

基于两种 BP 神经网络的精纺毛纱性能预测模型的比较

李翔¹, 顾宗栋², 薛元³, 胡国樑¹

(1. 浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018; 2. 浙江凌龙纺织有限公司, 浙江嘉善 314104;

3. 嘉兴学院服装与艺术设计学院, 浙江嘉兴 314001)

摘要: 在较大输入层样本数、较多输入层节点数的条件下, 尝试使用单隐层 BP 神经网络模型与双隐层 BP 神经网络模型分别对精纺毛纱的条干不匀率与断裂强力进行预测, 分析比较单、双隐层模型的预测性能。结果表明: 隐含层节点数为 9 的双隐层 BP 神经网络模型预测性能最佳, 相关系数值为 0.920 5; 对精纺纱的断裂强力进行预测时, 隐含层节点数为 8 的双隐层 BP 神经网络模型预测性能最好, 相关系数值为 0.917 1。因此, 在输入层样本数较大、输入层节点数较多的条件下, 双隐层 BP 神经网络模型更适合对精纺毛纱的性能进行预测。

关键词: BP 神经网络; 精纺毛纱; 单隐层; 双隐层

中图分类号: TS104.1 **文献标识码:** A

0 引言

人工神经网络技术对信息处理的机理类似于人脑的神经网络, Hecht-Nielsen^[1]曾证明在闭区间的连续函数都可用含有 1 个隐层的 BP 神经网络来逼近, 一个 3 层结构的 BP 网络可以完成任意 N 维到 M 维的映射。因此使用 BP 神经网络技术预测纱线相关性能的学者在建立模型时使用的隐含层数为一层, 即达到很高的预测精度^[2-4]。但大多数研究人员使用的 BP 神经网络模型的输入层的维数较少, 建立的模型较简单。Mustafa E. Üreyen 等^[5]使用人工神经网络技术与多元线性模型对纱线的毛羽、条干不匀率、拉伸性能进行建模预测的过程中, 输入层的节点数达到 14 个, 因此使用了两个隐含层, 同样获得了很高的预测精度。但是在输入层样本数较大、输入层节点数较多的条件下, 对单隐层与双隐层的 BP 神经网络模型而言, 哪种模型具有更强的预测能力, 国内外的文献至今甚少涉及。

本文尝试使用单隐层与双隐层 BP 神经网络模型对精纺毛纱的相关性能进行预测, 并使用相关系数(R)判定各个模型的预测性能。

1 BP 神经网络的设计

反向传播神经网络(BP)是属于前馈型神经网络, BP 神经网络通常具有多层结构, 即输入层、隐含层与输出层。隐含层数目及每一层节点的数目主要取决于问题的复杂程度, 前馈型神经网络一般含有一个或者更多的隐含层, 拥有非线性传递函数(S 型函数)的多层神经网络使得网络可以学习输入向量与输出向量的线性与非线性的关系, 而线性输出层则保证了输出具有了-1 到 1 之外的范围^[6]。BP 神经网络的基本工作原理是信号正向传播, 误差反向传播, 通过对网络权值和与阈值的修正, 使误差函数沿梯度方向下降, 直到误差低于一个预先设定的值或步数, 才停止训练, 具体的公式推导在这里不再展开。图 1、图 2 是隐含层节点数为 7 的单隐层及双隐层 BP 神经网络模型。不同隐含层节点数的 BP 神经网络模型以此类推。

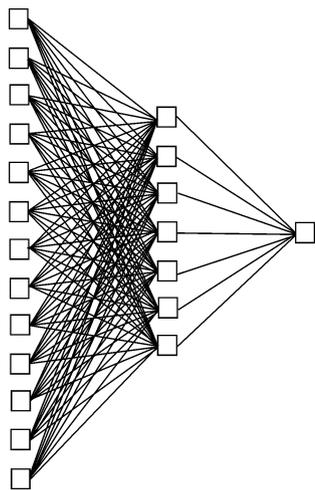


图1 单隐层 BP 神经网络模型

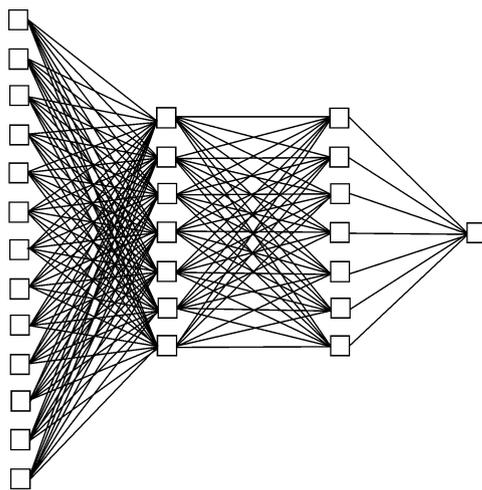


图2 双隐层 BP 神经网络模型

2 实验部分

2.1 实验原料

本文的输入节点的各项指标是由工厂实际检测及相关文献^[7-8]综合后获得,即纤维平均直径、直径离散系数、纤维平均长度、长度离散系数、短绒率、毛粒、毛条回潮率、前纺总牵伸倍数、粗纱牵伸倍数、粗纱重量、细纱线密度、细纱捻度、钢丝圈号数。输出节点根据企业所关心的精纺纱的几项性能指标,选择了纱线的条干不匀率(CV)与断裂强力(BS)两项指标进行预测。

