q}^{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q^{(0)}$$

其中 P 和 C 的精度等级按表 1 对照。

Table 1. Accuracy test comparison table

表 1. 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

2.3. 数据处理方法

运用 Excel 对数据进行筛选处理, 并建立河南省卫生总费用相关数据库, 基于灰色 GM(1,1)模型展开预测。

3. 结果

3.1. 2012~2019 年河南省卫生总费用变化状况

从河南省卫生总费用 2012~2019 年的变化来看, 总费用呈现整体上涨的趋势。其中, 社会卫生支出出现大幅度增长, 从最初的 381.86 亿元增长至 1429.51 亿元, 所占卫生总费用的比重也在不断增加, 从 25.16% 增长至 39.61%。除此之外, 政府卫生支出和个人卫生支出也在逐渐上涨, 但所占卫生总费用的比重却逐渐下降, 政府卫生支出占比从 32.25% 下降至 28.3%, 个人卫生支出占比从 42.59% 下降至 32.08%。见表 2。

Table 2. Present situation of total health expenditure and its composition of Henan Province

表 2. 河南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(%)		
2012	489.46	32.25	381.86	25.16	646.30	42.59	1517.63	1613.47
2013	561.33	32.99	437.19	25.70	702.84	41.31	1701.35	1807.45
2014	612.55	32.60	533.89	28.42	732.35	38.98	1878.78	1997.07
2015	729.70	32.31	734.65	32.53	794.14	35.16	2258.5	2382.38
2016	794.42	32.13	859.06	34.74	819.15	33.13	2472.63	2594.03
2017	844.81	30.75	1015.67	36.96	887.19	32.29	2747.67	2874.43
2018	935.60	30.18	1170.29	37.75	994.28	32.07	3100.17	3215.94
2019	1021.44	28.30	1429.51	39.61	1157.86	32.08	3608.8	3743.57

3.2. 2012~2019 年河南省卫生总费用占 GDP 比重变化状况

2012~2019 年, 河南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, 但河南省卫生总费用随着河南省 GDP 的增长也不断提高。在卫生总费用构成中, 政府和社会卫生支出在 GDP 中所占比重略有提高, 分别从 1.69%、1.32% 增至 1.86% 和 2.6%。个人卫生支出在 GDP 中所占比重有所下降, 从 2.23% 下降到 2.11%。从整体上看, 河南省卫生总费用占 GDP 比重不断上涨, 从 5.24% 增长至 6.56%。见表 3。

Table 3. The total health expenditure of GDP in Henan Province

表 3. 河南省卫生总费用占 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(%)	
2012	28961.92	489.46	1.69	381.86	1.32	646.30	2.23	5.24
2013	31632.50	561.33	1.77	437.19	1.38	702.84	2.22	5.38
2014	34574.76	612.55	1.77	533.89	1.54	732.35	2.12	5.43
2015	37084.10	729.70	1.97	734.65	1.98	794.14	2.14	6.09
2016	40249.34	794.42	1.97	859.06	2.13	819.15	2.04	6.14
2017	44824.92	844.81	1.88	1015.67	2.27	887.19	1.98	6.13
2018	49935.90	935.60	1.87	1170.29	2.34	994.28	1.99	6.21
2019	54997.07	1021.44	1.86	1429.51	2.60	1157.86	2.11	6.56

3.3. 河南省卫生总费用预测模型

1) 建立时间序列。

$$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(8)\} = \{1517.63, 1701.35, \dots, 3608.8\}$$

原始数据一阶累加生成得:

$$X^{(1)} = \{1517.63, 3218.98, \dots, 19285.53\}$$

2) 进行准光滑性检验。经计算得: $\rho(2) = 0.47$, $\rho(3) = 0.33$, $\rho(4) = 0.26$, $\rho(5) = 0.23$, $\rho(6) = 0.20$, $\rho(7) = 0.18$, $\rho(8) = 0.16$, 全部通过检验。可以建立 GM(1,1) 灰色预测模型。

3) 通过计算可以得出:

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(1517.63 + 3218.98) & 1 \\ -\frac{1}{2}(3218.98 + 5097.76) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(15676.73 + 19285.53) & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2368.31 & 1 \\ -4158.37 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -17481.1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} 1701.35 \\ 1878.78 \\ \vdots \\ 3608.8 \end{bmatrix}$$

4) 参数向量计算。

经计算 $(B^T B)^{-1} B^T X$, 得到: $a = -0.123306598$, $\mu = 1408.135458$, $\frac{\mu}{a} = -11419.79006$

5) 河南省卫生总费用的预测模型。

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 12937.42006e^{0.123306598k} - 11419.79006$$

6) 模型精度检验。

通过计算得出, 河南省卫生总费用的平均相对误差为 0.014, C 为 0.06397, 模型精度 P 为 98.64%, 处于较高水平。见表 4。

Table 4. Inspection of forecast model of total health expenditure prediction of Henan Province

表 4. 河南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
2012	1517.63	1517.63	0	0.00210	98.64%	674.08	43.12
2013	1701.35	1697.79	-3.56	0.02226			
2014	1878.78	1920.60	41.82	0.03802			
2015	2258.50	2172.64	-85.86	0.00602			
2016	2472.63	2457.76	-14.87	0.01187			
2017	2747.67	2780.29	32.62	0.01451			
2018	3100.17	3145.15	44.98	0.01411			
2019	3608.80	3557.89	-50.91	0.00209			

