

# 健康扶贫背景下居民医疗保健支出的预测分析 ——以安徽省阜阳市为例

潘小芳,叶耀军

(浙江科技学院 理学院,杭州 310023)

**摘 要:** 为探究健康扶贫背景下医疗保障水平的发展情况,对居民医疗保健支出进行了预测分析。选取2014—2019年安徽省阜阳市统计年鉴数据进行实证研究,首先,从经济、人口、医疗保健环境和社会保障等方面对影响安徽省阜阳市医疗保健支出的因素进行灰色关联分析;其次,在灰色关联分析基础上筛选出关联度大于0.75的主要因子,建立灰色预测模型GM(1,N);最后,对模型精度检验并进行预测分析。研究表明,与阜阳市医疗保健支出关联度从大到小的影响因素依次是每万人医生数、人均可支配收入、总人口文盲率等;经检验,GM(1,5)模型的平均相对误差为5.24%,模型的精度较高,并预测出未来5年医疗保健支出将以每年约7%的增长率增长。研究结果可为阜阳市医疗保健改革策略提供理论依据,为健康扶贫机制研究提供一定的参考与支撑。

**关键词:** 健康扶贫;医疗保健支出;灰色关联分析;GM(1,N)模型

**中图分类号:** TB115;R195

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2021)05-0357-05

## Prediction and analysis of residents' medical care expenditure under health poverty alleviation —Taking Fuyang in Anhui Province as an example

PAN Xiaofang, YE Yaojun

(School of Sciences, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

**Abstract:** In order to explore the development of medical security level under health poverty alleviation, the residents' medical care expenditure was predicted and analyzed. This paper selected the statistical yearbook data of Fuyang, Anhui Province from 2014 to 2019 for an empirical research. Firstly, a grey relational analysis was conducted on the factors affecting the medical care expenditure of Fuyang from the aspects of economy, population, medical care environment and social security. Secondly, on the basis of grey relational analysis, the main

**收稿日期:** 2020-10-24

**基金项目:** 浙江省自然科学基金项目(LY17A010009);南京航空航天大学灰色系统主题创新区项目(GS2019012)

**通信作者:** 叶耀军(1965—),男,河南省正阳人,教授,博士,主要从事灰色系统预测与决策方法及关联分析研究。

E-mail: yjye2013@163.com。

factors with correlation degree greater than 0.75 were screened out to establish the grey prediction GM(1,N) model. Finally, the accuracy of the model was tested and predicted. The results show that the influencing factors from big to small are the number of doctors per 10 000 people, per capita disposable income, illiteracy rate of the total population, respectively. Upon examination, the average relative error of the GM(1,5) model is 5.24%, and the accuracy of the model proves to be fairly high. It is predicted that the medical care expenditure will increase at an annual rate of approximately 7% in the next five years. The results can provide a theoretical basis for the research of Fuyang health care reform strategy, and give some reference and support for the health poverty alleviation mechanism.

