

文章编号: 2095-2163(2020)10-0180-05

中图分类号: R-05

文献标志码: A

# “互联网+医疗”现状及发展研究——基于灰色 GM(1,1) 模型

陈冬芷

(上海工程技术大学 管理学院, 上海 201620)

**摘要:** 本文运用灰色 GM(1,1) 模型预测全国各类医疗卫生机构诊疗人次数的动态变化趋势, 以此为背景探究“互联网+医疗”发展的必要性, 并提出相应的对策建议, 实现更好地优化配置医疗资源的目的, 进一步解决“看病难”的问题, 为当前老龄化的背景下的医疗卫生资源利用率进一步提高提供保障。

**关键词:** 灰色 GM(1,1); “互联网+医疗”; 现状; 建议

## Research on the Current Situation and Development of "Internet + Medical Care" —Based on Grey GM(1,1) Model

CHEN Dongzhi

(School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**【Abstract】** The grey GM(1,1) model is used to predict the dynamic change trend of the number of patients in all kinds of medical and health institutions in China, so as to explore the necessity and current situation of the development of "Internet + medical treatment" and put forward corresponding countermeasures and suggestions. In order to achieve the purpose of better optimize the allocation of medical resources, further solve the problem of "difficult to see a doctor", and provide a guarantee for the further improvement of the utilization rate of medical and health resources under the background of the current aging and new epidemic.

**【Key words】** Grey GM(1,1); "Internet + medical treatment"; current situation; advice

### 0 引言

“互联网+医疗”是以互联网为载体以及技术手段, 将云计算、大数据、移动通信、物联网等技术作为支撑, 与传统医疗服务进行融合创新而形成的一种新兴的医疗健康服务模式, 是互联网在医疗行业的新应用。在当前人口老龄化的背景下, 就医以及保健的需求将日趋增高, 优质的医疗资源将更为稀缺<sup>[1]</sup>。

本文将以前《中国统计年鉴 2015-2019》年的基础数据作为基础, 应用统计学知识, 对全国各类医疗卫生机构的诊疗人次进行相应的模拟预测。以此较为科学准确地判断“互联网+医疗”发展的必要性以及紧迫性, 进一步探究“互联网+医疗”存在的问题, 从而提出相应的对策建议。

### 1 诊疗人次预测

本文利用国家统计局发布的《中国统计年鉴》, 收集了 2015-2019 年各类医疗卫生机构的诊疗人次。2015 年至 2019 年各类医疗卫生机构诊疗人次分别为 769 925 万人、793 170 万人、818 311 万人、830 802 万人、871 987 万人。

#### 1.1 GM(1,1) 建模原理

(1) 确定原始数列:  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2),$

$X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(k)),$  其中  $k = 1, 2, 3, \dots, n,$   $X^{(0)}(k)$  表示实际收集到的数据符号。本文原始数据序列表示为:

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(5)).$$

(2) 级比检验: 已知序列:  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(k)), k = 2, 3, \dots, n,$  则式 (1) 称为时间序  $X^{(0)}$  的级比。

$$\sigma(k) = \frac{X^{(0)}(k-1)}{X^{(0)}(k)}. \quad (1)$$

当级比  $\sigma(k) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$ , 则表示可以运用 GM(1,1) 灰色预测方法对事物进行预测。

(3) 数据变换处理: GM(1,1) 灰色预测模型必须建立在离散且光滑的数据基础上, 所以在建立模型时, 首先应对原始数据序列进行相关处理, 累加生成和均值生成是较常用的方法, 即通过数据累加或求平均值的方法对时间序列进行变换, 使无规律的数据具有较强的规律<sup>[2]</sup>。

首先, AGO 表示对原序列数据依次累加。  $X^{(0)}$  为原序列,  $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(k)),$  则  $X^{(1)}$  为  $X^{(0)}$  的 AGO 序列, 记作  $X^{(1)} = AGOX^{(0)}$ 。当且仅当  $X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots,$

