

# 宁夏银川市人口预测

庞娜 张炳彩

宁夏大学新华学院 宁夏银川 75000

**【摘要】** 本文以宁夏银川市2010-2019年人口统计年鉴的数据为样本, 首先用GM(1,1)灰色模型对银川市人口总量做短期预测, 最后再用BP神经网络预测模型做检验。通过对比预测结果显示, BP神经网络预测模型的精度高于GM(1,1)灰色预测模型。

**【关键词】** BP神经网络; GM(1,1)灰色模型; 人口预测

人口问题事关国家兴衰和民众福祉, 也是基础性、全局性和战略性问题。宁夏银川市将宁夏所涉及到的各项内容都汇集在一起, 主要包含的有政治、文化、军事、科研、金融、交通和经济等。因此, 对银川市未来人口发展的变化趋势进行有效科学的预测, 从而科学合理的拟定银川市人口规划布局方案对整个宁夏未来的发展具有举足轻重的意义。

20世纪80年代以来, 神经网络在预测领域取得了较为丰硕的研究成果<sup>[1]</sup>。BP神经网络不但具备很强的自适应能力, 而且还具有高精度并行处理信息的能力, 这样便有效的解决了人口预测方法中人为随机性等因素<sup>[2]</sup>。近年来, 国内部分学者通过对全面利用BP神经网络, 对我国各项区域内的人口实行预测<sup>[3-4]</sup>, 结果均表明BP神经网络方法预测人口的可行性。与此同时, 灰色预测模型中的GM(1,1)预测模型所需要的信息量少、运算便捷并且具有较高的建模精确度<sup>[5-6]</sup>, 近几年来也被广泛的应用于各种预测领域。

## 一、GM(1,1)灰色模型

### 1. 模型建立

灰色预测方法具体是指由已经知道的数据或者是未知的数据, 构建一个由以往引申至未来的GM模型<sup>[7]</sup>, 进而明确系统在将来发展变化的情况。通过对时间序列开展数量大小方面的预测, 以实现强化确定性, 及弱化随机性的目的。在此基础上会生成层次上求解而得到相应的生成函数, 最终构建被求序列的数列预测<sup>[8]</sup>。详细步骤如下:

#### (1) 累加生成

累加原始数据  $x^{(0)} = \{x^{(0)}(i), i=1, 2, \dots, n\}$ , 生成新序列  $x^{(1)} = \{x^{(1)}(k), k=1, 2, \dots, n\}$ ;

#### (2) 建模

由  $x^{(1)}$  构造均值生成序列  $z^{(1)} = \{z^{(1)}(i), i=2, 3, \dots, n\}$ 。

相对应于原始数列  $x^{(0)}$  的GM(1,1)灰色预测模型的一阶线性微分方程为:  $\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b$

其指数响应形式为:  $\hat{x}^{(1)}(k+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] \cdot e^{-ka} + \frac{b}{a}$   
 $\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k)$

式中上标“ $\hat{\cdot}$ ”表示预计数值, 参数  $a$  反映灰变量的发展趋势, 其大小反映了序列  $x^{(0)}$  的增长速度。若  $a$  为正, 则说明序列  $x^{(0)}$  的增长速度为单调递减; 若  $a$  为负, 则序列  $x^{(0)}$  的增长速度为单调递增。  $b$  代表灰色作用量, 对  $\hat{x}^{(1)}(k)$  而言,  $b$  是衡量诸多因素对灰变量综合作用的指标。

#### (3) 求解参数

可用最小二乘法可求得参数  $a$  和  $b$ , 若令参数向量为  $\hat{a}$ , 且  $\hat{a} = (a, b)^T$ , 由最小二乘准则, 得  $\hat{a} = (B^T B)^{-1} \cdot B^T \cdot Y_N$ 。

其中数据矩阵  $B$  和数据向量  $Y_N$  为:

$$B = \begin{pmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -Z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}, \quad Y_N = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix}$$

