

基于小波神经网络的气温预测研究

王芳,勾永尧 (西南科技大学经济管理学院,四川绵阳 621000)

摘要 主要参考温度信号的固有特性,以1951~2014年的重庆市温度数据为例,使用小波神经网络(WNN)对温度进行预测估计。实证结果表明,该研究建立的小波神经网络能够对未来气温进行较好的预测,进而可应用于天气衍生品定价等领域,实现对冲天气风险。
关键词 天气风险管理;天气衍生产品;小波神经网络;温度预测
中图分类号 S165;TP391.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)25-205-02

Research on Temperature Forecasts Based on Wavelet Neural Network
WANG Fang, GOU Yong-yao (School of Economics and Management, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621000)
Abstract The paper sets up weather change's stochastic model basing on temperature inherent characteristic. Taking temperature data of Chongqing from 1951 to 2013 as training set, it estimates the temperature in wavelet neural network model. The results of empirical simulation and model verification show that the model has relative minor error and wavelet neural network can better imitate temperature index in the future. Then, it can apply in pricing weather derivatives.
Key words Weather risk management; Weather derivatives; Wavelet neural network; Temperature prediction

气候变化对农业经济、环境、水资源和工业生产等影响巨大^[1-2]。由于气温、湿度、降雨量、降雪量、水流量等非灾难性的天气变化所导致的相关商品的制造成本或市场需求发生波动,从而相应的引起相关企业现金流和利润的不确定性,该不确定性称之为天气风险^[1-2]。实际上,温度的高低变化是最基本的天气状况,对农业、能源部门、零售业、建筑业、运输业等均产生不同程度的影响。因此,研究气候预测对提高国民经济安全性具有重要的科学意义和实际意义。

温度信息是天气气候变化的最重要的表现之一,假设数学模型的思路被学术界广泛使用^[2-3],且气候系统是一个高阶非线性系统,这就从理论上反映了气候预测问题的重要性和具有高难度的特点。小波的优良特性在许多应用领域得到充分体现,涂春丽等^[2-4]证明了神经网络在温度预测问题上的有效性。该研究采用1951年1月~2014年12月的重庆市月平均温度,构建小波神经网络(WNN)模型实现对温度进行预测估计。

1 小波变换和神经网络

1.1 小波变换

小波变换是由傅立叶变换(FT)和加窗FT发展而来的。FT的理论是人类数学发展史上的一个里程碑,一个非常重要的原因是FT变换得到的频域信息在许多问题中具有显著的物理意义,这就使得FT变换在大量的工程领域得到了重视。

加窗FT是一种FT的改进模型,但由于“时间—频率窗”的宽度对于观察所有的频率是不变的,因此,加窗FT对于高频与低频差别很大的信号仍然有效性不足。总之,FT和加窗FT具有以下几个局限性:FT级数不能有效地反映振幅变化;求FT系数需要使用时间域上的所有信息,不能反映信号的局部特征;加窗FT的时间窗是固定不变的,使得高频信息与低频信息的时间局部化不能同时满足。为了解决上

述不足,产生了小波分析。

小波将函数 $f(t)$ 分解为小波级数:
$$f(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} d_{j,k} \Psi_{j,k}(t)$$
 $\Psi_{j,k}(t) = \Psi(2^j t - k)$,其中, $\Psi(t)$ 是小波函数, $d_{j,k}$ 是表示小波基函数与原信号相似性的小波系数。小波系数同时包含了频率指标 j 和时间指标 k ,不同的时刻同一频率指标的小波系数是不同的,这样就克服了上面所分析的第一个不足。由于小波函数 $\Psi(t)$ 具有紧支撑的优良性质,仅需要该时刻附近的某些信息,便可求得小波系数 $d_{j,k}$ 在各频率水平不同时刻的值,由此,克服了上述第2个不足。小波变换的“时间—频率窗”的宽度可变,因此只要不需要同时检测高频与低频信息,就可以克服上面所述的第3个不足了。