作者简介: 陈冬芷(1995-), 女, 硕士, 主要研究方向: 劳动与社会保障、公共管理。

收稿日期: 2020-04-14

$X^{(1)}(k)$ ), 满足式(2):

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

其次,在 MEAN 中将  $Z^{(1)}$  称为  $X^{(1)}$  的 MEAN 序列,记作  $Z^{(1)} = MEANX^{(1)}$ , 当且仅当  $Z^{(1)} = (Z^{(1)}(1), Z^{(1)}(2), \dots, Z^{(1)}(k))$ , 且每个  $Z^{(1)}(k) \in Z^{(1)}$ , 满足式(3)的关系:

$$Z^{(1)}(k) = \frac{1}{2} [X^{(1)}(k) + X^{(1)}(k - 1)]. \quad (3)$$

(4)GM(1,1)建模

灰色微分方程模型,式(4):

$$X^{(0)}(k) + aZ^{(1)}(k) = b \text{ 为 } GM(1,1). \quad (4)$$

①构造数据向量  $Y$  与数据矩阵  $B$ :

$$Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}.$$

②确定模型中的参数  $a$  和  $b$ :

如果参数列  $p = (a, b)^T$ , 且已知  $Y$  和  $B$ , 则通过最小二乘法求出参数列满足  $\hat{P} = (B^T B)^{-1} B^T Y = (\hat{a}, \hat{b})$ , 从而求得参数  $a$  和  $b$ 。

③模型建立:

利用离散数据序列建立近似的微分方程(白化方程)模型,式(5):

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = b. \quad (5)$$

解得时间响应函数,式(6):

$$X^{(1)}(t) = \left( X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-at} + \frac{b}{a}. \quad (6)$$

从而得出灰色 GM(1,1)模型的时间响应序列,式(7):

$$\hat{X}^{(1)}(k + 1) = \left( X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-\hat{a}k} + \frac{b}{a}, \quad (k = 2, 3, \dots, n). \quad (7)$$

原始数据序列  $X^{(0)}$  的预测值,式(8):

$$\hat{X}^{(0)}(k + 1) = \hat{X}^{(1)}(k + 1) - \hat{X}^{(1)}(k) = (1 - e^{\hat{a}}) \left( X^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-\hat{a}k}. \quad (8)$$

其中,  $\hat{X}^{(0)}(k)$ , ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) 是原始数据序列  $X^{(0)}(k)$ , ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) 的拟合值,  $X^{(0)}(k)$ , ( $k > n$ ) 是原始数据序列的预测值。

④模型检验

后验差方法是 GM(1,1)模型常用的检验方法

之一,其中  $C$  和  $P$  分别表示后验差比值和小误差概率<sup>[2-3]</sup>。

残差,式(9):

$$E(k) = X^{(0)}(k) - \hat{X}^{(0)}(k), k = 2, 3, \dots, n. \quad (9)$$

相对残差,式(10):

$$e(k) = [X^{(0)}(k) - \hat{X}^{(0)}(k)] / X^{(0)}(k), \quad k = 2, 3, \dots, n. \quad (10)$$

设原始数据  $X^{(0)}$  和残差  $E(k)$  的方差分别为  $S_1$  和  $S_2$ , 则:

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [X^{(0)}(k) - \bar{X}]^2}, \quad (11)$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=2}^n [E(k) - \bar{E}]^2}. \quad (12)$$

计算后验差比值  $C = \frac{S_2}{S_1}$ 。小误差概率  $P = P\{|E(k) - \bar{E}| < 0.674 5S_1\}$ , 然后依据 GM(1,1)精度检验表 1 中的  $C$  值和  $P$  值来判断 GM(1,1)模型的精度。

