

GM (1,1)模型在上海社区卫生服务预测中的应用

陆超超

上海工程技术大学管理学院, 上海
Email: 2279877599@qq.com

收稿日期: 2020年12月25日; 录用日期: 2021年1月19日; 发布日期: 2021年1月28日

摘要

目的: 模拟预测上海社区卫生服务中心(站)诊疗人次和入院人数的动态变化趋势, 为有关部门制定合理政策提供参考依据。方法: 采用GM(1,1)模型对2010~2018年诊疗人次和入院人数进行模拟, 并预测2019~2021年的变化趋势。结果: 建立的灰色模型精度均达到一级, 预测结果显示前者呈增长趋势, 而后者逐年递减, 二者在整体中的比重下降。结论: GM(1,1)模型能较好应用于上海社区卫生服务中心(站)诊疗人次和入院人数的预测。从内部环境看, 应注重社区卫生服务中心(站)医疗卫生资源的投入; 外部环境看, 要加强连续性医疗服务体系建设。

关键词

GM (1,1)模型, 社区卫生服务, 预测

The Application of GM (1,1) Model in the Prediction of the Community Health Service in Shanghai

Chaochao Lu

School of Management Studies, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai
Email: 2279877599@qq.com

Received: Dec. 25th, 2020; accepted: Jan. 19th, 2021; published: Jan. 28th, 2021

Abstract

Objective: To simulate and predict the dynamic trend of the number of diagnosis and treatment and inpatients of the community health service centers (stations) in Shanghai, and to provide reference for relevant departments to formulate reasonable policies. **Methods:** Taking the GM (1,1) model to simulate the number of diagnosis and treatment and inpatients from 2010 to 2018 and predict the trend from 2019 to 2021. **Results:** The accuracy of the established grey models is up to the first level. The forecast result shows that the former is increasing, while the latter is decreasing year by year, and the proportion of the two in the whole is decreasing. **Conclusion:** GM (1,1) grey model can be applied to the prediction of the number of diagnosis and treatment and inpatients of the community health service centers (stations) in Shanghai better. From the internal environment, we should attach importance to the investment of medical and health resources in the community health service centers (stations); from the external environment, we should strengthen the construction of continuous medical service system.

Keywords

GM (1,1) Model, Community Health Service, Prediction

Copyright © 2021 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

2015年,上海市人民政府办公厅印发《关于进一步推进本市社区卫生服务综合改革与发展的指导意见》中提出,“建立基层首诊和分级医疗制度,使居民常见病、多发病和诊断明确慢性病的基本诊疗需求在社区得到有效解决”[1]。2016年,《关于本市推进分级诊疗制度建设的实施意见》中提到,“到2017年底,分级诊疗试点实现全覆盖,居民基层就诊比例明显提升,到2020年底,基本建立符合国情、市情的分级诊疗制度”[2]。社区卫生服务中心(站)承担着社区居民基本医疗卫生服务工作,其服务供给在提高社会整体健康水平和推进分级诊疗制度过程中扮演着重要角色。因此,本研究运用灰色预测模型,主要以2010~2018年上海社区卫生服务中心(站)诊疗人次和入院人数为分析对象,拟合预测二者的动态变化趋势,为有关部门制定合理政策提供参考依据。

2. 研究方法

灰色系统预测以“部分信息已知,部分信息未知”的不确定系统为研究对象,通过对“局部”已知信息的处理和灰色模型的建立,挖掘、发现、掌握系统运动行为、演化规律,从而实现对未来变化趋势的定量测算[3]。

2.1. 级比检验,建模可行性分析

建模前需要对数列进行级比检验,假设原始序列 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$, 其级比 $\sigma(k) = \frac{x^{(0)}(k-1)}{x^{(0)}(k)}$, $k \geq 2$, 可以满足 $\sigma(k) \in \left(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$, 则可以建立 GM (1,1)模型。若原始列 $X^{(0)}$ 不是

非负的,则需要对 $X^{(0)}$ 中元素进行平移变换,即令 $x_+^{(0)}(k) = x^{(0)}(k) + \alpha$, 其中 $\alpha > 0, k = 1, 2, \dots, n$, 再进行级比验证。

