

基于BP神经网络的口罩防护舒适性研究

何宗平, 丛杉, 袁蓉

(上海工程技术大学 服装学院, 上海 201620)

摘要: 冬季雾霾天气频现, 然而可供选择的口罩很少。探讨了以客观指标作为输入参数的口罩防护舒适性的预测结果。通过测试16种口罩试样的5个客观评价指标以及4个主观防护舒适性评价指标, 建立预测口罩防护舒适性的BP神经网络模型。以客观测试指标为模型的输入参数, 以主观评价指标为模型的输出参数, 并在16组试样中随机选取4组来判断模型的准确性。结论显示: 模型对防霾口罩的防护舒适性预测具有一定的可靠性, 其预测绝对误差范围在0.5~0.8。

关键词: 口罩; 防护舒适性; BP神经网络; 预测模型

中图分类号: TS101.923

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)03-0004-03

Comfort of respirator based on BP neural network

HE Zongping, CONG Shan, YUAN Rong

(School of Fashion Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: Most cities in winter suffer from smog, and it is hard to find suitable masks. The objective indicators are used as input parameters to predict the comfort of masks. The BP neural network model is used to predict the protective comfort of masks by testing 5 objective evaluation indexes of 16 mask samples and 4 subjective protective comfort evaluation indexes. The objective test index is used as the input parameter of the model, and the output parameter of the model is used as the index of subjective evaluation. Four groups are randomly selected in 16 samples as the judgment and analysis of the accuracy of the model. The conclusions show that the established model has certain reliability for the comfort prediction of anti-haze masks. The absolute error range is between 0.5 and 1.0.

Key words: mask; protective comfort; BP neural network; prediction model

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.03.002

随着经济的发展和人们生活水平的改善, 健康问题和环境问题越来越受到人们的重视。口罩作为一种防护用品, 其防护效果和佩戴舒适性也成为人们选购的重要依据。

口罩的防护舒适性是指口罩佩戴时人体面部以及生理呼吸的舒适性。对防霾口罩的主观评价主要反映人体在佩戴防霾口罩过程中的主观感受。由于测试个体和客观环境的不易控制导致了主观评价存在着许多无法克服的困难。而通过仪器测试的方法则比较客观, 能够克服主观评价的不稳定性和差异性。客观测试的结果和主观评价的结果之间有着必然的非线性联系。防霾口罩佩戴过程中的湿热感觉会受到面料的透湿和散湿等性能的影响; 气闷感觉会受到面料的呼吸阻力和热阻等性能的影响; 脸部的冷感主要受到面料回潮率的影响, 回潮率越大, 运动后脸部的冷感越强烈; 呼吸不畅和干咳感会受到面料对雾霾的过滤率影响, 过滤率越高, 不适感越低。客观评价法不受主观评价因素的影响, 且由于主客观指标为非线性联系, 因此

这种关系很难直观地表达, 所以需要寻找到一种模型来准确反映主客观指标之间的联系, 在只需要获得客观指标的情况下, 就能获得主观感受的可靠值。此模型将会大大地降低防霾口罩面料研发中的功能性和舒适性的评估成本。BP神经网络技术适用于研究和解决不存在线性对应关系的多指标之间的联系问题, 因此采用BP神经网络建立模型比较合适。

1 试验方法

本文研究的是低温中度雾霾污染条件下, 用于人体正常户外出行(非工作状态)的口罩的防护舒适性, 所以选取的口罩面料试样要能够起到一定的防霾和保暖作用。选取市场上普遍使用且适合于制作口罩的面料, 为摇粒绒、化纤、无纺布、PP棉、纯棉布、珍珠绒、锦纶、竹纤维8种。过滤材料主要选取熔喷无纺布和活性炭滤布两种, 设计制作的防霾口罩共有16款。选取纤维面料的透湿率、散热阻力、面料回潮率、呼吸阻力、雾霾过滤率5个客观试验测试指标和闷热感、潮湿感、面部冷感、干咳感4个主观感受评价指标^[1-3], 来综合评判防霾口罩的防护性和舒适性。透湿率和热阻用来评价口罩的闷热感觉; 面料回潮率用来评价口罩对呼吸产生的水汽的吸收能力和运动后产生的面部冷感; 呼吸阻力用来评价口罩的透气性; 雾霾过滤率用来评

收稿日期: 2017-06-14

作者简介: 何宗平(1990—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事服装舒适性方面的研究。

通信作者: 袁蓉。E-mail: yuanrong1999@126.com。

价口罩的过滤防护效果。这5个客观指标和4个主观评价指标能够建立联系并且能够较全面合理地反映出防霾口罩的防护舒适性。动态热湿传递测试法^[4]中口罩的呼吸阻力使用口罩呼吸阻力测试仪测量,测试的空气流量设置为85 L/min^[5]。本研究利用模拟人体正常呼吸的气候测试仪作为口罩面料的动态热湿舒适性测试仪器。口罩的雾霾过滤效果可以用市场上购买的口罩过滤效率测试仪进行测试。

