

基于灰色BP网络的GDP总量组合预测模型应用研究

宣平^{1,2}, 刘建宁³, 李国成¹

(1.安徽大学 数学科学学院,安徽 合肥 230039;2.皖西学院 数理系,安徽 六安 237012;
3.洛阳理工学院 工程管理学系,河南 洛阳 471023)

摘要:将GM(1,1)模型与BP算法相结合建立灰色人工神经网络组合模型应用于GDP总量的预测。以安徽省1992-2007年的数据为例,对2005-2007年的GDP总量进行检验性预测,结果表明灰色人工神经网络组合模型大大提高了预测精度。

关键词:GM(1,1)模型;BP人工神经网络;组合预测;GDP总量

中图分类号:TP183 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-447X(2009)0037-0044-04

0 引言

组合预测的理论和方法是多种预测方法加以组合形成一种新的预测方法,其本质就是将各种单项预测模型看作代表不同信息的片段,通过信息的集成分散单个预测特有的不确定性和减少总体的不确定性,从而提高预测精度。^[1-3]灰色GM(1,1)模型利用累加生成后的新数据建模,在一定程度上弱化了原始数据的随机性,容易找出数据变换规律,且具有建模所需样本少的优点,^[4-6]神经网络具有自学习、非线性映射和并行分布处理的能力。但是灰色预测有预测区间问题,神经网络又有当数据少时网络训练外延差的问题,所以本文结合灰色系统思想与神经网络的优点建立了一个灰色人工神经网络组合预测模型,可充分利用灰色系统少数数据建模和神经网络非线性映射的特性,发挥两者的优势,从而进一步提高预测精度。

1 一般的GM(1,1)预测模型

所谓灰色预测,就是指以GM(1,1)模型为基础

的预测,GM(1,1)模型(Grey Model),主要应用于时间序列预测。建模前一般先对原始数据进行预处理,设时间序列:

$$X^{(0)}(t) = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (1)$$

称 $X^{(1)}(k) = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$ 为 $X^{(0)}(t)$

的一阶累加生成(1-AGO):

$$x^{(1)}(k) = \sum_{t=1}^k x^{(0)}(t), k = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

通过累加生成削弱原始数据的随机干扰,突出系统所蕴涵的内在规律。对生成数据列 $X^{(1)}$ 建立一阶微分方程(状态方程):

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u \quad (3)$$

式中 a, u 为参数,该微分方程的连续解为:

$$x^{(1)}(t) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (4)$$

离散形式的解为:

$$x^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (5)$$

其中: a 和 u 按最小二乘法求出,即

$$[a, u]^T = (B^T B)^{-1} B^T y_n$$

式中:

收稿日期:2008-11-20

基金项目:皖西学院自然科学基金资助(WXZY0706)

作者简介:宣平(1975-),安徽巢湖人,皖西学院讲师,研究方向为应用数学。

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(n-1) + x^{(1)}(n)) & 1 \end{bmatrix}$$

$$y_n = [x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)]^T$$

则 $\hat{x}^{(1)}(k+1)$ 由下式:

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-ak} + \frac{u}{a} \quad (6)$$

求出以后,GM(1,1)模型的时间相应式的累减还原值则可由

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) \quad (7)$$

得出。且有:

- (1)当 $k \leq n$ 时,称 $\hat{x}^{(0)}(k)$ 为模型模拟值;
- (2)当 $k > n$ 时,称 $\hat{x}^{(0)}(k)$ 为模型预测值。

GM(1,1)模型精度检验可利用公式:

$$q^{(0)}(t) = x^{(0)}(t) - \hat{x}^{(0)}(t), e(t) = q^{(0)}(t) / x^{(0)}(t),$$

式中: $q^{(0)}(t)$ 为残差, $e(t)$ 为相对误差。

通常用小误差概率 P 和后验差比值 C 进行模型精度检验,将合格的模型用于预测,并用实际值进行预测精度检验。

2 BP神经网络

2.1 BP神经网络的结构

BP (Back propagation) 网络由 Rumelhart、McClelland 于 1985 年最早提出,实现了 Minsky 的多层网络设想。BP 网络属于多层状型人工神经网络,由若干层神经元组成。典型的 BP 网络是三层前馈神经网络,即输入层 P、隐层 S 和输出层 L。BP 神经网络结构如图 1 所示 (本文讨论输出层只有一个神经元)。

