

基于BP神经网络的农业LED光源环境研究

陈琛¹,李 旻¹,陈 玮²

(1. 安徽农业大学 计算机学院,安徽 合肥 230036;
2. 山东科技大学 信息与计算机学院,山东 青岛 266510)

摘 要:如何提高农作物的生产质量,已经成为当前农业的工作重点;神经网络技术是现今农业信息化、精准化的一种表现形式。在参考国内外LED光源应用于农业现状的基础上,研究农业LED光源模拟环境;论述了环境系统的总体设计和模块原型,并将BP神经网络技术结合到该环境中,建立BP神经网络预测模型,利用神经网络学习理论对农业光源环境进行初步研究。研究显示BP神经网络技术在农业LED光源环境中具有良好的应用价值,对农作物生长的光环境研究具有重要的意义。

关键词:BP神经网络;农业LED;光源环境

中图分类号:TP399

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)09-0179-04

Research of Environment of LED Light Source in Agriculture Based on BP Neural Network

CHEN Chen¹, LI Yang¹, CHEN Wei²

(1. Computer School, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;
2. Information and Computer School, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract:How to improve the quality of production in agriculture has become the current focus of the work of agriculture. Neural network technology is now one of the expression forms of agricultural informatization and precision. On the basis of reference on national and foreign current status of LED which used in agriculture, research the simulation of the environment based on the area of LED light source, and puts the emphasis on the design of the environment system's entirety and module prototype. Apply BP neural network technology to the environment. BP neural network prediction model is established. Preliminarily research the light source environment in agricultural by neural network theory. The research shows that BP neural network technology has good application value to the LED light source environment. So study on the environment of LED light source is tremendously significant.

Key words:BP neural network; agricultural LED; light source environment

0 引言

农作物生长的光环境是影响作物光合作用最重要的因素,并且直接影响到作物的生长和健康状况。长期以来在农业领域使用的人工光源主要有高压钠灯、荧光灯、金属卤素灯、白炽灯等;这些光源的突出缺点是能耗大、运行费用高。LED在农业与生物领域的应用已经显示出旺盛的活力,LED光源在满足植物光合作用需求的同时,能够节省大量能源。

本研究拟在分析目前国内外农作物生长环境中使

用的光源的基础上,重点研究影响农作物生长状态的LED光源环境;通过以温室为主体的人工光植物生长的环境,在不同光质、光强、光照时间的作用下,对农作物的一系列生长状态进行相关性研究^[1];利用BP神经网络技术对植物生长过程的光参数进行自学习和自适应,建立基于LED光源和BP神经网络技术的农作物生长光环境。BP(Back Propagation)网络是一种按误差逆向传播算法训练的多层前馈网络,是目前应用最广泛的神经网络模型之一^[2]。近年来,BP神经网络强大的非线性映射能力使其在农业研究方面得到广泛应用。

1 光源环境设计

1.1 总体方案设计

本研究主要是基于在农业中应用LED光源的思

收稿日期:2011-02-25;修回日期:2011-06-01

基金项目:安徽省信息产业发展计划(2008-01-25);安徽省土地治理项目(农发项2010-46)

作者简介:陈琛(1986-),女,安徽舒城人,硕士研究生,主要从事计算机网络与农业信息化研究;李旻,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为计算机网络与农业信息化。

想来构建环境系统,使本来用人工方法实现的功能用计算机来实现,达到更好的效果并节省资源。环境的总体构成有农作物生长实验区域、LED 光源设备装置、数据采集和计算机设备。

本研究的技术路线如图 1 所示。

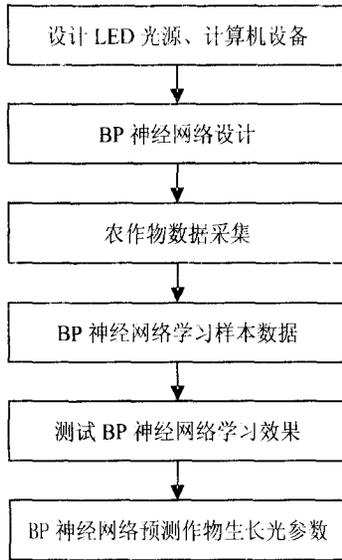


图 1 技术路线

基于 BP 神经网络的农业 LED 光源环境主要包括设备软、硬件。设备软、硬件均采用模块化设计。硬件模块化主要由 LED 光路和计算机设备组成;软件模块化主要由数据获取模块、数据分析和数据预测模块组成^[3]。软件平台采用的是 BP 神经网络的编程软件 MATLAB。

