

谢明柱, 查奇芬. 基于改进的 GM(1,1) 模型的我国农村人口老龄化预测[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(1): 399-401.

# 基于改进的 GM(1,1) 模型的我国农村人口老龄化预测

谢明柱, 查奇芬

(江苏大学财经学院, 江苏镇江 212000)

**摘要:**在对灰色 GM(1,1) 模型进行改进的基础上, 建立了我国农村老年人口系数的预测模型, 并对我国农村地区的人口老龄化程度进行了预测, 最后就研究结论提出相关的政策建议。结果显示, 经过改进的灰色 GM(1,1) 模型的模拟和预测效果都很好; 未来 10 年我国农村老年人口会继续增加, 且到 2020 年农村 65 岁及以上老年人口系数将会超过 16%。

**关键词:**农村; 人口老龄化; 平滑改进; GM(1,1) 模型

**中图分类号:** C921 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0399-02

人口老龄化是指总人口中因年轻人口数量减少、老年人口数量增加而导致的老年人口比例相应增长的动态过程。国际上通常把 60 岁以上老年人口系数或 65 岁及以上老年人口系数作为测量一国或地区老龄化水平的统计指标。该指标越大表示该地老龄化程度越严重, 当前者超过 10% 或后者超过 7% 时则视该地已进入老龄化社会<sup>[1]</sup>。随着我国经济的发展、医疗卫生条件的改善, 我国人口平均寿命不断延长, 65 岁及以上老年人口系数被国内越来越多的专家和学者用作判断我国人口类型的一个统计指标。按照该标准, 我国农村地区早在 2000 年第 5 次人口普查时期就已经进入老龄化社会<sup>[2]</sup>, 当年农村 65 岁及以上老年人口总数达 8 557 万人, 占农村人口总数的 7.35%, 到 2010 年第 6 次人口普查时期该比例已达 10.06%, 10 年间累积上升了 2.71 个百分点。由此可见, 我国农村人口老龄化总体水平很高, 且上涨速度很快, 随着计划生育政策的继续实施、人口生育观念的不断改变以及人口迁移等原因<sup>[3-4]</sup>, 这种上涨趋势还会继续, 农村老年人口比重会越

来越大, 给社会发展带来的问题也将越来越严重<sup>[5-6]</sup>, 因此对其进行深入的量化研究, 把握其变化发展规律是很有必要的。本研究在我国 1998—2010 年农村 65 岁及以上老年人口系数的基础上, 利用改进的灰色 GM(1,1) 模型建立我国农村老年人口系数预测模型, 对未来 10 年间我国农村地区的人口老龄化程度进行预测。

## 1 二次平滑改进的 GM(1,1) 模型

### 1.1 灰色 GM(1,1) 模型

灰色系统理论是我国著名学者邓聚龙教授在 1982 年首次提出, 专门研究社会经济现象中小样本、贫信息的不确定系统的理论方法, 目前使用最广泛的灰色预测模型是关于数据预测的一个变量、一阶微分的 GM(1,1) 模型<sup>[7]</sup>。

设时间序列  $X^{(0)}$  有  $n$  个观察值,  $X^{(0)}(i) = [X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)]$ ,  $X^{(0)}$  的 1-AGO 序列为  $X^{(1)}(k) = [X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)]$ , 其中,  $X^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(0)}(i)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ , 则 GM(1,1) 模型对应的白化方程为

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

式中:  $a$  为发展灰数,  $b$  为内生控制灰数, 利用最小二乘法可得参数向量为  $(a, b)^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 。

收稿日期: 2013-05-30

基金项目: 国家统计局统计科学研究计划(编号: 2012LY123); 江苏省统计应用研究基地资助项目。

作者简介: 谢明柱(1987—), 男, 安徽六安人, 硕士研究生, 研究方向为统计方法应用。E-mail: 1069408009@qq.com。

价值流等各种形态要素之间的整合, 也包括区域内、区域间及宏观视域内的产业价值链的整合。当前, 我国农业产业价值链各个链环主体之间的衔接非常松散, 比如, 农民作为生产主体尚未和后续的农产品加工企业以及专业合作经济组织形成良好的合作伙伴关系, 导致信息沟通不畅, 这便不利于价值链整体价值的提升。

上述 3 个方面只是从不同的侧面反映农业产业价值链的不同内容, 彼此之间存在密切的联系, 并不是互不相干的, 只有通过三者的有机统一, 方能实现农业产业价值链的优化和升级, 推进农业现代化的实现。

## 参考文献:

[1] 刘建铭. 关于农区工业化、城镇化与农业现代化互动发展的思考

[J]. 经济经纬, 2004(2): 64-66.