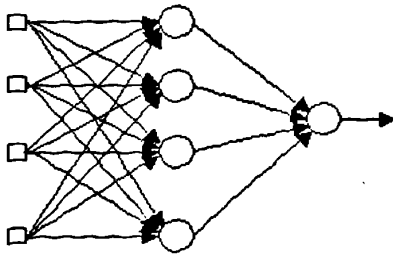


图1 含一个隐层的BP神经网络结构示意图

2.2 BP神经网络的算法

BP神经网络模型把一组输入/输出问题变为一个非线性优化问题,使用优化中最普通的梯度下降法,用迭代法求解相应于学习记忆问题,加入隐节点使优化问题可调参数增加,从而得到更精确解。BP神经网络的学习由四个过程组成,输入模式由输入层经中间层向输出层的“模式顺传播”过程。网络的希望输出与网络实际输出之差的误差信号,由输出层经中间层向输入层逐层修正连接权的“误差逆传播”过程,由“模式顺传播”与“误差逆传播”的反复交替进行的网络“记忆训练”过程,网络趋向收敛即网络的全局误差趋向极小值的“学习收敛”过程。即“模式顺传播”→“误差逆传播”→“记忆训练”→“学习收敛”。BP算法(反向传播算法)是基于导师信号和网络输出误差的平方和最小化原则建立的模型算法,其本质是学习(训练),通过反向传播确定神经网络的权值和阈值,其学习步骤具体如下:

(1)初始化,选定一结构合理的网络,置所有可调参数(权和阈值)为均匀分布的较小数值。

(2)对每个输入样本作如下计算:

1.前向计算

在第 n 次迭代中,对第 l 层的 j 单元,有输入 $v_j^l(n) = \sum_{i=0}^l w_{ji}^l(n) y_i^{l-1}(n)$, 其中 T 为前一层 ($l-1$ 层)的单元数(神经元数), $w_{ji}^l(n)$ 为单元 i 到单元 j 的权, $y_i^{l-1}(n)$ 为其中的单元 i 送来的工作信号 ($i=0$ 时,置 $y_0^{l-1}(n) = -1$, $w_{j0}^l(n) = \theta_j^l(n)$ 为阈值)。若神经元 j 属于第一隐层(即 $l=1$),则有 $y_j^0(n) = x_j(n)$, $x_j(n)$ 为输入样本的第 j 分量(即神经元 j 的输入)。若神经元 j 属于输出层(即 $l=L$),则有 $y_j^L(n) = O_j(n)$ 且误差信号 $e_j(n) = d_j(n) - O_j(n)$, 其中 O_j 为神经元 j 的实际输出 ($O_j = f(v_j)$, f 为激活函数), d_j 为 j 神经元的应有输出。

2.反向计算局部梯度 δ

对输出单元, $\delta_j^L(n) = e_j^L(n) O_j'(n) (1 - O_j(n))_j$,

对隐单元, $\delta_j^l(n) = y_j^l(n) (1 - y_j^l(n)) \sum_k \delta_k^{l+1}(n) w_{kj}^{l+1}(n)$, 其中单元 k 属于后一层 ($l+1$ 层)。

3.按下式修正权值

$w_{ji}^l(n+1) = w_{ji}^l(n) + \eta \delta_j^l(n) y_i^{l-1}(n)$, 其中 η 为学习步长。

(3)置 $n=n+1$,输入新的样本(或新一周期样本),直至总的平均误差 E_{AV} 达到预定要求,训练时

各周期中样本的输入顺序要重新随机排序。 E_{AV} 的计算式采用如下:

$$E_{AV} = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \sum_{j \in c} e_j^2(n),$$
 其中 N 为训练集中样本总数, c 包括所有输出单元。

