

基于BP神经网络的棉织物透气性能预测

孙浪涛, 田 炜, 柴旭阳, 喻 莉

(泉州师范学院 纺织与服装学院, 福建 泉州 362000)

摘 要: 为了研究棉织物结构参数与透气率之间的关系, 选取20种纯棉平纹织物作为样本, 测试织物结构及透气率, 采用三层BP神经网络方法, 建立织物结构参数与织物透气率之间的关系模型, 重新采集5种织物对建立的神经网络模型进行验证。结果表明: BP神经网络可用于棉织物的透气率预测, 以织物经密、织物纬密、经纱表观直径、纬纱表观直径、平方米重量、厚度、总紧度为输入变量, 隐层神经元数为4, 得到织物透气率模型的预测值与实测值的相关系数为0.877 6, 预测误差范围为10.33%-24.76%, 平均误差为17.60%, 表明BP神经网络模型在一定程度上能够预测棉织物的透气率。

关键词: 透气性; BP神经网络; 纯棉织物; 结构参数

中图分类号: TS116

文献标识码: A

文章编号: 2095-414X(2020)04-0015-04

织物透气性是指织物两侧存在压差时, 空气透过织物的能力, 通常采用透气率来表示。透气率是在规定的试样面积、压降和时间条件下, 气流垂直通过试样的速率^[1]。空气透过织物的主要途径有织物内纱线间孔隙及纱线内纤维间孔隙两种, 一般以前者为主^[2]。织物内纱线间的孔隙大多是相互贯通的, 当织物两侧压差较小、气流速度较低时, 在织物纱线孔隙表面形成附面层, 孔隙中心流速最大, 形成层流运动。但实际上孔隙从织物一侧到另一侧, 孔径先减小后增大, 使得气体流经织物常产生涡流, 形成紊流运动^[3]。另外, 由于纱线变形及相互挤压, 纤维间孔隙和纱线间孔径的大小和形状不规则, 以及织物组织、几何结构相、浮长线、纱线毛羽、线圈及织物后整理等因素的影响, 使得织物透气性研究变得复杂。目前, 关于织物透气性的预测研究主要以公式计算法为主, 采用流体力学理论进行织物透气性计算, 结合织物结构参数拟合得出预测公式, 求得透气性预测值^[3-4]。而BP神经网络具有极强的信息综合能力, 能同时处理定性及定量信息, 协调多种输入信息关系, 适用于处理复杂非线性和不确定对象^[5-6]。笔者采用BP神经网络方法对纯棉平纹织物透气性进行预测研究, 建立纯棉平纹织物结构参数与织物透气性之间的神经网络模型, 并选取验证样品验证模型的精确度, 可以为人工神经网络方法在织物透气性能预测方面的研究提供参考, 对纺织品的生产及使用具有指导意义。

1 BP神经网络

BP神经网络是一种前馈式、学习算法, 是一种反向传播算法的人工神经网络, 处理时不需要精确模型, 仅需要大量的原始数据, 通过样本数据的训练, 不断修正网络权值和阈值, 使误差函数沿负梯度方向下降, 逼近任意复杂的非线性输出值, 最终以一种并不精确的输入及输出值描述出来^[7]。

BP神经网络由输入单元、隐层数据处理单元和数据输出单元三层构成^[8]。每一层包含若干神经元, 层与层之间以节点相互关联。对于三层BP神经网络而言, 根据经验, 隐层处理单元数 $=\sqrt{m+n+a}$, 式中: m 和 n 分别表示输入和输出单元数, a 为0-10之间的常数^[9]。

BP神经网络常选用的节点激励函数为S型传递函数 $f(x)$

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

该算法的学习过程由正向和反向传播组成。其中, 正向传播即为输入信息由输出层经隐含层处理, 最

作者简介: 孙浪涛(1986-), 男, 讲师, 研究方向: 功能性纺织产品的研究与开发。

基金项目: 福建省中青年教育科研项目资助(JAT170497)。

终由输出层输出,每层神经元只对下一层神经元有影响。当输出层得不到期望输出值时,则由正向传播转为反向传播,误差信号也由输出层向输入层传播,并调节网络权值和阈值,使误差函数达到极小^[10]。反传导误差函数 E :

$$E = \frac{\sum_i (T_i - O_i)^2}{2} \quad (2)$$

式中: T_i 为期望输出; O_i 为网络的计算输出。

2 实验

2.1 材料与仪器设备

(1) 材料: 纯棉平纹织物 20 种。

(2) 仪器设备: YG461E 型数字式织物透气量仪(泉州市美邦仪器有限公司), YG002 型纤维细度综合分析仪(泉州市美邦仪器有限公司), YG141D 型数字式织物厚度仪(泉州市美邦仪器有限公司), Y511B 型织物密度镜, 电子天平等。