3.4. 河南省卫生总费用预测结果

同理, 分别对政府、社会、个人卫生费用建立灰色预测模型。经模型验证, 均通过准光滑性检验, a 分别为: -0.096731084 、 -0.183615046 、 -0.084384691 , μ 分别为: 501.9369901 、 364.2303075 、 582.1828936 。因此, 可以得出 GM(1,1)模型分别是:

政府卫生费用支出:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 5678.453745e^{0.096731084k} - 5188.993754$$

社会卫生费用支出:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 2365.522643e^{0.183615046k} - 1983.662643$$

个人卫生费用支出:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 7545.452958e^{0.084384691k} - 6899.152958$$

通过对所建立模型的检验, 得出政府、社会和个人卫生支出的方差比分别为: 0.09752、0.08725、0.20527, 均小于 0.35。根据表 1 中精度表, 对照所建立模型的精度检验, 所有模型精度处于较高水平高, 且都为一级模型, 因此能够得到较为科学、准确的结果。见表 5。

Table 5. 2020~2026 Henan Province total health expenditure prediction results based on GM(1,1) model
表 5. 基于 GM(1,1)模型的 2020~2026 年河南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	1135.11	28.20%	1723.92	42.83%	1199.32	29.80%	4024.80
2021	1250.40	27.46%	2071.38	45.50%	1304.92	28.66%	4552.98
2022	1377.39	26.74%	2488.88	48.32%	1419.82	27.57%	5150.47
2023	1517.29	26.04%	2990.52	51.33%	1544.83	26.51%	5826.38
2024	1671.39	25.36%	3593.27	54.52%	1680.84	25.50%	6590.98
2025	1841.14	24.69%	4317.50	57.91%	1828.84	24.53%	7455.92
2026	2028.14	24.05%	5187.71	61.51%	1989.86	23.59%	8434.37

4. 讨论

灰色模型目前已经被广泛应用于多个研究领域, 具有样本量小、适用性强、准确度高等优点, 在公共医疗领域常用来预测人口出生率、死亡率、迁入迁出人口数等[8]。本文通过建立灰色 GM(1,1)预测模型, 得出结果显示 2020~2026 年河南省卫生总费用将由 4024.8 亿元增加到 8434.37 亿元, 其中社会卫生支出增长最多且一直呈现增长趋势, 占比由 42.83%增加到 61.51%, 而政府卫生支出和个人卫生支出所占比例不断下降, 政府卫生支出从 28.2%下降至 24.05%, 个人卫生支出从 29.8%下降至 23.59%。预测值与实际值的变化基本一致, 因此可以准确预测未来河南省卫生总费用构成的变化趋势。

随着河南省推行医疗卫生改革的相关措施, 医疗卫生服务正在不断向前发展, 卫生总费用呈现上升趋势, 说明国家越来越重视在医疗卫生方面的投入, 居民的健康意识在逐渐提高, 逐步实现全民健康目标[9]。同时, 个人卫生支出所占比重逐年下降, 反映出卫生费用筹资公平性的提升, 说明出台的各项医疗服务制度切实保障了人民的利益, 各地还需要不断试点探索, 发挥分级诊疗制度、家庭医生制度的作用。因此, 需要不断提高医疗服务水平、优化医疗卫生费用筹资结构、减轻个人承担的医疗费用。依据河南省的实际情况, 加大对医疗卫生事业的投入, 继续保持医疗卫生费用的合理支出。为人们提供高效且持续的医疗卫生服务, 使居民的基本医疗需求得到满足, 进而提高全民健康水平。

参考文献

- [1] 孟庆跃. 卫生经济学[M]. 北京: 人民卫生电子音像出版社, 2013: 7-8.
- [2] 梁冰华, 黄李凤. 基于 GM(1,1)灰色预测模型的中国医疗卫生资源预测分析[J]. 现代预防医学, 2021, 48(20): 3655-3659.
- [3] 许建强, 郑娟, 井淇, 程杨杨, 孙玉凤, 徐凌忠. 深化医改关键时期我国卫生总费用构成预测分析[J]. 中国卫生经济, 2015, 34(4): 43-46.
- [4] 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.

- [5] 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.
- [6] 李岩, 张毓辉, 万泉, 付晓光, 翟铁民, 柴培培, 郭锋, 王荣荣, 陈春梅, 李涛. 2020 年中国卫生总费用核算结果与分析[J]. 卫生经济研究, 2022, 39(1): 2-6.
- [7] 姚克勤, 石秀园, 蒋理添, 吴洁琪, 侯颖, 伍丽群. 基于灰色模型的我国公共卫生事业投入预测研究[J]. 中国卫生经济, 2022, 41(5): 55-59.
- [8] 于洗河, 贾欢欢. 吉林省卫生总费用影响因素分析及规模预测——基于灰色系统理论的研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2020, 60(1): 130-140+222.
- [9] 王紫红, 苏敏艳, 高山. 基于灰色关联度分析法的我国卫生总费用影响因素研究[J]. 中国卫生统计, 2021, 38(4): 482-484.