[2] 李林杰. 关于建立农业产业结构评价体系的思考[J]. 农业技术经济, 2001(4): 7-10.

[3] 刘金山. 市场协调农业产业链: 一种探索[J]. 上海经济研究, 2002(3): 32-36.

[4] “微笑曲线”——施振荣[EB/OL]. (2010-06-25)[2013-04-02]. <http://http://money.163.com/10/0625/14/6A1GCL9H00253G87.html>.

[5] 赵绪福. 农业产业链优化的内涵、途径和原则[J]. 中南民族大学学报: 人文社会科学版, 2006, 26(6): 119-121.

[6] 顾丽琴. 论农业产业价值链的拓展[J]. 商业研究, 2007(2): 141-143.

[7] 葛干忠. 农业核心企业价值增长机制研究——基于价值链视角[J]. 求索, 2012(11): 252-254.

其中  $B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)] & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}$

$Y = \begin{pmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{pmatrix}$

求解微分方程,可得预测模型:

$\hat{x}^{(1)}(k+1) = [X^{(0)}(1) - \frac{a}{b}]e^{-ak} + \frac{b}{a}, k=0,1,2,\cdots,n$  (2)

最后根据公式  $\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1)$  可得  $X^{(0)}$  的模拟值。

1.2 灰色模型检验

灰色模型检验一般有残差检验和后验检验,下面简要介绍其计算原理。

1.2.1 残差检验 计算原始序  $X^{(0)}(i)$  与模拟序列  $\hat{x}^{(0)}(i)$  的绝对误差  $\Delta(i)$  和相对误差  $\phi(i)$ ,其中  $\Delta(i) = X^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i), \phi(i) = \frac{\Delta(i)}{X^{(0)}(i)} \times 100\%, i=1,2,\cdots,n。$

1.2.2 后验检验 计算模型的方差比值  $C$  和小误差概率  $P$ :

$C = \frac{S_2}{S_1}, P = \{|\Delta(i) - \bar{\Delta}(i)| < 0.6745S_1\};$

$S_1$  为原始序列标准差,  $S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [X^{(0)}(i) - \bar{X}^{(0)}]^2}{n-1}};$

$S_2$  为绝对误差序列标准差,  $S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}{n-1}}。$

式中:  $\bar{X}^{(0)}$  为原始序列的均值,  $\bar{\Delta}^{(0)}$  为模拟序列绝对误差的均值。随着  $C$  和  $P$  取值的不同,模型的模拟精度也不同,若残差检验和后验检验均通过一定标准,则所建模型适合所研究问题,对未来预测的可信度较高,具体标准见表 1。

表 1 精度检验等级参照

等级	P 值	C 值
1 级(好)	$P \geq 0.95$	$C \leq 0.35$
2 级(合格)	$0.80 \leq P < 0.95$	$0.35 < C \leq 0.50$
3 级(勉强合格)	$0.70 \leq P < 0.80$	$0.50 < C \leq 0.65$
4 级(不合格)	$P < 0.70$	$C > 0.65$

1.3 灰色 GM(1,1)模型的平滑改进

典型灰色预测模型 GM(1,1) 是一种单变量指数增长模型,具有精度高、所需样本少、计算简便、可检验等优点,但当预测对象不呈严格指数持续增长时,模拟误差会较大,相应预测精度就不会高。二次指数平滑可以构造出与原始序列数学期望相同但方差却比原始序列方差小的新序列,新序列的规律性增强,与灰色 GM(1,1)模型结合能够大大提高其预测精度,进而可以拓宽灰色预测方法的应用范围,具体的二次指数平滑公式为:

$\begin{cases} S'(i) = \lambda X^{(0)}(i) + (1-\lambda)S'(i-1) \\ S''(i) = \lambda S'(i) + (1-\lambda)S''(i-1) \end{cases}$  (3)

式中:  $X^{(0)}(i)$  为原始序列,  $S'(i)$  和  $S''(i)$  分别为一次指数和二次指数平滑后所得序列,  $\lambda$  为平滑系数。应用 GM(1,1) 预测得到预测值序列  $S''_{\Delta}(i)$ , 再按照下式还原为预测序列  $X'_{\Delta}(i)$ :