将这8种口罩面料和两种防霾面料组合制成16种口罩,相同款式各做1件,在充分考虑个体间差异的情况下进行试验^[6]。试验环境设置为温度-5~5℃,相对湿度65%~70%,气流速度0.2~0.3 m/s,PM2.5为150~200,雾霾颗粒日均浓度值在115~150 μg/m³,即雾霾中度污染天气。随机选取15名测试者,要求心理

及生理健全,年龄24~27岁。对4个主观感受指标用文字进行描述,采用5级标尺,从1~5级,每一级之间再细分10等份,具体见图1。评分值越大,表明越不舒适。例如对于干咳感评分值为1,则表示无任何不适;评分为2,则表示呼吸稍感不适;评分值为3,则表示喉咙轻微不舒适,偶有干咳;评分值为4,则表示间断性持续干咳,喉咙有异物感,有明显不舒适感;评分为5,则表示干咳不止,不舒适感较严重。

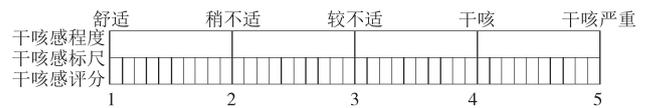


图1 主观感受指标标尺

2 试验结果

16种防霾口罩的防护舒适性客观评价指标和主观评价指标测试结果见表1。

表1 16种防霾口罩的防护舒适性客观评价指标和主观评价指标测试结果

编号	透湿率/[g·(m ² ·24 h ⁻¹)]	热阻/clo	回潮率/%	呼吸阻力/mmH ₂ O	过滤率/%	闷热感	潮湿感	面部冷感	干咳感
1#	557.6	0.261	6.26	16.77	85.6	1.5	1.6	0.8	0.8
2#	353.6	0.115	7.15	15.50	78.4	2.6	1.8	1.2	1.3
3#	452.8	0.162	3.64	16.33	81.2	3.1	2.6	1.5	0.9
4#	356.4	0.154	9.16	12.06	91.4	1.8	2.4	0.8	1.3
5#	876.7	0.211	8.46	8.44	88.6	2.5	2.3	1.6	1.4
6#	512.9	0.234	6.44	9.12	93.4	2.3	2.8	0.9	1.4
7#	486.3	0.158	8.19	14.32	91.5	1.8	2.9	1.5	0.6
8#	373.3	0.169	12.30	11.78	88.3	1.5	1.4	1.1	0.9
9#	529.0	0.127	6.48	15.68	87.3	1.1	1.5	1.4	1.2
10#	315.8	0.132	6.36	14.92	92.6	2.1	1.3	1.7	1.6
11#	514.2	0.232	4.26	16.54	94.5	2.3	1.8	1.6	1.3
12#	373.0	0.178	9.78	12.46	89.6	3.2	2.4	1.4	1.7
13#	898.7	0.168	8.42	9.61	91.2	2.3	2.6	0.9	1.1
14#	567.9	0.122	5.98	10.12	80.7	1.9	2.2	1.1	0.8
15#	484.5	0.106	7.48	13.74	79.9	2.4	1.7	1.3	0.6
16#	387.4	0.190	11.26	12.08	86.1	1.2	1.4	0.8	0.9

3 BP神经网络模型的构建及检验分析

BP神经网络技术是一种处理非线性关系的数学工具,其非线性拟合能力强,学习规则简单,具有较强的记忆能力和自学能力。BP神经网络作为一种智能化工具,可简化服装人体工效学中一些复杂的问题,特别对解决在诸多非相关因素共同影响下的服装舒适性等问题具有重要的意义。

3.1 BP神经网络模型的构建

BP神经网络的工作原理是先将数据输入网络输入层,输入层单元将接收的输入信号经传递函数向前传播到隐层节点;然后计算权重,隐层节点的输出信号

再传播至输出节点;最后给出输出结果^[7]。利用Matlab神经网络工具箱函数编程,可以实现对BP网络模型的构建、训练与仿真。

首先需要建立一个可以训练的单隐层BP网络,利用Matlab中的函数newff可以实现,newff的语法为:net=newff(PR,[S₁,S₂],{TF₁,TF₂},BTF,BLF,PF),其中PR是一个R×²的矩阵,用来确定R个输入向量的max和min。{TF₁,TF₂}包含每层用到的转移函数,取TF₁为tansig,TF₂为purelin。BTF是所用的训练函数的名称,大多数采用trainbr函数;BLF是权重与阈值的学习函数的名称,采用learngdm。PF为网

络运行性能表征方式,采用最小误差平方和函数 mse。 $[S_1, S_2]$ 是一个包含每层神经元个数的数组,本文构建的 BP 网络输出输入节点数即为输出输入指标个数,则 $S_1=5, S_2=4$ 。