2.2 测试方法

2.2.1 织物透气率测试

按照 GB/T5453-1997《纺织品织物透气性的测试》, 采用 YG461E 型数字式织物透气量仪测试织物透气率, 试样面积为 20 cm^2 , 压降 100 Pa , 同一样品测试 10 次, 取平均值。

2.2.2 织物厚度测试

按照 GB/T3820-1997《纺织品和纺织制品厚度的测定》, 采用 YG141D 型数字式织物厚度仪测量织物厚度, 压脚面积 2000 mm^2 , 压力 100 cN , 加压时间 30 s , 同一样品测试 5 次, 取平均值。

2.2.3 纱线表观直径测试

采用 YG002 型纤维细度综合分析仪拍摄织物表面结构图片, 测量织物中纱线的表观直径, 同一样品测试 20 次, 取平均值。

2.2.4 织物密度测试

表 1 试样结构参数

试样	经密 (根/10cm)	纬密 (根/10cm)	经纱表观 直径(mm)	纬纱表观 直径(mm)	平方米重量 (g/m^2)	厚度 (mm)	总紧度 (%)	实测透气率 (mm/s)
1	244	230	0.184	0.186	94.27	0.350	68.47	2 017.42
2	286	275	0.198	0.178	112.18	0.340	77.86	1 743.75
3	553	270	0.144	0.192	144.03	0.255	90.19	69.87
4	479	321	0.160	0.185	151.54	0.330	90.51	145.54
5	280	245	0.247	0.306	155.88	0.300	92.28	267.60
6	295	221	0.221	0.287	149.30	0.375	87.27	621.38
7	526	308	0.142	0.192	146.18	0.250	89.66	251.69
8	516	263	0.168	0.264	164.52	0.390	95.93	102.73
9	456	374	0.113	0.176	76.15	0.215	83.43	1 023.13
10	368	369	0.142	0.150	76.18	0.205	78.68	1 079.68
11	570	295	0.157	0.172	119.29	0.275	94.82	168.89
12	374	326	0.204	0.234	207.00	0.420	94.38	81.58
13	508	301	0.149	0.181	107.96	0.245	88.94	304.53
14	259	224	0.212	0.296	129.12	0.355	84.81	615.44
15	337	232	0.165	0.213	75.18	0.300	77.54	1 235.30
16	342	117	0.222	0.418	150.73	0.450	87.70	432.16
17	291	257	0.213	0.222	100.84	0.285	83.67	807.55
18	360	112	0.207	0.366	164.37	0.470	84.96	569.85
19	363	121	0.232	0.419	193.26	0.475	92.22	219.46
20	219	151	0.368	0.500	252.70	0.540	95.25	166.88

采用 Y511B 型织物密度镜测量织物经纬密度。

2.2.5 织物面积质量测试

按照 GB/T4669-2008《纺织品机织物单位长度质量和单位面积质量的测定》进行测试。

通过实验, 测得织物结构参数如表 1 所示。

3 织物透气性预测模型的建立

织物透气性预测神经网络模型选取织物经密、织物纬密、经纱表观直径、纬纱表观直径、平方米重量、厚度、总紧度为神经元的输入层, 选取实测透气率为神经元的输出层, 即输入神经元个数为 7, 输出神经元个数为 1, 隐层神经元个数初定选取 3-9 的常数, 选择 S 型正切函数 tansig 作为隐层神经元的激励函数, 根据神经网络训练效果选取最佳隐层神经元数。

采用 Matlab 软件对 20 种纯棉平纹织物的实验数据进行处理, 寻求最优模型, 最佳网络模型参数设置为隐层神经元数选取 4, 显示频率为 500, 最大训练次数为 5 000, 收敛误差为 1×10^{-7} , 学习率为 0.1, 经过多次训练得到相对稳定的网络模型。

4 BP 神经网络模型的验证

重新选取 5 种纯棉平纹织物, 其参数如表 2 所示。根据建立的织物透气率预测模型预测验证样的透气率, 结果如图 1 所示。

表 2 验证样参数

试样	经密 (根/10cm)	纬密 (根/10cm)	经纱表观 直径 (mm)	纬纱表观 直径 (mm)	平方米重量 (g/m^2)	厚度 (mm)	总紧度 (%)	实测透气率 (mm/s)
21	239	279	0.253	0.282	139.50	0.285	91.57	331.43
22	529	314	0.160	0.241	162.73	0.320	96.26	75.59
23	300	257	0.178	0.212	108.69	0.305	78.79	922.09
24	300	250	0.210	0.234	99.50	0.315	84.65	1 089.57
25	288	265	0.213	0.232	133.35	0.275	85.11	830.96