**Keywords:** health poverty alleviation; medical care expenditure; grey relational analysis; GM(1,N) model

2020 年中国脱贫攻坚战迎来了最后决胜时期,健康扶贫成为实现全面脱贫的关键。健康扶贫的实现旨在推进全民健康与实现医疗保障可持续发展,以免人民因医疗保障体系的不健全出现返贫风险<sup>[1-2]</sup>。随着健康扶贫措施的逐渐落实,医疗保健的费用支出已经成为当前人们关注的焦点。目前,很多研究者基于健康扶贫的背景,对中国医疗保健领域仍然存在的卫生资源分配不均<sup>[3]</sup>、医疗费用不合理增长<sup>[4]</sup>、城乡医疗保障存在差异<sup>[5]</sup>及因病致贫<sup>[6]</sup>等做现状分析,并从多个维度提出对策与建议。部分研究者利用统计学方法分别针对因疾病导致贫困的老年人群体<sup>[7]</sup>和贫困地区存在健康问题的青少年群体<sup>[8]</sup>进行实地调查,加强对老年人与青少年两类群体的健康与医疗关注。张鑫等<sup>[9-11]</sup>侧重对历史相关数据做处理而建立健康扶贫与医疗保健评价体系,根据公平、效率等评价标准,提升医疗保健扶贫成效。总体而言,以上基于健康扶贫的医疗保健分析对全面提高医疗保障治理水平有一定的现实意义,但针对医疗保健支出预测的研究尚不多见。另外,从研究方法来看,灰色预测模型<sup>[12]</sup>在医疗保健领域中得到广泛的应用。陈倩等<sup>[13-14]</sup>用 GM(1,1)模型分析了区域性医疗保健费用的变化趋势,表明灰色预测模型对医疗卫生领域费用的预测具有合理性。韦柳丝等<sup>[15-16]</sup>利用灰色预测模型对中国药物医疗资源服务能力建设预测,建议医疗保健行业应注重药物产业的资源规划与竞争力。陈维佳等<sup>[17-18]</sup>应用灰色预测模型得出中国医疗保健费用会持续性增加,从而为医疗事业部门制定有效措施提供依据。现有文献中,涉及医疗保健的灰色预测模型仅考虑自身的时间序列,往往达不到预测精度要求。因此需要建立多变量的 GM(1,N)灰色预测模型弥补以前方法的缺陷与不足,使预测结果可信度更高。鉴于此,本研究以安徽省阜阳市为例,借助 MATLAB 运算工具,结合灰色关联分析方法<sup>[19]</sup>,从影响阜阳市居民医疗保健消费支出的各个因素中筛选出关联度较高的指标作为主要因子,建立灰色预测模型。

## 1 阜阳市医疗保健支出影响因素的灰色关联分析

### 1.1 指标的筛选

医疗保健支出的变化趋势受多种宏观因素作用,目前研究者分析医疗保健支出的影响因素主要集中在地域因素、政府因素、老龄化因素、经济因素、教育因素、医疗设施因素和医生诱导需求因素等<sup>[20-23]</sup>。本文综合以上文献并对 2014—2019 年阜阳市统计年鉴<sup>[24]</sup>中有关医疗保健支出及其影响因素的数据进行分类,分别从经济因素、人口因素、医疗保健环境因素、社会保障因素、政策因素五个方面进行探讨。

1) 经济因素。人均可支配收入是衡量居民对医疗卫生服务需求的重要因素之一。这些年来,城镇化率有着广泛的社会影响力,对医疗保健支出存在明显的促进作用。因此,本研究中的经济因素以阜阳市的人均可支配收入( $X_1$ ,元)和城镇化率(城镇常住人口占比)( $X_2$ ,%)为指标。

2) 人口因素。随着老年人口比例越来越高,需要大量的医疗卫生资源。一般认为,教育水平也会潜在地影响医疗保健的支出。因此,选取阜阳市老年抚养比( $X_3$ ,%)和总人口文盲率( $X_4$ ,%)作为人口因

素指标。

3) 医疗保健环境因素。中西药品及医疗保健价格指数与居民的医疗保健生活之间有着明显的相关性;另外,考虑医疗资源与医疗保健两者间的供需关系,用每万人病床数和每万人医生数来代表医疗资源。因此,医疗保健环境因素以中西药品及医疗保健品价格指数( $X_5$ ),每万人病床数( $X_6$ ,张)和每万人医生数( $X_7$ ,个)为指标。

4) 社会保障因素。城乡居民养老保险政策促进了医疗保健服务水平的提高。阜阳市农村人数占总人口的大部分,其中新型农村合作医疗将释放居民潜在的医疗保健需求。因此,社会保障因素主要是从城乡居民养老保险( $X_8$ ,万人)和新型农村合作医疗( $X_9$ ,万人)两个指标分析。

5) 政府因素。政府对医疗卫生的重视与投入以确保医疗保障水平顺利达到健康扶贫质量。因此,采用政府卫生财政支出( $X_{10}$ ,万元)来衡量政府支出对医疗保健的影响。