表 1 GM(1,1)模型精度检验表

Tab. 1 Precision test table of GM(1,1) model

等级	C 值	P 值
I 级(好)	$C \leq 0.35$	$P \geq 0.95$
II 级(合格)	$0.35 < C \leq 0.50$	$0.80 \leq P < 0.95$
III 级(勉强合格)	$0.50 < C \leq 0.65$	$0.70 \leq P < 0.80$
IV 级(不合格)	$C > 0.65$	$P < 0.70$

事物的原始数据能否使用 GM(1,1)方法来进行预测,主要取决于其精度能否通过表 1 的检验。

1.2 GM(1,1)模型下诊疗人次预测

首先,根据原始数据本文进行级比检验,以此来验证模型的可行性。

(1)建立每年各类医疗卫生机构诊疗人次数数据时间序列:

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(5)) = (769\ 925, 793\ 170, 818\ 311, 830\ 802, 871\ 987).$$

(2)求级比:

$$\sigma = (\sigma(2), \sigma(3), \dots, \sigma(5)) = (0.970\ 693\ 546, 0.969\ 276\ 962, 0.984\ 965\ 13, 0.952\ 768\ 791).$$

(3)级比判断:

$\sigma(K) \in (e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$ , 可得  $e^{-\frac{2}{n+1}} = 0.716\ 531\ 311$ ,  $e^{\frac{2}{n+1}} = 1.395\ 612\ 425$  通过第二步求级比计算可知  $\sigma(K) \in [0.716\ 531\ 311, 1.395\ 612\ 425]$  ( $k = 2, 3, \dots, 5$ ), 故可以用  $X^{(0)}$  作满意的 GM(1,1)建模。

### 1.3 用 GM(1,1) 建模

(1) 对原始数据  $X^{(0)}$  作一次累加:

$$X^{(1)}(K) = \sum_{m=1}^K X^{(0)}(m) \quad (k = 1, 2, \dots, 5) \text{ 得:}$$

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(5)) = (769\ 925, 793\ 170, 818\ 311, 830\ 802, 871\ 987).$$

(2) 构造数据矩阵  $B$  及数据向量  $Y$ :

对  $X^{(1)}$  作紧邻均值生成, 可得

$$Z^{(1)} = (Z^{(1)}(1), Z^{(1)}(2), Z^{(1)}(3), Z^{(1)}(4)) = (-1\ 166\ 510, -1\ 972\ 250.5, -2\ 796\ 807, -3\ 648\ 201.5).$$

于是构造数据向量  $Y$  和数据矩阵  $B$  为:

$$Y = \begin{pmatrix} 793\ 170 \\ 818\ 311 \\ 830\ 802 \\ 871\ 987 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} -1\ 166\ 510 & 1 \\ -1\ 972\ 250.5 & 1 \\ -2\ 796\ 807 & 1 \\ -3\ 648\ 201.5 & 1 \end{pmatrix}.$$

(3) 确定参数  $a$  和  $b$ :

根据全国各类医疗卫生机构的诊疗人次数数据, 根据 GM(1,1) 建模原理中所述的等式  $P = (B^T B)^{-1} B^T Y = (a, b)$ , 运用 EXCEL 软件中的函数计算, 最终可得:

$$a = -0.030\ 691\ 536, b = 756\ 313.221\ 9.$$

(4) 建立模型求模型还原值:

由  $X^{(0)}(K) = X^{(0)}(K) - X^{(0)}(K-1)$  算得还原值:

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(5)) = (11.815\ 273\ 92, 11.477\ 122\ 62, 11.148\ 649\ 16, 10.829\ 576\ 55, 10.519\ 635\ 75),$$

得到原始序列  $X^{(0)}$  的预测值后, 需要对预测进行精

度检验。精度检验分为残差检验和后验差检验, 计算得:

$$E(k) = (E(2), E(3), E(4), E(5)) = (-1.225\ 273\ 932, 1.592\ 877\ 380, 0.621\ 350\ 845, -0.989\ 576\ 55).$$

$$e(k) = (e(2), e(3), e(4), e(5)) = -0.115\ 701\ 031, 0.121\ 872\ 791, 0.052\ 791\ 066, -0.100\ 566\ 723.$$

