

基于灰色GM(1,1)模型的上海市老年护理院床位规模预测

孙懿丹

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2022年4月25日; 录用日期: 2022年5月20日; 发布日期: 2022年5月27日

摘要

合理分析预测上海市老年护理院床位规模发展情况, 为上海老年医疗护理事业提供建议, 同时可为其他城市老年护理院的发展具有参考意义。结果发现根据指标所构建的灰色GM(1,1)模型精准度为95.57%, 表明拟合度良好, 适合本次外推预测, 未来五年里上海市老年护理院床位数均呈上升趋势。加强政府的主导作用, 多方联动, 整合各部门资源, 提升老年护理服务体系的运作效率, 逐步提高上海市老年群体整体健康水平及生活质量。

关键词

老年护理院, 发展趋势, 灰色GM(1,1)模型

Prediction of Bed Size in Shanghai Elderly Nursing Homes Based on Grey GM(1,1) Model

Yidan Sun

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Apr. 25th, 2022; accepted: May 20th, 2022; published: May 27th, 2022

Abstract

Reasonable analysis and prediction of the development of the bed scale of elderly nursing homes in Shanghai can provide suggestions for the medical and nursing cause of the elderly in Shanghai, and at the same time, it can be a reference for the development of elderly nursing homes in

other cities. The results found that the accuracy of the gray GM(1,1) model constructed based on the indicators was 95.57%, indicating a good fit and suitable for this extrapolation prediction. In the next five years, the number of beds in Shanghai elderly nursing homes will be on the rise. We should strengthen the leading role of the government, multi-party linkages, integrate resources from various departments, improve the operational efficiency of the elderly care service system, and gradually improve the overall health and life of the elderly in Shanghai quality.

Keywords

Elderly Nursing Home, Development Trend, Gray GM(1,1) 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

上海是我国最早进入老龄化社会且老龄化程度最高的城市，其老年事业的发展事关每位老年人的幸福福祉，非常重要。在我国，长期以来老年人的养老方式主要是家庭养老；但随着社会的发展，传统家庭结构逐渐改变，出现了少子高龄化、纯老化、小型化家庭，同时，失能老人的比例在不断上升，空巢老人也在面临严峻的生活问题。此时，单纯的家庭养老已不能满足老年群体的需求，高龄群体的护理问题也应受到足够的重视。老年护理院出现供给不足或供过于求的极端状态，这可能受到传统观念的影响、护理费用过高、专业护理人员稀缺、护理方式单一等等问题。在上海市养老服务发展“十四五”规划中提出，2021年，上海市超额完成了“十三五”中建造15.9万张养老床位的目标，护理型床位达到5.6万张。虽然上海市养老服务事业发展较快较好，但仍然没有很好地满足老年人日益增长的高品质养老护理需求。上海作为国际大都市、我国的经济中心，研究其老年护理院机构的发展有重要意义。

在整理文献发现，针对于老年护理院的研究并不是很多，并且研究领域较为单一。研究者们集中在老年护理干预以及老年疾病预防等医学领域，具体内容围绕老年高血压患者护理、老年糖尿病患者护理、心理护理等；部分研究老年护理机构建设问题，具体内容围绕评估标准、设施建设等；鲜有研究把养老服务以及老年护理院相结合。因此，本次研究以上海市为例，研究其老年护理院的现状，在此基础上建立GM(1,1)模型，预测上海市老年护理院五年内床位数发展变化。近年来，常见的预测方法有灰色预测模型、神经网络技术、Logistic回归模型、ARIMA模型、时间序列模型等。其中，时间序列面对外界较大变化时，精准度就会受到偏差，神经网络预测模型依靠经验选定网络结构；灰色预测模型相比较于其他预测模型，对“原始数据少，信息量足”的不确定系统预测有良好的效果，可利用少量历史数据样本就可将无规律的原始数据变为生成序列，适用于中短期的预测，此模型目前得到广泛的应用[1][2][3][4]。老年护理院的发展受多方因素的影响，其不确定性和动态性符合GM(1,1)的要求，当预测结果达到良好的精准度，说明本次合理预测可以为养老事业发展和政策制定提供帮助。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

构建灰色GM(1,1)模型需用四个及以上的原始序列数，本次研究数据来源于上海统计年鉴2016年~2020

年中主要年份老年医疗服务，其中选取老年护理院床位数作为发展预测指标。

2.2. 研究方法

早在 1982 年，Deng 提出了一种非传统预测技术，即灰色预测理论[5]。灰色预测理论是灰色理论中的一项重要技术，其目的是找到灰色微分方程的优化系统参数，使系统的动态行为可以与微分方程最佳拟合[6]。灰色预测模型以灰色系统为研究对象，根据真实数据和“部分已知”信息，挖掘、形成和提取有价值的信息，从而实现对系统运行行为和演化顺序的正确描述[7] [8]。GM(1,1)是灰色系统中最常用的预测模型，它也是其他灰色预测模型的基础，是一种兼容灰色微分和时变差异的“一阶一变量”灰色系统模型。GM(1,1)的主要优点之一是只需要少量的数据来描述系统行为和揭示系统中连续变化的过程；因为这一特点，将其定义为“部分信息已知，部分信息未知”的不确定系统。该模型还具有微分方程的一些特点，可以较好地描述系统的内部特征和发展趋势，并具有较好的外推可预测性。本次研究以 2015~2019 年老年护理院机构数及床位数为原始参考数据，对 2021~2025 年五年内上海市老年护理院床位数采用灰色 GM(1,1)模型对上海市老年护理院机构数及床位数进行五年预测。