#### (4) 建立预测公式

最后通过累减还原形成序列的预测值, 进而得出还原序列的预测计算式:  $\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k)$ 。

## 2. 模型求解

根据宁夏统计年鉴数据<sup>[9]</sup>整理得到宁夏银川市2010-2019年人口统计表如表1所示。

表1 宁夏银川市2010-2019年人口统计表

年份	2010	2011	2012	2013	2014
总人口/万人	199.3088	202.5667	204.6279	208.2754	212.8991
年份	2015	2016	2017	2018	2019
总人口/万人	216.4119	219.1098	222.5391	225.0560	229.3109

由表1中的数据, 建立具有10个观察值的原始数据序列, 即:

$$x^{(0)} = \{199.3088, 202.5667, 204.6279, 208.2754, 212.8991, 216.4119, 219.1098, 222.5391, 225.0560, 229.3109\}$$

利用MATLAB软件对原数列  $x^{(0)}$  进行一次累加, 编写灰色模型进行拟合, 然后再根据拟合的结果预测2020年银川市人口总数。表2是利用GM(1,1)模型进行仿真得到2010-2019年银川市的数据。

表2 GM(1,1)模型仿真得到银川市人口数量

年份	2010	2011	2012	2013	2014
总人口/万人	199.3088	202.3670	205.5645	208.8125	212.1118
年份	2015	2016	2017	2018	2019
总人口/万人	215.4632	218.8676	222.3258	225.8386	229.4070

由GM(1,1)灰色预测模型得到2020年人口数量的仿真预测值为233.0317万人, 仿真数据的相对残差是0.0022, 方差比为0.0609。

图1是根据GM(1,1)预测模型仿真得到的预测人口数量与原始实际人口数量的比较图。

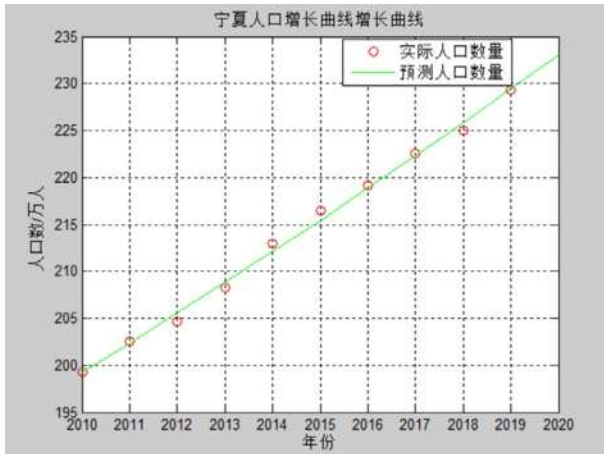


图1 GM(1,1)灰色预测模型仿真数据比较图

GM(1,1)灰色预测模型是拟合参数模型,由原始数据累加生成,得到规律性较强的新序列<sup>[10]</sup>,短期的预测值由函数曲线法拟合得到,但是如果超出这个时间范畴,此模型的预测能力将会明显衰减<sup>[11]</sup>。在实际生活中影响人口增长的动态因素很多,并且在实际预测中不可能全部涉及的到,并且GM(1,1)灰色模型对于十年之后的预测数据误差较大,所以GM(1,1)灰色模型只能用于短期预测。

## 二、BP神经网络模型

### 1. 模型建立

BP神经网络是根据人脑组织结构所构造的数据驱动型模型,是由很多神经元通过某种拓扑结构实行有效连接所构成比较复杂的非线性动力学系统。以此能够达到复杂的关系映射,从大量的历史数据中进行归纳和学习,具有很强的并行处理、联想记忆等非线性特性,在预测评价、智能控制、信号控制、模式识别及工程管理等领域具有广泛的应用<sup>[12]</sup>。