## 1.2 灰色关联分析

1) 确定参考序列( $X_0(k)$ )及影响因素的比较序列( $X_i(k)$ ),其中  $k$  表示时间,根据数据无量纲化处理,采用均值化方法:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, X'_i = \frac{X_i}{\bar{X}}, i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (1)$$

式(1)中: $\bar{X}$ 为变量均值。

2) 求  $\Delta_i(k) = |X'_i(k) - X_0(k)|$ ,并标记出最大绝对差  $\Delta_{\max}(k)$ 与最小绝对差  $\Delta_{\min}(k)$ 。

3) 计算关联系数  $\epsilon_i(k)$ 及关联度  $\beta_i(k)$ :

$$\epsilon_i(k) = \frac{\Delta_{\min}(k) + \rho \Delta_{\max}(k)}{\Delta_i(k) + \rho \Delta_{\max}(k)}, \beta_i(k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_i(k). \quad (2)$$

式(2)中: $\rho$ 为分辨系数( $0 < \rho < 1$ )。

4) 关联度排序,由式(1)~(2)计算灰色关联度并排序,见表1。

表1 居民医疗保健支出各因素关联度及排序

Table 1 Correlation degree and sequencing of various factors of residents' medical care expenditure

变量	关联度	排序	变量	关联度	排序
$X_1$	0.819	2	$X_6$	0.758	4
$X_2$	0.647	6	$X_7$	0.830	1
$X_3$	0.612	7	$X_8$	0.685	5
$X_4$	0.771	3	$X_9$	0.426	10
$X_5$	0.519	9	$X_{10}$	0.543	8

## 2 阜阳市医疗保健支出的预测模型分析

### 2.1 GM(1,N)预测模型

GM(1,N)模型是由  $N-1$  个变量对 1 个变量的一阶导数作用而组成的线性动态模型。设研究系统特征序列为: $\mathbf{X}_0^{(0)} = (x_0^{(0)}(1), x_0^{(0)}(2), \dots, x_0^{(0)}(n))$ ,影响因素序列为: $\mathbf{X}_1^{(0)} = (x_1^{(0)}(1), x_1^{(0)}(2), \dots, x_1^{(0)}(n)), \dots, \mathbf{X}_{N-1}^{(0)} = (x_{N-1}^{(0)}(1), x_{N-1}^{(0)}(2), \dots, x_{N-1}^{(0)}(n))$ 。 $\mathbf{X}_i^{(1)}$  是  $\mathbf{X}_i^{(0)}$  一阶累加的结果, $\mathbf{Z}_0^{(1)} = (z_0^{(1)}(1), z_0^{(1)}(2), \dots, z_0^{(1)}(n))$ 是由  $\mathbf{X}_0^{(1)}$  紧邻均值生成序列,称

$$x_0^{(0)}(k) + az_0^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^{N-1} b_i x_i^{(1)}(k) \quad (3)$$

为 GM(1,N)模型。求解过程如下。

第一步:构造数据矩阵

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} -z_0^{(1)}(2) & x_1^{(1)}(2) & \cdots & x_{N-1}^{(1)}(2) \\ -z_0^{(1)}(3) & x_1^{(1)}(3) & \cdots & x_{N-1}^{(1)}(3) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -z_0^{(1)}(n) & x_1^{(1)}(n) & \cdots & x_{N-1}^{(1)}(n) \end{bmatrix}, \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} x_0^{(0)}(2) \\ x_0^{(0)}(3) \\ \cdots \\ x_0^{(0)}(n) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

则参数列  $\hat{a} = (a, b_1, b_2, \dots, b_N)^T$  的最小二乘估计满足

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T. \quad (5)$$

第二步:求解 GM(1, N) 的时间响应式, 其中  $x_0^{(1)}(0)$  取为  $x_0^{(0)}(1)$ 。

$$\hat{x}_0^{(1)}(k+1) = \left( x_0^{(1)}(0) - \frac{1}{a} \sum_{i=1}^{N-1} b_i x_i^{(1)}(k+1) \right) e^{-ak} + \frac{1}{a} \sum_{i=1}^{N-1} b_i x_i^{(1)}(k+1). \quad (6)$$