BP 算法的整个学习过程的流程如图 2 所示。

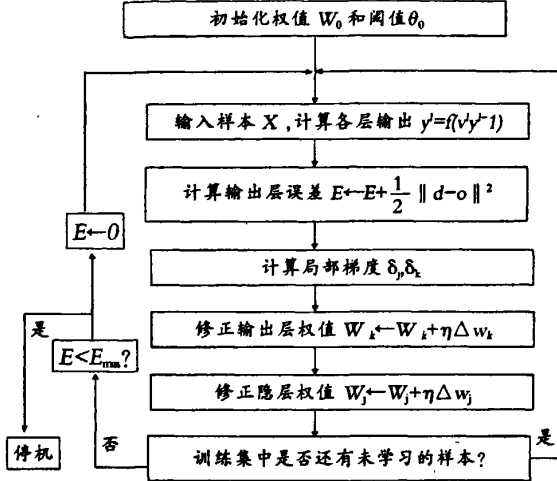


图 2 BP 算法流程图

3 灰色神经网络组合预测模型

3.1 建模原理和模型结构

BP 神经网络模型的优点是短期预测精度很高,具有局部逼近网络的特点,可以近似任何非线性函数,不足之处是需要较为全面、能代表各种情况的样本数据,否则训练出来的神经网络外延性很差。灰色 GM(1,1)模型利用累加生成后的新数据建模,在一定程度上弱化了原始数据的随机性,容易找出数据变换规律,且具有建模所需样本少的优点。考虑到神经网络对复杂非线性的拟合能力,构造了一个基于 GM 和 BP 的灰色神经网络组合预测模型。灰色神经网络是指将灰色系统和神经网络相结合的算法,使两者优势互补,从而提高计算精度和运算能力,更好地解决复杂的不确定性问题。灰色神经网络组合预测模型是对经过初始处理的历史数据分别用 GM(1,1)模型进行预测和 BP 神经网络进行训练和仿真,再把预测和仿真的结果进行线性组合并利用最小二乘法求出组合的权重,最后利用组合模型采用相应的历史数据对未来进行预测,即为组合模型的预测结果。该组合模型是由一个 GM(1,1)模型和一个包含 3 层的 BP 神经网络构成,其中 BP 神经网络是具有偏差和 1 个 S 型隐含层加上 1 个线性输出层,具有逼近任何有理函数的特性,通过训练使得神经网络来模拟序列数

据之间与序列之间的关系,模型结构如图 3 所示。

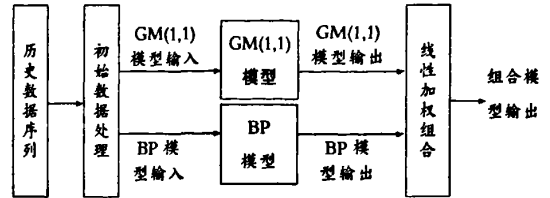


图 3 灰色神经网络组合模型示意图

3.2 组合预测模型的算法步骤

1.初始数据处理:对于 GM(1,1)预测模型本文直接采用原始数据序列进行建模预测,对于 BP 神经网络预测模型本文采用由原始数据序列产生的增量数据序列,具体计算为: $\Delta p_t = p_{t+1} - p_t, t=1, 2, \dots$, 其中 p_t 为时间序列点 t 对应的原始数据。同时对所得到的增量数据序列进行归一化处理,使得所有数值落入(0,1),其计算采用式 $\hat{x} = \frac{x - \beta x_{\min}}{\alpha x_{\max} - \beta x_{\min}}$, 其中 α, β 为可调的松弛参数,用于克服神经网络预测的外延问题,其值可通过对未来数据的预判进行设定。

2.GM(1,1)模型预测:对原始数据序列用 GM(1,1)模型进行变维数预测,寻找到最优的维数并得到相应的预测结果序列数据。

3.生成训练样本集:对由(1)所得到的归一化处理后的数据序列 $\{\Delta p_t, t=1, 2, \dots, n\}$,以窗口长度为 4 生成 $4 \times (n-3)$ 矩阵数据(前三行为输入样本,最后一行为目标样本),其每一列即为一个训练样本,共有 $n-3$ 样本构成训练样本集,用于训练 BP 网络。

4.训练 BP 网络:将样本数据赋给 BP 网络输入层相应的节点,按照前文所述的 BP 学习算法进行循环学习,直至误差达到要求。

5.用训练好的 BP 网络进行仿真:将训练样本和测试样本作为 BP 网络的输入,用(4)所训练好的 BP 网络进行仿真,得到 BP 网络模型的预测结果,并用归一化和增量的逆运算得到原始数据序列的预测值。