1.2 人工神经网络

人工神经网络(ANN)是一种以模仿人脑结构机理为宗旨的机器学习系统。通常以下2个方面可决定一个ANN的功能:①网络的拓扑结构,即各人工神经元之间的相互连接方式(图1);②网络中连接权值的调整规则^[1]。

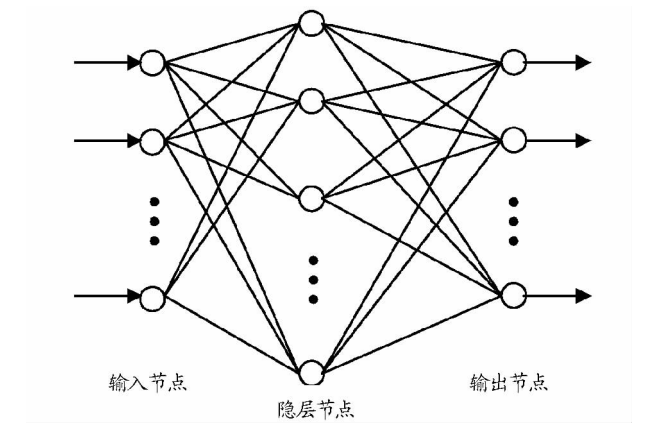


图1 三层神经网络模型的拓扑结构

1.3 小波神经网络

小波神经网络(WNN)是一种以BP神经网络为基础,同时以小波基函数为隐层节点的传递函数,信号前向传播的同时误差反向传播的ANN。与小波分解相比较,小波神经网络自由度更多且其逼近能力更强。另

外,逼近能力还可通过选取适当的网络参数和算法来进一步提高。从设计角度来看,WNN 在继承了小波变换和神经网络的优点的同时避免了一些缺陷,如小波神经网络是有理论依据支撑的,因此可避免网络设计时的盲目性,另外,并不是只有正交小波基可以作为小波基函数。得益于网络初始化且将小波分析理论应用于学习过程中,所以小波神经网络逼近能力更强且收敛速度更快。

2 利用小波神经网络进行温度预测

2.1 基于小波神经网络的温度预测建模

2.1.1 小波神经网络的层数确定。针对 BP 网络,任意的 n 维到 m 维的映射均可由一个三层的 BP 网络来完成,这一点已经过了理论证明。故在此采用三层的小波神经网络。神经网络的常规状态空间表达式,已经非常成熟稳定,限于篇幅,在此不再详述,详细分析可参见文献[1-2]。

2.1.2 输入、输出层神经元数目。该研究中,使用 1951 年 1 月~2013 年 12 月的月平均气温为网络的训练数据,将每 4 个月的月平均气温作为输入向量,而将第 5 个月的平均温度作为输出。将 2014 年的月平均气温设定为输出量。温度数据源为中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.nmic.cn/home.do>)。将输入层神经元数目定义为输入量的维数 n ,设定为 4,则输出层节点数即为输出向量的维数 m ,此处为 1。

2.1.3 训练过程。研究证明,若想将神经网络用于预测,需先使神经网络经过训练^[2-3]。为保证网络的收敛性和高效性,需用归一化方式对输入样本进行处理。在此为 0-1 归一化。Matlab 中的实现函数是 mapminmax(X,0,1)。将输入-输出样本对提供给网络,通过对网络的不断训练,使该网络对网络上的神经元的权值和阈值进行调整、修正;若网络的输出能够准确地对给定训练样本输出进行准确逼近时,则可认为该网络完成了训练过程。以上便是对训练过程的描述。当网络经过训练后,给定新的一组输入数据,该网络便可进行预测计算。该研究隐层节点数取 6,对预测的误差进行分析,模型的迭代进化过程如图 2 所示。

