

2012 - 2050 年我国老龄人口预测研究

张荣艳, 王爱苹, 孙贵玲

(黄河科技学院信息工程学院, 郑州 450006)

摘要:以我国老龄人口发展为研究对象,建立了 GM(1, 1)动态预测模型和灰色新陈代谢模型,对未来 2012 - 2050 年我国老龄人口进行了预测。预测结果显示:2020 年我国老龄人口数达到 1.717 4 亿,2030 年 2.492 9 亿,2040 年 3.618 7 亿,2050 年 5.252 7 亿,占我国总人口数的 32%。

关键词:老龄化;GM(1, 1)模型;灰色新陈代谢模型

中图分类号:F224.0

文献标志码:A

引言

老龄化社会是指老年人口占总人口达到或超过一定的比例的人口结构模型。按照联合国的传统标准是一个地区 60 岁以上老人达到总人口的 10%,新标准是 65 岁以上老人占总人口的 7%,即该地区视为进入老龄化社会。按照新的老龄化社会标准,2000 年中国就进入老龄化社会,65 岁以上老年人口占全国总人口的 7%。截止到 2011 年底,全国 65 岁以上老年人口增至 1.2288 亿,占总人口的 9.1%,比 2000 年上升了 2.1 个百分点(表 1)^[1],目前我国正处于老龄化社会发展阶段。现在中国不仅是世界上人口数量最多的国家,也将变成老年

人口数量最多的国家。随着中国人口年龄结构老龄化的到来,正确认识中国人口老龄化发展的趋势以及将会产生的社会经济后果至关重要。政府在制定社会保障政策时,必须考虑到未来中国人口老龄化的客观事实。面临这样的现实问题,人类必须进行自我控制,既要采取必要的措施抑制过快的人口增长率,又要使人口的年龄结构有一个合理的分布。而要实现以上目标必须建立我国的老龄人口预测模型,对老龄化发展趋势有一个精确的预测,可以为我国经济和社会发展决策提供科学依据,对加速推进我国现代化建设有着重要的现实意义。

表 1 2001 - 2011 年我国老龄人口统计表

年 份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
总人口数(万人)	127627	128453	129227	129988	130756	131448	132129	132802	133450	134091	134735
老龄人口数(万人)	9062	9377	9692	9857	10055	10419	10636	10956	11307	11894	12288
老龄人口比重(%)	7.1	7.3	7.5	7.6	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.9	9.1

1 灰色预测建模

灰色系统理论由华中理工大学邓聚龙教授于 1982 年提出并加以发展^[2]。二十几年来,引起了不少国内外

学者的关注,并得到了长足的发展。目前,在我国已经成为经济、社会和科学技术等诸多领域进行预测、决策、评估、规划控制、系统分析与建模的重要方法之一。特别是它对时间序列短、统计数据少、信息不完全系统的

收稿日期:2013-04-29

基金项目:黄河科技学院基金项目(KYZR201115);郑州市科技局基金项目(20120412)

作者简介:张荣艳(1982-),女,河北邯郸人,讲师,硕士,主要从事灰色预测与控制理论方面的研究,(E-mail)hebgydk2006@163.com

分析与建模,具有独特的功效,因此得到了广泛的应用^[3-5]。通过灰色建模可以有效地挖掘和发现这种内在的规律,从而为预测和控制提供了新途径。灰色预测最常用的模型为 GM(1, 1) 模型。

1.1 灰色预测模型的建立

对原始数据列 $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ 做一次累加 $x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i), k = 1, 2, \dots, n$, 生成 $x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ 。

生成 $x^{(1)}$ 的紧邻均值等权数列:

$$z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$$

其中, $z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)}{2}, k = 2, \dots, n$ 。

根据灰色理论,对 $x^{(1)}$ 建立关于时间 t 的白化形式的一阶一元微分方程,即 GM(1, 1) 模型

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \tag{1}$$

其中, a, b 为待定参数,分别称之为发展系数和灰色作用量, a 的有效期间是 $(-2, 2)$, 且当 $a \geq -0.3$ 时,灰色预测模型可用于中长期预测。用最小二乘法求得:

$$(\hat{a}, \hat{b})^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$$

其中,

$$B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, Y_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

求出 \hat{a}, \hat{b} 后,可以求得方程(1)的时间响应序列:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = [x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}}]e^{-\hat{a}k} + \frac{\hat{b}}{\hat{a}}, k = 1, 2, \dots \tag{2}$$

1.2 模型检验

为确保所建立的灰色模型有较高的精度,应进行模型检验。模型检验一般采用:残差检验,后验差检验等。

残差检验:计算原始序列和原始序列的灰色预测序列之间的绝对误差:

$$\varepsilon^{(0)}(i) = x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i), (i = 1, 2, \dots, n)$$

