

# 基于GM(1,1)灰色预测模型的中国医疗卫生资源未来发展趋势分析

李振宇

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年1月18日; 录用日期: 2024年2月18日; 发布日期: 2024年4月26日

## 摘要

**目的:** 分析2012~2021年我国医疗卫生资源现状, 预测2022~2026年我国医疗卫生资源的变化趋势。  
**方法:** 基于2012~2021年卫生资源相关数据构建灰色GM(1,1)预测模型, 对我国2022~2026年医疗床位资源、专业人员资源、医疗卫生机构等医疗卫生资源配置进行预测分析。  
**结果:** 2022~2026年医疗卫生资源总体呈增长趋势, 到2026年医疗机构床位数量增长至1254.95万张, 年均增长率为7.35%, 并且每千人口医疗卫生机构床位在2026年达到8.67, 年均增长率为6.67%; 卫生技术人员、执业医师和注册护士的数量分别到达1497.38万人、482.12万人和734.74万人; 2026年医疗卫生机构的总数增加到106.48万个, 年均增长率为0.71%, 其中医院的数量增加至4.80万个, 基层医疗卫生机构增加至101.68万个。  
**结论:** 医疗机构床位配置进一步提升、医疗卫生人员仍不足、医疗机构数量发展缓慢、亟需采取有效措施合理配置卫生资源, 精准对接人民差异化、多层次的健康需求。

## 关键词

灰色预测模型, 医疗卫生资源, 预测

# Analysis of Future Development Trends of Medical and Health Resources in China Based on GM(1,1) Grey Prediction Model

Zhenyu Li

School of Management, Shanghai University of Engineering and Technology, Shanghai

Received: Jan. 18<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 18<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 26<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

**Objective:** To analyze the current situation of medical and health resources in China from 2012 to 2021, and predict the trend of changes in medical and health resources in China from 2022 to 2026. **Method:** Based on health resource related data from 2012 to 2021, a grey GM(1,1) prediction model was constructed to predict and analyze the allocation of medical and health resources in China from 2022 to 2026, including medical bed resources, professional personnel resources, and medical institutions. The overall trend of medical and health resources from 2022 to 2026 was an increase, with the number of beds in medical institutions increasing to 12.5495 million by 2026, with an average annual growth rate of 7.35%. In addition, the number of beds in medical and health institutions per thousand population reached 8.67 in 2026, with an average annual growth rate of 6.67%; the number of health technicians, practicing physicians, and registered nurses reached 14.9738 million, 4.8212 million, and 7.3474 million, respectively; in 2026, the total number of medical and health institutions increased to 1.0648 million, with an average annual growth rate of 0.71%. Among them, the number of hospitals increased to 48,000, and the number of primary medical and health institutions increased to 1.0168 million. **Conclusion:** The allocation of beds in medical institutions has been further improved, there is still a shortage of medical and health personnel, the number of medical institutions is developing slowly, and effective measures are urgently needed to reasonably allocate health resources and accurately connect with the differentiated and multi-level health needs of the people.

## Keywords

Grey Prediction Model, Medical and Health Resources, Forecast

Copyright © 2024 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. 研究背景

在健康中国的建设进程中，医疗卫生资源扮演着不可或缺的角色，它不仅是保障人民健康权益的基础，也是国家发展的重要支撑。然而，随着我国人口老龄化程度的不断加深、疾病谱的变化以及医疗保障水平的提升，对医疗卫生资源的需求呈现出急剧增长的态势[1]。这种需求的增长不仅仅体现在医疗服务的数量上，更关键的是医疗服务的质量和效率。

近年来，我国医疗卫生领域面临着前所未有的挑战和机遇。为了适应人民群众日益增长的健康需求，我国进行了一系列医疗卫生体制改革，被誉为“新医改”。新医改的持续推进为我国卫生资源的有效增长注入了新的动力。它促进了医疗卫生资源的合理配置，提高了资源利用效率，推动了医疗卫生服务的普及和质量提升[2]。然而，尽管新医改取得了一定成效，但研究显示我国医疗卫生资源的失衡问题仍然较为严重，资源配置不完善、利用不合理等问题依然存在。