第三步:累减还原后得到模型的预测序列

$$\hat{x}_0^{(0)}(k) = \alpha^{(1)} \hat{x}_0^{(1)}(k+1) = \hat{x}_0^{(1)}(k+1) - \hat{x}_0^{(1)}(k). \quad (7)$$

## 2.2 建立医疗保健支出的 GM(1, 5) 预测模型

选取关联度大于 0.75 的每万人医生数、人均可支配收入、总人口文盲率、每万人病床数作为影响医疗保健支出主要因子, 建立 GM(1, 5) 预测模型。

求解式(3)~(5)得到 GM(1, 5) 模型的系向量

$$\hat{a} = (1.704, -17.868, 0.121, 61.984, -16.524)^T. \quad (8)$$

因此, 根据式(6)~(7)得到 GM(1, 5) 模型的解为

$$\begin{aligned} \hat{x}_0^{(1)}(k+1) = & [745.15 + 10.49x_7^{(1)}(k+1) - 0.07x_1^{(1)}(k+1) - 36.38x_4^{(1)}(k+1) + 9.70x_6^{(1)}(k+1)] e^{-1.803k} \\ & - 10.49x_7^{(1)}(k+1) + 0.07x_1^{(1)}(k+1) + 36.38x_4^{(1)}(k+1) - 9.70x_6^{(1)}(k+1). \end{aligned} \quad (9)$$

由式(8)~(9)得到医疗保健支出 2014—2019 年模拟值及相对误差见表 2, 医疗保健支出 GM(1, 5) 模型实际值与模拟值对比如图 1 所示, 结果显示预测模型平均相对误差为 5.24%, 可知 GM(1, 5) 模型预测效果较好, 预测精确度比较高。

表 2 医疗保健支出 2014—2019 年模拟值及相对误差

Table 2 Simulation value and relative error of medical care expenditure from 2014 to 2019

年份	实际值	模拟值	残差	相对误差/%	平均相对误差/%
2014	745.15	745.15	0.00	0.00	5.24
2015	830.83	738.71	92.12	11.09	
2016	876.83	986.10	-109.27	12.46	
2017	940.31	988.47	48.16	5.12	
2018	993.17	1 010.10	-16.38	1.70	
2019	1 089.77	1 101.30	-11.53	1.10	

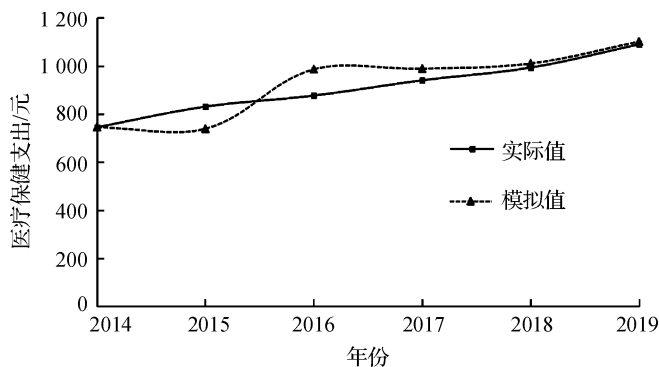


图 1 医疗保健支出 GM(1, 5) 模型实际值与模拟值对比

Fig. 1 Comparison of actual value and simulation value of medical care expenditure GM(1, 5) model

## 2.3 模型预测

对于未来几年每万人医生数、人均可支配收入、总人口文盲率、每万人病床数的未知性, 本研究借助 GM(1, 1) 模型依次预测处理且得到其累加生成值  $x_7^{(1)}$ 、 $x_1^{(1)}$ 、 $x_4^{(1)}$ 、 $x_6^{(1)}$  (表 3), 根据式(9)计算未来 5 年阜阳市医疗保健支出的预测值, 结果显示医疗保健支出将以逐年约 7% 的增长率上升。

