

人工神经网络方法在降水量级中期 预报中的应用

施丹平

(江苏省苏州市气象局, 215021)

提 要

将人工神经网络方法与统计方法相结合,采用分步预报的方法,首先用经验统计方法进行晴雨预测,再用BP人工神经网络建立降水量级预报模型,探讨神经网络方法在中期降水预报中的应用。试验表明,神经网络方法能提高中到大雨降水量级的中期预报能力,但对暴雨的预报不理想。

关键词:神经网络 降水量级 中期预报

引 言

随着社会经济的高速发展,中期天气趋势的晴雨预报已不能满足经济决策越来越高的精细化要求,中期降水量级预报是不可缺少的内容。数值预报的发展、通讯技术的不断进步,为中期降水量级预报提供了丰富的信息。近年来,许多地方开展了提高降水量级预报能力的研究^[1,2],并取得了一定成效,但由于受传统的统计方法要求满足正态性和独立性等条件的限制,缺乏对大雨以上的小概率事件发生的有关征兆信息的足够了解,因而提高降水量级的中期预报能力仍是一难点。

近年来理论上较完善的BP人工神经网络模型应用于众多领域,在气象上也得到了应用^[3,4],作者曾用该方法进行了盛夏高温预报研究,取得了较好的效果^[5]。本文旨在将该方法同传统统计方法相结合,探索其对降水、特别是中等以上强降水的预报能力。以苏州6月降水为研究对象,用1994~1998年6月欧洲中心(ECMWF)5*5网格距的500hPa高度、850hPa温度和地面气压72~144小时预报场资料,建立各时次降水量级预报模型,并对1999、2000年进行预报试验。

1 中期降水量级预报的基本思路

1951年以来的历史资料统计表明,6月中等以上降水气候概率只有17%,大雨以上的概率不到8%,中等以上降水是属于小概率事件。对于这种事件用常规统计方法建立的预报方程,历史拟合效果较差,难以投入业务应用;用BP神经网络建立的模型进行试验,其拟合效果也不理想。但在有降水的条件下,中等以上降水和大雨以上降水的概率分别为32%和15%,中等以上降水不再是小概率事件。因此,我们采用分步预报的方法,首先用经验统计方法进行晴雨预测,再对可能有降水条件下的事件用BP网络建立预报模型,进行降水量级预报。

2 降水量级预报方法

2.1 经验-统计的晴雨预报方法

根据短期天气预报经验,在特定的高、低空天气形势配置下,一定不会出现降水,也总能找到物理意义明确的预报指标。因此,以本地(120°E, 30°N)为基点,计算500hPa高度、地面气压和850hPa温度场的高低、冷暖配置(即各点与基点的差值),并逐点计算各时次其与晴雨的相关系数,将置信度大于95%

的格点作为剔除无雨样本的初选条件,再结合天气学意义,对1994~1998年各时次150个样本进行反查,确定无雨的充分条件,作为晴雨预报的初步判据。

2.2 BP神经网络降水等级预报模型

2.2.1 初选预报因子

用上述晴雨预报规则对历史样本进行过滤,滤去部分无雨的样本,过滤后各时次剩下70~90个样本。在这些样本中仍包含有无雨的样本,但中等以上降水的概率已提高到30%左右。

过滤后的样本分为无雨(-1)、0.0(0)、小雨(1)、中雨(2)、大雨(3)、暴雨(4)6个量级,对1994~1998年4个时次(72~144小时)的样本分别进行相关普查,原则上将信度高于0.001的因子全部入选,当入选因子过多时,将可以连成片的因子适当删除。各选出10个左右的因子作为进入网络训练的初选因子。

2.2.2 建立BP预测模型

在BP神经网络中,包含输入层节点数、隐含层节点数、学习率、训练目标等可调参数。一般学习率取值在0~1之间,主要调节收敛速度,在计算机速度足够快的条件下,其对达到训练目的无大的影响。在本模型设计中,我们以总体误差达到0.0001或训练次数达3万次为目标,因此,输入层节点数(即因子数+1(预报对象))和隐含层节点数的确定是模型的关键。

为确定合适的输入层节点数、隐含层节点数,我们以72小时预报(74个样本)和96小时预报(92个样本)为例,参考统计预报中预报因子数以不超过5%~10%为宜的要求,采用改变输入层节点数、隐含层节点数和样本数等3种方案对1994~1998年的历史样本进行学习训练,并进行独立预报检验。

首先固定输入层的节点数(统计预报方案中的5个最优因子作为输入层的节点输

入),改变隐层节点数进行学习训练。结果发现:增加隐含层节点数可以提高历史拟合水平,但预报效果不好;隐含层节点数过少(不到样本数的5%),网络不收敛;隐含层节点数为6,效果最佳。

二是改变输入层节点数进行网络训练试验。挑选相关系数高的因子进入网络训练,输入因子数由4逐步增加到10,隐含层节点数取值为5~12。结果发现:随着输入节点数的增加,隐含层节点数过多或过少都会影响网络的质量,或是网络不稳定,或是不收敛;当隐含层节点数固定为6时,因子数的增加,只改变网络的收敛速度,对预报效果不影响,且预报效果优于统计预报,但当因子数为4时,无论如何调节隐含层节点数都不能得到好的结果。可见,只要输入层节点达到一定数量(不少于样本数的6%),改变输入节点数并不影响模型质量,隐含层节点数却是对模型更为重要。