目前，国内专家学者对卫生资源配置预测展开了积极探索，但多聚焦于卫生总费用预测或者人力资源的预测。基于此，本研究从宏观层面视角切入，在深入分析我国医疗卫生资源的现状，采用灰色预测模型预测 2022~2026 年我国卫生资源的机构、人员、床位资源状况其未来发展趋势，以期为卫生部门在新医改进程中优化资源配置提供决策依据，进一步推动医疗卫生体系的可持续发展。

## 2. 基于灰色 GM(1,1)对医疗卫生资源预测模型的分析

### 2.1. 资料来源

根据以往文献的梳理, 本文将医疗卫生资源划分为三大块, 医疗卫生的床位资源、医疗卫生的人力资源、医疗卫生机构资源, 这三块资源用于描述我国的医疗卫生资源情况。本研究数据来源于 2012~2021 年《中国统计年鉴》, 从中获取医疗卫生机构床位、每千人口医疗卫生机构床位、卫生技术人员总数、执业医师、注册护士、医疗卫生机构总数、医院、基层医疗卫生机构 9 个指标数据。其中医疗卫生机构床位、每千人口医疗卫生机构床位用于衡量与预测我国医疗卫生的床位资源, 卫生技术人员总数、执业医师、注册护士用于衡量与预测我国医疗卫生的人力资源, 医疗卫生机构总数、医院、基层医疗卫生机构用于衡量与预测我国医疗卫生的机构资源。

### 2.2. 研究方法

以 2012~2021 年我国医疗卫生资源的数据为基础, 采用灰色系统理论对 2022~2026 年我国医疗卫生资源情况进行预测分析。该方法由邓聚龙教授于 1982 年提出, 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。GM(1,1)灰色预测模型不需要大量的历史数据, 一般只需要 4 个或以上的数据就可以进行预测。这对于医疗卫生资源这类数据可能相对较少或难以获取的情况来说, 具有很大的优势。GM(1,1)灰色预测模型通过挖掘系统的本质信息, 可以生成有较强规律性的数据序列, 并据此建立微分方程模型进行预测。这使得预测结果具有较高的精度, 能够较为准确地反映医疗卫生资源的未来发展趋势。该算法的运算过程相对简便, 易于实现和检验。同时, 该模型不需要考虑数据的分布规律和变化趋势, 对于数据的处理要求较低, 这使得在实际应用中更为方便。GM(1,1)灰色预测模型主要适用于中短期预测, 这对于医疗卫生资源的预测来说非常合适。因为医疗卫生资源的发展往往受到多种因素的影响, 包括政策、经济、社会等, 这些因素在短期内可能变化较大, 因此中短期预测更具实际意义。与其他算法模型相比, 对于数据量少、数据序列完整性及可靠性低的问题, GM(1,1)灰色预测模型能够更好地适应和处理。该模型不依赖于数据的分布规律和变化趋势, 因此在实际应用中更为灵活和方便。通过挖掘系统的本质信息, 能够生成有规律性的数据序列, 使得预测结果更为准确和可靠[3]。灰数的生成, 就是从杂乱中寻找出规律。同时, 灰色理论建立的是生成数据模型, 不是原始数据模型[4]。因此, 灰色预测的数据是通过生成数据的 GM(1,1)模型所得到的预测值的逆处理结果。其中, “G”代表 Grey, 其含义为灰色, “M”代表 Model, 表示模型。两个“1”分别表示一阶和一个变量的微分方程模型[1]。GM(1,1)模型是灰色预测的基础, 适用于信息的不确定性问题的预测, 尤其是对较少数据的系统建模效果明显[5]。模型精度等级对照见表 1。

**Table 1.** Judgment criteria for model fitting test

**表 1.** 模型拟合检验的判断标准

模型拟合等级	$C$	$P$ 值
1 级(好)	$C \leq 0.35$	$P \geq 0.95$
2 级(合格)	$0.35 \leq C < 0.50$	$0.80 \leq P < 0.95$
3 级(勉强)	$0.50 \leq C < 0.65$	$0.70 \leq P < 0.80$
$x$		