解决主客观指标之间的非线性关系需要采用多层网络,最少是 3 层,并且 3 层网络基本上逼近所有的函数。本文也采用 3 层结构,即输入层、输出层和隐层。

隐层结点的数目对整个预测模型的结果也是非常重要的。隐层节点数目的确定可以根据试验具体情况和参考经验公式,见式(1):

$$S_1 = \sqrt{0.43m^2 + 0.12n^2 + 2.54m + 0.77n + 0.35} + 0.51 \quad (1)$$

式中: m ——输入层节点数;

n ——输出层节点数;

S_1 ——隐层节点数

3.2 BP 神经网络模型的训练

利用样本中选取的 12 个训练样本进行训练,得到的优化参数为:S 隐层节点 2~6;Epoch 步长 500;Nos 输出节点 4;Goal 目标精度 0.001;Min-frac 最小方差 0.1;Lr 学习率 0.2。

通过 BP 网络经过 Trainbr 函数训练之后的误差变化结果可知,预测模型迭代至 86 步时误差平方和和权值与阈值平方和就达到恒值,BP 网络收敛,此时 BP 网络的有效权值和阈值的个数为 37.462 8。

3.3 BP 神经网络模型的检验分析

为了提高预测准确性,人为选取差异大的组别作为 BP 神经网络模型的预测分析样本,为 1[#]、5[#]、9[#]、13[#]。其余 12 组作为神经网络模型构建所需要的训练样本。网络模型预测检验结果见表 2。4 项主观感受指标的平均绝对误差和绝对误差最大值见表 3。对 4 个检测样本的主观感受指标的预测值与实测值进行对比,可更加直观地反映模型的预测效果。可知,BP 神经网络预测模型比较成功,实测值和预测值差异不大。绝对误差值均小于 0.8,平均绝对误差值均小于 0.5,这样的预测精度值在可接受的范围内。由于采用的是 5 级标尺进行评判^[3],并且每级又细分了 10 等份,这样能更好地处理比较接近的主观感受值,相对误差则不能更好地进行分析。从结果可知,以防霾口罩的客观测试指标为输入参数,以主观评价指标为输出参数的 BP 神经网络预测模型的预测准确度和可靠性较好。

表 2 网络模型预测检验结果

项目		1 [#]	5 [#]	9 [#]	13 [#]
闷热感	实测值	1.5	2.5	1.1	2.3
	预测值	0.988 0	3.215 6	1.324 7	1.879 8
	绝对误差	-0.512 0	0.715 6	0.224 7	-0.420 2
潮湿感	实测值	1.6	2.3	1.5	2.6
	预测值	1.236 8	1.664 9	1.912 3	2.358 8
	绝对误差	-0.363 2	-0.635 1	0.412 3	-0.241 2
面部冷感	实测值	0.8	1.6	1.4	0.9
	预测值	0.912 0	2.031 0	1.053 8	0.785 4
	绝对误差	0.112 0	0.431 0	-0.346 2	-0.114 6
干咳感	实测值	0.8	1.4	1.2	1.1
	预测值	1.245 0	1.545 6	0.877 4	0.851 2
	绝对误差	0.445 0	0.145 6	-0.322 6	-0.248 0

表 3 4 项主观感受指标的平均绝对误差和绝对误差最大值

项目	平均绝对误差	绝对误差最大值
闷热感	0.468 1	0.715 6
潮湿感	0.413 0	0.635 1
面部冷感	0.251 0	0.431 0
干咳感	0.290 3	0.445 0

4 结 语

本文从防霾口罩的舒适性和防护性角度出发,挖掘出可以对其进行全面合理评价的 5 个客观指标和 4 个主观指标,分别作为 BP 神经网络的输入参数指标和输出参数指标。并设计制作 16 款防霾口罩,利用其中 12 组作为训练样本,在此基础上建立了神经网络预测模型,利用其余 4 组作为检测分析样本进行检验。检验结果表明:该模型能有效地预测口罩的主观防护舒适性,预测精度在可接受的 0.5~0.8 范围内。

参考文献:

- [1] 李俊,张渭源.细旦丙纶针织物湿舒适性研究——常规客观试验方法测试研究[J].中国纺织大学学报,1996,22(4):1-4.
- [2] 李俊,张渭源.丙纶针织物湿传递性能研究[J].纺织学报,1999,20(4):23-25.
- [3] 柯宝珠,从杉.显汗条件下针织面料主观热湿舒适性预测模型的建立[J].丝绸,2010(9):26-29.
- [4] 柯宝珠,孙瑛,柴小蝉.以客观指标为输入参数的织物热湿舒适性预测[J].棉纺织科技,2013,41(10)5-7.
- [5] 刘秋新,童亮,陈芬,等.防霾口罩呼吸阻力的研究[J].工业安全与环保,2015,42(10):91-95.
- [6] 尹继亮,唐世君.服装舒适性等级评价个体间差异的研究[J].中国纺织大学学报,2000,26(5):102-104.
- [7] 尹红凤,戴汝为.神经网络信息处理原理[J].模式识别与人工智能,1990,3(1):1-12.