

理论方法 · 文章编号:1002-980X(2006)06-0121-04

小波神经网络预测方法在石油期货价格预测中的应用研究

向小东

(福州大学 管理学院,福州 350002)

摘要:金融时间序列数据的预测是预测领域的热点问题。本文结合小波变换与神经网络的有关理论,给出了基于小波神经网络的石油期货价格预测具体学习算法并进行了拟合及检测,结果表明该方法具有比常用的BP算法及径向基函数网络算法(HCM算法)更好的拟合能力、推广能力,可为石油期货买卖决策提供一定的依据,并可推广于其它金融时间序列的预测。

关键词:小波神经网络;石油期货价格;预测

中图分类号:F224.9 **文献标志码:**A

一、引言

金融及金融衍生市场,具有高收益与高风险并存的特性。关于金融时间序列分析与预测的研究一直为人们所关注。但是,由于金融及其衍生市场的高度非线性,众多分析与预测方法如定性预测法、ARIMA模型预测法、计量经济模型法等的应用效果大多难如人意。近年来,计算机技术与人工智能技术的迅猛发展,为金融时间序列的建模与预测提供了新的技术与方法,于是人们提出了用人工神经网络方法分析与预测金融时间序列,而人工神经网络方法在应用中难以科学地确定网络结构,其常用的BP算法存在收敛速度慢和易陷入局部极小值等缺陷,从而影响了预测的准确性和可靠性。后来,针对BP算法易陷入局部极小值的缺陷,人们提出了径向基函数(RBF)网络,但径向基函数(RBF)网络中径基函数曲线宽度参数b目前还主要靠人的经验确定,缺乏理论基础。

小波神经网络是近几年国际上新兴的一种数学建模分析方法,是结合最近发展的小波变换良好的时频局域化性质与传统神经网络的自学习功能而形成的。它是通过对小波分解进行平移和伸缩变换后而得到的级数,具有小波分解的一般逼近函数的性

质。并且,由于它引入了两个新的参变量,即伸缩因子和平移因子,所以小波神经网络具有比小波分解更多的自由度,从而使其具有更灵活有效的函数逼近能力和较强的容错能力,可以有效地克服普通人工神经网络模型所固有的一些缺陷。基于此,本文用小波神经网络对石油期货价格时间序列数据进行了拟合及检测,并与常用的BP算法、径向基函数(RBF)网络中的HCM算法的结果作了分析比较。

二、基于小波神经网络的预测方法

设函数 $f(x)$ 满足容许条件,即

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|^2 dx < \infty$$

那么可数集合

$$= \left\{ \frac{1}{\sqrt{a_k}} \left[\frac{x - b_k}{a_k} \right]; a_k \in R_+, b_k \in R, k \in Z \right\}$$

满足框架性质^[1-3],即存在两个常数 $0 < A < B < \infty$

,使得对任意的 $f \in L^2(R)$,有

$$A \|f\|_2^2 \leq \sum_k | \langle f, \phi_k \rangle |^2 \leq B \|f\|_2^2$$

上式表明框架 $\{\phi_k\}$ 在 $L^2(R)$ 中是稠密的,即框架中元素的所有线性组合的集合

$$g(x) = \sum_{k=1}^T w_k \phi_k(x), \quad k \in Z \quad (1)$$

收稿日期:2006-01-17

基金项目:福州大学科技发展基金资助(2004-XQ(S)-05)

作者简介:向小东(1973-),男,四川广安人,福州大学管理学院副教授,管理科学与工程博士,主要从事系统分析与决策、风险管理等方向的研究。

在 $L^2(R)$ 中是稠密的。式中, T 为小波基的个数。

于是有如下形式的所有有限和的全体

$$g(x) = \sum_{k=1}^T w_k \frac{1}{\sqrt{a_k}} \left(\frac{x - b_k}{a_k} \right) \quad (2)$$

在 $L^2(R)$ 中是稠密的。

比较式(1)与式(2),显然式(2)中的参数个数比式(1)多,式(1)与式(2)分别称为小波分解与小波网络。在小波分解中,如果基函数固定,则只有系数 w_k 是可调参数,而在小波网络中, w_k 、 a_k 和 b_k 均为可调参数,这使得网络学习非线性函数较为灵活,可以满足较高的逼近精度要求。

