

# 基于GM(1,1)预测模型的中国医疗机构发展预测研究

桂婷雨

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年8月15日; 录用日期: 2023年10月11日; 发布日期: 2023年10月20日

## 摘要

对我国医疗机构的发展进行科学、合理预测, 根据现在已有的数据为我国今后的卫生规划的制订提供参考依据。本文通过《中国统计年鉴2021》收集我国2015年至2020年的医疗机构数量作为研究样本, 建立灰色GM(1,1)预测模型, 运用建立灰色GM(1,1)预测模型对我国2021年至2035年医疗机构的数量进行预测。据模型结果显示, 到2035年, 我国的医疗机构数量将会达到1,185,134个。可以看出在这20年里我国的医疗机构数量一直呈现出稳步上升的趋势。通过Excel建立了GM(1,1)预测模型, 达到里C = 0.196 < 0.35, P = 0.997, 模型的拟合效果非常好。

## 关键词

健康中国, 医疗机构, 卫生事业, 灰色预测模型

## Research on the Development Prediction of Chinese Medical Institutions Based on GM(1,1) Prediction Model

Tingyu Gui

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Aug. 15<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 11<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 20<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The scientific and reasonable prediction of the development of medical institutions in China is made, and the reference basis for the formulation of health planning in the future is provided ac-

ording to the existing data. In this paper, the number of medical institutions in China from 2015 to 2020 is collected by China Statistical Yearbook 2021 as research samples, and a grey GM(1,1) prediction model is established to predict the number of medical institutions in China from 2021 to 2035. According to the model, the number of medical institutions in China will reach 1,185,134 by 2035. It can be seen that the number of medical institutions in our country has been showing a steadily increasing trend in the past 20 years. The GM(1,1) prediction model was established by Excel, and the results showed that  $C = 0.196 < 0.35$ ,  $P = 0.997$ , and the fitting effect of the model was very good.

## Keywords

Healthy China, Medical Institutions, Health Services, Grey Prediction Model

Copyright © 2023 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. 选题来源

医疗卫生资源在保障人民健康方面有着至关重要的作用，加强对医疗卫生资源的建设和优化医疗卫生服务体系配置是实现健康中国的重要环节。随着科技的进步、社会的发展，人类的疾病谱也一直在变化着。同时，我国老年人口一直呈现出不断增长的趋势，反观青少年群体以及成年人群体的人口比例则是呈现出下降的趋势，这将导致我国社会老龄化程度的进一步加深。于此同时，由于低龄老人的人口仍占多数，所以预计在今后一段时间内，社会老龄化程度将会进一步的加深。

所以人们对卫生资源的需求与日俱增。而医疗资源的建设涉及人力、物力、财力等资源的投入，往往需要较长的周期。因此，通过对我国医疗机构的数量进行预测，实现对医疗卫生资源的有效配置，从而有效满足人民日益增长的医疗服务需求是政府亟须解决的问题[1]。

## 2. 研究进展

随着社会经济和科技的发展，人们对健康的认识更深刻，对卫生服务的要求也更高。人类对卫生服务的要求是无限的，卫生资源却是有限的。当前，社会各界要求改变“看病难、看病贵”的呼声不绝于耳。导致这种现象出现的主要原因之一是由于我国长期以来的医疗卫生资源配置的不合理[2]。而在国家“十一五”规划中，重点提出要“深化医疗卫生体制改革，合理配置医疗卫生资源”[3]。让医疗卫生服务达到“公平”、“效益”和“效果”的理想境界是我国医疗卫生资源配置面临的主要问题。开展医疗卫生资源配置研究，其目的是想提高现有医疗卫生资源的有效利用率。

医疗卫生资源从广义上讲，是人类开展医疗卫生保健活动所使用的社会资源从狭义上讲，它是指社会在提供医疗卫生服务过程中占用或消耗的各种生产要素的总称[4]。医疗卫生资源配置是指卫生资源在医疗卫生行业或部门内的分配和转移流动。医疗卫生资源的配置应根据就医的方便程度、需求层次和数量、医疗卫生机构实际服务能力所能达到服务数量、质量、服务供应范围和有效利用程度来确定[5]。