### 2.3. 模型构建

第一步：级比检验，对建模进行可行性分析：① 建立时间序列  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ ；② 求级比  $\sigma(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$ ；③ 级比判断  $\sigma(k) \in \left( e^{\frac{-2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$ 。

第二步：数据变换处理：① 对原始数据  $x^{(0)}$  作一次累加： $x^{(k)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m)$   $k = (1, 2, \dots, n)$ ，得到  $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ ；② 对  $X^{(1)}$  生成均值序列，公式为  $Z_{(k)} = \frac{1}{2}(x_{(k)}^{(0)} + x_{(k-1)}^{(0)})$ ；构造数据矩阵  $B$  及数据向量  $Y$ ；③ 利用最小二乘估计求参数  $a$  和  $b$ 。根据所求的值可以得到 GM(1,1)模型的时间响应方程为：

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = \left( X^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}} \right) 1^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}$$

第三步：对预测结果进行检验。计算  $x^{(0)}$  的方差  $S_1$  和残差的方差  $S_2$ ，得出后验差比值  $C$  和小误差概率  $P$ ，利用  $C$  值和  $P$  值进行预测模型的残差检验及拟合效果分析[6]。

## 3. 全国医疗卫生资源预测结果

### 3.1. 2012~2026 年全国医疗资源现状分析

本文将医疗卫生资源水平的衡量通过医疗卫生床位资源、医疗卫生机构资源和医疗卫生人力资源三个方面进行考察，如表 2 所示。医疗卫生床位资源通过全国医疗卫生机构的床位数和每千人口医疗卫生机构床位两个指标进行衡量，两项指标均逐年增加，医疗卫生机构床位由 2012 年的 572.48 万张上涨到 2021 年的 945.01 万张，涨幅为 65.07%；每千人口医疗卫生机构床位也从 2012 年的 4.24 上涨为 2021 年的 6.70，涨幅为 58.02%。医疗卫生机构资源通过医疗卫生机构总数、医疗卫生机构数和基层医疗卫生机构

**Table 2.** Analysis of the national medical and health resource level in China from 2012 to 2016

**表 2.** 我国 2012~2016 年全国医疗卫生资源水平分析

年份	医疗卫生床位资源		医疗卫生机构资源			医疗卫生人力资源		
	全国医疗卫生机构床位(张)	每千人口医疗卫生机构床位(张)	医疗卫生机构总数(个)	医疗卫生机构(个)	基层医疗卫生机构(个)	卫生技术人员(人)	执业医师(人)	注册护士(人)
2012	5,724,775	4.24	950,297	23,170	912,620	6,675,549	2,138,836	2,496,599
2013	6,181,891	4.55	974,398	24,709	915,368	7,210,578	2,285,794	2,783,121
2014	6,601,214	4.85	981,432	25,860	917,335	7,589,790	2,374,917	3,004,144
2015	7,015,214	5.11	983,528	27,587	920,770	8,007,537	2,508,408	3,241,469
2016	7,410,453	5.37	983,394	29,140	926,518	8,454,403	2,651,398	3,507,166
2017	7,940,252	5.72	986,649	31,056	933,024	8,988,230	2,828,999	3,804,021
2018	8,404,088	6.03	997,433	33,009	943,639	9,529,179	3,010,376	4,098,630
2019	8,806,956	6.30	1,007,579	34,354	954,390	10,154,010	3,210,515	4,445,047
2020	9,100,700	6.46	1,022,922	35,394	970,036	10,678,019	3,401,672	4,708,717
2021	9,450,110	6.70	1,030,935	36,570	977,790	11,244,217	3,590,846	5,019,422

构数三项指标进行衡量，三项指标从 2012 年到 2021 年的涨幅分别为 8.49%、57.83%和 7.14%，其中医疗卫生机构的涨幅最高。医疗卫生人力资源通过卫生技术人员、执业医师和注册护士的数量三项指标进行衡量，三项指标 2012 年到 2021 年的涨幅分别为 68.44%、67.89%和 101.05%，三项指标涨幅都挺大，其中注册护士的数量翻了一倍多。

