

# 基于小波网络的服装号型推荐系统研究

李成义, 罗戎蕾, 苏 晨  
(浙江理工大学服装学院, 杭州 310018)

**摘 要:** 运用层次分析法和小波神经网络构建数学模型,对应不同服装品种和具体人体测量数据,形成服装号型匹配的方法;通过搭建在号型推荐技术和包含人体样本数据、层次法权值数据、服装商品规格数据、神经网络模块的参数数据的数据库基础上,形成服装号型推荐系统;最后实验验证该方法的可行性。

**关键词:** 服装号型; 号型推荐; 层次分析法; 小波网络

**中图分类号:** TS941.26      **文献标识码:** A

## 0 引 言

服装的合体性、颜色和风格是消费者选购服装的三个重要因素。据统计,85%的女性认为,服装不合体是购买服装之后不经常穿的首要原因<sup>[1]</sup>。对于到实体店面购物的消费者来说,看中的服装可以先试穿,直到满意为止。但通过网络购买服装的消费者,往往担心买到的服装不合体。为了解决这个问题,国内外的研究者都提出了服装号型推荐方法。

国外号型推荐主要通过虚拟试衣系统实现,系统大多建立在三维人体模型基础之上,推荐方法基本可以概括为:顾客人体尺寸的输入,系统生成三维人体模型,顾客选择品牌款式,系统进行虚拟试衣,系统推荐号型<sup>[2]</sup>。三维人体测量设备和人体建模技术还没有普及,这种技术目前只在大型研究机构、企业、网站使用,且费用较高。

许轶超等<sup>[3]</sup>提出运用层次分析法选择服装号型,建立服装号型选择模型,将人体基本部位身高、胸围、腰围作为元素,最合适的服装号型作为目标。该方法将号型推荐定量化,适用于网络服装购物,但是使用过程中,层次分析法的系统误差一直存在。

郑爱花等<sup>[2]</sup>提出了层次法和 BP 神经网络结合的服装号型推荐方法,把层次分析法的结果作为神

经网络的理想输出,可以在现实使用过程中不断地减小误差。本文在这种方法的基础上,对其进行改进,并探讨可以实际使用的服装号型推荐系统,为以后实现网络服装号型推荐提供参考。

## 1 基于小波神经网络的服装号型选择模型

本文使用的小波神经网络<sup>[4]</sup>是一种基函数为小波函数的误差反向传播网络(BP 网络),通过对网络参数的调节达到训练的目的。神经网络的训练过程中,输入人体数据和层次分析法的推荐结果,神经网络通过学习模拟层次分析法的推荐过程;在以后实际使用过程中,神经网络接受人体数据和实际试穿结果,通过学习逐渐给出接近真实的推荐结果。

### 1.1 小波神经网络算法

本文使用的神经网络结构如图 1 所示:

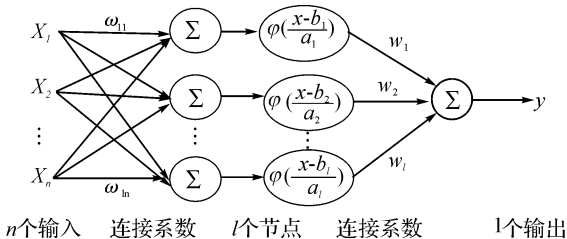


图 1 小波神经网络的结构

隐含层中的激发函数为 Morlet 小波,表达式为:  $\phi(x) = \cos(1.75x) \cdot e^{-0.5x^2}$ 。

设第  $l$  个隐层结点的输入为  $g_l(t) = \frac{\sum_n \omega_{ln} x_n - b_l}{a_l}$ ;  
输出为  $\phi_l(t) = \phi[g_l(t)]$ 。

输出层结点的输出为:  $y(t) = \sum_{l=1}^L \omega_l \phi_l(t) = \sum_{l=1}^L \omega_l \phi \left[ \frac{\sum_{n=1}^N \omega_{ln} x_n - b_l}{a_l} \right]$ 。

