

农田土壤湿度的人工神经网络预测诊断系统

金 龙 袁成松

(江苏省气象科学研究所, 南京 210008)

提 要

采用人工神经网络(ANN)方法,研制了农田土壤湿度预测、诊断分析系统。该系统根据不同的土壤湿度特点和影响因子,可自动提供时间序列拓展的人工神经网络预测模型和人工神经网络的混合预测模型进行土壤湿度动态预测。并提供不同降水量的土壤湿度变化和水分渗透深度诊断分析。系统采用中文菜单显示的人机对话方式操作,使具有准动力学特性、多种可调参数和网络结构的 ANN 方法变得简便易于操作。实际使用表明,该系统对土壤湿度的预测、诊断分析效果良好,适用性强。为农田水资源管理和防旱抗旱提供了新的有效方法和业务服务系统。

关键词: 预测 诊断 人工神经网络 土壤湿度 计算机系统

引 言

在我国,大范围的气候型农业生产在干旱和半干旱地区或季节,一般光照、热量条件十分充足,往往水分条件是制约和影响农业产量提高的重要因素^[1]。因此,提高现有农业生产水资源的利用率,进行水资源的有效管理是农业生产防旱抗旱,提高作物产量和节省生产成本的重要措施之一。本系统主要是采用目前国际上研究热潮迅速回升的人工神经网络方法^[2]建立土壤湿度预测模型,进行农田土壤湿度的预测。并结合土壤湿度的诊断分析,以期从多方面为农业生产的防旱抗旱和水资源管理提供一种效果较好,便于操作的业务预报服务系统。

1 系统的总体结构

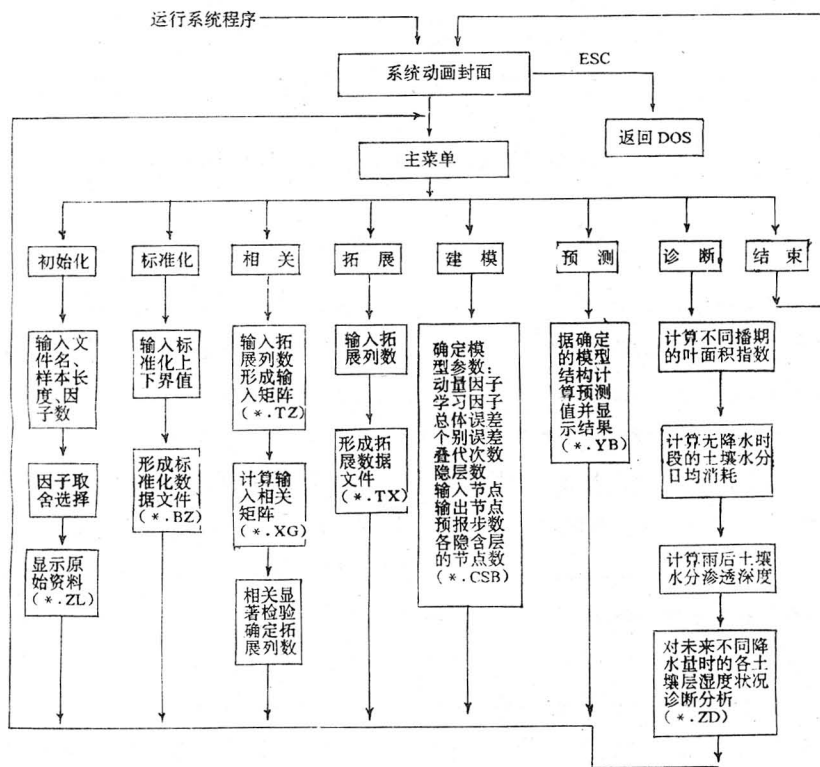
农田土壤湿度的 ANN 预测、诊断分析系统采用逐级模块化程序设计,程序用 Tur-