随着人口老龄化程度的不断加深以及“全面二孩”政策的实施，我国人口结构将发生重大变化，人口数量不断增加[6]，进而对医疗卫生资源提出了更迫切的需求[7] [8]。我国医疗卫生资源总量在逐年增长，但与人口增长的速度和群众对卫生服务的要求相比是明显不足。在医疗机构数量方面，全国医疗机构数量总体每年呈上升趋势。2021年末，全国共有医疗卫生机构 1,030,935 个，其中医院 36,570 个，基

层医疗卫生机构 977,790 个，与 2020 年相比，其中医院数量和基层医疗卫生机构的数量都有所增加[9]。

针对我国医疗卫生资源的供给与需求现状，我国学者已对此展开了丰富的讨论。目前我国医疗卫生总量存在供给不足、资源紧缺等现象[10]，但是医疗卫生供给水平呈现逐渐增高的趋势[11]。也有不少学者对我国医疗卫生资源与服务需求进行了预测。学者运用 GM(1,1)预测模型对中国“十三五”期间医疗卫生资源需求进行了预测，预测结果显示，2016~2020 年我国医疗机构数量、床位数、卫生技术人员数、执业(助理)医师数、注册护士数均呈逐年上涨的趋势[12]，此预测与目前的发展也是相符合的。

### 3. 政策演化

2010 年 2 月卫生部出台《关于公立医院改革试点的指导意见》。《意见》指出要形成多元化办医格局，鼓励、支持和引导社会资本进入医疗服务领域。鼓励、支持和引导社会资本发展医疗卫生事业，非公立医院在医保定点、科研立项、职称评定、继续教育等方面与公立医院享有同等待遇，在服务准入、监督管理等方面一视同仁。2012 年 12 月国务院出台《“十二五”期间深化医药卫生体制改革规划暨实施方案的通知》。《通知》明确引导社会资本以多种方式参与包括国有企业所办医院在内的部分公立医院改制重组，新增卫生资源优先考虑社会资本，大力发展非公立医疗机构，2015 年，非公立医疗机构床位数和服务量达到总量的 20%左右。2013 年 10 月国务院出台《关于促进健康服务业发展的若干意见》。《意见》指出大力支持社会资本举办非营利性医疗机构、提供基本医疗卫生服务，并完善相关税收政策。2017 年 8 月卫生计生委和中医药局关于印发《医疗机构临床路径管理指导原则的通知》。《通知》的出台是为了贯彻落实全国卫生与健康大会精神和深化医药卫生体制改革有关要求，指导医疗机构加强临床路径管理工作，规范临床诊疗行为，提高医疗质量。同时，推进临床路径管理与医疗质量控制和绩效考核、与医疗服务费用调整、与支付方式改革、与医疗机构信息化建设等相结合。2022 年 2 月国家卫生健康委出台《医疗机构设置规划指导原则(2021~2025 年)》。为全面推进健康中国建设，指导各地加强“十四五”期间医疗机构设置规划管理，根据基本医疗卫生与健康促进法、中医药法、医疗机构管理条例、国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要、“十四五”医疗卫生服务体系规划有关要求，国家卫生健康委于 2022 年 2 月制定了《医疗机构设置规划指导原则(2021~2025 年)》。主要内容有：强调医疗机构设置规划的重要作用；明确医疗机构设置的五个基本原则；提出医疗机构设置的主要指标和八个方面的总体要求；确定公立医院设置的基本原则；规范公立医院分院区设置。

### 4. GM(1,1)模型构建

#### (一) 数据来源

本文选取《中国统计年鉴 2021》中 2015 年~2020 年医疗机构数量作为研究样本，整理得到表 1。

**Table 1.** Number of medical institutions in China from 2015 to 2020

**表 1.** 2015~2020 我国医疗机构数量

年份	医疗机构数量/个
2015	983,528
2016	983,394
2017	986,694
2018	997,433
2019	1,007,579
2020	1,022,922

#### (二) 研究方法

本文使用灰色系统 GM(1,1)模型对我国医疗资源和服务需求进行预测。灰色系统理论是我国学者邓

聚龙教授在 1982 创立的一种研究少数据、贫信息、不确定性问题的新方法。灰色系统理论认为系统的行为现象尽管是朦胧的，数据是复杂的，但它毕竟是有序的，是有整体功能的。灰数的生成，就是从杂乱中寻找出规律[13]。