一共使用 85 个样本(由浙江凌龙纺织有限公司提供),全为精纺毛纱,其中任意选择 70 个样本作为模型训练,15 个样本作为检验数据。每个模型训练的次数为 100 次,取 100 次训练过程中预测值最接近实测值的一组检验数据(15 个样本)进行模型之间的对比。为消除原变量的量纲不同、数值差异太大带来的影响,需要对这 85 个原变量样本作标准化处理,标准化的处理方式可参照文献^[9]。

2.2 BP 神经网络隐层节点数确定

当 BP 神经网络的输入层节点数、输出层节点数确定后,隐含层的节点数的计算有很多种方法,可以凭借经验通过尝试不同的隐节点数来检测模型的预测性能,许多学者尝试使用高大启^[10] 提供的经验公式:

$$S = \sqrt{0.43mn + 0.12n^2 + 2.54m + 0.77n + 0.35} + 0.51 \quad (1)$$

式中: m 为输入层节点数,在本试验中, m 为 13; n 为输出节点数,本实验采用单输出,则 n 为 1;因此通过计算得到 S 的大小近似为 7,则隐含层的节点数初步选定为 7。

或由张立明^[11]提供的两个经验公式:

$$h = a + \sqrt{N + O} \quad (2)$$

$$h = \log_2 N \quad (3)$$

式中: h 为隐含层节点数, N 为输入层节点数, O 为输出层节点数, a 为 0~10 之间的整数;通过计算得到 h 的取值可为 4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14。参考上述三个公式的计算结果,并经过实验初步确定隐含层节点数为 5、6、7、8、9、10、11、12。

2.3 模型训练参数的设定

对 BP 神经网络模型的训练参数作以下设置:学习率为 0.02,精度为 0.01,训练步数为 50 000,训练步长为 50。

2.4 模型的建立方法

采用了 matlab7.0 软件进行数学建模,相关系数(R)是用以反映预测值与实测值之间关系密切程度的统计指标,因此,使用相关系数(R)评定模型的预测性能。

3 实验结果与讨论

3.1 BP 神经网络模型的建立

在预测精纺毛纱条干不匀率时,单隐层 BP 神经网络模型的隐含层节点数为 10 时,模型达到最佳的预测性能,其相关系数值为 0.892 7;双隐层 BP 神经网络模型的隐含层节点数为 9 时,模型达到最优的预测结果,相关系数值大小为 0.920 5,如表 1 所示。

表 1 BP 神经网络模型预测条干不匀率的相关系数

隐含层节点数	5	6	7	8	9	10	11	12
R;单隐层 BP	0.843 9	0.877 8	0.880 3	0.877 8	0.877 9	0.892 7	0.882 9	0.869 3
R;双隐层 BP	0.884 9	0.897 1	0.915 6	0.919 2	0.920 5	0.917 6	0.916 3	0.898 5

由表 1 可知,在相同的隐含层节点数的条件下,双隐层 BP 神经网络模型的预测性能要略优于单隐层。综合比较单、双隐层模型的预测精度,隐含层节点数为 9 的双隐层 BP 神经网络模型的预测性能最佳。

在预测精纺毛纱断裂强力时,当 BP 神经网络模型的隐含层数为 1、隐含层节点数为 9 时,模型预测的精度最高,相关系数为 0.892 5;当 BP 神经网络模型的隐含层数为 2、隐含层节点数为 8 时,模型的预测结果最优,R 为 0.917 1,如表 2 所示。

表 2 BP 神经网络模型预测断裂强力的相关系数

隐含层节点数	5	6	7	8	9	10	11	12
R;单隐层 BP	0.874 1	0.868	0.882 1	0.885	0.892 5	0.882 1	0.881 2	0.860 4
R;双隐层 BP	0.908 3	0.911 6	0.912 1	0.917 1	0.902 1	0.892 8	0.889 3	0.892 8

由表 2 同样可以看到,在相同的隐含层节点数条件下,双隐层 BP 神经网络模型的预测精度要略高于单隐层。综合比较单、双隐层模型的预测效果,当 BP 神经网络模型的隐含层数为 2、隐含层节点数为 8 时,模型的预测性能最好。

因此,在对精纺毛纱的条干不匀率与断裂强力进行预测时,在较大输入层样本数、较多输入层节点数的条件下,双隐层 BP 神经网络的预测性能要略优于单隐层 BP 神经网络。

3.2 相关系数对 BP 神经网络的性能表征

相关系数是反映预测值与实测值之间相关程度的统计指标,使用相关系数分析和表征模型的预测性能的高低是常用的方法。从表 1、表 2 可以看到,在预测精纺毛纱的条干不匀率与断裂强力过程中,当单、双隐层模型达到各自最佳预测性能时,单隐层模型所需要的隐含层节点数要多于双隐层模型,两者节点数相差为 1。从模型上分析,可能在输入层的节点数、输出层节点数相同的条件下,单隐层 BP 神经网络模型对输入层信息进行处理时的训练层数较少,则需要更多的隐含层节点数对信息进行全局性分析、处理。而双隐层 BP 神经网络模型由于拥有较多隐含层,则每个隐含层只需要较少的节点数就能全面地分析、处理信息。