1.2 模块和功能设计

1) LED 光源控制模块。

LED 光源的植物生长灯控制电路包括微处理器、存储器、定时模块、脉冲宽度控制模块、驱动模块和通信模块,其中通信模块与计算机连接。光环境调控装置采用智能化控制,板面由红光 LED 与蓝光 LED 均交叉分布组成,根据植物生长对光的需求设计红光和蓝光的发光强度。光源的发光强度采用 PWM (Pulse Width Modulator) 控制方式,使光环境调控装置红、蓝两种光源的发光强度实现分别控制,以满足不同植物对光环境的需求。通过调节不同的占空比可设定不同的红蓝光比例^[4]。LED 不仅具有体积小、寿命长、耗能低、波长固定与低发热等优点,而且还能根据植物需要进行发光光谱的精确配置;实现传统光源无法替代的节能、环保和空间高效利用等功能^[5]。

2) 计算机设备模块。

计算机设备主要功能是对所采集的农作物的一系列数据的存取和运行 BP 神经网络的程序。农业的发展越来越需要实时的数据和信息,需要可靠的关于农业数据的信息和精确的预测控制。这些通过人工的方

式是不能保证的,必须通过计算机实行数据采集、有目的的数据处理和分析,以及集成的预测系统来实现。计算机信息技术全面改造和装备农业,充分利用计算机技术服务农业,对农业生产的各种要素进行数字化设计、智能化控制、精准化运行、科学化管理,能够大幅度减少农业消耗,降低生产成本,提高农业生产效益。

3) 软件模块。

本系统运行的软件主要是 MATLAB7.1。MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合,其拥有众多工程中要用到的数学运算函数,可以方便地实现用户所需的各种计算功能。目前,应用最为广泛的神经网络软件就是 MATLAB 神经网络工具箱,神经网络 MATLAB 环境结合神经网络工具箱,包含了人工神经网络中的各种典型网络以及训练程序;利用 MATLAB 工具箱进行 BP 神经网络的设计与应用,可以得出 BP 神经网络在不同应用时的网络性能分析与直观的图形结果,从而可以正确、合理和充分地应用 BP 神经网络到农业中。

农业 LED 光源环境是由诸多实物元件和参数构成的系统,这些构成元素相互连接和协同工作,共同形成了一个光源环境网络,可以体现出如下几个方面的特征:

(1) 网络关系简单。由于 LED 光源环境的研究属于农业技术领域,且环境的规模在一定的范围之内,导致在该光源环境网络的组成要素和结构方面,既有与实际的网络相同的特征,也有农业科技领域的独有特征。总体来说,系统的结构关系是比较简单的。

(2) 动态网络系统。随着信息技术的不断发展和完善,LED 光源环境系统中的各个要素之间的相互联系进一步加强,该环境内部的元素也在不断升级,系统已经超越了静态结构,成为一个时刻演化着的动态系统。

(3) 自适应的特征。BP 神经网络具有自适应的特征,这决定了神经网络的原理应用到农业 LED 光源环境研究中,可以更好地对农业光源环境做模拟,并且可以更好地建立农业光源环境的研究模型。

2 BP 神经网络设计

2.1 BP 神经网络模型

BP 网络是一种单向传播的多层前向网络,是一种具有三层或三层以上的神经网络,包括输入层、中间层(隐层)和输出层。上下层之间实现全连接,而每层神经元之间无连接。当一对学习样本提供给网络后,神经元的激活值从输入层经各中间层向输出层传播,在输出层的各神经元获得网络的输入响应。接下来,按照减少目标输出与实际误差的方向,从输出层经过各

中间层逐层修正各连接权值,最后回到输入层。随着这种误差逆的传播修正不断进行,网络对输入模式响应的正确率也不断上升。一般模式的数据预测问题,三层网络就可以很好地解决^[6]。

LED光源环境研究问题在某种程度上就是一种学习并预测的模型问题,这正是BP神经网络所擅长处理的问题类型。通过对多种类型的神经网络模型比较,发现BP神经网络模型在处理预测问题的方面有比较强的适应能力。BP神经网络模型不像Hopfield网络那样有太多的约束条件需要满足,也不像SOM网络那样要求有大量的学习模式,所以本研究采用BP神经网络模型来处理LED光源环境研究中的问题。

文中BP神经网络的输入信息是LED光源的生长环境下农作物的生长特征数据,主要有光数据和生长时期的性状数据等,不同的作物采用具体的不同的生长特征数据。隐层神经元数目可变,放入足够多的隐单元,通过学习将那些不起作用的隐单元剔除,直到不可收缩为止。神经网络的输出为作物的单位面积产量数据。