灰色系统的基本思路是通过对系统初始序列进行一次相加，弱化系统其自身内在规律的随机性，得到一个带有相对较好生成规律特征的累加初始序列，从而可以根据其生成的顺序来建立随机微分方程，拟合灰色系统规律并得到灰参数，以此来建立一个符合外推理论应用要求的灰色预测方程模型[14]。

灰色模型具有小样本、计算量小、预测精准度高等优点，可以用于近期、中期、长期预测。

### (三) 灰色系统 GM(1,1)模型优势

运用 GM(1,1)模型进行科学研究时，不需要很多的数据来保证研究预测结果的准确性，一般只要有 4 个以上的样本量就可以进行研究预测，可以解决历史数据少、数据的序列完整性低以及数据可靠性低的问题。GM(1,1)模型还可以利用微分方程充分的挖掘系统的本质，有着较高的精准度。GM(1,1)模型还可以将没有规律的原始数据进行运算，并且运算简便、易于检验，最后生成得到有规律性强生成序列。运用 GM(1,1)模型解决问题时可以考虑数据的分布规律以及变化的趋势。

对于本研究来说，我国每年的医疗机构数量样本是一个小样本数据，同时每年医疗机构数量也呈现出无规律的特征，所以简单的将较少的样本数据带入普通的算法模型中进行研究预测，最后得到的结果的可信度时极低的。这时运用 GM(1,1)模型在短期内，对我国今后每年医疗机构的数量进行预测不仅可以得到可信度高的预测结果，还可以对其中的数量规律进行细致的研究分析。

### (四) 建模的可行性分析

1、级比检验：对建立的模型进行可行性分析：

令  $X^{(0)}$  为原序列，则  $X^{(0)} = [X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)]$

由表 1 可知，医疗机构数量的原始数列  $X^{(0)} = (983528, 983394, 986694, 997433, 1007579, 1022922)$

2、求极比：

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

求得极比为

$$\begin{aligned} \sigma &= [\sigma(2), \sigma(3), \dots, \sigma(6)] \\ &= (1.0001, 0.9967, 0.9892, 0.9899, 0.9850) \end{aligned}$$

3、极比判断式

$$\sigma(k) \in \left( e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$$

此时  $n = 6$ ，计算得到范围为(0.7514, 1.3307)。此时所有的  $\sigma(k) \in [0.7514, 1.3307]$  ( $k = 2, 3, \dots, 6$ )，所以可以用  $X^{(0)}$  作满意的 GM(1,1)建模。

### (五) 构建模型

1、对原始数据  $X^{(0)}$  做一次累加处理，得到  $X^{(1)}$ 。

$$X^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k X^{(0)}(m) \quad k = (1, 2, \dots, 6)$$

$$X^{(1)} = (983528, 1966922, 2953616, 3951049, 4958628, 5981550)$$

2、构造数据矩阵  $B$  及数据向量  $Y$

$$\begin{cases} z^{(1)}(2) = \frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] = 1475225 \\ z^{(1)}(3) = \frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] = 2460269 \\ z^{(1)}(4) = \frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(4)] = 3452332.5 \\ z^{(1)}(5) = \frac{1}{2}[x^{(1)}(4) + x^{(1)}(5)] = 4454838.5 \\ z^{(1)}(6) = \frac{1}{2}[x^{(1)}(5) + x^{(1)}(6)] = 5470089 \end{cases}$$

所以得到:

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ x^{(0)}(5) \\ x^{(0)}(6) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 983394 \\ 986694 \\ 997433 \\ 1007579 \\ 1022922 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(2) & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1475225 & 1 \\ -2460269 & 1 \\ -3452332.5 & 1 \\ -4454838.5 & 1 \\ -5470089 & 1 \end{bmatrix}$$

3、最小二乘估计求参数列  $P = (a, b)^T$ :

$$\begin{aligned} & \text{计算 } (B^T B)^{-1} \\ (B^T B)^{-1} &= \begin{bmatrix} 1.00311E-13 & 3.47332E-07 \\ 3.47332E-07 & 1.402656256 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