相对误差:

$$\omega^{(0)}(i) = \left| \frac{x^{(0)}(i) - \hat{x}^{(0)}(i)}{x^{(0)}(i)} \right|, (k = 1, 2, \dots, n)$$

相对误差越小,模型精度越高。

后验差检验:首先计算原始序列 $x^{(0)}(i)$ 的均方差:

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [x^{(0)}(i) - \bar{x}^{(0)}]^2}{n}}, \bar{x}^{(0)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x^{(0)}(i)$$

计算残差序列 $\varepsilon^{(0)}(i)$ 的均方差:

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n [\varepsilon^{(0)}(i) - \bar{\varepsilon}^{(0)}]^2}{n-1}}, \bar{\varepsilon}^{(0)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n \varepsilon^{(0)}(i)$$

再计算方差比 $c = \frac{S_1}{S_0}$; 最后计算小误差概率 $p = \{ |\varepsilon^{(0)} - \bar{\varepsilon}^{(0)}| < 0.6745 \cdot S_0 \}$ 。根据模型检验方差比 c 与小误差概率 p , 将预测等级分为四等(表 2)。

表 2 GM(1, 1) 模型预测精度等级划分表

小误差概率 p 值	方差比 c 值	预测精度等级
> 0.95	< 0.35	好
> 0.80	< 0.5	合格
> 0.70	< 0.65	勉强合格
≤ 0.70	≥ 0.65	不合格

1.3 预测与还原

如果模型检验精度结果满意,可以用时间响应序列(2)式进行预测,最后将数据还原:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = (1 - e^{\hat{a}})(x^{(0)}(1) - \frac{\hat{b}}{\hat{a}})e^{-\hat{a}k}$$

2 我国老龄人口预测与实证分析

2.1 2010 年与 2011 年我国老龄人口检验性预测

实际灰色建模中,系统的原始序列数据不一定全部用来建模,不同维数(或长度)序列建模,所得参数 a, b 的值是不一样的,因而模型的预测值也不同,它们构成一个预测灰区间。为提高预测精度,必须筛选适当维数的灰色模型,同时也可构造等维的新陈代谢模型^[6]。所谓新陈代谢模型,在原始数据序列中,置入预测新信息 $\hat{x}^{(0)}(n+1)$, 同时去掉老信息 $x^{(0)}(1)$, 用新序列 $(x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n), \hat{x}^{(0)}(n+1))$ 做原始序列 $x^{(0)}$, 再重复上述步骤建立 GM(1, 1) 模型,如此反复,依次递补,直到完成预测目标。新陈代谢模型充分利用数据所携带的最新信息,揭示系统的发展趋势,通常可获得较高的预测精度^[7]。

为了筛选出合适的预测模型,这里分别选取 5-9 维我国老年人口数序列,建立灰色动态 GM(1, 1) 模型和新陈代谢模型,对 2010 年和 2011 年我国实际老龄人口数进行检验性预测,结果见表 3 和表 4。

表3 灰色GM(1,1)模型检验性预测

维数	后验差比值 c	2010年		2011年	
		模型拟合值(万人)	相对误差(%)	模型拟合值(万人)	相对误差(%)
5维	0.0707	11597	2.4971	2.7100	2.7100
6维	0.0613	11617	2.3289	11922	2.8483
7维	0.0614	11594	2.5223	11953	2.8646
8维	0.0802	11553	2.8670	11919	3.2145
9维	0.0665	11551	2.8838	11860	3.4993

表4 灰色新陈代谢GM(1,1)模型检验性预测

维数	后验差比值 c	2010年		2011年	
		模型拟合值(万人)	相对误差(%)	模型拟合值(万人)	相对误差(%)
5维	0.0707	11597	2.4971	11955	2.7100
6维	0.0613	11617	2.3289	11938	2.8483
7维	0.0614	11594	2.5223	11936	2.8646
8维	0.0802	11553	2.8670	11893	3.2145
9维	0.0665	11551	2.8838	11858	3.4993

由表3和表4结果可知:

(1)从相对误差来看,高维预测模型的误差通常大于低维预测模型,并且预测的时间越远,误差越大,而预测的时间越近,误差就越小。

(2)由表3可以看出,6维灰色预测模型与实际值

最接近,并且后验差比值 $c = 0.0613 < 0.35$,小误差概率 $p = 1$,由表1可知,预测精度等级为“好”。而且,6维灰色预测模型发展系数 $a = -0.0285 > -0.3$ [7],适合中长期预测。综合考虑,6维灰色预测模型为最优预测模型。