后验差检验计算:

$X^{(0)}$  的方差:

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [X^{(0)}(k) - \bar{X}]^2} = 27\ 067.518\ 26.$$

残差的方差:

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=2}^N [E(k) - \bar{E}]^2} = 0.001\ 670\ 274.$$

后验差比值:

$$C = \frac{S_2}{S_1} = 0.000\ 000\ 061\ 707\ 681.$$

小误差概率:

$$P = P\{|E(k) - \bar{E}| < 0.674\ 5S_1\} = 0.996\ 032\ 814.$$

将求得的  $C$  值与  $P$  值同表 1: GM(1,1) 精度检验表中的等级进行比较, 其中  $C$  值 = 0.000 000 061 707 681  $\ll$  检验表中的一级 (好) 的要求, 即  $C$  值要  $\leq 0.35$ ;  $P$  值为 0.996 032 814, 满足检验表中的一级 (好) 的要求即  $P$  值要  $\geq 0.95$ 。综上检验可知模型是较为准确的, 事物的原始数据能使用 GM(1,1) 方法来进行预测。

综上建模可得预测结果见表 2。

表 2 全国各类医疗卫生机构诊疗人次数

Tab.2 Number of medical and health institutions in China

年份	原始值	预测各类医疗卫生	残差	相对误差
	各类医疗卫生机构 诊疗人次数 (万人次)	机构诊疗人 次数 (万人次)		
2015	769 925	769 925	0	0
2016	793 170	791 404.999 2	-1.225 273 932	-0.115 701 031
2017	818 311	815 634.862 4	1.592 877 380	0.121 872 791
2018	830 802	840 606.553 4	0.621 350 845	0.052 791 066
2019	871 987	866 342.784 3	-0.989 576 55	-0.100 566 723
2020		892 866.962 5		
2021		920 203.211 8		
2022		948 376.394 9		
2023		977 412.135 5		
2024		1 007 336.842		

通过上述的建模预测所得的结果可知, 各类医疗卫生机构诊疗人次数将在未来五年呈大幅度增长的趋势。然而通过收集《中国统计年鉴》中 2015 至 2019 年间卫生人员人数分别为 1069.388 1 万人、1 117.294 5 万人、1 174.897 2 万人、1 230.032 5 万

人、1 292.833 5 万人。虽然卫生人员数在此期间也呈现逐年上涨的趋势, 但比起诊疗人次数上升速度及人数, 医疗资源明显稀缺。

在此背景下为更好地解决“看病贵、看病难”的问题, 进一步发展并且完善“互联网+医疗”这种智

慧医疗服务模式成为了当务之急。

## 2 “互联网+医疗”现状分析

### 2.1 “互联网+医疗”市场规模

早期“互联网+医疗”刚起步的时候,其主要呈现模式为基于 PC 端的广告以及相关搜索为主。伴随着科技的迅猛发展、移动互联网速度的飞跃以及 5G 技术的诞生,中国“互联网+医疗”已形成一定的规模,并在国家政策的支持下进一步发展,预测至 2021 年其市场规模将超 900 亿元。

### 2.2 “互联网+医疗”运营模式

“互联网+医疗”运营的模式现今主要有二条路径。一条是通过将不同的医疗资源优化整合,提供在线问诊、在线预约、药品配送等一系列服务,主要有好大夫在线、平安好医生、新氧、丁香园、39 健康网等等;另一条路径则是基于实体医疗卫生机构,将其与互联网深度融合,将部分看病的流程数字化。譬如通过小程序或公众号的形式提供相应的查找、问询、诊断以及预约付费等一系列基础的操作,不仅节约了时间,也降低了人工的成本<sup>[3]</sup>。