其中,  $y(t)$  是神经网络的实际输出,在本文中是服装号型;  $t$  表示输入第  $t$  组数据时的计算过程;  $x_n$  表示第  $n$  个输入分量;  $L, N$  分别表示隐含层、输入层神经元数;  $\omega_{ln}$  表示隐含层第  $l$  个神经元与输入层第  $n$  个神经元的连接系数;  $\omega_l$  表示隐含层第  $l$  个神经元与输出层的连接系数;  $a_l$  表示第  $l$  个隐含层神经元中小波函数的伸缩分量;  $b_l$  表示第  $l$  个隐含层神经元中小波函数的平移分量。可以看出,待训练的参数有  $a_l, b_l, \omega_l, \omega_{ln}$ 。层次分析法的输出数据  $d(t)$  作为神经网络的理想输出,则输出的误差为  $E(t) = \frac{1}{2}(d(t) - y(t))^2$ 。

利用 BP 网络的误差反向传播的原理,计算参数更新量:

$$\frac{\partial E(t)}{\partial \omega_l} = -e(t)\phi_l(t),$$

$$\frac{\partial E(t)}{\partial \omega_{ln}} = -e(t)\omega_l \phi'[g_l(t)]x_n(t)/a_l,$$

$$\frac{\partial E(t)}{\partial b_l} = e(t)\omega_l \phi'[g_l(t)]/a_l^2,$$

$$\frac{\partial E(t)}{\partial a_l} = e(t)\omega_l \phi'[g_l(t)](\sum_n \omega_{ln} x_n - b_l)/a_l^2。$$

参数更新公式为:

$$\omega_l(t+1) = \omega_l(t) - \mu \frac{\partial E(t)}{\partial \omega_l},$$

$$b_l(t+1) = b_l(t) - \mu \frac{\partial E(t)}{\partial b_l},$$

$$\omega_{ln}(t+1) = \omega_{ln}(t) - \mu \frac{\partial E(t)}{\partial \omega_{ln}},$$

$$a_l(t+1) = a_l(t) - \mu \frac{\partial E(t)}{\partial a_l}。$$

上述各式中,  $n=1,2,3,\cdots,N; l=1,2,3,\cdots,L$ ;  $\mu$  是学习速率。

1.2 算法举例

假设有 3 个样本用于神经网络训练(见表 1),人体测量数据包括胸围、腰围、肩宽、臂长和背长(单

位:cm),层次分析法对每个样本推荐的合体号型使用数字表示(−1 表示 S 号,0 表示 M 号)。

表 1 训练样本

	胸围	腰围	肩宽	臂长	背长	推荐号型
样本 1	88.5	69.5	39	54.5	40	−1
样本 2	89.5	71	40	53	37.5	0
样本 3	88.2	69	36.5	68	36	−1

对训练样本进行归一化。求出“胸围”列的最大值  $x_{\max} = 89.5$ ,最小值  $x_{\min} = 88.2$ ,对“胸围”列的所有数据应用公式  $x_i = 2 * \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} - 1$ ,得到归一化结果:  $(-0.54, 1, -1)^T$ 。对表 1 中所有数据进行归一化,得到表 2 中的数据。

表 2 训练样本归一化

	胸围	腰围	肩宽	臂长	背长	推荐号型
样本 1	−0.54	−0.5	0.43	−0.8	1	−1
样本 2	1	1	1	−1	−0.25	0
样本 3	−1	−1	−1	1	−1	−1

下面使用样本 1 参与神经网络计算过程。为了方便,假设隐含层只有 3 个神经元,所有的连接系数初始值都为 0,  $b_l$  的初始值为 0,  $a_l$  的初始值为 0.01。  $x$  是 5 行 1 列矩阵,  $\omega$  是 3 行 5 列矩阵,  $w$  是 1 行 3 列矩阵,  $a, b$  是 3 行 1 列矩阵。

首先输入训练样本,胸围、腰围等关键部位的测量值作为输入层  $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ :

$$\sum_n \omega_{ln} x_n = \omega \cdot x = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0.54 \\ -0.5 \\ 0.43 \\ -0.8 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$g = \frac{\sum_n \omega_{ln} x_n - b_l}{a_l} = \frac{\begin{bmatrix} 0-0 \\ 0-0 \\ 0-0 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 0.01 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{bmatrix}} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\phi = \phi(g) = \begin{bmatrix} \varphi\left(\frac{0-0}{0.01}\right) \\ \varphi\left(\frac{0-0}{0.01}\right) \\ \varphi\left(\frac{0-0}{0.01}\right) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$y = w \cdot \phi = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = 0,$$

$$e = d - y = -1 - 0 = -1;$$

然后计算参数更新量:

$$\frac{\partial E}{\partial \omega} = -e \cdot \phi_l = (1, 1, 1),$$

$$\frac{\partial E}{\partial \omega} = -e \cdot \omega_l \cdot \phi_l' \cdot x_n / a_l = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\frac{\partial E}{\partial b} = e \cdot \omega_l \cdot \phi_l' / a_l = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = -e \cdot \omega_l \cdot \phi_l' \cdot \left( \sum_n \omega_{ln} x_n - b_l \right) / a_l^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