由于

$$\begin{aligned} \hat{P} &= (\hat{a}, \hat{b})^T = (BB^T)^{-1} B^T Y \\ &= \begin{pmatrix} -0.01002123 \\ 964905.3799 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

于是得到  $\hat{a} = -0.01002123$ ,  $\hat{b} = 964905.3799$

4、建立模型

$$x^{(0)}(k) - 0.01002123z^{(1)}(k) = 964905.3799$$

解得时间响应序列为:

$$\begin{aligned} x^{(1)}(k+1) &= \left( x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \\ x^{(1)}(k+1) &= 97269650.55e^{0.01002123k} - 96286122.55 \end{aligned}$$

## 5. 模型检验

(一) 残差检验

$$\text{平均相对误差: } \varepsilon(\text{avg}) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n |\varepsilon(k)| = 0.002764788$$

精度： $P^0 = (1 - \varepsilon(\text{avg})) \times 100\% = 99.7235212\%$

经验证，该模型的精度较高，可进行预报和预测。

(二) 后验差检验

计算残差  $E(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)$

$X^{(0)}$  的均值： $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k) = 996925$

$X^{(0)}$  的方差： $S_1 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [x^{(0)}(k) - \bar{X}]^2} = 14473.25534$

残差的均值： $\bar{E} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n E(k) = 9.047939226$

残差的方差： $S_2 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n [E(k) - \bar{E}]^2} = 2840.350274$

后验差比值： $C = \frac{S_2}{S_1} = \frac{2840.350274}{14473.25534} = 0.196248198$

现在  $0.6745S_1 = 9762.062376$ ，而所有的  $|E(k) - \bar{E}|$  都小于  $0.6745S_1$ ，故小误差概率为：  
 $P = P\{|E(k) - \bar{E}| < 0.6745S_1\} = 1$

模型等级评定：

Table 2. Fitting level of grey prediction model

表 2. 灰色预测模型拟合等级

模型等级	C	P
优秀(一级)	$\leq 0.35$	$\geq 0.95$
合格(二级)	0.36~0.50	0.80~0.94
勉强合格(三级)	0.51~0.65	0.70~0.79
不合格(四级)	$> 0.65$	$< 0.70$

根据计算结果，结合表 2 可知在本模型中  $P = 99.724\% > 95\%$ ， $C = 0.196 < 0.35$ ，所以本模型的拟合等级是非常优秀的，达到了最高等级。所以方程  $x^{(1)}(k+1) = 97269650.55e^{0.01002123k} - 96286122.55$  是可以用于预测今后我国的医疗机构的发展趋势的。

6. 发展预测及结果分析

(一) 发展预测

通过建立我国医疗机构数量的 GM(1,1) 预测模型，通过累计值相减还原各年份医疗机构数量的预测值。再对构建的模型进行检验，残差检验结果显示模型的平均相对误差等于 0.00276 小于 0.2，后验差检验结果显示模型后验差比值 C 等于 0.196 小于 0.35，小误差概率 P 等于 0.997 大于 0.95，预测值能很好的拟合原始值，模型等级优秀、信度高，可以用于预测我国今后医疗机构的数量变化情况。

(二) 预测结果

从《中国统计年鉴 2022》可知，2021 年我国医疗机构的数量已经达到了 1,030,935 个，这与模型预测的 1,030,000 的误差仅为 0.09%，说明预测结果是可信的。模型预测结果如表 3 所示，可以看出 2021~2035 年，我国医疗机构的数量一直呈现出稳步上升的趋势，年均增长速度均超过了 1%。到 2035 年，我国的医疗机构的数量将达到 1,185,134 个，这是 2015 年 983,528 个的 1.2 倍。建立的模型预测结果也是与众多学者的分析结果相一致[15][16][17]。

**Table 3.** Predicts the number of medical institutions in China from 2021 to 2035**表 3.** 2021~2035 年我国医疗机构数量预测情况

年份	医疗机构数量
2021	1,030,000
2022	1,040,373
2023	1,050,852
2024	1,061,435
2025	1,072,126
2026	1,082,924
2027	1,093,831
2028	1,104,847
2029	1,115,975
2030	1,127,215
2031	1,138,567
2032	1,150,035
2033	1,161,617
2034	1,173,317
2035	1,185,134