3. 模型的构建

GM(1,1)模型是一个时间序列预测模型，包含一组适应参数方差的微分方程，并且它的差分方程具有随时间变化的结构，不是一般的差分方程。GM(1,1)模型构建过程描述如下：

第一步，由原始序列得出生成序列。设 $X^{(0)}$ 为一个原始序列，序列中的 n 代表观测值的个数：

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$$

随后得出生成序列：

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

第二步，进行级比 $\sigma(k)$ 的检验。级比 $\sigma(k)$ 的表达式如下：

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

当数据中的所有 $\sigma(k)$ 都在计算范围时，GM(1,1)模型才可以被建立。

计算的判断范围为：

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

第三步，数据的处理分析及模型的建立。已知的灰色序列通过累加生成，数据的单调性会更加明显，并且可以显现其规律性，累加生成 AOG 为： $x^{(1)} = AGOx^{(0)}$

因此可定义 GM(1,1)的灰微分方程模型为：

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b, k = 1, 2, \dots, n, \dots$$

上述方程中， ab 是系数，在灰色系统理论的术语中， a 和 b 分别被称为发展系数和灰色输入， $x^{(0)}(k)$ 是一个灰色导数，使要建模的给定序列的信息密度最大化。根据最小二乘法，我们得到：

$$\hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} \times B^T \times Y_N$$

构造数据矩阵 B 及 Y_N :

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}, Y_N = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix}$$

第四步, 模型的检验。灰色模型的检验一般分为三种方法: 后验差检验、残差检验及关联度检验。本文选择后验差检验方法, 步骤为首先计算原始序列的均值及方差, 其次计算残差序列的均值及方差, 最后计算得出均方差比 C 。此外, 模型的精度值为: $P^0 = (1 - \varepsilon(\text{avg})) \times 100\%$, 精度等级见下表 1。

Table 1. Model accuracy checklist

表 1. 模型精度检验表

精度等级	P 值
I级(好)	≥ 0.95
II级(合格)	$0.80 \leq \text{且} < 0.95$
III级(勉强合格)	$0.70 \leq \text{且} < 0.80$
IV级(不合格)	< 0.70

4. 结果

上海市老年护理院床位数模型的构建

上海市护理院床位数原始序列:

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) = (66445, 9064, 11745, 12428, 16143)$$

上海市老年护理院床位数级比:

$$\sigma(k) = (0.733120035, 0.771732652, 0.94504345, 0.769869293)$$

通过计算得出 $\sigma(k)$ 在合理范围 $\sigma(k) = (0.717, 1.396)$ 内, 因此可以建立灰色 GM(1,1)模型。

对上海市老年护理院床位数原始数据进行累加所得到的序列为:

$$x^{(1)} = (6645, 15709, 27454, 39882, 56025)$$

已知的老年护理院床位数的数据是单调递增的序列, 累加过后的数据单调性更强烈。

建构上海市老年护理院床位数数据矩阵 B 及向量 Y :

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3) + x^{(1)}(4)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(4) + x^{(1)}(5)] & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -11177 & 1 \\ -21581.5 & 1 \\ -33668 & 1 \\ -47953.5 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Y = (9064, 11745, 12428, 16143)$$

上海市老年护理院床位数参数列:

$$(B^T B)^{-1} \times B^T \times Y = \begin{pmatrix} a \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.17966789 \\ 7207.396559 \end{pmatrix}$$

$$\frac{\mu}{a} = -40115.1056$$

上海市老年护理院机构床位预测模型:

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = 46760.11 \cdot e^{0.17966789} - 40115.11$$

由表 2 可知, 此次建立的灰色 GM(1,1)模型精准度高。

Table 2. Comparison of the detected value and actual and predicted value of the number of beds in geriatric nursing homes in Shanghai

表 2. 上海市老年护理院床位检测值及实际与预测值的比较

年份	实际值	预测值	残差	平均误差	P
2015	6645	6645	0.00	0.00%	95.57%
2016	9064	9203.32	-139.32	1.54%	
2017	11,745	11714.7	30.29	0.26%	
2018	12,428	12382.6	45.38	0.37%	
2019	16,143	15777.2	365.77	2.27%	

由表 3 可知, 到 2025 年上海市老年护理院床位数达到 46,366 张, 比 2019 年的 16,143 张增长 30,223 张。

Table 3. Forecast results of the number of beds in Shanghai elderly nursing homes from 2021 to 2025