2.2. 构建 GM(1,1)模型

对原始序列 $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 作一次累加 $x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m)$, 得到 AGO 序列 $X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$; 将序列 $x^{(1)}$ 中前后相邻量元素取平均数 $Z^{(1)} = \frac{1}{2}[x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)]$, 得到 MEAN 序列 $Z^{(1)} = (z^{(1)}(1), z^{(1)}(2), \dots, z^{(1)}(n))$ 。利用离散数据序列建立近似微分方程模型

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b, \text{ 通过最小二乘法来估计参数 } a, b, \text{ 满足 } \hat{P} = (\hat{a}, \hat{b})^T = (BB^T)^{-1} B^T Y, \text{ 其中 } Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{ 得到时间响应序列 } \hat{x}^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}}\right)e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}。$$

2.3. 模型拟合、检验与外推预测

根据 $\hat{x}^{(0)}k+1 = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = (1 - e^{-\hat{a}})\left(x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}}\right)e^{-\hat{a}k}$ 得到原始数据序列的拟合值 $\hat{x}^{(0)}(k)$, $1 \leq k < n$, 进一步, 计算残差 $E(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k), k = 2, 3, \dots, N$; 相对残差 $e_k = \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)}$, $k = 2, 3, \dots, N$; $X^{(0)}$ 的均值 $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x^{(0)}(k)$; $X^{(0)}$ 的方差 $S_1 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x^{(0)} - \bar{X}]^2}$; 残差的均值 $\bar{E} = \frac{1}{N-1} \sum_{k=2}^N E(k)$; 残差的方差 $S_2 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=2}^N [E(k) - \bar{E}]^2}$; 用后验差比值 $C = \frac{S_2}{S_1}$ 和小误差概率 $P = P\{|E(k) - \bar{E}| < 0.6745S_1\}$ 值来检验灰色模型的精度, C 值越小, P 值越大, 表明模型吻合度越高, 见表 1。当模型通过检验后, 可以根据灰色模型方程外推预测累加值, 并经过还原得到预测值 $\hat{x}^{(0)}(k), k \geq n$ 。

Table 1. The reference table of grey model precision

表 1. 灰色模型精度等级参照表

精度等级	C 值	P 值
I 级(好)	<0.35	>0.95
II 级(合格)	<0.50	>0.80
III 级(勉强)	<0.65	>0.70
VI 级(不合格)	≥0.65	≤0.70

3. 实证分析

3.1. 数据来源

本研究数据来源于《上海统计年鉴》, 以 2010~2018 年总计上海医疗机构诊疗人次、入院人数、社

区卫生服务中心(站)诊疗人次和入院人数作为建模分析的原始数据，见表 2。

Table 2. The number of diagnosis and treatment and inpatients from 2010 to 2018
表 2. 2010~2018 年诊疗人次(万人次)与入院人数(万人)

年份	总计		社区卫生服务中心(站)	
	诊疗人次	入院人数	诊疗人次	入院人数
2010	21002.46	285.68	7342.23	13.10
2011	20205.30	268.28	7449.40	11.08
2012	21402.13	298.80	7544.16	10.14
2013	24093.28	314.66	8086.42	9.27
2014	25834.62	345.08	8488.39	8.61
2015	26522.32	362.33	8674.01	8.38
2016	26605.02	394.55	8580.23	7.46
2017	27342.32	420.00	8690.63	7.36
2018	27637.78	447.52	8577.62	6.85

3.2. 级比检验

由表 2，以 2010-2018 年总计诊疗人次、入院人数、社区卫生服务中心(站)诊疗人次、入院人数为原始序列，分别计算其级比，结果见表 3，所有序列的级比均满足在区间 $\left(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}} \right)$ ，即区间(0.82, 1.22)内，符合建模要求，由此可建立 GM(1,1)模型，分别对应模型 1~4。