## 7. 阐释思考

随着我国经济高速发展，人民生活水平日益提高，政府在医疗卫生等方面的支出也在不断的加大，使得医疗机构能够快速发展。因此，我国医疗机构的数量有着逐年增加的趋势。但是随着人口老龄化程度的不断加深以及长寿时代的加速到来，就导致了我国的医疗卫生资源服务需求也在逐年增加[7]。

本研究的预测结果显示，我国医疗卫生机构数量逐年增加，处于稳步增长态势。今后我们在维持医疗机构数量的稳步上升的同时也要注意做到各类医疗卫生机构资源发展齐头并进，进一步优化内部卫生资源配置，保持地区间公平的发展。

在今后我们需要进一步完善社会保障制度，推动医疗卫生事业高质量发展。近几年由于运行机制的变化，加之公共卫生项目工作压力的增加、上级机构考核指标的倾向性，部分医疗卫生机构呈现重公卫轻医疗的趋势，而医疗服务能力是公共卫生工作顺利有效开展的基础，因此，今后应注重基本医疗和公共卫生工作并重，做好医防融合工作。

同时，政府的高度重视是推动医疗卫生机构发展的关键所在。一方面，政府应该出台与制定推动医疗卫生机构发展的相关配套政策，明确政府各职能部门的责任，引导医疗卫生机构职能的充分发挥，为医疗卫生机构的发展奠定制度基础。另一方面，政府可以通过加强监督，增加对医疗卫生机构的日常指导与检查，使医疗卫生机构的服务工作落到实处。最后，政府应该增强财政支出的力度对与医疗卫生机构的支持，扩大医疗卫生机构财政保障的范围，为医疗卫生机构的进一步发展提供充足的资金支持。

## 参考文献

- [1] 刘欣, 高凯. 基于 GM(1,1) 预测模型的“十四五”期间中国医疗资源与服务需求发展预测研究[J]. 中国医疗管理科学, 2021, 11(3): 29-35.
- [2] 沈佩莉. 苏州市医疗机构现状与对策研究[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2006.
- [3] 周碧, 蒲晓红. 解读“十一五”规划——论如何改善我国医疗卫生资源的配置[J]. 中国药房, 2006(14): 1044-1046.
- [4] 王莹. 医疗卫生资源配置的经济学分析[J]. 现代经济信息, 2019(5): 450.

- [5] 杨仁聪. 卫生资源配置研究概况[J]. 医学文选, 2006, 25(2): 351-353.
- [6] 沈澈, 王玲. 互动式发展: 新中国成立 70 年来生育政策与生育保障的演进及展望[J]. 社会保障研究, 2019(6): 27-36.
- [7] 安颖. 人口老龄化背景下老年人卫生服务需求分析[J]. 科技视界, 2017(34): 135+139.
- [8] 曾佳俊, 王婷, 张艳凤. 全面二孩政策下贵州省人口与医疗资源需求预测分析[J]. 中国医疗管理科学, 2020, 10(2): 5-12.
- [9] 中华人民共和国国家统计局. 年度数据[EB/OL]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>, 2023-01-01.
- [10] 王波, 杨林. 共享发展理念下医疗卫生资源有效供给: 基于城乡比较[J]. 东岳论丛, 2017, 38(9): 158-166.
- [11] 马志飞, 尹上岗, 乔文怡. 中国医疗卫生资源供给水平的空间均衡状态及其时间演变[J]. 地理科学, 2018, 38(6): 869-876.
- [12] 孙健, 文秋林, 王前强. 中国卫生资源需求预测研究[J]. 现代医院, 2017, 17(9): 1249-1251.
- [13] 朱春梅. 灰色 GM(1,1)模型在孕产妇和新生儿死亡率预测研究中的应用[J]. 中国妇幼保健, 2016, 31(3): 455-457.
- [14] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 上海: 华中理工大学出版社, 1990.
- [15] 张博, 魏伟, 方豪, 等. 深圳市主要卫生资源预测分析[J]. 中国卫生资源, 2016, 19(4): 306-309.
- [16] 孙健, 王前强. 基于灰色系统 GM(1,1)模型的广西卫生资源需求预测分析[J]. 卫生软科学, 2017, 31(7): 25-28.
- [17] 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): 66-70.