

基于优化神经网络的温室厚皮甜瓜病害预测

王福顺¹, 孙小华^{2*}

(1. 河北农业大学 信息学院, 河北 保定 071001; 2. 河北软件职业技术学院 数字传媒系, 河北 保定 071000)

摘要: 在温室环境中, 厚皮甜瓜较易感染一些病害, 而传统的病害预测模型收敛速度慢, 易在局部局限在极小值, 为准确预测温室厚皮甜瓜病害, 在 BP 神经网络的基础上进行优化, 引入了遗传算法, 在全局最优解的附近进行局部搜索, 以遗传算法的全局搜索能力克服了传统神经网络的局部极小值问题与收敛速度缺陷。经以 Matlab 对试验数据进行仿真分析, 证实引入遗传优化算法进行温室厚皮甜瓜病害预测误差显著减小, 取得了较理想的拟合结果。

关键词: 厚皮甜瓜; 温室; 病害预测; 遗传算法; 神经网络

中图分类号: S436.5 TP389.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)11-0103-04

Muskmelon Disease Forecasting Based on Optimized BP Neural Network

WANG Fu-shun¹, SUN Xiao-hua^{2*}

(1. Information College of Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2. Department of Digital Media, Hebei Software Institute, Baoding 071000, China)

Abstract: In the environment of greenhouse, muskmelon is often infected by diseases. The traditional neural network algorithm converges slowly, easy to limited to the minimum in the local convergence. In this paper, genetic algorithm was led into BP network to overcome the defects by its global search ability. The Matlab simulation analysis of test data confirmed that the introduction of genetic optimization algorithm significantly reduced the prediction errors of greenhouse muskmelon disease, and obtained better fitting results.

Key words: muskmelon; greenhouse; disease prediction; genetic algorithm; neural network

厚皮甜瓜又称蜜瓜, 为藤蔓类草本植物, 其营养丰富, 味道甜美, 市场销路很好。由于温室环境温湿度高, 加之重茬面积连年增加, 厚皮甜瓜较易感染一些病害, 包括霜霉病、白粉病、灰霉病等, 影响了厚皮甜瓜的质量和市场竞争能力。因此, 有效、准确地预测病害, 进而合理施药、积极防治就显得至关重要。温室甜瓜病害预测模型的建立和应用往往是基于数学关系的生物学过程, 由于难以精确描述和表达作物生物学过程的输入、输出关系, 因而存在固有的局限性, 在预测时存在不可避免的误差。近年来, 在温室作物病虫害预防中引入神经网络, 极大地克服了基于

传统病害预测模型防治的不足, 其预测结果较好^[1]。然而, 因为单纯的神经网络算法易在局部局限在极小值, 在收敛速度方面无法提升, 所以难以使网络的学习结果准确收敛。为此, 在传统 BP 神经网络的基础上引入优化方法, 以遗传算法的全局搜索能力来克服神经网络的局部极小值问题与收敛速度缺陷, 从而使温室厚皮甜瓜病害预测更加科学、准确。

1 数据的采集与处理

1.1 温室数据的采集与处理

温室厚皮甜瓜病害感染数据来自河北软件职业

收稿日期: 2012-05-31

基金项目: 2011 年保定市科技局社科基金项目(BD2011KJ0023)

作者简介: 王福顺(1981-), 男, 河北景县人, 讲师, 博士, 主要从事计算机智能检测与控制方面的研究。

E-mail: wangfushun@yahoo.cn

* 通讯作者: 孙小华(1979-), 女, 河北涿鹿人, 讲师, 硕士, 主要从事计算机科学与技术方向的教学和科研工作。

E-mail: eagleyi@126.com

技术学院玻璃温室。

温室气象数据:在玻璃温室中,采用气象自动监测器以 10 min 为间隔,测量并记录气象数据,包括玻璃温室最高、最低温度和玻璃温室最高、最低湿度,同时以天为单位,计算并存储玻璃温室平均温、湿度。温室厚皮甜瓜病害记录项:厚皮甜瓜霜霉病、厚皮甜瓜白粉病、厚皮甜瓜灰霉病。