表 3 未来 5 年居民医疗保健支出的预测

Table 3 Prediction of medical care expenditure in the next five years

年份	$x_7^{(1)}$ /个	$x_1^{(1)}$ /元	$x_4^{(1)}$ /%	$x_6^{(1)}$ /张	$x_0^{(1)}$ /元	医疗保健支出增长率/%
2020	16.364	22 475	5.951	48.977	1 162.138	6.64
2021	34.073	47 162	11.742	103.045	1 249.508	7.52
2022	53.238	74 277	17.377	162.732	1 346.155	7.73
2023	73.979	104 061	22.860	228.624	1 452.939	7.93
2024	96.425	136 776	28.169	301.364	1 570.915	8.12

3 结 语

本研究使用灰色关联分析直观筛选出影响阜阳市居民医疗保健支出的主要因子,依次为每万人医生数、人均可支配收入、总人口文盲率、每万人病床数。将主要因子引进 GM(1,5)预测模型,得到平均相对误差为 5.24%,不仅提高了模型的可信度,而且简化了操作,实用性更强。将 GM(1,5)预测模型对阜阳市医疗保健支出进行预测,结果显示未来 5 年将以 7%左右的增长率上升,可为阜阳市健康扶贫策略提供数据支撑,反映出健康扶贫政策将促进居民的医疗消费水平快速增长。居民医疗保健支出的增长趋势,体现了人们对自身健康意识的转变和预防疾病方面的重视程度逐步加强,也表明了健康扶贫的背景下,其消费结构在不断优化。本文医疗保健支出预测模型具有小样本且考虑多影响因素的特殊优势,但也有局限性。因为模型数据都来源于历史数据,无法考虑突发性的医疗健康事件对预测数据的影响。因此,为了更准确地预测结果,在后期的研究中还需要不断地结合实际更新数据,进而修正与完善模型。

参考文献:

[1] 高晓兰,陈艺歌.健康扶贫与脱贫攻坚协同发展研究[J].农村经济与科技,2020,31(7):182.

[2] 许贵元.“健康扶贫”永远在路上[N].企业家日报,2020-10-12(3).

[3] 车路,吴婉宁.精准脱贫背景下农村医疗保障制度的现状、问题及对策[J].广西质量监督导报,2020(6):9-10.

[4] 范力丹.健康扶贫背景下农村贫困人口医疗保障现状及对策研究:以云南省 X 县为例[D].南宁:广西医科大学,2019.

[5] 罗丽娟.现行医疗保障体制下我国居民医疗保健支出的研究[D].成都:西南财经大学,2012.

[6] 杨宇杰.山西省健康扶贫问题与对策研究[D].太原:山西大学,2019.

[7] 吴婷,邹智宇,廖望妍,等.制约健康扶贫的影响因素探析:基于江西省农村贫困老年人免费体检的实地调查[J].中国农村卫生事业管理,2019,39(12):863.

[8] 杨科.精准扶贫视域下河南农村贫困地区青少年健康有关危险行为状况调查及影响因素分析[J].中国健康教育,2018,34(10):929.

[9] 张鑫.农村地区“健康扶贫”水平差异及其影响因素研究[D].南昌:南昌大学,2019.

[10] 陈爱如,赵前.农村医疗保障扶贫成效影响因素与提升策略研究:基于安徽省 J 村的调查[J].山西农业大学学报(社会科学版),2020,19(1):87.

[11] 吴凡凡.初级医疗保健机构咨询服务对社区老年人体育锻炼干预的效果评价[D].保定:河北大学,2020.

[12] 邓聚龙.灰预测与灰决策[M].武汉:华中科技大学出版社,2002.

[13] 陈倩.基于成分数据 GM(1,1)模型的重庆市医改后医疗费用结构变化趋势研究[D].重庆:重庆医科大学,2019.

[14] 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.

[15] 韦柳丝,张新花,零春晴,等.基于 GM(1,1)模型的全国中医药医疗资源与服务需求发展预测[J].卫生软科学,2019,33(9):66.

[16] 付秀梅,汪帆.基于灰色系统理论的山东省海洋生物医药业发展分析[J].中国渔业经济,2013,31(6):145.

[17] 陈维佳.我国城镇居民医疗保健的需求预测[J].商品储运与养护,2008(3):106.