

基于灰色系统理论模型的安徽省卫生总费用预测及影响因素研究

汪恒¹, 王怡凡¹, 周典^{1,2}, 田帝³, 杨琰¹, 接纯纯¹

(1. 安徽医科大学 卫生管理学院, 安徽 合肥 230032;
2. 安徽医科大学第二附属医院 党委办公室, 安徽 合肥 230601;
3. 安徽医科大学第一附属医院 人事处, 安徽 合肥 230022)

摘要:利用安徽省2010—2018年卫生总费用相关数据构建GM(1,1)预测模型,并运用灰色关联度分析法分析卫生总费用的影响因素。结果显示,未来5年安徽省卫生总费用仍将保持稳步增长,筹资结构呈现以社会卫生支出为主的特征。农村居民人均可支配收入、人均GDP和城镇居民人均可支配收入代表的经济因素是影响卫生总费用的主要因素,其关联度均高于0.8,关联性较强;政策因素和人口因素影响最小;卫生资源因素的影响作用介于两者之间。因此,安徽省仍需进一步优化筹资结构,通过逐步增强老年人口的配套医疗服务供给,增加相关政府卫生支出比例和完善相关医疗保障制度等措施促进卫生总费用实现合理增长。

关键词:卫生总费用;灰色系统理论;预测;影响因素;安徽省

中图分类号:R1

文献标志码:A

文章编号:1009-4784(2022)02-0007-05

卫生总费用是以货币形式作为综合计量手段,全面反映一个国家或地区在一定时期内(通常为1年)全社会为维护人群健康所消耗的一切资源总和^[1]。随着我国经济的高速发展,以及老龄化问题的不断加剧,医疗卫生服务需求和卫生总费用增长也更加迅速。同时,自2009年新医改以来,伴随着政府卫生投入的持续增加,社会保障覆盖面的扩大和保障水平的不断提高,居民对自身健康重视程度的提高,导致卫生费用的规模持续增长,给居民和政府造成了沉重的负担^[2]。因此,分析并预测卫生总费用及其筹资结构的变化趋势,研究影响卫生总费用的关键因素,并探索其中的关联程度,对控制卫生总费用的不合理增长及制定相关政策具有重要意义。笔者以安徽省2010—2018年卫生总费用相关数据进行统计分析,探讨卫生总费用及其筹资结构的变化情况并分析影响因素,为安徽省制定卫生发展战略提供理论支撑。

一、资料来源与方法

(一)资料来源

安徽省卫生总费用及相关数据来源于2010—2012年《中国卫生统计年鉴》,2013—2017年《中国卫生和计划生育统计年鉴》,2018—2019年《中国卫生健康统计年鉴》和《安徽省统计年鉴》。

(二)研究方法

灰色系统理论是由我国学者邓聚龙教授1982年提出的^[3],该理论通过对可用信息的生成、挖掘和提取,实现对不确定系统的建模、分析、检测和控制,以解决具有较高灰性或不确定性的信息问题^[4]。其中,GM(1,1)模型和灰色关联度分析都是灰色系统理论的主要内容。

1. GM(1,1)模型。此模型作为灰色系统的常用预测模型,因其所需的原始数据较少,运算精度高的优点得到广泛应用。其计算步骤如下:

收稿日期:2021-08-24

资助项目:安徽高校协同创新项目(GXXT2019041);合肥市医疗卫生“借转补”发项目(J2020Y04);安徽医科大学校科研基金项目(2020xkj123)

作者简介:汪恒,男,安徽医科大学2020级社会医学与卫生事业管理专业硕士研究生。研究方向:医院管理,卫生政策。

通信作者:周典,Email:ayfy_zhodian@163.com

(1)对数据序列进行累加

$X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(N)\}$ 作一次累加生成, 得到 $X^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(N)\}$, 其中 $x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k)$ 。

(2)构建累加矩阵 B 与常数项向量 Y_N

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(N-1) + x^{(1)}(N)) & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_N = [x_1^{(0)}(2), x_1^{(0)}(3), \dots, x_1^{(0)}(N)]^T。$$

(3)利用最小二乘法求解灰参数 $\hat{\alpha}$

$$\hat{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N。$$

(4)将灰参数代入时间函数

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = \left[x^{(0)}(1) - \frac{u}{\alpha} \right] e^{-\alpha t} + \frac{u}{\alpha}。$$