3.3. 灰色模型建立

对原始序列进行累加和均值变换，利用最小二乘法估计参数 $\hat{a}_{\text{总计诊疗人次}} = -0.04$ ， $\hat{b}_{\text{总计诊疗人次}} = 20160.48$ ； $\hat{a}_{\text{总计入院人数}} = -0.07$ ， $\hat{b}_{\text{总计入院人数}} = 224.79$ ； $\hat{a}_{\text{社区诊疗人次}} = -0.02$ ， $\hat{b}_{\text{社区诊疗人次}} = 7410.89$ ； $\hat{a}_{\text{社区入院人数}} = 0.07$ ， $\hat{b}_{\text{社区入院人数}} = 12.14$ 。最终得到总计诊疗人次、入院人数、社区卫生服务中心(站)诊疗人次、入院人数的 GM(1,1)一阶线性微分方程分别为 $x^{(1)}(k+1) = 505380.27e^{0.04k} - 484377.81$ ， $x^{(1)}(k+1) = 3748.44e^{0.07k} - 3462.76$ ， $x^{(1)}(k+1) = 350947.09e^{0.02k} - 343604.86$ ， $x^{(1)}(k+1) = -163.10e^{-0.07k} + 176.20$ ，拟合结果与相关检验见表 3。

Table 3. The fitting result and test of model
表 3. 模型拟合结果与检验

年份	K	模型 1 (总计诊疗人次)			模型 2 (总计入院人数)			模型 3 (社区诊疗人次)			模型 4 (社区入院人数)		
		预测值	相对误差	级比	预测值	相对误差	级比	预测值	相对误差	级比	预测值	相对误差	级比
2010	0	21002.46	0.0000		285.68	0.0000		7342.23	0.0000		13.10	0.0000	
2011	1	21478.52	-0.0630	1.04	274.57	-0.0235	1.06	7651.47	-0.0271	0.99	10.86	0.0199	1.18
2012	2	22391.35	-0.0462	0.94	294.68	0.0138	0.90	7818.29	-0.0363	0.99	10.14	0.0004	1.09
2013	3	23342.97	0.0311	0.89	316.27	-0.0051	0.95	7988.75	0.0121	0.93	9.46	-0.0207	1.09
2014	4	24335.04	0.0580	0.93	339.44	0.0164	0.91	8162.92	0.0383	0.95	8.83	-0.0257	1.08
2015	5	25369.27	0.0435	0.97	364.30	-0.0054	0.95	8340.89	0.0384	0.98	8.24	0.0163	1.03

Continued

2016	6	26447.46	0.0059	1.00	390.98	0.0090	0.92	8522.74	0.0067	1.01	7.69	-0.0314	1.12
2017	7	27571.47	-0.0084	0.97	419.62	0.0009	0.94	8708.56	-0.0021	0.99	7.18	0.0241	1.01
2018	8	28743.25	-0.0400	0.99	450.36	-0.0063	0.94	8898.42	-0.0374	1.01	6.70	0.0213	1.07

3.4. 模型检验与外推预测

检验灰色预测模型的 C 值和 P 值, 模型 1 中, $C=0.1171$, $P=1$; 模型 2 中, $C=0.0037$, $P=1$; 模型 3 中, $C=0.1752$, $P=1$; 模型 4 中, $C=0.0080$, $P=1$ 。结合表 1 可知, 四个模型精度均为一级, 可以进行外推预测。预测近三年总计上海医疗机构诊疗人次(万人次)依次为 29964.83、31238.33、32565.95; 入院人数(万人)依次为 483.35、518.75、556.75; 社区卫生服务中心(站)诊疗人次(万人次)依次为 9092.43、9290.67、9493.22; 入院人数(万人)依次为 6.26、5.84、5.45。

4. 讨论

GM (1,1)模型作为最常用的灰色预测模型, 具有样本规模要求低、计算量小和预测精度高等优点, 对于中短期、甚至长期预测都有较好适用性。在医疗卫生领域, 被广泛应用于门诊量、疾病发病率、死亡率、卫生人力和医疗费用的预测等, 均表现出较好的预测水平[4] [5] [6] [7] [8]。本研究对总计上海医疗机构诊疗人次、入院人数、社区卫生服务中心诊疗人次和入院人数拟合预测, C 值和 P 值均达到建模要求, 说明灰色模型可应用于该领域预测。