2.2 基于BP神经网络的光源参数预测方法

1) 训练或学习阶段。

向神经网络提供一系列输入、输出数据组,通过数值计算方法和参数优化技术,使节点连接的连接权值不断调整,直到从给定的输入能产生所期望的输出^[7]。设输入层 i 个节点,分别对应 i 个输入分量,输入向量为 $X = (x_1, \dots, x_i)$;输出层 k 个节点,对应 k 个输出分量 $Y = (y_1, \dots, y_k)$;隐含层的神经元个数为 j ;输入层到隐含层单元连接权值为 W_{ij} ;隐含层到输出层单元连接权值是 V_{jk} ^[8]。BP神经网络系统中的各个权值特点,即对权重的要求并不严格。无论是从输入到隐含层的权值,还是隐含层到输出层的权值都可正、可负,也可以是零^[9]。神经网络学习过程包括信息正向传播和误差反向传播两个反复交替的过程。网络根据输入的训练(学习)样本进行自适应、自组织,确定各神经元的连接权和阈值,经过多次训练后,网络就具有了对学习样本的记忆和联想的能力。

2) 隐含层的设计。

对于BP网络,有一个非常重要的定理,即对于任何在闭区间内的一个连续函数都可以用单隐含层的网络逼近,因而一个三层BP网络就可以完成任意的 n 维到 m 维的映射。隐含层的神经元数目选择往往需要根据设计者的经验和多次实验来确定,因而不存在一个理想的解析式来表示。隐含层单元数目太多会导致学习时间过长,误差不一定最佳,也会导致容错性,不能识别以前没有看到的样本,因此存在一个最佳的隐含层单元数^[10]。本研究设计的神经网络模型的隐含

层神经元个数采用 $n_2 = 2 * n_1 + 1$ 方法来选择(n_1 为输入神经元的个数)。

3) 预测阶段。

用训练好的网络,对未知的样本进行预测。神经网络经过对样本数据的学习训练,输入学习样本的光环境数据和作物生长数据能得到即定的作物产量数据的输出,并在输入测试样本数据时也得到预期的输出。此时BP神经网络可用于在LED光源环境下预测农作物的生长情况,并根据预测的数据设定最优的光源参数,使农作物的生长光源环境达到理想效果。

2.3 光源参数预测实验结果及分析

用MATLAB进行仿真实验,以叶用莴苣为实验对象,实验的单位面积为 1m^2 ,设定输入层神经元的个数 $n_1 = 7$,由于影响莴苣生长的因素众多,本研究在对各影响因子与莴苣生长状态进行相关性分析的基础上选用LED红光波长、LED蓝光波长、LED红蓝光波长组合比例、株高、叶数、叶绿素a含量和叶绿素b含量作为神经网络的输入。根据Konhenen原理,隐含层神经元个数 $n_2 = 2 * n_1 + 1 = 15$,传递函数采用S型正切函数tansig;输出层神经元个数为1个,传递函数设定为S型对数函数logsig。

通过MATLAB对网络进行训练:网络的训练函数为trainlm,是利用Levenberg-Marquardt算法对网络进行训练的,学习速率为0.1,训练次数为500,训练目标为0.001,训练结果如图2所示。

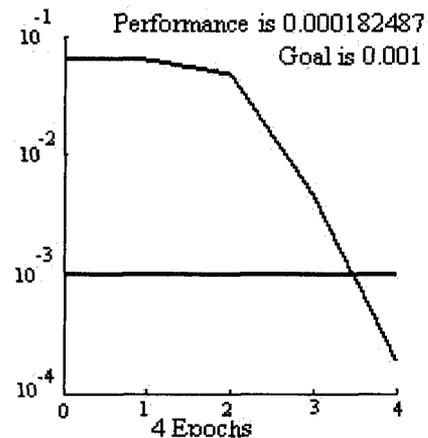


图2 训练函数为trainlm的训练结果

为了满足需求,提高网络性能,现用改进的BP神经网络进行仿真实验,在保持输入、输出和隐含层,以及学习速率、训练次数等各参数均和基本BP网络相同的基础上,用函数traingdx对网络进行训练,该函数的学习算法是梯度下降动量法,学习的速度是自适应的,训练结果如图3所示。

由图2和图3对比,使用训练函数traingdx对网络训练时,网络收敛速度快,训练误差较小,网络性能相对较好。对训练好的改进后的BP神经网络进行验

证,抽取 100 个检验样本作为神经网络的输入,能正确预测出农作物产量比率为 90.37%,测试时间为 4.75s。表 1 所示为部分测试样本的测试结果,由于样本数据优劣不同,模拟结果有所差异;总的来说平均误差较小,在可接受范围之内。