(5)对 $\hat{x}^{(1)}$ 求导还原得到

$$\hat{x}^{(0)}(t+1) = -\alpha(x^{(0)}(1) - \frac{u}{\alpha})e^{-\alpha t} \text{ 或 } \hat{x}^{(0)}(t+1) = \hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t)。$$

1) = $\hat{x}^{(1)}(t+1) - \hat{x}^{(1)}(t)$ 。

(6)计算 $x^{(0)}(t)$ 与 $\hat{x}^{(0)}(t)$ 之差 $\epsilon^{(0)}(t)$ 及相对误差 $\epsilon(t)$

$$\begin{aligned} \epsilon^{(0)}(t) &= x^{(0)}(t) - \hat{x}^{(0)}(t), \\ \epsilon(t) &= \epsilon^{(0)}(t) / x^{(0)}(t)。 \end{aligned}$$

(7)模型诊断及应用模型进行预报

模型依据后验比 c 和小误差概率 p 对模型进行诊断, 当 $p > 0.95$ 和 $c < 0.35$ 时, 模型可靠, 此时可根据所构建的模型进行预测。

2. 灰色关联度分析。计算步骤如下:

(1)设置参考序列和比较序列

本文以 2010—2018 年卫生总费用指标为参考

序列 $\{X_0(t)\}$, 以反映安徽省人口、经济、政策以及医疗服务供给的指标作为比较序列 $\{X_i(t)\}$, 其中 $t = 1, 2, \dots, 9$, 表示 2010—2018 年 9 个年度, $i = 1, 2, \dots, k$ 代表第 k 个影响因素指标。

(2)原始数据变换

采用均值化处理对参考序列和比较数列进行数据变换, 以消除数量级和量纲对分析的影响。均值化处理方式为: $x'(t) = \frac{x_i(t)}{\bar{X}_i(t)}$, $t = 1, 2, \dots, 9$ 。其中 $\bar{X}_i(t) = \frac{1}{n} \sum x_i(t)$, $n = 9$ 。

$$\text{中 } \bar{X}_i(t) = \frac{1}{n} \sum x_i(t), n = 9。$$

(3)求差序列

计算差序列 $\Delta_i(t) = x'_i(t) - x'_0(t)$, 并求得最大绝对差 $\Delta_{\max}(t)$ 及最小绝对差 $\Delta_{\min}(t)$ 。

(4)计算关联系数

$$\delta_i(t) = \frac{\Delta_{\min}(t) + \rho \Delta_{\max}(t)}{\Delta_i(t) + \rho \Delta_{\max}(t)}$$

其中, ρ 为分辨系数, 一般取值为 0.5。

(5)求灰色关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^9 \delta_i(t)$$

3. 统计分析方法。本研究使用 Excel 2019 对数据进行录入, 利用 DPS 7.05 软件的灰色系统方法模块构建 GM(1,1) 预测模型并进行灰色关联度分析。

二、卫生总费用预测与影响因素分析

(一)安徽省卫生总费用与筹资结构预测

1. 原始数据的选取。以下数据是 2010—2018 年安徽省卫生总费用的核算结果。

表 1 2010—2018 年安徽省卫生总费用构成

年份	卫生总费用 /亿元	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	721.12	214.21	29.71	257.39	35.69	249.52	34.60
2011	891.65	302.18	33.89	232.06	26.03	357.41	40.08
2012	1 112.02	365.75	32.89	300.83	27.05	445.44	40.06
2013	1 221.50	415.45	34.01	381.54	31.24	424.51	34.75
2014	1 321.64	434.77	32.90	440.50	33.33	446.37	33.77
2015	1 460.42	497.29	34.05	527.68	36.13	435.46	29.82
2016	1 643.29	550.55	33.50	597.92	36.39	494.82	30.11
2017	1 812.24	604.65	33.36	675.50	37.27	532.09	29.36
2018	1 998.08	634.66	31.76	779.67	39.02	583.75	29.22

2. 2019—2023 年安徽省卫生总费用及筹资结构预测模型。依据 GM(1,1)建模方法对卫生总费用及 3 个构成部分进行预测。通过对参数进行计算,得出拟合方程,最后采用后验差检验。据此得出 4 个 GM(1,1)灰色预测模型,分别为:

卫生总费用:
$$\hat{x}^{(1)}(t+1)=8\,682.881\,655e^{0.105\,163t}-7\,961.761\,655$$

政府卫生支出:
$$\hat{x}^{(1)}(t+1)=3\,165.085\,618e^{0.098\,718t}-2\,950.875\,618$$

社会卫生支出:
$$\hat{x}^{(1)}(t+1)=1\,622.351\,932e^{0.154\,340t}-1\,364.961\,932$$

个人卫生支出:
$$\hat{x}^{(1)}(t+1)=6\,322.171\,073e^{0.057\,808t}-6\,072.651\,073$$

3. 安徽省卫生总费用及筹资结构预测模型检验。经运算结果可得,卫生总费用、政府卫生支出、社会卫生支出及个人卫生支出预测的平均相对误差分别为 1.853%、2.686%、4.200% 和 3.373%。后验差比值 C 分别为 0.082, 0.113, 0.109 和 0.259,均小于 0.350。小误差概率 p 值均为 1.00,都大于 0.95。

4. 安徽省卫生总费用及筹资结构预测结果。模型检验显示,所有模型的精度较高,具备较为科学、精确的预测效果。因此可以依据所构建的模型对安徽省卫生总费用及筹资结构进行中长期的预测,本研究的预测周期设定为 2019—2023 年(表 2)。

表 2 2019—2023 年安徽省卫生总费用与筹资结构预测

年份	卫生总费用	政府卫生支出		社会卫生支出		个人卫生支出	
	/亿元	总费用/亿元	占比/%	总费用/亿元	占比/%	总费用/亿元	占比/%
2019	2 233.26	723.40	32.4	930.69	41.7	597.47	26.8
2020	2 480.91	798.46	32.2	1 086.01	43.8	633.03	25.5
2021	2 756.03	881.30	32.0	1 267.25	46.0	670.70	24.3
2022	3 061.65	972.74	31.8	1 478.74	48.3	710.62	23.2
2023	3 401.16	1 073.67	31.6	1 725.52	50.7	752.90	22.1

注:由于存在相对预测误差,筹资结构占比之和与 100% 有所出入。

2019—2023 年安徽省卫生总费用及其筹资结构将继续保持上升趋势,卫生总费用的规模由 2 233.26 亿元增加至 3 401.16 亿元。在筹资结构上,社会卫生支出增长规模最大,其占卫生总费用的比例将继续保持稳定增长。政府卫生支出规模稳定增加,但其所占卫生总费用的比例出现缓慢下降态势。个人卫生支出规模虽不断增加,但其占卫生总费用的比例却下降明显,卫生总费用的筹资公平性将进一步得到提升(图 1)。

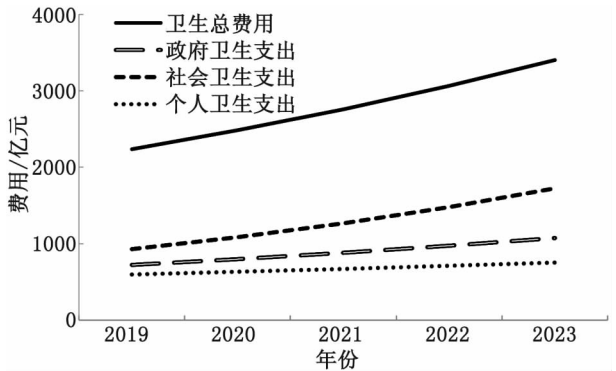


图 1 2019—2023 年安徽省卫生总费用及其构成预测趋势

(二)安徽省卫生总费用的影响因素分析

1. 影响因素的指标与数据选取。卫生总费用的变动会受到社会经济、人口特征、政策和社会制度等诸多变量的影响。本文结合相关学者的研究,从人口、经济、政策和卫生资源四个维度上探讨卫生总费用的影响因素^[5-8]。各指标相关内容(表 3)。

表 3 安徽省卫生总费用影响因素分析指标

指标类型	变量	指标名称及单位
人口因素	X ₁	65 岁及以上人口比例(%)
	X ₂	城镇人口所占比重(%)
经济因素	X ₃	人均 GDP(元)
	X ₄	城镇居民人均可支配收入(元)
	X ₅	农村居民人均可支配收入(元)
财政政策因素	X ₆	政府卫生支出占财政支出的比例(%)
卫生资源	X ₇	每千人口医疗卫生机构床位数(床)
	X ₈	每千人口卫生技术人员数(人)

2. 计算结果与分析。根据上述公式,为消除原始数据在数量级及量纲上的差异,对参考数列和比较序列进行均值化处理,计算得出 2010—2018 年安

徽省卫生总费用与研究因素的关联系数及关联度(表 4)。

卫生总费用影响因素的关联度及排序结果显示,与卫生总费用关联度最高的 3 项指标分别为农村居民人均可支配收入(0.899 9)、人均 GDP(0.854 8)和城镇居民人均可支配收入(0.847 5)。