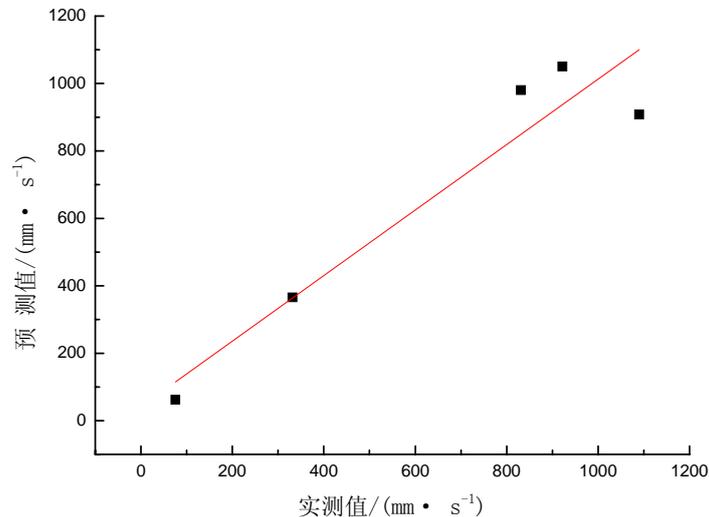


图 1 透气率实测值与预测值的相关性

根据图 1 可知, 织物透气率实测值与预测值的相关系数为 0.877 6, 表明实测值与预测值之间具有较好的相关性。通过计算可知, 验证样织物透气率预测的误差范围为 10.33%~24.76%, 平均误差为 17.60%, 表明 BP 神经网络模型在一定程度上能够对纯棉平纹织物透气率预测。

5 结语

对 20 种纯棉平纹织物进行 BP 神经网络训练, 选取织物经密、织物纬密、经纱表观直径、纬纱表观直

径、平方米重量、厚度、总紧度作为输入变量,隐层神经元个数为4,显示频率为500,最大训练次数为5000,收敛误差为 1×10^{-7} ,学习率为0.1,得到相对稳定的织物透气率预测神经网络模型。重新采集5种试样进行验证,平均预测误差为17.60%,表明建立的BP神经网络模型可以用于纯棉平纹织物透气率预测。

由于本实验模型的样本数量偏少,且织物透气性的影响因素较多,因此建立的神经网络模型平均预测精度偏低,可以通过提高样本容量、增加网络输入变量、去除相关性高的输入因子、改善网络结构等方式来增强BP神经网络预测模型的精度及泛化能力。

参考文献:

- [1] 贾亚楠. 消防服隔热层的产品设计及工艺性能研究[D]. 上海: 东华大学, 2016.
- [2] 孙浪涛. 纯棉机织物结构与透气性关系研究[J]. 武汉纺织大学学报, 2018, 31(6): 11-14.
- [3] 孙浪涛. 纯棉机织物透气性预测[J]. 西安工程大学学报, 2018, 32(5): 495-501.
- [4] 徐瑶瑶, 朱俐莎, 杜磊, 等. 棉织物透气性能的预测研究[J]. 现代纺织技术, 2015, 23(3): 26-30.
- [5] 赵敏, 许家骅, 肖冲. BP神经网络预测降落伞绸透气性的研究[J]. 产业用纺织品, 2008, 26(8): 22-25.
- [6] 王健, 张晓丽, 刘陶. 机织物透气性预测的投影寻踪回归模型[J]. 纺织学报, 2011, 32(8): 46-49.
- [7] 马锐. 人工神经网络原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [8] 丁硕, 巫庆辉. 基于改进BP神经网络的函数逼近性能对比研究[J]. 计算机与现代化, 2012, 14(11): 10-13. 17.
- [9] 梅兴波, 顾伯洪. BP神经网络预测织物拉伸性能[J]. 东华大学学报, 2003, 27(3): 64-67.
- [10] 肖继海, 崔晓红, 戴晋明. BP神经网络在织物性能预测中的应用与研究[J]. 电脑与信息技术, 2009, 16(6): 29-33.

Prediction of Air Permeability of Cotton Fabrics using BP Neural Network

SUN Lang-tao, TIAN Wei, CHAI Xu-yang, YU Li

(College of Textiles and Apparel, Quanzhou Normal University, Quanzhou Fujian 362000, China)

Abstract: In order to study the relationship between structural parameters and air permeability of cotton fabric, the 20 kinds of cotton plain fabrics were selected as samples to test the air permeability and structure of fabric. A three-layer BP neural network was used to model the relationship between fabric structure parameters and air permeability, the network model was verified by recollecting 5 kinds of fabrics. The result showed that BP neural network can be used to predict the air permeability of cotton fabric, the input variables are warp density, weft density, apparent diameter of warp yarn, apparent diameter of weft yarn, weight per square meter, thickness and the total tightness, the number of neurons in the hidden layer is 4, the complex correlation coefficient between the predicted value and the measured value of the fabric air permeability model was 0.8776, the prediction error range is 10.33%-24.76%, the average error is 17.60%, the results show that BP neural network model can predict the air permeability of cotton fabrics.

Key words: air permeability; BP neural network; cotton fabric; structural parameter