1.2 温室厚皮甜瓜感病指数分析

以传统农作物病害测量的手段,采用自然调查法,以 5 d 为间隔,每次选 200 片以上的叶片,调查温室厚皮甜瓜开花期到落叶阶段的病害严重度,在厚皮甜瓜病害高峰期,间隔频率加强为每日一次。病害分级标准为:0 级,病斑面积=0;1 级,病斑面积 $\leq 5\%$;3 级, $5\% < \text{病斑面积} \leq 15\%$;5 级, $15\% < \text{病斑面积} \leq 25\%$;7 级, $25\% < \text{病斑面积} \leq 50\%$;9 级,病斑面积 $> 50\%$ 。

以下式计算厚皮甜瓜的感病指数:

$$\text{感病指数} = \frac{\sum(\text{该级发病叶片数} \times \text{病级值})}{\text{总叶片数} \times \text{最高级病级值}} \times$$

100%。

1.3 温室厚皮甜瓜感病指数的处理

选择以下 6 个参数作为神经网络的输入因子: X_1 表示甜瓜温室最低温度, X_2 表示最高温度, X_3 表示平均温度, X_4 表示最低湿度, X_5 表示最高湿度, X_6 表示平均湿度;选择以下 3 个参数作为神经网络的输出因子: Y_1 表示温室甜瓜白粉病感病指数, Y_2 表示温室甜瓜霜霉病感病指数, Y_3 表示温室甜瓜灰霉病感病指数。引入 Matlab 归一化处理函数,将数据映射到 $[-1, 1]$,函数如下:

$$[p_n, \min p, \max p, t_n, \min t, \max t] = \text{premnmx}(p, t)$$

式中:归一化后的样本输入集合以 p_n 表示,归一化前的样本输入集合以 p 表示,归一化后的样本输出集合以 t_n 表示,归一化前的样本输出集合以 t 表示。

为恢复归一化前的温室试验数据,再引入 Matlab 反归一化处理函数进行处理,函数如下:

$$\text{postmnmx}(p_n, \min p, \max p, t_n, \min t, \max t)$$

经过以上步骤,获取到本研究所需的玻璃温室气象数据和温室甜瓜病害感病指数。

2 BP 神经网络的设计

2.1 确定 BP 神经网络层数

相关研究表明^[2-3],对于任意连续的函数,都可由拥有 1 个隐含层的神经网络逼近,因此,本研究选择以 3 层结构构建玻璃温室甜瓜病害 BP 模型。

2.2 确定网络层节点数

结合温室厚皮甜瓜病害环境及以上分析可知,导致温室厚皮甜瓜发生病害的主要原因是环境温、湿度。因此,本研究选取了 6 个输入因子和 3 个输出因子(见 1.3)作为网络层节点数。引入试凑法来确定适合的隐含层节点数。首先比较样本集训练结果,以相对较小的节点数训练网络,在此基础上逐步增加节点数,最终确定可以使误差达到最小的节点数。本研究以试凑法得出,网络误差在隐含层节点数为 20 时有最小值。

2.3 确定自适应学习速率

设定自适应学习速率的目的是为了减少对其进行训练的时间与次数,可以在网络学习速率偏低的时候进行增速调整,反之,在网络发散时则对其降速^[4]。具体的调整方法如下:

$$\eta(k+1) = \eta(k) - \beta \Delta E(k),$$

式中:学习速率以 η 表示,系统的训练次数以 k 表示,误差变化量以 ΔE 表示。当 ΔE 为负值时,应对学习速率进行增速调整,加快收敛速度;当 ΔE 为正值时,则以相反的处理方式对其降速。

3 基于遗传算法的神经网络优化

基于遗传算法的优化目的是以遗传算法的全局搜索性来克服神经网络过度依赖梯度下降的缺陷,通过计算适应度与遗传误差,对神经网络权值和阈值进行持续调整,计算隐含层、输出层单元输出与隐含层、输出层单元误差,从而确定最佳权值。图 1 所示为具体的流程,具体操作步骤为:

(1)对种群进行初始化操作,确定具体的参数,若满足适应度与遗传误差的要求,则选该值为初始权值和阈值;

(2)定义误差平方和误差倒数为系统适应度,评估训练样本适应度;

(3)对当前群体进行进化,以选择操作、交叉操作进化出第 2 代群体;

(4)对全局误差进行计算,若满足要求,就返回第(1)步,不满足要求就转到第(5)步;

(5)确定适应度最优的个体并输出,对输出的个体进行解码,获取最佳连接权值和阈值。

这样就得到一组编码数据,遗传算法认为该组数据是最优解。然后采用遗传算法的解码,将该组编码数据转换为权重组合,作为初始权值(阈值),进入 BP 神经网络的系统中去。

引入动量项来避免由于学习速率过大而导致震荡:

$$\Delta w(t+1) = \alpha \Delta w(t) - \eta \frac{\partial E}{\partial w},$$

动量因子为 α , E 代表第 n 次计算得到的误差, $w(t)$ 代表学习速率, $\Delta w(t)$ 代表学习速率调整量, η 代表动量项调整系数。通过记忆上一次的变化值, 来避免系统震荡。



图 1 优化神经网络流程

4 仿真过程

以 Matlab 实现对试验数据的仿真分析, 具体步骤为:

(1)通过以下命令实现神经网络的构建:

```
net=newff(minmax(p),[s1,3],{'tansig','tansig','tansig'},'trainlm'),
```

其中,newff 函数的功能是初始化网络,tansig 函数的功能是在不同层次间进行参数传递,网络输入维数、神经元数分别以参数 p 、 s_1 表示。

(2)引入 trainlm 函数,确定最大训练次数、训练步数、学习率等参数后,对网络进行训练,以实现快速寻优。

(3)引入 sim 函数对网络进行仿真:

```
s_p=sim(net,p_n),
```

函数中,输入信息以参数 p_n 表示,sim 函数对网络仿真的结果以 s_p 表示。

(4)引入 train 函数,用遗传算法优化神经网络,获取最佳连接权值和阈值。 $net=train(net,P,T)$,网络输入、输出维数以参数 P 、 T 表示。

5 效果分析

本研究的仿真结果表明,以遗传算法优化的神经网络模型在 138 次计算后,误差满足了要求 (<0.001),训练停止;迭代超过 25 次后,网络误差变化趋于平稳。试验结果证实,以遗传算法优化的神经网络能够实现快速寻优。以温室甜瓜的白粉病害为例,图 2 所示为其感病指数实测值和拟合值曲线,其中,实测值以虚线表示,拟合值以实线表示,相

关系数 $R=0.96658$,趋近于 1。作为对比,单纯的神经网络在 689 次计算后,误差满足了要求 (<0.001),训练停止。可知,本研究所构建的优化算法取得了较理想的拟合结果。

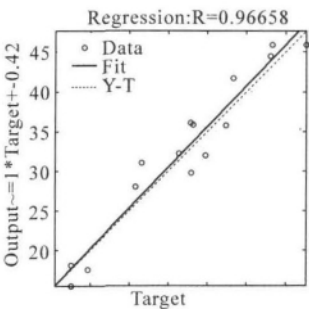


图 2 温室甜瓜白粉病害感病指数的实测值与拟合值曲线

依然以温室厚皮甜瓜白粉病为例,未经优化的神经网络感病指数拟合值与实际值及其误差如表 2 所示,可知,相对误差最大值达 47.05%,平均为 22.29%,误差较大,效果不够理想。

表 2 未经优化的神经网络拟合值与实际值比较

拟合值	实际值	相对误差/%
41.87	33.18	26.19
37.22	43.51	14.45
38.36	32.95	16.41
35.13	26.60	39.69
42.16	38.16	10.52
25.03	17.62	47.05
52.19	37.41	40.54
22.62	17.47	29.41
14.63	32.94	16.45
15.69	19.71	21.05
44.69	43.12	2.30
35.04	25.81	40.00
52.12	47.70	10.63
38.71	34.66	11.76
35.56	31.25	12.90