与卫生总费用关联度最低的 3 项指标分别是城镇人口所占比重(0.625 8)、政府卫生支出占财政支出的比例(0.589 7)、65 岁及以上人口比例(0.577 5)。每千人口医疗机构床位数(0.748 3)和每千人口卫生技术人员数(0.724 2)与卫生总费用的关联度较强(表 5)。

表 4 安徽省卫生总费用影响因素的关联系数

年份	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
2010	0.427 4	0.415 1	0.848 5	0.721 7	0.935 2	0.412 5	0.630 7	0.549 1
2011	0.448 2	0.493 8	0.714 1	0.751 8	0.988 3	0.437 1	0.774 5	0.713 9
2012	0.557 3	0.667 3	0.898 9	0.945 4	0.780 2	0.604 7	0.728 6	0.706 6
2013	0.659 0	0.781 2	0.883 6	0.936 3	0.825 8	0.684 2	0.804 5	0.923 1
2014	0.971 0	0.922 4	0.860 8	0.955 4	0.807 7	0.946 1	0.853 0	0.789 6
2015	0.737 9	0.836 5	0.961 8	0.998 5	0.829 4	0.793 2	0.993 2	0.961 0
2016	0.550 5	0.615 0	0.821 0	0.838 6	0.963 7	0.622 9	0.735 9	0.720 4
2017	0.455 0	0.496 7	0.901 9	0.770 4	1.000 1	0.451 6	0.654 9	0.622 0
2018	0.391 0	0.403 8	0.802 3	0.708 9	0.969 1	0.354 9	0.559 8	0.532 1

表 5 卫生总费用影响因素的关联度及排序

指标	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
关联度	0.577 5	0.625 8	0.854 8	0.847 5	0.899 9	0.589 7	0.748 3	0.724 2
关联序	8	6	2	3	1	7	4	5

三、讨论与建议

(一)安徽省卫生总费用与筹资结构预测分析

根据 GM(1,1)模型的预测结果,安徽省卫生总费用规模继续呈现稳步提高的趋势,在预测期内年均增长率达到 11.1%,已经远远超过安徽省近年 GDP 的增长速度。这说明安徽省卫生事业在不断发展,政府对于卫生保健事业的投入增加,同样也提示卫生总费用对于经济社会造成的压力不容忽视。从筹资结构上来看,政府卫生支出始终保持平稳增长,但其占卫生总费用的比重呈缓慢下降趋势。这与国家政策对卫生筹资结构的要求不符,应当引起重视。社会卫生支出无论在总量和筹资结构上均表现出快速增长态势,体现了以社会医疗保障作为主要筹资来源的特征。个人卫生支出虽然在总量上保持上升趋势,但其所占比重却在持续下降,居民的就医负担在一定程度上有所下降。世界卫生组织研究表明,当筹资结构中个人卫生支出的

比重处于 15%~20%时,居民“因病致贫”的风险才能达到能够接受的标准^[9]。而目前就预测结果来看,安徽省在 2023 年也仅达到 22.1%的水平,说明安徽省应继续优化卫生筹资结构。

(二)安徽省卫生总费用的影响因素分析

灰色关联度结果显示,经济因素的 3 个指标居于所有影响因素的前 3 位,卫生资源因素与卫生总费用的关联度排序分别为第四和第五,仅次于经济因素维度,而人口因素与政府因素的相关指标关联度均相对较低。这表明经济因素是促进安徽省卫生总费用不断增加的关键因素,经济的持续健康发展促使居民对改善自身健康水平的需求越来越高,对于卫生费用的支付能力也愈发提高,这与现有大多数研究结果一致^[10]。本文研究结果显示,农村居民人均可支配收入与卫生总费用的关联度要高于城镇居民。可能原因是近年来安徽省农村卫生事业发展迅速,医疗保障水平和医疗卫生资源配置水平得到很大的改善,使医疗服务需求和支付能力快

速提升,导致其在经济因素中排在前位^[11]。而卫生资源的影响处于高位,则说明随着国家新医改的推进,安徽省的卫生资源配置得到较大改善,随着每千人口医疗卫生机构床位数和卫生技术人员数的不断增加,居民的卫生服务需求得到改善,从而推动卫生总费用不断增加。但需要重视的是,两者的增长速度并不协调,每千人口床位数要高于卫生技术人员数,长期来说可能会造成医疗卫生资源配置结构不合理。