bo C2.0 语言编写,并自带汉字库(简、繁)。系统具有下拉式菜单、人机对话方式、滚动条移动选择参数、用表格或图形回放计算结果和动画封面等多项功能,并编译成 EXE 文件,可直接在西文 DOS 状态下运行,占用存储空间较少。系统共有土壤湿度诊断和资料初始化、标准化、拓展、输入矩阵、建模、预测、动态封面等 8 个模块。每个模块均具有中文的下拉式菜单或多级菜单和多窗口显示功能,各菜单或窗口显示时,同步提供相应的操作提示键说明,各模块间参数自动传递,也可独立运行,系统的总体结构流程见附图。

由于 ANN 的预测建模计算量较大,所以该系统适宜在 386 以上微机上运行。系统对决定预测模型性能好坏有重要影响的模型框架结构参数选择作了精心设计,提供了可建立多输入到多输出或多输入到单输出的预

测建模选择。同时也提供了隐层数、隐节点数的任意选择,这对于调试预测模型提供了极大方便。系统还提供了选择建立各种不同深度土壤湿度的预测模型,并且由于预测模型

的建立不受土壤性质变化的影响,可直接作为一种土壤湿度的业务预报服务系统,因此具有很好的实际应用价值。



附图 系统计算流程结构图

图中*为初始化中输入的文件名(无后缀),文件名后缀3个字母中第3个,B=1—预报步数,B=0时为最终预测模型

对于土壤湿度的诊断分析,本系统主要是利用多种气象要素和作物生长资料建立了作物叶面积指数、土壤水分消耗、雨后土壤水分渗透深度和土壤湿度变化的多种统计模式。可选择提供不同土层的土壤湿度变化诊断分析数据。与预测模型的预测结果结合使用,可以使本系统从多方面为实际生产提供更为有效的服务。

2 系统各功能模块

系统由预测和诊断两大模块组成,其中

预测建模是本系统的核心部分,它是利用具有信息分布式存贮,大规模并行处理能力的 ANN B-P 模型^[3]作为主要算法建模的。B-P 算法的预测建模是由 6 个模块的操作流程来完成。

2.1 初始化

初始化模块主要是确认土壤湿度建模原始资料的数据文件名、样本长度等,并使其规格化。其中土壤湿度资料可根据不同预报服务要求,从中任意选择各个深度的土壤湿度

资料或任意几层的平均土壤湿度作为实际建模的数据,同时模块也提供了是否考虑增加选择若干影响土壤湿度变化的前期气象因子资料作为建模数据。如果仅选用土壤湿度资料作为建模数据,则系统将自动按时间序列拓展的建模方法建立数据文件。如果增加选择前期的气象因子资料,则系统将按混合模型方式建立相应的数据文件,全部选择均由菜单滚动条显示并移动选择、确认。

2.2 标准化

由于 B-P 模型的节点函数是采用 Sigmoid 函数:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (1)$$

因此标准化模块,主要是对选择确定的基本数据作标准化处理。考虑到不同土壤特性的资料特点,标准化数据的上下界设计为可选择。因此相应设计了如下的计算公式进行标准化数据处理:

$$K_i = (z_i - s)/(t - s) \quad (2)$$

其中, K_i 为标准化数据, z_i 为原始数据; s 、 t 为待定系数。假设标准化数据的上下界分别给定为 V_1 和 V_2 , 则待定系数 s 、 t 可由以下方程求解:

$$\begin{cases} a - s = V_1(t - s) \\ b - t = V_2(t - s) \end{cases} \quad (3)$$

其中 a 、 b 为样本序列中的最小值和最大值。该模块运行结束后,将自动显示标准化数据,并给出序列标准化的待定系数 t 、 s 及序列的最小、最大值,供检验校对。