最后调整参数:

$$\omega = \omega_l - \mu \frac{\partial E}{\partial \omega_l} = (1, 1, 1),$$

$$\omega = \omega_{ln} - \mu \frac{\partial E}{\partial \omega_{ln}} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$b = b_l - \mu \frac{\partial E}{\partial b_l} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$a = a_l - \mu \frac{\partial E}{\partial a_l} = \begin{pmatrix} 0.01 \\ 0.01 \\ 0.01 \end{pmatrix}.$$

然后用其它样本依次进行上述计算。当所有的样本都用过了以后,重新对所有的样本进行训练,直到神经网络达到某个精度或者达到某个训练次数。上面的计算过程中,几个参数没有变化,是因为很多参数初始化为 0。经过多次训练,这些参数会逐渐变化,使得网络输出  $y$  接近理想输出  $d$ 。

1.3 基于 AHP 和小波网络的模型结构

数据库中的数据包括人体样本的量体数据、层次法权值数据、服装合体规格数据、神经网络模块的系数数据。首先使用层次分析法对数据库中的人体样本进行分析,提供推荐号型,作为神经网络的理想输出。然后用人体样本的量体数据和理想输出训练神经网络。最后生成号型推荐系统。向系统输入顾客量体数据,系统就可提供合适的服装号型。系统结构和数据库结构如图 2 及图 3 所示。

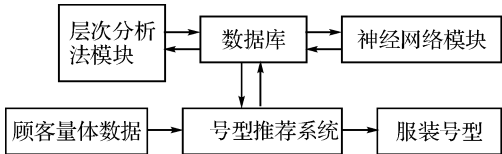


图 2 系统结构

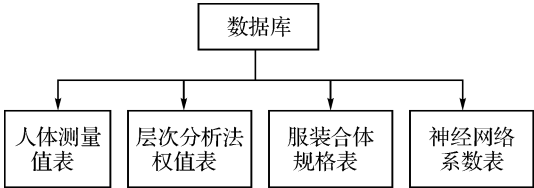


图 3 数据库结构

2 实验验证

2.1 训练神经网络

使用 BoSS-21 三维人体测量仪测量了 238 组青年女性人体样本用于神经网络训练,另外手工测量 10 组样本用于神经网络测试。用于测试的服装是网购的一款修身收腰衬衫,候选的号型有 S、M、L、XL 号。各号型衬衫的合体规格如表 3 所示,表示最适合穿着此衬衫的模特的人体尺寸。参考衬衫制板中的关键部位,人体测量项目定为:胸围、腰围、颈围、肩宽、背长、臂长。把衬衫的合体规格输入号型推荐系统中,然后训练神经网络。定义神经网络隐含层节点数为 10,对所有数据训练 10 次,连接系数的学习速率为 0.01,小波函数的伸缩平移因子的学习速率为 0.005。定义每次训练误差为  $E(t) = \frac{\sum |d(t) - y(t)|}{\sum |d(t)|}$ ,训练误差变化如图 4 所示。

表 3 实验衬衫的合体规格 cm

	胸围	腰围	肩宽	颈围	袖长	背长
S 号	80	70	36	38	54	36
M 号	84	74	37	38	54	37
L 号	88	78	38	38	55	38
XL 号	92	82	39	38	56	39