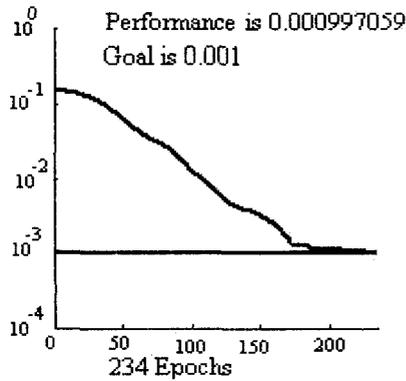


图 3 训练函数为 traingdx 的训练结果

表 1 单位面积产量部分数据的预测值与实际值比较

测试样本	实际值/kg	预测值/kg	相对误差
1	8.02	7.61	5.11%
2	7.93	7.57	4.54%
3	7.55	8.46	12.05%
4	8.32	7.65	7.05%
5	8.97	8.29	7.58%
6	8.41	7.97	5.23%
7	7.69	7.23	5.98%
8	8.72	8.14	6.65%
9	8.35	7.38	11.62%
10	7.87	8.19	4.07%

BP 神经网络方法具有很强的学习、联想和容错功能,具有高度的非线性函数映射功能,它使得光源环境参数预测结果的精度大大提高,并且 BP 网络模型用于学习预测时,不需要对数据进行复杂的预处理。本研究就针对农业 LED 光源环境研究问题,用一种改进的 BP 神经网络建立了神经网络模型,并对农业光源环境参数进行预测,获得了较好的效果,该方法也可应用于其它相关的预测。

3 结束语

LED 光源在农业中的应用是利用光的波长分析技术、计算机技术、BP 神经网络技术等众多领域的知识在农作物生产管理上的综合应用,是一个农业信息、计算机科学多学科交叉而形成的新的研究课题。

基于 BP 神经网络的 LED 光源环境使 LED 光源系统具有了自学习、自适应等功能,具有诸多优点:

1) BP 神经网络具有自学习、自组织的能力^[11];人们只要将实验数据提供给它,它就可以自动建立输入和输出的关系,从而节省了人工对不同农作物所需的光参数进行实验选取的时间,简单而高效。

2) BP 神经网络方法能实现更高的可靠性、实用性;对光环境参数预测准确率的提高以及降低误差率都是有效的,对同种农作物不同生长期所需的光参数可以进行更精确的预测,节省了一定资源的消耗。

BP 神经网络的算法实际上是非线性优化问题的梯度算法,所以存在收敛性的问题;算法不能保证学习的结果一定收敛到均方误差的全局最小点^[12],可能落入局部极小点,导致网络陷入错误的工作模式。本研究在保证算法实现速度的前提下也保证了运行程序的精度,但对于 BP 神经网络中遇到的问题还有待于进一步探索和发掘新的思路。

本研究可以为农业生产,特别是可控光源环境下的设施农业农作物生产进行计算机科学管理和决策提供依据,对促进农业管理的智能化发展具有重要的意义,可以提高我国设施农业的整体水平,具有广阔的潜在应用前景。

参考文献:

- [1] 于海业,王永志,张 蕾. LED 在设施农业中的应用[J]. 农机化研究,2009(5):190-192.
- [2] Khoob A R. Comparative study of Hargreaves's and artificial neural network's methodologies in estimating reference evapotranspiration in a semiarid environment [J]. Irrigation Science, 2008, 26(3): 253-259.
- [3] 梁晓艳. 基于虚拟仪器技术的近红外整粒小麦成分测量系统的研究[D]. 北京:中国农业大学,2006.
- [4] 魏灵玲,杨其长,刘水丽. 密闭式植物种苗工厂的设计及其光环境研究[J]. 农业工程科学,2007, 23(12): 415-419.
- [5] 杨其长. LED 在农业与生物产业的应用与前景展望[J]. 中国农业科技导报,2008, 10(6): 42-47.
- [6] 飞思科技产品研发中心. 人工神经网络理论及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [7] Lisboa P G J. Neural networks current applications [M]. London: International Thomson Computer Press, 1992.
- [8] 刘 浏. 基于 BP 神经网络的火焰识别系统[J]. 西昌学院学报,2009, 23(4): 54-56.
- [9] 鲍一丹,吴燕萍,何 勇. BP 神经网络最优组合预测方法及其应用[J]. 农机化研究,2004(3): 162-164.
- [10] 庄志坚,陈小刚,原培新. 基于 BP 神经网络方法的焊缝图像识别系统[J]. 科技创新导报,2009(27):18-19.
- [11] Odom M D, Sharda R. A Neural Network for Bankruptcy Prediction [C]//International Joint Conference on Neural Network. [s. l.]:[s. n.], 1990: 17-20.
- [12] 王晓敏,刘希玉,戴 芬. BP 神经网络预测算法的改进及应用[J]. 计算机技术与发展,2009, 19(11): 64-67.