2.3 拓展

为了将标准化数据构造成适宜用来建模的学习矩阵,本模块的主要功能是对一维土壤湿度观测序列: $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)$, 取后延时间 τ , 将一维序列拓展为多维序列:

$$\begin{cases} x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_m) \\ x(t_1 + \tau), x(t_2 + \tau), \dots, x(t_m + \tau) \\ x(t_1 + k\tau), x(t_2 + k\tau), \dots, x(t_m + k\tau) \end{cases} \quad (4)$$

通过计算拓展序列或气象因子与预报量的相关系数,并在屏幕显示相关矩阵,为确定选择建立什么类型的预报模型提供分析依据。

2.4 相关分析

模块设置了不同样本长度的相关显著性检验标准,可以自动选择用于建立两种预测模型的学习矩阵。第一种,根据相关矩阵的相关显著性检验判断,在屏幕窗口显示确认给出一维时间序列最后的拓展列数,模块自动生成可供用时间序列拓展方法建立 ANN 预测模型的输入矩阵。第二种是在屏幕窗口进一步挑选对未来土壤湿度变化具有重要影响的气象因子参加建模,这时模块将自动生成用于建立 ANN 混合预测模型的输入矩阵,并且在屏幕上显示学习矩阵。

2.5 建模

预测模型的调试是预测建模的关键部分,其详细的计算方法见文献[4],预测模型调试的主要计算流程参见附图。为了使预测模型具有好的预测效果和稳定性,模型的调试共设计了两种目标函数作为调模准则。当系统进入这一模块,屏幕菜单自动给出一组最为常用的模型结构各种参数,其中包括动量因子、学习因子、总体误差、个别误差、学习次数、隐层数和输出节点等,可进行修改或确认各种参数,用户操作十分方便。当初步选择确认了一组模型结构参数,系统开始对输入矩阵作学习训练。并可以选择通过屏幕动态显示学习训练过程中的总体误差收敛的变化情况,以及动态跟踪显示学习次数。通过观察学习次数与误差收敛的动态演变状态,可以

使用户直观了解模型对历史样本拟合效果的优劣,为进一步调整修改网络模型结构和参数,提供参考指标。

为了使预测模型具有更好的推广能力,模块以菜单显示方式给出一次完成任意若干个独立样本(这些样本逐次自动不参加网络的学习训练)进行实际预报和预报精度检验的选择,并显示其结果。通过模型输出的历史样本拟合效果及独立样本预报误差两个方面的显示结果分析,选择调整或确定最后的预报模型参数结构,用以建立最终的未來预报模型。考虑到预测模型对于较大的研究系统调模时,需要的计算时间较多,本模块也设置了可选择屏幕不显示误差收敛动态变化图形及计算次数,这对于预测模型进行第一次粗调以后,需设置多个独立样本预报误差分析的建模要求来说,可以有效地节省计算时间。另外,模块还设计了模型调试过程中连接权系数、阈值以及学习矩阵期望输出和实际输出是否存盘和显示的选择,这也为调模提供了方便。

2.6 预测

模型由两种目标函数作为标准进行调试,均达到满意效果以后,模块将由确定的最终预测模型各参数和模型结构,自动根据网络各层的连接权系数和阈值,计算输出标准化的未来状态预报值及最终的實際预报值。同时,模块也提供了是否存盘或显示最终预报模型的连接权系数和阈值的选择。

2.7 诊断分析模块

为了增强对农业生产防旱抗旱、水资源管理服务的有效性和可靠性,本系统设置了土壤湿度诊断分析模块。该模块主要以农田土壤水分平衡方程为依据,重点考虑了农田土壤水分变化、传输过程的一些主要因素,以