式(2)与下式是等价的

$$g(x) = \sum_{k=1}^T w_k \left(\frac{x - b_k}{a_k} \right) \quad (3)$$

对于具有 m 个输入的多输入网络,式(3)变为

$$g_t(x) = \sum_{k=1}^T w_k \left(\frac{\sum_{i=1}^m u_{ki}x_t(i) - b_k}{a_k} \right) \quad (4)$$

其对应的网络结构如图 1 所示(结合本文目的,只考虑一个输出值的情况)。

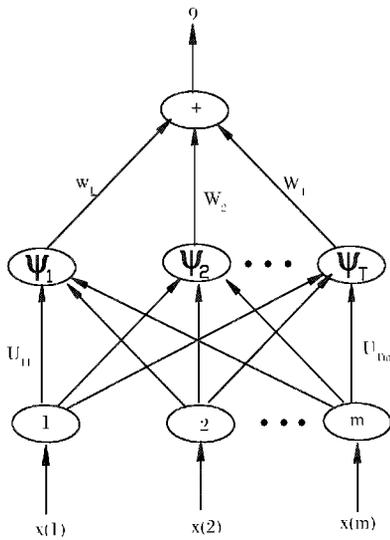


图 1 小波神经网络的结构

对于输入输出为 (x_t, y_t) ($t = 1, 2, \dots, N$) 的 N 个样本对,我们的目的是确定网络参数 u_{ki} 、 a_k 、 b_k 和 w_k ,使得 $g_t(x)$ 与 y_t 两序列拟合最优,其中参数 u_{ki} 、 a_k 、 w_k 和可以通过下述误差能量函数进行优化

$$E_t = 0.5 (g_t(x) - y_t)^2$$

在式(4)中,我们采用人们使用较多的 Morlet 母小波,即

$$\psi(x) = \cos(1.75x) \exp(-0.5x^2)$$

小波神经网络学习的具体算法如下:

(1) 网络参数的初始化:将网络的伸缩因子 a_k , 平移因子 b_k 以及网络的连接权重 u_{ki} 和 w_k 赋予零附近的随机的初始值;

(2) 输入学习样本 x_t 及相应的期望输出 y_t ;

(3) 利用当前网络参数计算出网络的输出:

$$g_t(x) = \sum_{k=1}^T w_k \left(\frac{\sum_{i=1}^m u_{ki}x_t(i) - b_k}{a_k} \right);$$

(4) 修改网络参数值:

$$\nabla w_k = \frac{\partial E_t}{\partial w_k} = (g_t(x) - y_t) \left(\frac{\sum_{i=1}^m u_{ki}x_t(i) - b_k}{a_k} \right)$$

$$\nabla a_k = \frac{\partial E_t}{\partial a_k} = (g_t(x) - y_t) w_k \frac{\partial}{\partial a_k}$$

$$\nabla b_k = \frac{\partial E_t}{\partial b_k} = (g_t(x) - y_t) w_k \frac{\partial}{\partial b_k}$$

$$\nabla u_{ki} = \frac{\partial E_t}{\partial u_{ki}} = (g_t(x) - y_t) w_k \frac{\partial}{\partial x_t} x_t(i)$$

其中: $x_t = \sum_{i=1}^m u_{ki}x_t(i)$, $t_n = \frac{x_t - b_k}{a_k}$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial a_k} &= \cos(1.75 t_n) \exp(-0.5 t_n^2) \frac{t_n}{a_k^2} \\ &+ 1.75 \sin(1.75 t_n) \exp(-0.5 t_n^2) \frac{1}{a_k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial b_k} &= \cos(1.75 t_n) \exp(-0.5 t_n^2) \frac{t_n}{a_k} \\ &+ 1.75 \sin(1.75 t_n) \exp(-0.5 t_n^2) \frac{1}{a_k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_t} &= -\cos(1.75 t_n) \exp(-0.5 t_n^2) \frac{t_n}{a_k} \\ &- 1.75 \sin(1.75 t_n) \exp(-0.5 t_n^2) \frac{1}{a_k} \end{aligned}$$

$$w_k = w_k - \eta \cdot \nabla w_k \quad a_k = a_k - \eta \cdot \nabla a_k$$

$$b_k = b_k - \eta \cdot \nabla b_k \quad u_{ki} = u_{ki} - \eta \cdot \nabla u_{ki}$$