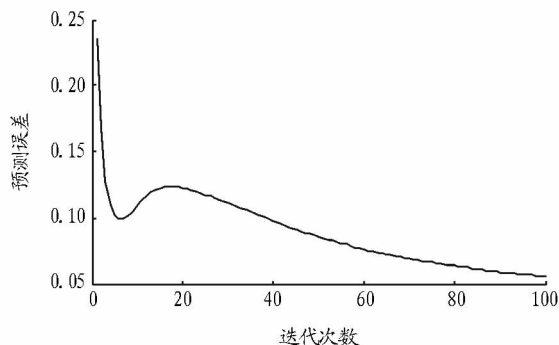


图2 小波神经网络的进化过程

2.2 基于小波神经网络的温度预测分析 为了便于观察,在此仅给出了重庆市 1980 年 1 月~2010 年 12 月平均气温的统计值,观察统计值变化曲线(图 3)可知,前后气温变化具有很大的相关性,周期变化非常明显,由数据分析可认为,根据气温的历史数据可很好地推测将来的气温数据。

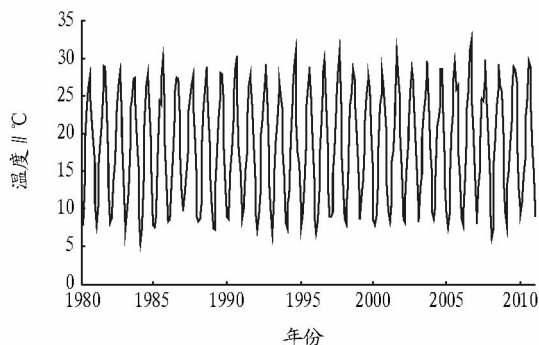


图3 重庆市 1980 年 1 月~2010 年 12 月的月均温度值

温度预测具有高度非线性和不确定性的特点,且与时间有很强的相关性,可将温度预测看作时间序列的一种预测。为验证模型的准确性,将 1951 年 1 月~2013 年 12 月的数据作为训练对象,利用小波神经网络作为模型进行分析,将 2014 年 1~12 月的预测值和实际值进行对比,结果显示(图 4),数据预测有很大的可信度,证明小波神经网络在温度预测及天气衍生品定价过程中是有效的。

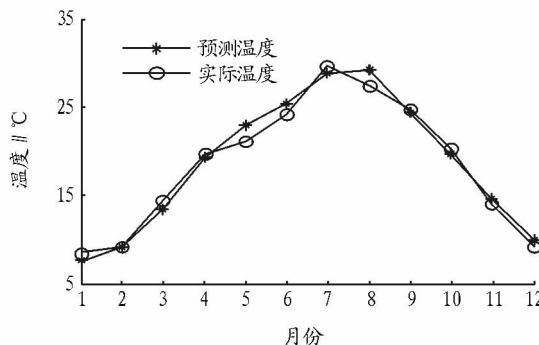


图4 2014 年重庆市月平均气温仿真验证

3 结论

天气预测不仅对农业和农业保险公司,且对旅游业、能源企业以及建筑企业等具有重要的意义。提高气候数据的预测精度,不仅可以预测天气风险,提高国民经济健康发展的有序性和资源配置的合理程度,且可以通过天气衍生品获取投资收益。

温度高低等天气状况对很多行业均有重要影响。该研究在充分考虑温度季节性变化、发展趋势等基础上,结合小波神经网络建立气温动态变化预测的模型,将预测的重庆市 2014 年 1~12 月的预测温度与实际温度对比,验证了在温度预测领域小波神经网络模型的有效性,同时也证明了在时间序列分析问题中小波神经网络的可用性。

参考文献

- [1] 王芳,涂春丽,勾永尧.基于 Elman 神经网络的气温预测研究[J].安徽农业科学,2011,39(33):20859-20860.
- [2] 涂春丽,王芳.基于神经网络和蒙特卡罗方法的天气衍生品定价研究[J].中原工学院学报,2012,23(3):7-9.
- [3] CABALLERO R, JEWSON S, BRIX A. Long memory in surface air temperature: detection, modeling and application to weather derivatives valuation[J]. Climate research, 2002, 21(3):127-140.
- [4] CAMPBELL S, DIEBOLD F X. Weather forecasting for weather derivatives[J]. Journal of the american statistical association, 2005, 100(469):6-16.