

人工神经网络台风预报系统¹⁾

周曾奎 韩桂荣 朱定真 耿 慧 陈必云

(江苏省气象台, 南京 210008)

周 戌

(南京大学)

提 要

系统在经大量数据训练、运算基础上, 选用了BP网络模型。为适应台风路径预报, 对BP网络进行了改进, 应用改进后的BP网络, 自动训练到2159次后, 由神经网络输出的判定台风移向趋势——西进, 北上, 西北移与实际历史移行路径概括率达97%。在业务实用时, 只需在指定硬盘路径中给出系统运行的3个文件, 包括天气系统主要特征参数, 系统即可以人机对话形式给出当前台风移动路径概率值。

关键词: 神经网络 台风路径 预报概率

前 言

神经网络是属于涉及多种学科的新的高科技领域。在信息、计算机、天气学等领域内, 神经网络指的是“人工神经网络”, 基于大范围天气变化的随机性和天气运行机制的不确定性, 天气预报在很大程度上仍依赖于长期积累的经验规则。人工神经网络是通过模拟生物神经网络而获得与生物大脑类似的联想能力和模糊推理能力。因此, 神经网络应用于天气预报是比较合适的。所以, 开发一个实用的能较准确预报台风路径的预报智能系统, 是具有较大的理论价值和实用意义的。

1 系统设计

由于台风预报数据量大, 又鉴于软件模拟的速度限制, 过多的输入和输出结点, 将导致网络结构复杂, 收敛速度降低。所以, 人工神经网络难以应用于天气预报的整个流程

中。因此, 只有在合理抽象的基础上, 将输入作适当的归纳、简化, 才能使神经网络进行有效的学习和训练。鉴于此, 在神经网络的前端设计了一个数据预处理系统——符号处理系统。

1.1 数据预处理系统——符号处理系统

系统设计将神经网络建于两个符号预处理系统之上。由符号预处理系统充分利用领域知识, 将大量的天气数据进行合理抽象、集中、简化, 实现神经网络与符号推理的有机结合, 以达到加速学习和对理论求精的作用。

符号处理系统设计为天气原始信息分析系统和天气中间信息分析系统。这两个系统都基于对专家知识的归纳学习, 是神经网络的前端预处理系统。而天气原始信息分析又是中间信息分析的预处理, 两者紧密结合, 共同得出神经网络系统的输入数据。

1) 本文由周曾奎执笔。

1.1.1 天气原始信息分析系统

它是一个基于规则的专家系统,主要针对对天气系统特征的模式识别和提取。它利用了大量的经验规则,提取当前天气形势场的基本特征。此系统有一个交互式的图形界面,用以显示和人工修改当前天气系统的识别结果。它运行的结果是一个包括了实时的天气系统特征的智能数据库,其中有诸如低压中心的位置、槽的位置,副热带高压脊的特征参数,以及急流等等。为下一步处理提供初步的分析结果。

1.1.2 天气中间信息分析系统

它是一个基于规则的专家系统,它利用模糊数学的原理,利用摄取的各天气形势场特征加以综合分析和模糊推理,再结合前一时次的形势场特征,得出其变化特点和移动情况,产生的结果表示为对专家经验规则的结论部分的隶属度。如“(30—40°N, 110—120°E)范围内有无低压槽”,这种模糊结论的隶属度,神经网络将在这些隶属度的基础上进行学习和推理。因此,它产生的结果的概括程度会对神经网络的构造、学习和推理产生极大的影响。

符号处理系统与神经网络的联结如图1所示。

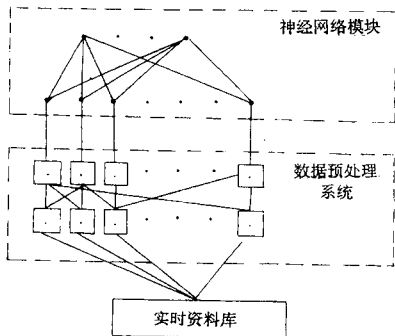


图1 符号系统与神经网络的联结

1.2 神经网络的构造

系统中用于预报台风移行的神经网络,即使在与符号处理系统结合的情况下,系统

规模也是比较大的,其模糊值输入共有20个(20条规则),输出有两个,中间隐层的个数在4—6个之间。因此,研究重点在于确定合适的网络拓扑结构,确定中间隐单元个数以及加速神经网络的收敛。