### 3.2. 全国医疗资源预测情况

建立全国医疗卫生机构床位、每千人口医疗卫生机构床位、医疗卫生机构总数、医疗卫生机构、基层医疗卫生机构、卫生技术人员、执业医师和注册护士的预测方程，通过累计值相减还原八个指标的预测值。对构建的模型进行检验，残差检验结果显示各模型的平均相对误差均小于 0.2，后验差检验结果显示各模型后验差比值  $C$  小于 0.35、小误差概率  $P$  大于 0.95，预测值能较好拟合原始值，模型等级均为优秀(表 3)。

**Table 3.** Grey model test results of medical and health resources in China from 2022 to 2026

**表 3.** 2022~2026 年我国医疗卫生资源灰色模型检验结果

预测指标	检验统计 $C$	$P$ 值	等级
医疗卫生机构床位	0.019	1	优秀
每千人口医疗卫生机构床位	0.020	1	优秀
卫生技术人员	0.005	1	优秀
执业医师	0.009	1	优秀
注册护士	0.009	1	优秀
医疗卫生机构总数	0.019	1	优秀
医院	0.021	1	优秀
基层医疗卫生机构	0.035	1	优秀

### 3.3. 2022~2026 年全国医疗资源预测结果

预测结果如表 4 所示，2022~2025 年，我国医疗卫生床位资源、机构资源和人力资源都变得更加丰富，且规模都在持续扩大。我国医疗卫生床位资源方面，预计 2026 年全国医疗卫生机构床位将到达 1254.95 张，年增长率为 7.35%，每千人口医疗卫生机构床位在 2026 年将达到 8.67，年增长率为 6.67%；我国医疗卫生机构资源方面，预计医疗卫生机构总数在 2026 年将达到 106.48 万个年增长率为 0.71%，医院在 2026 年将达到 4.81 万个，年增长率为 7.04%，基层医疗卫生机构预计在 2026 年将有 101.68 万个，年增长率为 0.98%；在医疗卫生人力资源方面，预计在 2026 年卫生技术人员将达到 1497.38 万人，年增长率为 7.42%，执业医师在 2026 年将达到 482.12 万人，年增长率为 7.64%，注册护士在 2026 年将达到 734.74 万人，年增长率为 9.99%。

### 3.4. 2022~2026 年全国医疗资源预测结果分析

预测结果显示，2022~2026 年我国卫生医疗机构的床位数量出现了明显的涨幅。随着社会人口结构的变化，老年人口数量急速增加，目前的增长速度与老龄化社会的释放卫生需求并不一定满足，但在一定程度上是解决一部分的老年人床位需求。每千人口医疗卫生机构床位也在不断上涨，这说明我国床位数量的不断增加，医疗资源的床位紧张也得以缓解。

**Table 4.** Numerical prediction results of national health resources from 2012 to 2026**表 4.** 全国卫生资源 2012~2026 年数值预测结果

预测年份	医疗卫生床位资源		医疗卫生机构资源			医疗卫生人力资源		
	全国医疗卫生机构床位(张)	每千人口医疗卫生机构床位(张)	医疗卫生机构总数(个)	医疗卫生机构(个)	基层医疗卫生机构(个)	卫生技术人员(人)	执业医师(人)	注册护士(人)
2022	10,162,287	7.16	1,031,466	39,296	981,725	11,939,194	3,810,375	5,465,247
2023	10,712,731	7.51	1,038,645	41,313	990,368	12,634,688	4,041,243	5,884,929
2024	11,292,991	7.88	1,045,874	43,433	999,088	13,370,698	4,286,098	6,336,839
2025	11,904,681	8.27	1,053,153	45,662	1,007,885	14,149,582	4,545,789	6,823,451
2026	12,549,503	8.67	1,060,483	48,005	1,016,758	14,973,839	4,821,215	7,347,431

通过医疗卫生机构资源的三项指标可以看出，我国基层医疗卫生机构占据了我国医疗卫生机构的很大一部分，基层医疗卫生机构和医疗卫生机构总数都没有较大的涨幅，而我国医院的数量有了很大的涨幅。