(5) 计算误差和:

$$E = 0.5 \sum_t E_t = 0.5 \sum_t (g_t(x) - y_t)^2$$

(6) 返回第(2)步,向网络加下一个模式对,直到 N 个模式对均循环一遍,再进行第(7)步;

(7) 若 $E < E_{\max}$ (预先选定的某值)或达到最大训练步数,则停止训练;否则,令 $E = 0$,返回第(2)步。

三、石油期货价格的预测

石油是当今世界的重要能源之一,对各国国民经济和国家安全都具有重要的意义。从 1998 年开始,我国国内原油价格正式与国际油价接轨,因此,

国际原油价格水平对我国石油工业以及相关石油、石化企业的发展有着直接的影响。随着我国对石油消费需求的不断增加,国际原油价格的预测对于国家制定能源政策和微观经济主体规避价格风险的意义也越来越重大。把原油期货价格看作一个时间序列,笔者用上述小波神经网络预测方法、BP神经网络学习算法^[4]、径向基函数(RBF)网络中常用的HCM算法^[5]分别对其进行了拟合及检测。所用数据是中国能源网纽约市场国际原油期货价格数据,从2003年初到2005年8月底共666个数据,前500个数据用于学习,其余166个数据用于检测。输入采用时间序列的滞后项,为4个,选用了10个小波函数(对其它神经网络为10个隐节点,径向基函数网络中所用基函数为 $R_k(X) = \exp[-(X - C_k)^2 / (10^{-2}k)]$),一个输出,结果如图2至图7及表1所示。图中,实线代表原始数据,虚线代表学习或检测结果。显然,小波神经网络在拟合精度、检测精度方面均优于常用的BP神经网络学习算法及径向基函数(RBF)网络中的HCM算法。