1.2.1 网络类型的确定

实用的神经网络目前主要有:madaline、BP、Hopfield等几种。madaline已有成功地应用于小规模天气预报的例子,但学习算法不完善;Hopfield网络规模较大,连接权很多,各连接权在学习时不变,而且它需要一个数学上的代价函数,这在天气预报领域中目前是难以应用的。而BP网络是当前应用最为广泛的一种神经网络,结构简单,工作状态稳定,易于实现,是通用性和适应性较强的网络,较适用于天气预报领域。所以,本系统采用了BP网络。

1.2.2 网络的拓扑结构

网络的结构包括输入结点数,输出结点数,以及隐层结点数。由于网络的规模较大,对BP网来说,最大的困难是网络的收敛速度和中间隐层结点个数的确定。因此,本系统采用前述的预处理系统,从而简化了网络的结构,加快了学习过程,训练学习证明这个方案具有以下优点:

(1)充分利用专家知识,在专家的经验基础上构造神经网络,能快速地形成合理的拓扑结构,加速NN的学习。

(2)有效地利用学习样本。

(3)缩小网络规模。天气预报因子之间的关系很复杂,有的相关度很大,而其它的则很小。因此,将各因子分组,组与组之间无大的关联,这样可以大大缩小网络的规模。

(4)缩短学习时间。由于输入结点减少,连接权数也大大减少,如在网络具有1000个连接权时,系统需要的收敛时间比500个连接权时要多3倍的时间。

(5)易于确定中间层单元个数。由于子网络的输入结点不多,因此,中间隐层单元的个

数亦在较小范围内,这样可以有更多的时间寻找每个子网络的最佳中间层单元数,方便了网络的拓扑构造。

以上设计思路是基于最大限度的利用已有的专家知识,在此基础上构造能够有效地运行的神经网络。

1.2.3 算法的改进

本系统已用改进后的算法实现,为了加快网络的收敛,系统针对传统的BP网络存在的一些缺点作如下改进。

BP算法的主要缺陷是不能确定地落入一个全局极小,而往往陷入局部极小,其情况如下:

(1)平坦区。这种局部极小,梯度方向离开全局极小点,使权重向 $\pm\infty$ 的方向趋近,其极小点的位置在无穷远。我们将结点的输出函数中加入一个因子,使梯度增大,脱离平坦区。

(2)虽然各结点误差不为零,但对所有样本的误差总和为零。我们采用逐个样本学习的方法,即用标准误差逆传播的方法进行学习,而不用通常的累积误差逆传播方法。

2 系统实现

本系统在Windows环境下,采用Broland C++4.0编程实现。具有良好的图形用户界面和统一的操作风格。通过使用覆盖式窗口,下拉式菜单,弹出式对话框等交互工具,使系统易学,易用。

系统工作流程如图2所示。

3 规则的选取及隶属函数的设计

考虑到网络拓扑结构的复杂性,充分利用影响台风移向的专家经验,但又考虑撮取的因子,组成的规则可以客观、自动撮取,共选取影响台风移向的环境场因子76个左右,台风本身移行因子2个,共组成规则20条,作为预报因子,并设计一定的隶属函数,经处理后作为神经网络的输入资料。

20条隶属函数的设计举例:

例1:20—30°N,120—130°E范围内选

取最大风速值及风向与前12小时、24小时最大风速值及风向相比,顺转则移动趋势向北,±5度以内与前6小时移向一致,逆转则向西,则隶属函数设计为阶跃函数:

$$f(u) = \begin{cases} 1 & u \geq 0 \\ 0 & u < 0 \end{cases}$$

例2:当前副高西脊点与前12小时、前24小时相减,若 $\Delta e \geq 3$,移动向北; $-2 \leq \Delta e \leq 2$ 与前6小时移向一致; $\Delta e \leq -3$ 向西。隶属函数设计为S形函数,即:

$$f(u) = \frac{1}{1 + \exp(-u + c)}$$

根据各因子的变值对台风移动路径的影响来决定S函数中u参数的表达,以S函数输出的模糊值作为网络输入参数,建立BP网络模型。

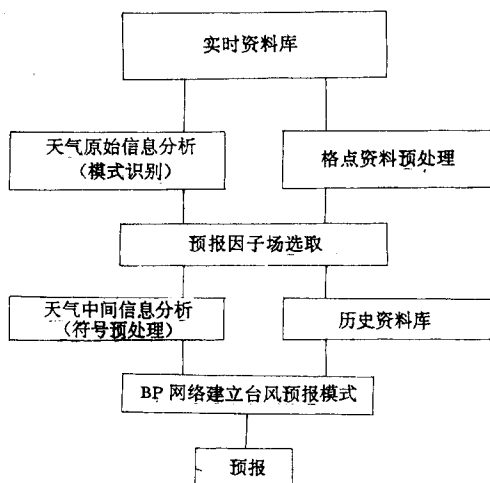


图2 系统工作流程图

4 预报对象的处理和输出

4.1 二套参数变量值的输入。考虑到实际应用时有00Z和12Z的500hPa形势实况场,而数值预报只有12Z的预报场。因此,在网络进行学习、训练时设计了两套方案,一套是采取12小时、24小时因子变量值进入NN学习;另一套只取24小时变量值进行学习训练,在实际业务应用时,应用T63输出的24—48小时,500hPa形势场撮取因子,规则

输入NN运行,则分别可获得48—72小时的台风移行总趋势,实际时效在36—60小时。如用实时500hPa形势场,则预报时效为24小时,但实际时效只有18小时左右。

4.2 神经网络推理输出为:未来24小时移行的趋势——西进、北上(包括东北移)、西北移,并给出解释。

5 学习预报结果

系统应用1980—1991年共39个台风实例,累计训练样本达193个,由系统对未来24小时台风移动路径进行训练,从对历史样本的概括程度分析,在BP网自动训练到2159次后(中间隐层个数为5),由网络输出判定的台风移行类别与实际出现的移行类别的概括率达97%。

6 应用实例

6.1 9507号台风是1995年8月22日12时形成的。使用T63,500hPa高度及 u 、 v 数值预报产品,以8月21日12时为零时次(即实况场),22日12时23、24日12时分别为8月21日12时的24、48小时的预报场,得出的预报结果则代表24—48,48—72,72—96小时的台风移向。神经网络的预报流程为图形分析和识别模块完成后建立台风智能库,然后启动神经网络预报模块。实际移向与预

报移向的对比如表1所示。

表1 9507号台风实际移向与预报移向

预报场	95082212	95082312	95082412
实际移向	300°(西北)	320°(西北)	350°(北)
预报移向	西	西北	北

从表1中可看出,运用T63数值预报产品,以1995年8月21日12时为实况场(零时次场),本次台风预报的24—48小时,48—72小时,72—96小时的台风移向是完全正确的。

6.2 9504号台风的应用。此台风的零时场为1995年7月29日12时。神经网络的预报结果如表2所示。

表2 9504号台风实际移向与预报移向

预报场	95073012	95073112
实际移向	350°(北)	295°(西)
预报移向	西北	西

从表2看出,30日12时的移向预报是不完全正确的。其原因是4号台风的路径比较怪异,各家的预报基本上是报其向西北移动(从30日12时次的高空图预报看,一般预报员亦会报其向西北运动)。从此次结果看,台风神经网络的预报对疑难台风路径还有待研究,关键是在历史个例样本中增加疑难台风路径个例并总结规则进行训练,以逐步改进神经网络台风预报系统。

A Typhoon Prediction System of Artificial Neural Network

Zhou Zengkui Han Guirong Zhu Dingzheng Geng Hui Chen Biyun

(Jiangsu Meteorological Observatory, Nanjing 210008)

Zhou Rong

(Nanjing University, 210008)

Abstract

Through lots of data training and calculations, the selected BP network is improved to be adapted to the typhoon track prediction. After 2159 times of training, the neural network output of the typhoon track——westward, northward and northwestward, is compared with the historical data. Its fitted ratio is up to 97%, The probability of the typhoon moving trend is given by means of human-computer dialogus.

Key Words: neural network typhoon track prediction probability