提供农田土壤墒情实时、快捷的诊断分析。其中实测资料主要取自江苏省农业生产水分亏缺较为明显的主要作物——冬小麦生长期的土壤湿度,作物生长及相关气象资料。模块通过研究冬小麦不同播期的叶面积指数变化模式和无降水时段的土壤水分日均消耗模式,进一步建立雨后土壤水分渗透深度模式及雨后土壤湿度变化模式。关于雨后土壤水分渗透深度模式主要是通过雨前0—10cm土壤湿度、降水时平均叶面积指数、一次降水过程的日平均雨量、雨日数来诊断分析水分渗透深度。提供一次降水对作物主要根深部分土壤墒情的可能改变作出定量判断。雨后土壤湿度变化模式,主要是通过计算雨前土壤层的日均消耗量得出雨前土壤湿度,降水时段的平均叶面积指数和降水量,对当前土壤湿度条件下,进行未来不同降水量变化时的土壤湿度状况诊断分析。这对于农业生产出现旱象或土壤湿度过大时,未来可能出现什么量级的降水会解除旱象或形成渍涝提供及时分析数据。并且本模块根据实际农业生产部门的要求,可提供选择进行0—10cm,10—30cm和30—50cm各个不同土壤层的土壤湿度诊断分析。这为农业生产部门在实际生产中,采取相应的措施提供可靠保证。同时,诊断分析模块与预测模块的结合使用,可以从不同方面为农业生产防旱抗旱,充分有效地利用有限的水资源提供更为可靠实用的及时服务。

3 小结

本系统主要依据ANN方法建立一种能进行日常业务应用的农田土壤湿度动态预测和诊断分析服务系统。对系统进行应用检验时,我们以江苏省农业生产水资源条件相对较差的徐州地区3个站点,进行了冬小麦播

种和主要生长期——春季的多次土壤水分诊断服务,取得了较好的效果。对徐州1995年10月,冬小麦播种期的土壤湿度预报与实测值的相对误差平均在10%以内。1996年春季,对冬小麦关键生长期进行的逐旬土壤水分预测诊断服务也取得了较好的效果,除个别旬由于出现特大降水量(超过80mm/旬)以外,平均预测相对误差也在10%左右。目前本系统的试验应用范围还有限,有待于进一步在我国其它干旱地区或季节进行土壤水分预测诊断分析的应用推广检验。同时,本系统的预测建模也适用于大气科学其它领域的预测研究和业务应用。并且,由于本系统预测建模采用的ANN方法具有较好的自学习、记忆和联想能力。其本质上是一种从输入到

输出的非线性映射关系。因此,这对于改进目前大气科学中的线性经验统计预报方法,将是十分有意义的深入研究课题。

参考文献

- 1 金龙,罗莹.一种干旱指数计算方法的研究和应用.南京气象学院学报,1992,15(4):584—590.
- 2 Hirose, Y, Yamashite, K and Hijiya, S, Back-propagation algorithm which varies the number of hidden units, Neural Networks, 1991, 4(1): 61—66.
- 3 Fernando, M. S. and Luis, B. A, Acceleration techniques for Back-Propagation algorithm, Neural Networks, 1990, 1(4): 351—370.
- 4 金龙,罗莹,袁成松等.农业气象干旱防灾减灾的重要途径——一种新的土壤湿度预报方法.南京大学学报, 1996, 32(专辑): 115—120.

Prediction and Diagnostic Analysis System of the Farmland Soil moisture through Artificial Neural Network Method

Jin Long Yuan Chengsong

(Jiangsu Institute of Meteorology, Nanjing 210008)

Abstract

In terms of an Artificial Neural Network (ANN), a forecast and diagnostic analysis system of the farmland soil moisture is established. A mixed model and a model involving the extension of time series of the artificial neural network may be given in the system, respectively, based on soil humidity change and physical factors influencing its change as well. This system may be used to estimate depth of infiltrating water into soil and the change of soil moisture of different soil layers. Application results show that the system operated in interactive mode with Chinese character menu is convenient and superior on prediction and diagnostic analysis for farmland soil moisture due to ANN marked by quasi-dynamical characteristic, adjusting parameter and structure. The system is suitable to relieve the calamity of the agrometeorological drought and to manage water resources.

Key Words: forecasting diagnostic analysis artificial neural network soil moisture computer system