表 3. 上海市老年护理院 2021 年~2025 年床位数预测结果

年份	老年护理院床位数/张
2021	22,599
2022	27,047
2023	32,370
2024	38,741
2025	46,366

5. 结论及建议

5.1. 上海市老年护理院及床位数逐年呈上升趋势

由《上海统计年鉴》数据可知, 2015 年~2019 年上海市老年护理院床位数分别有 6645 张、9064 张、11,745 张、12,428 张、16,143 张; 明显看出近几年老年护理院床位数呈现不断上升的趋势。年均增长率为 19.51%, 2015 年~2016 年增长速度最快, 2018 年~2019 年增长速度直线下降。根据本次灰色 GM(1,1)模型对上海市老年护理院及床位数在未来五年的发展预测结果看出, 上海市老年护理院床位数呈平缓的上升趋势, 由 2021 年的 22,599 张增长至 2025 年 46,366 张, 平均年增长 5942 张, 年均增长率为 16.45%。虽然 2025 年相比于 2015 年增长了 39,721 张老年护理院床位, 增长率达 85.67%, 但年均增长率比上一个五年间的低了 3.06%。人口老龄化已是全球趋势, 上海作为最早进入老龄化的城市, 做好老年群体的基

础护理工作是非常必要的，虽然上海市老年护理院床位数的数量呈增长趋势，但还未真正满足老年医疗护理需求。

5.2. 多方共同努力为老年护理院创造良好生存环境

近年来我国对老年医疗护理事业多加关注，政府投入力度有所增强，尽管如此，老年护理机构的生存环境还未达到良好标准[9]。上海老年群体日益扩大，家庭结构的改变使得独居老人、空巢老人不断增加，无法自理的老年群体需要得到相应的帮助，这对老年医疗护理体系是个挑战。足够的床位数量是老年护理院良好发展的基础，这需要多方力量的支持参与，政府、社会及市场三方形成良性互动，协同发展。政府应牵头制定合理可行并有吸引力的政策，同时明确社会责任，给予资金支持，使得护理服务项目丰富、设施条件达标、管理能力提升，满足老年人日益增长的美好生活需求。政府在给予资金援助的同时应适时调整资金规划，使有限资源充分利用，同时应拓宽资金来源的渠道，主动吸纳社会资本，形成良性循环。此外，由于传统观念的影响，我国长期以来都呈现一种重医疗轻护理康复的理念，医疗是老年医疗护理事业的一部分，但护理及康复需求也不容忽视[10]。最后应加强对老年护理专员的培训，我国护理人员最普遍的问题是文化层次较低，对此职业的偏见较多。因此，相关部门应严格管理护理人员上岗的标准，岗前培训不得马虎，定期审查，以提高护理人群的综合能力[11]。

5.3. 本次研究不足

灰色 GM(1,1)模型的优缺点都很明显，所需样本量较少、通俗易懂、适用范围广等，本文在针对上海市老年护理院床位数的发展预测时只考虑了时间这一要素，并没有包含政策变动、资本影响、老年群体的需求等其他一系列影响因素，这也是灰色预测模型的缺点之一。

参考文献

- [1] 芮晨, 李杰, 郭栋炜, 张胜发. 基于 LIME-BP 神经网络的医疗费用预测研究[J]. 中国卫生统计, 2020, 37(5): 698-700.
- [2] 吴晓峰, 林晓言, 靳雅楠. 基于时间序列模型遴选的集成组合预测模型[J]. 统计与决策, 2021, 37(9): 5-8.
- [3] 张焘文, 李小菊, 毛璐, 杨姐林. 基于组合预测模型的新疆生产建设兵团个人卫生支出分析[J]. 中国卫生事业管理, 2021, 38(7): 511-514.
- [4] 侯瑞环, 徐翔燕. 基于改进 GM(1,1)模型的中长期人口预测[J]. 统计与决策, 2021, 37(1): 186-188.
- [5] Deng, J.L. (1982) Control Problems of Grey Systems. *Systems & Control Letters*, **1**, 288-294. [https://doi.org/10.1016/S0167-6911\(82\)80025-X](https://doi.org/10.1016/S0167-6911(82)80025-X)
- [6] Wu, W.Y. and Chen, S.P. (2005) A Prediction Method Using the Grey Model GMC (1, n) Combined with the Grey Relational Analysis: A Case Study on Internet Access Population Forecast. *Applied Mathematics and Computation*, **169**, 198-217. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2004.10.087>
- [7] Deng, J.L. (1997) *Grey System Control*. Huazhong University of Science and Technology Press, Wuhan.
- [8] Deng, J.L. (2002) *Grey Theory*. Huazhong University of Science and Technology Press, Wuhan.
- [9] 王银雪, 方律颖, 蒋曼, 万和平, 李水静, 杨颖华. 上海市老年护理机构的经济运行状况分析[J]. 中国卫生资源, 2018, 21(2): 149-154.
- [10] 朱碧帆, 王力男, 周文滔, 李芬, 王常颖, 金春林. 上海市老年人医疗服务体系现状、问题与对策[J]. 卫生经济研究, 2018(12): 25-28.
- [11] 容根南, 承建国, 许海民, 张文芳, 黄冬枚, 徐玉磊, 陆敏灵. 上海市某区 23 所老年医疗护理机构基础护理实施现状调查[J]. 护理研究, 2019, 33(9): 1577-1582.