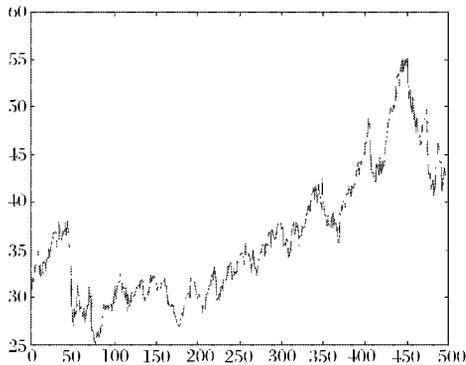


图2 小波神经网络学习结果

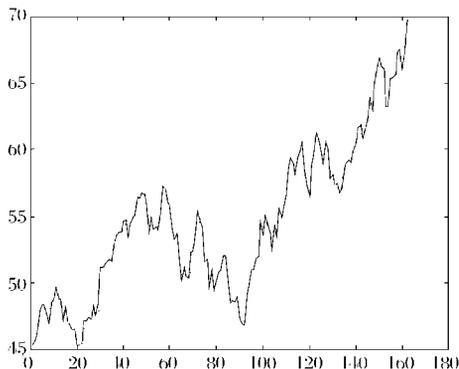


图3 小波神经网络检测结果

笔者认为,之所以小波神经网络预测方法表现出了比其它方法更好的性能,主要是因为小波函数具有的良好的局部化性质,即小波函数中参数 b_k 的

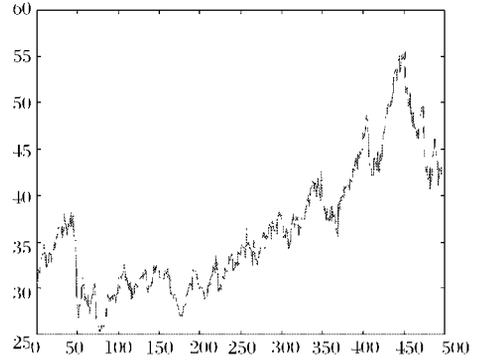


图4 BP神经网络学习结果

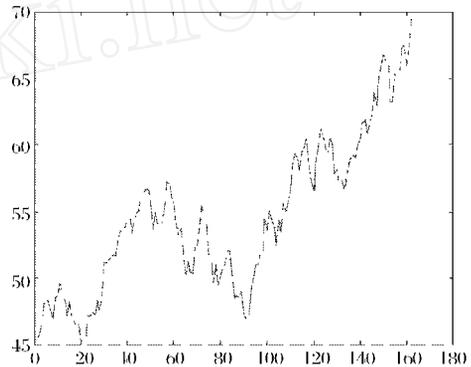


图5 BP神经网络检测结果

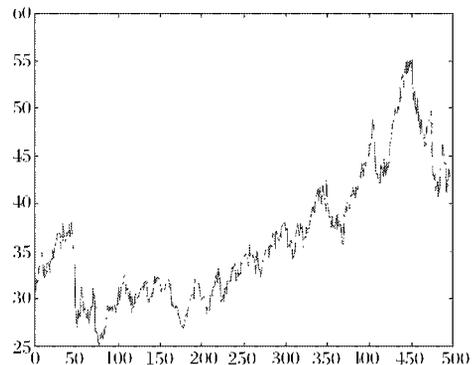


图6 RBF网络学习结果

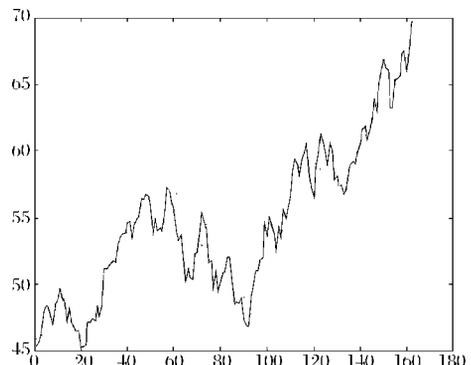


图7 RBF网络检测结果

表1 小波神经网络、BP神经网络、RBF网络学习及检测结果

	拟合误差平方和	检测误差平方和	迭代步数
小波神经网络	4.14059	5.6205	500
BP神经网络	77.05096	25.2157	500
RBF网络	7.14224	5.8580	500

变化起的平移作用,参数 a_k 的变化改变了小波的频谱结构及其窗口的大小与形状,起着放大和缩小作用。而BP神经网络由于陷入了局部极小,故拟合及检测误差皆较大。RBF网络克服了BP网络陷入极小的缺点,因而性能较BP网络有了明显改善,但由于凭经验确定的径基函数曲线宽度参数不一定是最合理的,故其结果也不尽如人意。

四、结束语

由于小波神经网络综合了小波分析和传统神经

网络的优点,具有对数据进行时频局部化分析及自学习能力,从而在处理具有突变现象的非线性数据如石油期货价格等的拟合及预测方面表现出了优于传统神经网络方法的适应能力,可为石油期货买卖决策提供一定的依据,并可推广于其它金融时间序列的预测,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 赵松年,熊小芸.子波变换与子波分析[M].北京:电子工业出版社,1997.
- [2] 程正兴.小波分析算法与应用[M].西安:西安交通大学出版社,1999.
- [3] 陈森发.复杂系统建模理论与方法[M].南京:东南大学出版社,2005.
- [4] 王文成.神经网络及其在汽车工程中的应用[M].北京:北京理工大学出版社,1998.
- [5] 王上飞,周佩玲等.径向基神经网络在股市预测中的应用[J].预测,1998,17(6):44-46.

The Application Research of Forecasting about Petroleum Futures Price Based on Wavelet Neural Network Forecasting Method

XIANG Xiao-dong

(Management School, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract : The forecasting of finance time series data is hot spot questions in forecasting fields. This paper gives out the learning algorithm of forecasting about petroleum futures price by combining the wavelet transform and neural network theory. The learning and testing results prove wavelet neural network forecasting algorithm superior to BP algorithm and radial basis function network algorithm(HCM algorithm) in common use. So ,wavelet neural network forecasting method can provide some basis for the petroleum futures buying and sellenges , and can popularize in other finance time series forecasting.

Key words : wavelet neural network ;petroleum futures price ;forecasting