$\begin{cases} S'_{\Delta}(i) = [S''_{\Delta}(i) - (1-\lambda)S''_{\Delta}(i-1)]/\lambda \\ X'_{\Delta}(i) = [S'_{\Delta}(i) - (1-\lambda)S'_{\Delta}(i-1)]/\lambda \end{cases}$  (4)

2 我国农村老年人口系数预测

2.1 数据说明及二次指数平滑

人口老龄化程度随时在变化,加之人口数量庞大、流动性强,无法获得其精确的数据,属于灰色系统,下面运用改进的灰色 GM(1,1)模型对其进行预测。选择 1998—2010 年我国农村 65 岁及以上的老年人口系数作为样本数据,原始数据见表 2。经作图发现本研究样本数据虽然长期大致呈指数走势,但短期有较大波动,指数走势并不明显,因此首先对原始数据序列进行二次指数平滑,重新生成波动较小的新序列。

根据式(3)对表 2 中 1998—2009 年原始数据进行指数平滑得到新序列,  $\lambda$  选择 0.8:

$S''(i) = (6.64, 6.70, 7.12, 7.24, 7.46, 7.75, 8.20, 9.08, 9.40, 9.56, 9.71, 9.78)。$

表 2 1998—2010 年我国农村老年人口系数

年份	农村 65 岁及以上老年人口系数(%)
1998	6.64
1999	6.73
2000	7.35
2001	7.29
2002	7.58
2003	7.89
2004	8.44
2005	9.55
2006	9.53
2007	9.62
2008	9.79
2009	9.81
2010	10.06

注: 1998—2005 年数据收集整理自《中国人口年鉴》, 2006—2010 年数据收集整理自《中国人口与就业统计年鉴》; 数据中均不包含中国台湾、香港、澳门地区和金彭、马祖岛屿人口。

2.2 GM(1,1)模型估计与检验

2.2.1 GM(1,1)估计 对指数平滑的新序列  $S''(i)$  作一次累加得到 1-AGO 序列:  $X^{(1)}(i) = (6.64, 13.34, 20.46, 27.70, 35.16, 42.91, 51.11, 60.19, 69.59, 79.15, 88.86, 98.64)$ , 根据紧邻均值生成公式  $z^{(1)}(i) = \{X^{(1)}(i) + X^{(1)}(i-1)\}/2$  生成紧邻均值序列:

$z^{(1)}(i) = (9.99, 16.9, 24.08, 31.43, 39.04, 47.01, 55.65, 64.89, 74.37, 84.01, 93.75)。$

构造数据矩阵  $B$  及数据向量  $Y$  得:

$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(12) & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -9.99 & 1 \\ -16.90 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -93.75 & 1 \end{pmatrix}$

$$Y = \begin{pmatrix} S''(2) \\ S''(3) \\ \dots \\ S''(12) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6.70 \\ 7.20 \\ \dots \\ 9.78 \end{pmatrix}$$

参数序列的最小二乘估计为  $(a, b)^T = (B^T B)^{-1} B^T Y = (-0.040\ 9, 6.350\ 8)^T$ , 得到的 GM(1,1) 的白化方程为:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} - 0.040\ 9X^{(1)} = 6.350\ 8 \tag{5}$$

根据式(2)得到 GM(1,1) 离散响应函数:

$$x_{\Delta}^{(1)}(k+1) = [S''(1) - \frac{b}{a}]e^{-ak} + \frac{a}{b} = 161.918\ 79e^{-0.040\ 9k} - 155.278\ 7 \tag{6}$$

结合  $S''_{\Delta}(1) = S''(1)$ , 根据公式  $S''_{\Delta}(k) = x_{\Delta}^{(1)}(k) - x_{\Delta}^{(1)}(k-1)$  累减还原生成序列  $S''(k)$  的模拟序列  $S''_{\Delta}(k)$ 。

2.2.2 GM(1,1) 估计结果与检验 根据式(5)与式(6)生成 1998—2009 年的模拟序列  $S''_{\Delta}(k)$ , 预测 2010 年数值, 并根据式(4)对模拟序列和预测值进行还原, 进而进行残差检验, 模拟及检验结果见表 3。