选取的精纺毛纱条干不匀率、断裂强力的首选模型分别为隐含层节点数为 9 的双隐层模型与隐含层节点数为 8 的双隐层模型;理论上使用相同的训练样本数据、验证样本数据、模型参数设定一致的情况下,毛精纺纱条干不匀率、断裂强力的首选模型应该在结构上一致。但实际结论的不一致性也在一定程度上反映了原始数据的噪声性、不确定性、不准确性。

当单、双隐层 BP 神经网络模型各自达到最佳预测性能时,单隐层 BP 神经网络模型所需要的隐节点数是否一定多于双隐层 BP 神经网络模型还需要更多的实验证明,即需要对精纺毛纱的其它性能进行预测,但由于实验数据目前难以采集,有待今后进一步研究。

4 结 论

a)使用单隐层的 BP 神经网络模型与双隐层 BP 神经网络模型对精纺毛纱的性能进行预测,对条干不匀率进行预测时,隐含层节点数为 9 的双隐层 BP 神经网络模型预测性能最佳,相关系数为 0.920 5;对断裂强力进行预测时,隐含层节点数为 8 的双隐层 BP 神经网络模型预测性能最好,相关系数为 0.917 1。在输入层样本数较大、输入层节点数较多的条件下,双隐层 BP 神经网络模型的预测性能要略优于单隐层。

b) 当单、双隐层 BP 神经网络模型各自达到最佳预测性能时,在本文条件下单隐层模型所需要的隐节点数多于双隐层,然而是否一定或普遍多于双隐层网络模型还需要更多的实验来证明,即需要对精纺毛纱的其它性能进行预测,如强力不匀率、弹性、断头率等,但尚需要解决实验数据难以采集的问题。

参考文献:

- [1] Hecht-Nielsen R. Counterpropagation networks[J]. *Applied Optics*, 1987(26): 4979-4984.
- [2] Majumdar A, Ciocoiu M, Blaga M. Modelling of ring yarn unevenness by soft computing approach[J]. *Fibers and Polymers*, 2008, 9(2): 210-216.
- [3] Babay A, Cheikhrouhou M, Vermeulen B, et al. Selecting the optimal neural network architecture for predicting cotton yarn hairiness[J]. *Journal of the Textile Institute*, 2005, 96(3): 185-192.
- [4] Demiryurek O, Koc E. Predicting the unevenness of polyester/viscose blended open-end rotor spun yarns using artificial neural network and statistical models[J]. *Fibers and Polymers*, 2009, 10(2): 237-245.
- [5] E. Üreyen M, Gürkan P. Comparison of artificial neural network and linear regression models for prediction of ring spun yarn properties[J]. *Fibers and Polymers*, 2008, 9(1): 87-96.
- [6] 问新, 周露, 李翔, 等. MATLAB神经网络仿真与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 264.
- [7] Yin X G, Yu W D. The virtual manufacturing model of the worsted yarn based on artificial neural networks and grey theory[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2007, 185(1): 322-332.
- [8] Mwasiagi J I, Huang X B, Wang X H. Performance of neural network algorithms during the prediction of yarn breaking elongation[J]. *Fibers and Polymers*, 2008, 9(1): 80-86.
- [9] 刘贵, 于伟东. 毛精纺前纺工艺参数重要性的 BP 网络定量评价法[J]. *纺织学报*, 2008, 29(1): 34-37.
- [10] 高大启. 有教师的线性基本函数前向三层神经网络结构研究[J]. *计算机学报*, 1998, 21(1): 80-86.
- [11] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993: 46.

Comparison of Prediction Models of Worsted Yarns Performances Based on Two Kinds of BP Neural Network

LI Xiang¹, GU Zong-dong², XUE Yuan³, HU Guo-liang¹

- (1. School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. Zhejiang Linglong Textile Co. Ltd., Jiashan, 314104, China;
3. School of Garment and Art design, Jiaxing University, Jiaxing 314001, China)

Abstract: One-hidden layer and two-hidden layer BP neural network models are attempted to predict both unevenness value (CV) and breaking strength (BS) of worsted yarns under the condition of large-scale input samples and high input dimensions. Additionally, prediction performances of one-hidden layer and two-hidden layer BP neural network models are analyzed. The experimental results show that two-hidden layer BP neural network with 9 hidden layer nodes is demonstrated to be the best one in the prediction of unevenness value (CV), the relative coefficient value is 0.920 5. And two-hidden layer BP neural network with 8 hidden layer nodes is proved better than others in forecasting breaking strength (BS), the relative coefficient value is 0.917 1. Therefore, two-hidden layer BP neural network model was more suitable to predict the performances of worsted yarns on the case of large-scale input samples and high input dimensions.

Key words: BP neural network; worsted yarns; one-hidden layer; two-hidden layer

(责任编辑: 张祖尧)