由于神经网络具有通过学习逼近任意非线性映射的能力,将神经网络应用于非线性系统的建模与辨识,可以不受非线性类模型现值的影响,容易给出实现算法,从而给复杂系统的建模带来一种新的、非传统的表达工具<sup>[13]</sup>。BP神经网络由正向传播和反向传播两部分组成。正向传播让输入信息在相应权值、阈值和激活函数的作用下传输到传输层,若输出的结果和期望值的误差大于给定精度时,将返回网络连接线路<sup>[14]</sup>。从输出层至输入层修改各层连接权重,反复迭代,直到传输信号的误差达到允许精度为止,如图2所示。

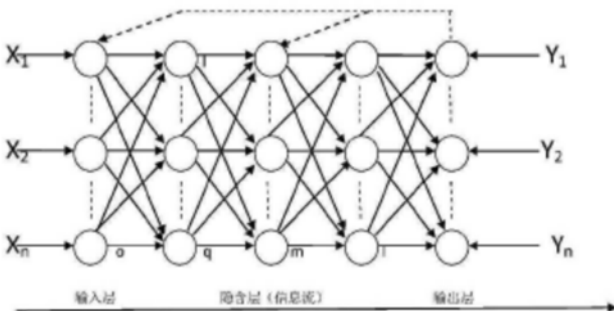


图2 B-P网络结构示意图

### 2. 模型求解

以银川市2010-2019年人口数量作为输入样本矢量集P,对应2010-2019年的总人口归一化后的数据为输出样本观测值T。其中样本矢量集P和样本观测值T分别如下所示:

$$P = [199.3088 \ 202.5667 \ 204.6279 \ 208.2754 \ 212.8991 \ 216.4119 \ 219.1098 \ 222.5391 \ 225.0560 \ 229.3109]$$

$$T = [0 \ 0.1086 \ 0.1773 \ 0.2989 \ 0.4530 \ 0.5701 \ 0.6600 \ 0.7743 \ 0.8582 \ 1.0000]$$

采用BP神经网络模型进行运算,系统仿真得到银川市2010-2019年人口数量如表3所示。

表3 BP神经网络仿真得到银川市人口数量

年份	2010	2011	2012	2013	2014
总人口/万人	199.3088	202.4637	204.5891	208.3421	212.9023
年份	2015	2016	2017	2018	2019
总人口/万人	216.4607	219.1158	222.4523	225.1085	229.2590

通过计算,得到BP神经网络模型仿真数据与原始数据的相对残差是0.0016,方差为0.0571。

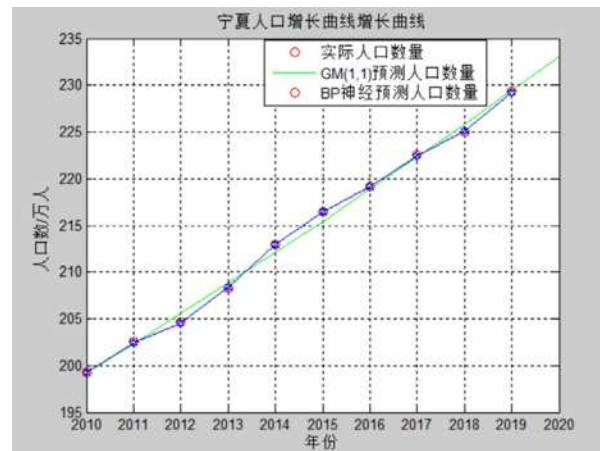


图3 拟合数据与原始数据比较图

图3显示,BP神经网络模型的预测精度高于GM(1,1)灰色模型。通过抑制与激活神经点,从而确定影响指标的参数及影响程度的大小,所以是比较适合的对比检验模型<sup>[15]</sup>。