6.线性组合权重的确定:对 GM(1,1)模型和 BP 网络模型的预测结果序列及原始数据序列采用最小二乘法计算出组合预测模型的权重。

7.组合预测:利用(2)和(5)中得到的两种预测模型的预测结果及(6)计算出的组合权重计算出组合预测结果。

4 模型的检测和应用

4.1 2005-2007 年安徽省 GDP 总量的检验性预测

根据《中国统计年鉴(2007)》和《安徽省统计年

鉴(2006)》及《2007年安徽省国民经济和社会发展统计公告》的统计数据,本文选取序列1992-2007年安徽省GDP总量数据作为序列数据,分别用GM(1,1)模型、BP网络模型和灰色人工神经网络组合预测模型来进行预测2005-2007年共3年的安徽省GDP总量,以此检验模型的预测精度,其中BP网络输入和输出节点数分别为3、1,隐含层节点数根据神经网络优化理论确定为7,隐含层激活函数用tansig函数,输出层采用purelin函数,并选择trainlm学习算法加快训练学习速度,训练步数设为1000,,差目标设为0.001,其中利用最小二乘法得到组合模型中GM模型和BP网络模型的权重分别为0.213、0.787,具体结果如表1所示。

表1 对2005-2007年安徽省GDP总量预测(单位:亿元)

模型	实际值	预测值	残差	相对误差(%)
0 GM(1,1)模型	5375.1	5706.1	-331.0	6.158
5 BP网络模型	5375.1	5545.6	-170.5	3.172
年 组合模型	5375.1	5579.8	-204.7	3.808
0 GM(1,1)模型	6148.7	6669.3	-520.6	8.467
6 BP网络模型	6148.7	6009.9	138.8	2.257
年 组合模型	6148.7	6150.4	+1.7	0.028
0 GM(1,1)模型	7345.7	7433.1	-87.4	1.190
7 BP网络模型	7345.7	7138.7	207.0	2.818
年 组合模型	7345.7	7201.4	144.3	1.964

其中,组合模型预测结果的3年平均相对误差为1.933%,远低于GM(1,1)模型的5.272%和BP网络模型的2.749%。

4.2 未来5年安徽省GDP总量的预测

本文对所使用的序列数据进行GM(1,1)模型维数优化时得到最佳的维数是7维,属于短序列预测,只适合短期的GDP总量的预测,所以对2008-2012年共5个时间序列点的安徽省GDP总量进行预测,结果如表2所示。

表2 对2008-2012年安徽省GDP预测 (单位:亿元)

年份	2008	2009	2010	2011	2012
GDP总量	8.1961	9.1535	10.2437	11.4958	12.8924

5 结论

从表1我们可以看出采用组合模型,由于它包含了两种预测模型的有用信息,兼具两种模型的优点,其预测效果比一般的单一的预测模型都要好,明显提高了预测的精度,对短期的预测是很可靠的,具有一定的实际意义。同时,GDP增长量归一化方法可以基本克服神经网络预测的外延问题,而且采取可调的松弛参数,只要预判合理、选取合适参数,就不会陷入网络训练“盲区”,从而提高神经网络的泛化能力。

参考文献:

- [1]唐小我,曹勇.组合预测误差校正模型的应用分析[J].管理科学学报,2002,5(6):53-64.
- [2]党耀国,刘思峰,刘斌.以 $x^{(0)}(n)$ 为初始条件的GM模型[J].中国管理科学,2005,13(1):132-135.
- [3]张大海,江世芳,史开泉.灰色预测公式的理论缺陷及改进[J].系统工程理论与实践,2002,(8):140-142.
- [4]张青.基于神经网络最优组合预测方法的应用研究[J].系统工程理论与实践,2001,21(9):90-93.
- [5]司听.预测方法中的神经网络模型[J].预测,1998,2:32-35.
- [6]尹春华,陈雷.基于BP神经网络人口预测模型的研究与应用[J].人口学刊,2005,(2):44-48.
- [7]邓聚龙.累加生成灰指数律[J].华中工学院学报,1987,15(5):7-12.
- [8]阎平凡,张长水.人工神经网络与模拟进化计算(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [9]唐小我.预测理论及其应用[M].武汉:电子科技大学出版社,1992.

责任编辑:胡德明

A Combined Prediction Model Based on Grey Artificial Neural Network and Its Application

Xuan Ping^{1,2}, Liu Jianning³, Li Guocheng¹

(1.School of Mathematical Science, Anhui University, Hefei 230039, China;

2.Department of Mathematics & Physics, West Anhui University, Luan 237012, China;

3. Department of Engineering Management, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471023, China)

Abstract: To forecast GDP gross, a combined prediction model is built on the basis of BP neural network and grey system theory. Then based on the GDP gross of Anhui (from 1992 to 2007), the GDP gross of Anhui (from 2005 to 2007) is forecasted by grey neural network combined model. The results show that the prediction accuracy is improved.