2.2 我国2012-2050年老龄人口发展动态预测

通过表3和表4的结果分析,选用2006-2011年我国老龄人口数建立6维灰色动态预测模型并以此为基础建立新陈代谢模型。所建6维GM(1,1)基础预测模型为:

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = 10193.19e^{0.037264k} \quad (3)$$

经过模型检验:后验差比值 $c = 0.0855$,小误差概率 $p = 1$,平均相对误差 0.43%,并且发展系数 $a = -0.037264 > -0.3$,于是可知模型(3)预测精度等级为“好”,并且可用于对我国老龄人口进行中长期预测。预测结果见表5和表6。同时选取2006-2011年我国人口总数建立6维灰色动态预测模型,并以此为基础建立新陈代谢模型,对我国2012-2050年的人口数进行中长期预测,预测结果见表5和表6。

表5 2012-2050年我国老龄人口预测(GM(1,1)动态预测模型)

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
总人口数(万人)	135400	136060	136730	137400	138070	138740	139420	140100	140780
老龄人口(万人)	12747	13231	13733	14255	14796	15358	15941	16546	17174
老龄人口比重(%)	9.41	9.72	10.04	10.37	10.72	11.07	11.43	11.81	12.20
年份	2025	2030	2035	2040	2045	2050			
总人口数(万人)	144250	147810	151460	155190	159020	162940			
老龄人口(万人)	20692	24929	30035	36187	43598	52527			
老龄人口比重(%)	14.34	17.20	20.62	24.72	29.64	32.87			

表6 2012-2050年我国老龄人口预测(新陈代谢模型)

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
总人口数(万人)	135400	136050	136710	137380	138050	138710	139390	140060	140740
老龄人口(万人)	12747	13268	13796	14298	14867	15446	16035	16651	17299
老龄人口比重(%)	9.41	9.75	10.09	10.41	10.77	11.14	11.50	11.89	12.29
年份	2025	2030	2035	2040	2045	2050			
总人口数(万人)	144190	147710	151320	155020	158810	162680			
老龄人口(万人)	20879	25179	30331	36500	43878	52695			
老龄人口比重(%)	14.48	17.05	20.04	23.55	27.63	32.39			

对比表5与表6,可以看到2012-2050年我国老龄人口数两种预测结果几乎一致,但是表6中的预测值比表5中预测值大,可以把表6中的预测值作为我国老龄人口数预测值的上限,取表5中的值作为我国老龄人口数的最终预测值。

3 结束语

2015年以后我国将进入人口老龄化迅速发展时期。

预测显示:从2015-2035年的20年时间里,我国老年人口比例将会增加一倍,达到20%;2035年后,进入重度老龄化发展阶段;到2050年,老年人口总量达到5亿,占总人口的32%,我国将进入深度老龄化阶段。整体而言,在21世纪,我国的人口老龄化程度将一直维持在一个较高的发展水平。我国人口老龄化速度之快令人惊讶,老龄化问题是我国目前面临的最严重的问题,各级政府要认识到老龄化社会问题的严重性和紧迫性,要对

社会老龄化问题给予重视,尽早制定相关应对政策,以保证社会经济的健康发展。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局.2012 中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2012.
- [2] 邓聚龙.灰色理论基础[M].武汉:华中科技大学出版社,2003.
- [3] 赵荣珍,孟凡明,张优云,等.机械振动趋势的灰色预测模型研究[J].机械科学与技术,2004,23(3):256-259.
- [4] 杨军,刘斌,尚曼龙.中国大豆进口的预测与分析[J].系统工程理论与实践,2006,26(6):141-144.
- [5] 曹萃文,顾幸生.灰色 Verhulst 动态新陈代谢模型在产品价格预测与需求预测中的应用[J].信息与控制,2005,34(5):398-402.
- [6] 门可佩,曾卫.中国未来 50 年人口发展预测研究[J].数量经济技术经济研究,2004(3):12-17.
- [7] 刘素兵.组合预测模型的构建及其应用[D].西安:西安理工大学,2008.

Prediction of China's Aging Population From 2012 to 2050

ZHANG Rong-yan, WANG Ai-ping, SUN Gui-ling

(Department of Information Engineering, Huanghe Science and Technology College, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: Taking the aging population development in China as the research object, GM(1, 1) dynamic model and gray metabolic model are established to forecast China's aging population development from 2012 to 2050. The predictions suggest that: the aging population in China will reach 171.74 million in 2020, 249.29 million in 2030, 361.87 million in 2040, and 525.27 million in 2050 that account for 32% of the total population in China.

Key words: aging; GM(1, 1) model; gray metabolic model