三是改变样本数对网络进行训练试验。在上述试验的基础上,以样本数较多的96小时预报为例,输入因子数取10(初选因子都输入)样本数由60个逐渐增加到92个。结果发现,随着样本数的增加,若保持隐含层节点为6,网络的历史拟合水平和收敛速度迅速下降;若适当增加隐含层节点数,保证每个节点包含10~13个样本时,总能使训练好的模型保持一个平稳的拟合水平和预报效果。

试验表明,只要因子与预报量的相关达到一定信度,BP神经网络对输入的因子数只有下限的要求(不少于样本数的6%),没有上限的要求;隐含层节点数的取值对模型的建立至关重要,以保证每个隐含层有10~13个样本为最佳。因此,我们在建立72~144小时4个时次的预报模型时,将输入层因子数固定为10,隐含层节点数遵循上述原则取值,分别建立预报模型。

3 预报应用

根据上述经验统计规则和建立的预报模型对 1999 和 2000 年 6 月降水进行了试报。在神经网络预报中,鉴于历史样本中中等以上降水的样本数量较少的情况,为增强中等以上降水的预报能力,在试报中将中等以上降水或空报中等以上降水的实例作为样本及

时添加到网络中,对网络重新训练,训练中随着样本数的增加,适当调整隐含层节点数。各时次进行了 45~50 次左右的预报,其中降水 35~37 次,中等以上降水 14 次(逐日试报情况略)。

表 1 1999、2000 年 6 月降水预报 TS 评分

降水等级	72 小时预报		96 小时预报		120 小时预报		144 小时预报	
	BP	统计	BP	统计	BP	统计	BP	统计
有降水	71.8	76.7	76.7	66.7	76.1	68.5	67.8	68.5
中等以上降水	52.8	39.2	56.2	45.4	61.1	28.6	57.1	29.2
暴雨	44.4	0	33.3	33.3	36.4	0	12.5	0

为了较客观的评价 BP 神经网络对降水的预报能力,分别统计了降水、中等以上降水和暴雨的预报评分,并给出了同样采用分步预报但降水量级用逐步回归预报方程做的预报结果(见表 1)。从表 1 中可以看出,对中等以上降水各时次神经网络的预报能力高于统计预报或与统计预报持平,中等以上降水预报 TS 评分达 0.50 以上,明显优于统计预报;72 小时暴雨预报是 8 次暴雨报对了 4 次,TS 评分达 44.4,其结果也是令人鼓舞的,但对时效在 96 小时以上的暴雨仍无法作出可信的预报。

上述结果表明,当进入网络训练的样本中包含足够的信息时,BP 神经网络模型就能作出较准确的降水量级预报。BP 神经网络与逐步回归不同之处就在于神经网络对因子数没有上限的限制,使网络中能包含足够的信息量,然后通过其特有的思维方式建立预报模型,同时可以随时添加样本,丰富网络的信息,强壮网络的推理功能。此外,预报的正确率很大程度上还取决于数值预报产品的质量,随着预报时效的延长,强降水的预报能力下降。

4 小 结

(1)试验表明,采用经验统计方法作晴雨

的初步预报,再用 BP 神经网络方法预报降水量级,是提高中等以上降水预报的有效途径。

(2)BP 人工神经网络预报模型的建立,要求输入层节点数和隐含层节点数满足一定的条件,输入层节点数不少于样本数的 6%,在输入层节点数足够的情况下,隐含层节点数的取值以每个节点中包含 10~13 个样本为最佳。

(3)BP 人工神经网络对中等以上强降水有较强的中期预报能力,可投入业务预报应用,但 96 小时以后暴雨的预报能力仍然较差,需做进一步的研究。

参考文献

- 1 钟元,吴钟凌等.汛期大-暴雨的降水概率预报模型.气象,2000,26(1):6~11.
- 2 王建国,李玉华等.综合指标法在降水分级预报中的应用.气象,2000,26(1):40~44.
- 3 葛旭阳,徐家良.BP 神经网络在长江三角洲地区月、季降水预测中的应用.大气科学研究与应用.1998,(1):126~131.
- 4 金龙,罗莹等.农田土壤温度的神经网络预报模型研究.土壤学报,1998,(1):25~32.
- 5 任健,施丹平等.中期数值预报产品的神经网络释用技术研究.航空气象科技,2000,(1):25~29.

(下转第 46 页)

An Application of Artificial Neural Network(ANN) to Rainfall Mid-range Forecasting

Shi Danping

(Suzhou Meteorological Bureau, 215021)

Abstract

The application of artificial neural network to rainfall mid-range forecasting was discussed by combining it with statistics means. The statistics means was used to forecast rain or not. Then ANN was used to develop rainfall forecast model. Studies suggest that ANN is an effectual way to improve rainfall forecast, but it was unfavorable for heavy rain-forecast.

Key Words: artificial neural network rainfall mid-range forecasting