Key words: GM(1,1) model; BP artificial neural network; combined forecasting; GDP gross

基于灰色BP网络的GDP总量组合预测模型应用研究

作者: [宣平](#), [刘建宁](#), [李国成](#), [Xuan Ping](#), [Liu Jianning](#), [Li Guocheng](#)
 作者单位: [宣平, Xuan Ping \(安徽大学, 教学科学学院, 安徽, 合肥, 230039; 皖西学院, 数理系, 安徽, 六安, 237012\)](#), [刘建宁, Liu Jianning \(洛阳理工学院, 工程管理学系, 河南, 洛阳, 471023\)](#), [李国成, Li Guocheng \(安徽大学, 教学科学学院, 安徽, 合肥, 230039\)](#)
 刊名: [黄山学院学报](#)
 英文刊名: [JOURNAL OF HUANGSHAN UNIVERSITY](#)
 年, 卷(期): 2009, 11(3)
 引用次数: 0次

相似文献(9条)

1. 期刊论文 [宣平](#), [刘建宁](#), [XUAN Ping](#), [LIU Jian-ning](#) [灰色人工神经网络组合预测模型及其应用研究](#) - [宿州教育学院学报](#)2008, 11(6)

将GM(1, 1)模型与BP算法相结合建立灰色人工神经网络组合模型应用于GDP总量的预测。以安徽省1992~2007年的数据为例, 对2005至2007年的GDP总量进行检验性预测, 结果表明灰色人工神经网络组合模型大大提高了预测精度。
2. 期刊论文 [金如锋](#), [黄成钢](#), [邱宏](#), [王中民](#), [黄品贤](#), [周霞](#), [王国复](#), [魏建子](#) [4种模型对我国某地区肺结核发病率的预测](#) - [现代预防医学](#)2008, 35(24)

[目的]对我国某地区的肺结核年发病率进行预测。[方法]采用2000~2005年的年发病率建立GM(1, 1)模型。采用2000~2005年月发病率建立ARIMA(P, d, q) (P, D, Q)s模型, 并结合同期气象因素, 建立多元线性回归模型和BP人工神经网络模型。以2006年的实际年发病率验证4种模型的预测效果, 评价指标为相对误差。选取相对误差最小的预测模型为最佳预测模型。[结果]GM(1, 1)模型、ARJMA模型、多元线性模型、BP人工神经网络模型对2006年肺结核年发病率的预测值分别为126.18/10万、126.84/10万、98.95/10万和111.19/10万。以上4个模型的相对误差依次为19.84%、20.49%、5.39%和4.86%。BP人工神经网络模型为最佳预测模型。[结论]对于肺结核发病率的预测, 应同时拟合几种模型, 并选择其中拟合效果最好的一种模型。
3. 期刊论文 [孙学浩](#), [孙惠合](#) [宿州市秋冬连旱的灰色BP神经网络预测模型](#) - [安徽农业科学](#)2009, 37(24)

秋冬连旱是影响宿州冬小麦、油菜等越冬作物生长发育的重要因素。以Z指数 ≤ -0.8 为标准, 确定宿州市秋冬持续重旱年份序列, 建立GM(1, 1)预测模型, 并应用BP人工神经网络(BP-ANN)对残差进行拟合, 对GM(1, 1)预测模型进行修正。结果表明, 拟合结果较单一的GM(1, 1)模型有一定提高。预测2008年后的下一个宿州市秋冬(10月~2月)持续重旱年度发生在2017~2018年, 对当地农业生产和防灾减灾有一定的参考价值。
4. 期刊论文 [孔令孜](#), [张怀清](#), [陈永富](#), [赵天忠](#), [KONG Ling-zi](#), [ZHANG Huai-qing](#), [CHEN Yong-fu](#), [ZHAO Tian-zhong](#) [森林资源蓄积量预测技术初探](#) - [林业科学研究](#)2008, 21(z1)