## 3 “互联网+医疗”存在的问题

### 3.1 线上线下结合尚不充分

目前主要通过文字以及图片的方式在线问诊,于线上线下的衔接不充分,往往会造成与治疗环节发生脱节的问题,影响进一步就医<sup>[4]</sup>。线上问诊的医生无法对问诊患者开具处方,药物配送也无法做到高效的衔接,其后的医保报销以及康复复健问题更是未能做到很好的结合。

由于参与在线问诊的医生往往是利用其空余的碎片时间在线服务,会造成诊断交流不及时不顺畅的情况,这种“时差”的存在严重影响了诊疗的效率。

### 3.2 市场标准尚乏规范化

由于“互联网+医疗”历史尚短,在市场标准与规范上存在一系列的问题。准入门槛不明确,导致行业内水平高低差异很大。一系列“互联网+医疗”主体缺乏相应的行政主体对其资格进行认定,标准也尚不明确。关于“互联网+医疗”平台背景下发生的一系列医患纠纷等医疗问题,行政监管部门也未能给出清晰明确的责权划分标准<sup>[5]</sup>。种种监管问题的存在,使得一部分假借“互联网+医疗”之名实则侵害公民利益的平台存在。

### 3.3 信息安全保障体系尚不完善

“互联网+医疗”具有信息公开共享的特质,然而这种特质具有两面性。以“互联网+医疗”为背景

的医疗大数据常面临着信息被泄露的风险,常常被不法分子盗取,从而造成不必要的损失。信息安保体系的不完善从根本上影响了“互联网+医疗”未来良性的发展。

### 3.4 医保支付尚不明确

医保同医疗信息并不能很好的衔接问题在于“互联网+医疗”项目及收费本身并未得到很好的标准界定。医保部门无法科学准确的核算“互联网+医疗”项目所需的成本,是否能报销成为困扰患者的关键点。在此影响之下,“互联网+医疗”未来的发展扩大受到了很大程度的约束,进一步缩小了其适用的范围。2020 年 7 月 23 日,国务院办公厅在发布的《关于进一步优化营商环境更好地服务市场主体的实施意见》中明确有提出将部分符合条件的“互联网+医疗”项目纳入医保,但仍在起步阶段,需在之后进一步探索使其成熟。

## 4 对策建议

(1) 拓宽线上与线下结合的渠道。在线问诊等一系列“互联网+医疗”项目只能通过文字与图片来交流,伴随着互联网的不断发展,网络平台或 APP 上设置电话以及视频的问诊方式,能够更进一步拉近医患之间的距离,营造面对面沟通的效果,提升用户体验。同时,政府同平台需在此背景下进一步推出新举措,使线上的医生专职接诊而非利用碎片化时间兼职接诊,提高问诊效率,进一步完善“互联网+医疗”的服务体系、更好地优化配置资源。

(2) 进一步规范市场标准。“互联网+医疗”行业需要标准对其进行规范约束以及监督,应当明确其准入的门槛,规定服务的范围及收费的标准。出台相应的法律法规,明确权责关系,防止侵害公民利益的行为出现,为“互联网+医疗”的健康稳定发展起到保驾护航的作用<sup>[6]</sup>。

(3) 加强信息安全管理。首先对“互联网+医疗”从业机构安全性进行一系列的评分以及考核,注重企业在互联网安全应用技术上的投入,加强对于信息安全技术的一系列提升。专业的技术人员则要针对大数据计算技术应用过程中出现的问题进行分析,同时对技术手段创新。充分应用大数据采集、人工智能技术以及云计算给互联网医疗平台充分的帮助,从而构建更为安全稳健的环境。

(4) 促进医疗服务一体化发展。明确“互联网+医疗”电子支付纳入医保的范围及项目,提高患者所获得的医疗保障,促进电子支付医保的发展,解决

(下转第 189 页)