我国医疗卫生资源的人力资源有了较大的提升，并且都有不同的增速，注册护士的增幅最大，在未来我国卫生人力资源的总量将进一步增多。

#### 4. 讨论与建议

1) 积极发展基层与社会办医疗机构床位资源，弥补医疗资源结构化失衡。医疗机构床位资源的总量在不断增加，但是医疗机构的数量增加没有那么快，这就使得床位资源的配置和我国医疗机构的发展存在一定的问题[7]。不同地区的基层医疗机构床位资源配置可适当结合当地基层医疗机构的配置现状、服务能力以及区域内人口分布情况，推进乡镇卫生院和村卫生室提档升级，重点培育一定数量的具有较强服务能力的中心乡镇卫生院[8]。继续推进村卫生室标准化建设，支持卫生室房屋改造、基本设备配置和信息化设施建设。

2) 提高基层医疗机构床位使用效率。公立医院床位资源利用过度，基层医疗机构床位资源使用效率相对不足[9]。一些大型三甲医院，人满为患，大多数临床科室加床现象显著。而很多基层医疗机构的床位往往利用率不足，甚至出现空床现象。在未来医疗机构床位资源配置中，可探索加强基层医疗机构人员队伍建设，努力引进优质的医疗资源和高水平医疗人才，加强全科医生规范化培训，通过大医院对基层医疗机构建立兼并、托管、合作等机制，充分发挥部省属医院的龙头作用，完善和创新对口支援机制，促使病人到基层医疗机构就诊，提高基层医疗机构的病床使用效率，降低大型综合医院的床位使用率。

3) 扩大医疗卫生的人力资源。通过对未来五年医疗卫生人力资源的预测，可以看出我国医疗卫生人力资源不断扩充，但从长期考虑，伴随着人口老龄化加深、4400万半失能老年人护理紧张问题、二孩政策的开放，面对庞大的医疗群体，我国卫生人才供给面临挑战[10]。尤其是护理人才仍短缺，受薪酬待遇低、高负荷的工作量、法律保障弱化、医患关系紧张等因素影响，导致离职率较高和人员流失严重[11]。建议相关部门从教育方面，以临床需求为导向的教学方式，加强护理研究方向与临床实践相结合[12]；落实《护士条例》等法律法规，强化护理人才保障，凸显护理工作的社会价值；加大对护理人员的培养，提高护士的薪酬待遇，拓宽护理人才职业发展通道[10]。

#### 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]. 中国医疗科学管理, 2015, 11(3): 29-25.

- 
- [2] 梁华冰, 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] 朱晓宇, 王前强. 基于 GM(1,1)灰色预测模型的广西民营医院现状及发展趋势分析[J]. 广西医学, 2023, 45(9): 1065-1069+1088.
- [4] 李蒙, 刘爽, 李艳茹. “十四五”时期上海市居民人均可支配收入预测——基于 GM(1,1)模型[J]. 经济研究导刊, 2022(24): 78-80.
- [5] 李鲁. 安徽省人口老龄化预测与分析——基于灰色 GM(1,1)模型[J]. 洛阳大学学报(社科版), 2020, 35(1): 25-31+79.
- [6] 杨梦冉. 基于 GM(1,1)模型的上海市人口老龄化趋势预测[J]. 经济研究导刊, 2019(18): 48-49+134.
- [7] 王莹. 医疗机构床位资源配置的预测研究——湖北省为例[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京中医药大学, 2015: 1-62.
- [8] 王宇熹, 汪泓, 肖峻. 基于灰色 GM(1,1)模型的上海城镇养老保险人口分布预测[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 30(12): 2244-2253.
- [9] 王紫红. 我国卫生总费用及其筹资结构的预测研究——基于灰色系统 GM(1,1)模型[J]. 卫生软科学, 2022, 36(5): 49-53.
- [10] 王全意. 重庆直辖以来城乡居民收入差距变化趋势预测——基于灰色模型 GM(1,1)的实证分析[J]. 重庆理工大学学报(社会科学版), 2011, 25(2): 45-50.
- [11] 代涛, 陈瑶, 韦潇. 医疗卫生服务体系整合: 国际视角与中国实践[J]. 中国卫生政策研究, 2012, 5(9): 1-9.
- [12] 王俊, 王雪瑶. 中国整合型医疗卫生服务体系研究: 政策演变与理论机制[J]. 公共管理学报, 2021, 18(3): 152-167+176.