以福建省三明市森林资源二类调查资料为基础数据, 采用VB编程语言, 自主开发了森林资源蓄积量预测系统, 用GM(1, 1)模型、复利公式和BP人工神经网络模型分别对森林资源蓄积量进行宏观预测。3种方法的预测结果显示:BP人工神经网络模型拟合效果较好, 其次是灰色系统模型, 平均相对误差最大的是复利公式。最后分析了3种方法的优劣, 探讨进一步优化的方法。
5. 期刊论文 [苏安玉](#), [李衡](#), [濮励杰](#), [彭补拙](#), [付强](#), [Su An-yu](#), [Li Heng](#), [Pu Li-jie](#), [Peng bu-zhuo](#), [Fu Qiang](#) [基于RAGA- BP神经网络模型的三江平原地下水资源预测研究](#) - [地理科学](#)2009, 29(2)

采用基于实数编码的加速遗传算法(RAGA)代替传统的最小二乘法以优化GM(1, 1)模型参数, 并与BP人工神经网络相组合, 形成了基于RAGA的等维灰色递归BP神经网络预测模型。运用此模型对三江平原创业农场地下水埋深进行动态预测, BP神经网络结构确定为3:12:3, 预测结果的相对误差只有2.33%, 与传统的GM(1, 1)模型和BP神经网络模型预测结果相比, 预测精度显著提高。通过此模型预测, 从2007年到2012年, 该地区地下水年平均下降0.3 m。
6. 期刊论文 [余志武](#), [薛凯](#), [丁发兴](#), [YU Zhi-wu](#), [XUE Kai](#), [DING Fa-xing](#) [灰色神经网络在混凝土结构徐变预测中的应用](#) - [铁道科学与工程学报](#)2009, 6(2)

根据灰色系统理论处理贫信息系统的优势, 以及神经网络学习和自适应的优点, 将灰色神经网络组合算法应用于混凝土结构的徐变预测中。利用GM(1, 1)模型和BP人工神经网络, 建立灰色新陈代谢短期组合预测模型和长期组合预测模型。该组合模型既克服了原始数据少, 数据波动性大对预测精度的影响, 也增强了预测的自适应性。通过自密实预应力混凝土梁长期变形试验结果的算例分析, 表明短期和长期组合模型的预测结果均与试验结果吻合良好, 该模型可以作为混凝土结构徐变预测的有效工具。
7. 期刊论文 [陈跃良](#), [杨晓华](#), [吕国志](#) [结构腐蚀损伤定量预测方法对比研究](#) - [中国腐蚀与防护学报](#)2003, 23(1)

用BP人工神经网络(artificial neural net简称ANN)算法分别对飞机结构材料、1Cr17不锈钢腐蚀损伤数据进行学习训练, 建立了腐蚀损伤与环境条件的映射模型, 并预测腐蚀损伤值。分析了三种预测方法的预测精度。得到了ANN预测的精度比灰色GM(1, 1)模型及Logistic模型的预测精度高, 且对数据有较好的适应能力的结论:采用ANN技术定量预测飞机结构腐蚀损伤是一种较好工程方法。
8. 期刊论文 [孙群](#), [ZHAO Ying](#), [孟晓风](#), [SUN Qun](#), [ZHAO Ying](#), [MENG Xiao-feng](#) [基于灰色组合模型的校准间隔优化仿真](#) - [系统仿真实报](#)2008, 20(9)

针对测量仪器校准间隔的优化问题, 分析了历史校准数据的特征, 描述了校准数据动态发展的数学模型, 提出一种灰色组合模型进行校准间隔的预测仿真。灰色组合模型的思想是:采用灰色GM(1, 1)模型预测历史校准数据序列的趋势性成分, 同时引入AR模型、BP人工神经网络模型和马尔可夫模型三者的组合模型预测随机性成分。仿真实验表明:灰色组合模型适应了校准数据小样本、非线性的特点, 适合于校准间隔的预测仿真。
9. 期刊论文 [田建华](#), [穆海林](#), [张明](#), [宁亚东](#), [康旭东](#), [宋永臣](#) [基于并联灰色神经网络的交通运输能源消费与环境排放预测](#) - [中国科技博览](#)2008(18)

本文在考虑影响交通运输能源消费量影响因素的基础上, 应用GM(1, 1)灰色预测模型和BP人工神经网络模型, 建立了我国交通运输能源消费并联灰色BP神经网络预测模型, 并根据1995~2005年相关计算数据, 预测了我国至2020年高低经济增长情景下铁路、道路、水运、民航部门的能源消费和环境排放量。

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hsyxb200903011.aspx

下载时间: 2009年10月23日