人口和政府因素与安徽省卫生总费用的关联度较低,一方面,这揭示出安徽省卫生总费用发展的“短板”,其中政府作为有形的“大手”,对医疗服务市场起着宏观调控的重要作用,其行为能够对医药卫生资源配置效率和公平性产生深刻影响。但本研究结果表明,安徽省卫生总费用受政府卫生支出的影响较弱,侧面反映出政府对于卫生事业的重视程度不足,过度依赖于医疗市场的自我调节效应,在抑制卫生总费用不合理增长上未起到明显作用。人口因素作为考量卫生总费用发展公平性的重要因素,并未达到预期关联效果,且远低于经济和卫生资源因素,侧面揭示出目前安徽省相关医疗机构实施就诊行为时,并未充分考虑需方的实际健康需要,在居民就医过程中也可能普遍存在根据需方经济状况进行诱导需求的情况。另一方面,这说明安徽省在卫生事业发展过程中政府干预的相对不足。其中,安徽省65岁以上人口比例一直处于高水平状态,表明老年人医疗服务需求较大。而本研究显示其潜在需求未转变成现实需求,结合经济因素是影响卫生总费用的主导因素,都暴露出安徽省存在65岁以上老年人的经济状况不佳、医疗保障制度不够完善和配套医疗服务供给不足等问题。

(三)安徽省卫生总费用合理增长的建议

我国不同地区卫生总费用的影响因素略有差异^[12]。各地区要结合自身影响因素具体分析,从而精准施策以保障卫生总费用始终在合理区间内稳定增长。

对于安徽省来说,2010—2018年每千人口卫生技术人员数均低于全国水平,因此要更加注重卫生技术人员的培养,不断优化卫生资源的配置结构。同时,综合考虑人口因素及政府调控的“短板”效应,相关政府部门应积极强化公共职能,切实关注卫生总费用的影响因素,以期控制卫生费用过快

增长、维持社会经济稳定提供重要支撑,形成市场调节为主、政府宏观把控的卫生事业发展格局^[13-14]。相关职能部门也应着重关注不同年龄人口的实际健康需求,一方面,应制定相关政策严格限制居民诊疗过程中的诱导需求现象,同时,逐步增加老年人口的医疗服务供给。另一方面,应增加相关政府卫生支出比例,完善相关医疗保障制度,切实保证安徽省卫生总费用发展过程中能够保持高度的公平性和效率性。

参考文献:

- [1]刘巧艳,李丽清,卢祖洵.应用系统动力学仿真方法预测卫生费用的发展趋势[J].中国卫生经济,2017,36(7):58-62.
- [2]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.
- [3]周文浩,曾波.灰色关联度模型研究综述[J].统计与决策,2020,36(15):29-34.
- [4]曾波,刘思峰.基于灰色关联度的小样本预测模型[J].统计与信息论坛,2009,24(12):22-26.
- [5]魏娜娜,字传华,鲍俊哲,等.中国人均卫生总费用空间聚集性及其影响因素分析[J].中国卫生事业管理,2016,33(3):190-192.
- [6]邱雅,孙青川.医疗费用影响因素的实证分析[J].中国统计,2016(8):29-31.
- [7]薛浩,田召召,张晓星,等.河南省卫生总费用影响因素的灰色关联分析[J].医学与社会,2019,32(12):48-52.
- [8]高雨,张倍,高倩倩,等.新医改前后我国卫生总费用影响因素变化研究[J].中国卫生经济,2020,39(8):39-41.
- [9]崔欢欢,陈丹楠,郜佳.我国卫生总费用筹资的结构性特征与人均可支配收入的比较分析[J].中国卫生政策研究,2017,10(5):64-69.
- [10]丁李路,孙强.我国卫生总费用影响因素通径分析[J].山东大学学报(医学版),2015,53(12):86-89.
- [11]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.
- [12]李秋莎,尹文强,宋燕楠,等.城镇化、老龄化及政府卫生支出对我国卫生总费用的影响研究[J].中国卫生经济,2019,38(9):42-46.
- [13]祁华金,周成超,薛青云,等.我国卫生总费用影响因素分析[J].中国卫生经济,2012,31(10):13-15.
- [14]马明媛,韩玉珍,刘国栋,等.基于主成分分析法的我国卫生总费用影响因素研究[J].中国医院管理,2018,38(4):58-60.

(编辑:陈越,李鑫梅)