从表 3 可以看出, 1998—2009 年模拟值除 2005、2009 年的相对误差较大外, 其他年份相对误差的绝对值均小于 5%, 2010 年的预测值相对误差仅为 3.68%, 平均模拟相对误差为 2.65%, 可见就各样本点而言二次指数平滑 GM(1,1) 的模拟效果很好。为进一步检验模型的整体精度, 对模型进行后验检验, 计算模型的均方差比值:  $C = 0.2641$ ,  $P = 1$ , 根据表 1 可知 GM(1,1) 的整体模拟精度达到 1 级。综上所述, 模型的拟合效果很好。

表 3 GM(1,1) 模拟及检验结果

年份	$S''_{\Delta}(k)$	指数平滑还原值	相对误差 $\phi(i)$ (%)
1998	6.64	6.64	0
1999	6.76	6.83	1.45
2000	7.04	7.19	-2.18
2001	7.34	7.49	2.76
2002	7.64	7.79	2.77
2003	7.96	8.12	2.93
2004	8.29	8.46	0.19
2005	8.64	8.82	-7.68
2006	9.00	9.18	-3.67
2007	9.38	9.57	-0.51
2008	9.77	9.97	1.79
2009	10.18	10.39	5.87
2010(预测值)	10.36	10.43	3.68

2.3 我国农村老年人口系数预测

GM(1,1) 模型的估计参数  $-a = 0.0422 < 0.3$ , 且检验精度达到 1 级, 因此该模型可用于中长期预测, 预测数据可信度较高。从表 4 的预测数据可以看出, 在未来 10 年内我国农村 65 岁及以上老年人口系数每年都在以不同程度上升, 且到 2020 年该比重将会达到 16% 以上。

3 结论与建议

3.1 结论

本研究可以得出以下结论: (1) 经过二次指数平滑的灰

表 4 我国农村老年人口系数预测结果

年份	老年人口系数预测值(%)
2011	11.48
2012	11.79
2013	12.31
2014	12.84
2015	13.41
2016	13.97
2017	14.58
2018	15.21
2019	15.86
2020	16.55

色 GM(1,1) 模型的估计所需样本量少, 数据模拟与预测的精度无论是单期还是整体都很高, 预测的数据可信度很高, 是一种很好的单变量预测方法。(2) 本研究针对 1998—2009 年我国农村老年人口系数建立的二次指数平滑 GM(1,1) 模型, 无论是发展系数还是各检验指标均达到了很高的标准, 因此该模型很适合我国农村老年人口系数的预测。(3) 未来 10 年间, 我国农村地区人口老龄化程度还会继续加重, 到 2020 年 65 岁及以上老年人口系数将会超过 16%。

3.2 政策建议

从预测结果可以看出, 在现行政策下我国农村 65 岁及以上老年人口系数到 2020 年将超过 16%, 如此大的比重将会给农村养老以及整个农村经济体系带来灾难性的后果, 因此建议相关部门: (1) 在更大批的“白发浪潮”来临之前应充分做好农村养老保险预备工作, 不断完善农村养老体系, 使大量农村老年人口能老有所养; (2) 对现行的人口政策应作适当的改变, 使农村人口再生产系统能合理循环, 保持“两头小, 中间大”的人口年龄结构; (3) 适当调整农村经济政策, 大力发展农村本地经济, 把大量农村青壮年劳动力留在农村, 这样既有利于发展农业, 维持国家粮食供给, 又可以为农村养老事业提供一支力量。

参考文献:

[1] 谢安. 中国人口老龄化的现状、变化趋势及特点[J]. 统计研究, 2004(8): 50-53.  
[2] 田永坡, 胡卫勋, 王晓东. 农村人口老龄化研究: 趋势、问题和对策[J]. 广西社会科学, 2007(11): 154-157.  
[3] 王泽强. 乡-城人口迁移与农村人口老龄化问题研究[J]. 中共宁波市委党校学报, 2011, 33(1): 42-46.  
[4] 唐康芬, 许改玲. 农村人口老龄化的特殊性分析[J]. 西北人口, 2007, 28(2): 85-87, 92.  
[5] 伍小兰. 中国农村老年人口照料现状分析[J]. 人口学刊, 2009(6): 35-40.  
[6] 邵兴华. 农村人口老龄化若干问题研究[J]. 中共乌鲁木齐市委党校学报, 2007(1): 23-27.  
[7] 刘思峰, 党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2010: 31-109.