总体上, 预测未来三年上海社区卫生服务中心(站)诊疗人次上升、入院人数呈递减趋势。社区诊疗服务量不断增长, 说明了医改政策实施以来, 社区卫生服务中心(站)得到了进一步发展, 不断适应和满足人民群众对基本医疗服务的需求。进一步分析发现, 社区诊疗量和入院人数分别在总量中的比重下降, 前者从 2010 年的 34.96%下降为 2018 年的 31.04%, 后者从 4.59%下降为 1.53%, 并且预测未来三年该比重将继续下降, 反映出患者对基层医疗卫生服务长期以来形成的“水平低、态度差、不信任”观念并未完全改善, 依然会优先选择大医院或专业机构, 有序就医格局并未形成。除了不信任外, 基层医疗资源不足是关键。2018 年, 社区卫生服务中心(站)提供的诊疗量是医院的 51.91% [9], 其卫生技术人员数却是医院的 21.09%, 社区卫生服务中心(站)人力相对不足, 服务质量就难以保证。此外, 各级医疗卫生机构协作缺失也是重要的外部因素。多组织协作与医疗服务的连续性对于消除医疗不确定性以改善医疗服务质量有着关键作用[10], 而现实中, 资源多集中于高级别医院。2018 年上海医院诊疗人次和入院人数比 2017 年分别增加 480.95 万人次和 28.29 万人, 社区卫生服务中心(站)则减少 113.01 万人次和 0.51 万人[9], 竞争中, 社区卫生服务中心(站)进一步处于困境。因此, 从内部环境看, 应注重社区卫生服务中心(站)医疗卫生资源投入, 尤其是全科医生的培养, 强化基层, 此外, 通过家庭医生签约, 引导居民有序就医; 从外部环境看, 要加强连续性医疗服务体系建设, 明确社区卫生服务中心功能定位, 推进分级诊疗制度落实。

参考文献

- [1] 上海市人民政府办公厅. 上海市人民政府办公厅印发《关于进一步推进本市社区卫生服务综合改革与发展的指导意见》的通知[EB/OL]. (2015-01-29) [2020-08-01]
<http://www.shanghai.gov.cn/nw2/nw2314/nw2319/nw10800/nw11408/nw32865/u26aw41751.html>
- [2] 上海市人民政府办公厅. 上海市人民政府办公厅印发《关于本市推进分级诊疗制度建设的实施意见》的通知[EB/OL]. (2016-12-23) [2020-08-01]
<http://www.shanghai.gov.cn/nw2/nw2314/nw2319/nw2404/nw41462/nw41464/u26aw51051.html>

- [3] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [4] 李红艳, 耿婷婷. GM(1,1)灰色模型在上海市医院诊疗人次预测中的应用[J]. 现代医院管理, 2019, 17(6): 26-28.
- [5] 刘雁灵, 曹文君, 李菲. 新陈代谢 GM(1,1)幂模型在病毒性肝炎发病率预测中的应用[J]. 中国卫生统计, 2019, 36(6): 854-856.
- [6] 庞艳蕾, 张惠兰, 李向云, 赵晶. 灰色模型 GM(1,1)和 ARIMA 在拟合全国婴儿、5 岁以下儿童死亡率中的应用[J]. 中国卫生统计, 2015, 32(3): 461-463.
- [7] 李尚谦, 刘筱滢, 张翔. 基于灰色系统 GM(1,1)模型的湖北省卫生人力资源需求预测研究[J]. 卫生软科学, 2020, 34(3): 49-53.
- [8] 颜康康, 淮明生. 灰色 GM(1,1)模型在我国医疗费用预测研究中的应用[J]. 医学与社会, 2018, 31(8): 37-39.
- [9] 上海市统计局. 上海统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018-2019.
- [10] Mcneil, B.J. (2001) Shattuck Lecture-Hidden Barriers to Improvement in the Quality of Care. *The New England Journal of Medicine*, **345**, 1612-1620. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa011810>