## 三、结语

预测模型是一种拟合参数模型。而对于GM(1,1)灰色模型若脱离这个时间阶段,模型的预测能力将会大大减弱,所以模拟得到的仿真数据与实际原始数据之间还是有一定的误差<sup>[16-18]</sup>。本文GM(1,1)灰色模型的仿真预测值之所以由BP神经网络模型对此进行检验,是充分利用BP神经网络模型自身对复杂的非线性曲线进行拟合,利用拟合函数对宁夏银川市人口发展趋势做出比较准确的预测。在此同时,若将GM(1,1)灰色模型、BP神经网络及其他预测模型更好地组合起来应用于人口预测系统,也是今后努力的方向。

**项目资助:** 宁夏大学新华学院2018年度科学研究基金资助项目编号:18XHXY03

## 参考文献

- [1] 丁雪, 邓波辰. 改进的 BP 神经网络和灰色模型在人口预测中的应用与比较. 《第九届 (2014) 中国管理学年会——管理与决策科学分会场》[C], 2014.
- [2] 卢志平, 赵紫娟. 基于灰色关联分析的 BP 神经网络模型在我国各省汽车需求预测中的应用 [A]. AEIC Academic Exchange Information Centre(China). Proceedings of the 2018 3rd International Conference on Humanities Science, Management and Education Technology(HSMET 2018) (Advances in Social Science, Education and Humanities Research VOL.237)[C]. AEIC Academic Exchange Information Centre(China): International Conference on Humanities and Social Science Research, 2018:5.
- [3] 张亮亮, 谭杰, 李雄, 田淼琳, 王雪. BP 神经网络在人口模型中的应用 [J]. 黑龙江科技信息, 2014(32):119-120.
- [4] 杨佳琦, 张亚平, 安文忠, 席彪, 祖亮, 单伟颖. 基于 BP 神经网络的京津冀老年人口预测模型的构建及分析 [J]. 承德医学院学报, 2019, 36(01):88-90.
- [5] 胡其志, 刘恒, 田银. GM(1,1) 灰色模型在软基沉降预测中的应用 [J]. 湖北工业大学学报, 2020, 35(04):75-79.
- [6] 顾翠伶, 王宁, 梁艳艳. GM(1,1) 模型在中国人口序列预测中的应用 [J]. 中小企业管理与科技 (下旬刊), 2015(09):121-122.
- [7] 赵东风, 李保良, 路帅, 王靖. 基于线性回归及灰色 - 威布尔模型的化工机械设备损耗预测 [J]. 化工机械, 2011.
- [8] 郑小发, 杨丽基. 于“灰色神经网络”的高职“一身两翼”办学模式优化研究 [J]. 职业教育研究, 2012.
- [9] 宁夏统计年鉴.
- [10] 陈亮, 曹珍崇. 基于灰色理论的电力变压器状态预测方法的研究 [J]. 红水河, 2011.
- [11] 大学生论文联合库, 大学生论文联合库, 2017.
- [12] 汪芸芳, 史意, 陈丽华. 基于 BP 神经网络及灰色 GM(1,1) 模型的服装供应链第三方库存预测应用研究 [J]. 数学的实践与认识, 2020
- [13] 杭力, 韩直, 杜益文. BP 神经网络和 GM(1,1) 灰色模型在公路客运量预测中的应用 [J]. 公路交通技术, 2006.
- [14] 谭骏, 陈兴蜀, 杜敏, 朱锴. 基于自适应 BP 神经网络的网络流量识别算法 [J]. 电子科技大学学报, -2012.
- [15] 王政云, 黄吉川. 数字化制图技术在地质测绘中的应用分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020, (1):144.
- [16] 郭小艳. 数字化制图技术在地质测绘中的应用分析 [J]. 西部资源, 2018, (1):137-138.
- [17] 银航. 基于 logistic map 的未来几年成都市人口数量预测 [J]. 黑龙江科学, 2020, 11(24):148-149.
- [18] 尹德挺, 营立成, 郑澜, 董亭月. 试论中国人口学的本土特色——基于学科体系、学术体系与话语体系的视角 [J]. 北京行政学院学报, 2020(06):97-105.