经过遗传算法优化的神经网络感病指数拟合值与实际值及其误差如表 3 所示,可知,相对误差最大值为 17.40%,平均为 7.86%,远优于单纯的神经网络模型。

采用相同的方法,对温室甜瓜霜霉病、灰霉病感病指数分别进行分析对比,得到相同的结果。由此可知,本研究所构建的基于遗传算法优化的神经网络显著优于单纯神经网络的预测结果。

为进一步证实本研究的优化结果,引入以下评价指标,分别为:平均绝对误差、均方差、平均绝对百分比误差。对优化后的模型评价指标进行测定,结果如表 4 所示,可知,温室厚皮甜瓜白粉病、霜霉病、灰霉病感病指数的平均绝对误差、均方差和平均绝对百分比误差值均较小,进一步证实引入遗传优化算法进行温室厚皮甜瓜病害预测是有效的。

表 3 优化后的神经网络拟合值与实际值比较

拟合值	实际值	相对误差/%
35.73	33.08	8.01
45.76	43.21	5.90
36.17	32.72	10.54
31.10	26.49	17.40
41.58	38.16	8.96
18.22	17.69	3.00
35.63	37.21	4.25
29.65	32.77	9.52
15.42	17.47	11.73
17.43	19.56	10.89
44.40	43.10	3.02
28.12	25.89	8.61
45.81	47.55	3.66
31.82	34.66	8.19
32.10	31.25	2.72

表 4 优化后的神经网络模型评价指标

评价指标	白粉病感 病指数	霜霉病感 病指数	灰霉病感 病指数
平均绝对误差	2.32	1.14	0.23
均方差	6.37	1.78	0.13
平均绝对百分比误差	0.08	0.10	0.19

6 小结

本研究首先进行温室数据的采集,在对厚皮甜瓜感病指数数据的基础上,以所获取的实际数据设计了 BP 神经网络模型,接着引入遗传优化算法,

并通过仿真过程进行了效果分析,详细对比了经过优化的神经网络病害预测模型与传统的神经网络模型。通过对 2 种模型评价效果的比较可知,本研究构建的基于遗传算法优化的神经网络在训练速度与拟合结果方面均显著优于单纯神经网络的预测结果。原因在于传统的神经网络模型效果与性能极大地受限于权值和阈值的随机初始化,且极易导致网络收敛效果不理想,而本研究所构建的遗传算法优化的神经网络在全局最优解的附近进行局部搜索,可以很好地克服传统算法收敛速度慢的问题,同时克服了易在局部局限在极小值的问题。

参考文献:

- [1] Aegerter B J, Nunez J J, Boehm K. Environmental factors affecting rose downy mildew and development of a forecasting model for a nursery production system[J]. American Phytopathological Society, 2010, 6: 145-148.
- [2] Luo L Q, Ning S. Improved model for scabby wheat rate estimation using machine vision and neural networks[C]. Annual International Meeting ASAE Paper, 2009: 12.
- [3] Lankin-Vega G, Worner S P. An ensemble model for predicting *Rhizoglyphus padi* abundance[J]. Entomologia Experimentalis Applicata, 2008, 3: 308-315.
- [4] 胡小平, 梁承华. 植物病虫害 BP 神经网络预测系统的研制与应用[J]. 西北农业大学学报, 2010, 29(2): 73-76.
- [5] 谈文, 吴元华. 烟草病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [6] 郑美秀, 蒋宗孝. 烟草普通花叶病与气象条件的关系[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 715-718.
- [7] 杨明, 徐云, 刘启富, 等. 烤烟普通花叶病毒田间自然传播能力研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(1): 24-25.
- [8] 曾嵘, 滕永忠, 张庆刚, 等. 烤烟漂浮育苗中 TMV 的发生及预防研究[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(1): 136-139.
- [9] 杨柳. 浏阳市烟草花叶病发生规律及综合防治技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [10] 魏治中. 山西烟草主要病害及其防治[J]. 山西农业科学, 1991, 19(10): 32-34.
- [11] 韩锦峰, 王晓军, 刘华山, 等. 植物提取物抑制烟草花叶病毒(TMV)的研究进展[J]. 河南农业科学, 2012, 40(3): 1-6.
- [12] 任大勤. 烟草病毒病的预防[J]. 现代农业科技, 2006(11): 54.
- [13] 陈涛, 郭利, 张华南. 漳县烟草普通花叶病发生规律及综合防治技术[J]. 现代农业科技, 2009(15): 166.
- [1] 钱玉梅, 王凤龙, 陈德鑫, 等. 烟草种子携带烟草普通花叶病毒测定研究初报[C]//陈江华. 中国烟叶学术论文集. 北京: 科学技术文献出版社, 2004: 509-511.
- [2] 烟草植保在线. 烟草普通花叶病[EB/OL]. [2011-10-07] <http://www.yczb.org/SbContent.aspx?Qid=40>.
- [3] 张彬, 丁伟. 重庆市巫溪县烟草花叶病调查报告[EB/OL]. [2011-07-13] <http://www.cqyczb.com/techDetail.asp?id=409&M1id=12>.
- [4] 陈家骅, 张玉珍, 张章华, 等. 烟草病虫害及其天敌[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1990.

(上接第 99 页) 但是烟株一旦感病, 施药的防治效果有限, 施用药剂并不能减轻已发病烟株的病害程度。

综上所述, 从烟草花叶病的发生条件和发生规律来看, 异常的气象因素是花叶病发生流行的最主要原因, 而针对烟草花叶病的防治, 最有效的方法就是按照“预防为主, 综合防治”的植保方针, 早施药, 早预防。坚持以预防为主, 药剂防治为辅, 在病毒侵染烟株之前采取消毒措施, 消除侵染源, 同时需要早施药预防, 消除病毒的侵染、传播和蔓延途径^[10-13]。

参考文献:

- [1] 钱玉梅, 王凤龙, 陈德鑫, 等. 烟草种子携带烟草普通花叶病毒测定研究初报[C]//陈江华. 中国烟叶学术论文集. 北京: 科学技术文献出版社, 2004: 509-511.
- [2] 烟草植保在线. 烟草普通花叶病[EB/OL]. [2011-10-07] <http://www.yczb.org/SbContent.aspx?Qid=40>.
- [3] 张彬, 丁伟. 重庆市巫溪县烟草花叶病调查报告[EB/OL]. [2011-07-13] <http://www.cqyczb.com/techDetail.asp?id=409&M1id=12>.
- [4] 陈家骅, 张玉珍, 张章华, 等. 烟草病虫害及其天敌[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1990.
- [5] 谈文, 吴元华. 烟草病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [6] 郑美秀, 蒋宗孝. 烟草普通花叶病与气象条件的关系[J]. 气象科技, 2006, 34(6): 715-718.
- [7] 杨明, 徐云, 刘启富, 等. 烤烟普通花叶病毒田间自然传播能力研究[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 35(1): 24-25.
- [8] 曾嵘, 滕永忠, 张庆刚, 等. 烤烟漂浮育苗中 TMV 的发生及预防研究[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(1): 136-139.
- [9] 杨柳. 浏阳市烟草花叶病发生规律及综合防治技术研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [10] 魏治中. 山西烟草主要病害及其防治[J]. 山西农业科学, 1991, 19(10): 32-34.
- [11] 韩锦峰, 王晓军, 刘华山, 等. 植物提取物抑制烟草花叶病毒(TMV)的研究进展[J]. 河南农业科学, 2012, 40(3): 1-6.
- [12] 任大勤. 烟草病毒病的预防[J]. 现代农业科技, 2006(11): 54.
- [13] 陈涛, 郭利, 张华南. 漳县烟草普通花叶病发生规律及综合防治技术[J]. 现代农业科技, 2009(15): 166.