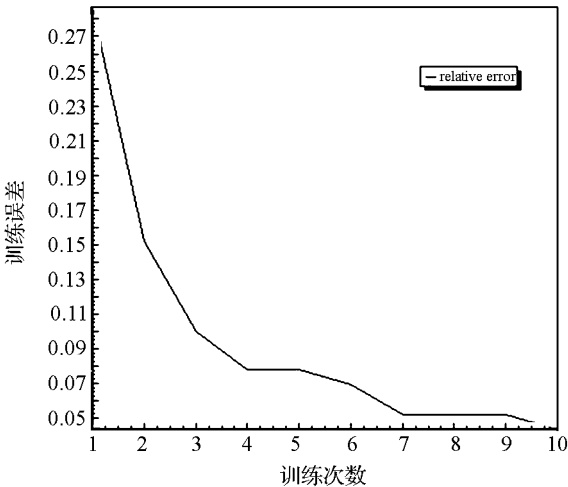


图 4 神经网络训练误差

2.2 合体性试穿实验

邀请 10 名青年女性进行试穿实验。合体性试穿实验的目的是使用主观方法评判试穿者的合体号型。手工测量试穿者的胸围、腰围、肩宽、领围、袖长、背长的尺寸,测量工具为软尺。然后请每位试穿者试穿 S、M、L、XL 四个型号的衬衫,感受穿着服装的舒适性;两位评论员观察服装的外观效果。试穿者根据表 4“穿着舒适性”栏中的标准对穿着舒适性进行打分,另外有两位评论员根据“外观整体风格”栏的标准对外观整体风格进行打分。分数越高表示合体性越高。

表 4 “外观整体风格”和“穿着舒适性”评价标准		
打分	外观整体风格	试穿舒适性
好 (9~10)	符合款式合体要求,无余褶、无斜纹、外观效果好	穿着舒适,无紧迫感或穿着肥大的感觉
较好 (7~8)	符合款式合体要求、无明显余褶、斜纹,外观效果较好	穿着较舒适,无明显紧迫感或穿着肥大的感觉
一般 (5~6)	基本符合款式合体要求,少量余褶,少量斜纹,外观效果较好	可以穿着,局部有不适的感觉
较差 (3~4)	基本符合款式合体要求,少量余褶,少量斜纹、外观效果较差	可以穿着,但穿着不舒适
差 (1~2)	不符合款式合体要求,大量余褶,大量斜纹,外观效果差	完全不合体,无法穿着

然后对获得的评价结果进行加权计算。对试穿者本人的评价,给定权值为 0.5;另外两名评价者的评价,分别给定权值为 0.25。得到四个型号的舒适性和美观性的综合打分。把总分在 7 分以上的号型作为合体号型使用。如果没有大于 7 分的号型,就选择得分最高的号型作为合体号型使用。其中一位试穿者的评价记录如表 5 所示,选择 S、M、L 号作为合体号型。

表 5 一个样本的评价记录

评分	S 号	M 号	L 号	XL 号
试穿者	7	8	8	7
评价者 1	7	8	7	6
评价者 2	8	9	7	7
总分	7.25	8.25	7.5	6.75

试穿实验的所有结果记录见表 6。

表 6 试穿结果与推荐结果

cm								
	胸围	腰围	颈围	肩宽	背长	臂长	试穿号型	推荐号型
样本 1	83	63	40	39	39	50	S、M、L	M
样本 2	80	65	38	38	37	53	S	S
样本 3	85	68	37	37	38	57	L、XL	M
样本 4	80	65	37	37	36.5	47.5	S	S
样本 5	85	73	35	37	35	48	M	M
样本 6	95	72	38	38	38	56	L、XL	XL
样本 7	88	72	39	37	38	54	L	L
样本 8	92	76	42	38	39	51	XL	XL
样本 9	89	71	38	38	37.5	47.5	L	L
样本 10	92	76	39	41	38	56	XL	XL

表 6 的结果显示,只有样本 3 的号型推荐错误,神经网络法推荐服装号型的正确率为 90%。

3 结 语

随着电子商务的发展,服装企业和顾客对服装号型推荐系统的需求正在上升,本文介绍的基于层次分析法和小波神经网络的服装号型推荐方法,有助于服装购买者快速获得合适的推荐号型。

参考文献:

[1] Loker S Z, Ashdown S, Schoenfelder K. Size-specific analysis of body scan data to improve apparel fit[J]. Journal of Textile and Apparel Technology and Management, 2005(4): 1-15.

[2] 郑爱花. 基于 BP 神经网络的服装号型推荐方法研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2010.

[3] Xu Yi-chao, Qi Jie, Ding Yong-sheng. AHP based optimal selection of garment sizes for online shopping[J]. Journal of Donghua University, 2007, 24(2): 222-225.

[4] 焦李成, 杨淑媛. 自适应多尺度网络理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 50-51.

# Research about Garment Sizes Selection System Based on Wavelet Neural Network

*LI Cheng-yi, LUO Rong-lei, SU Chen*

(School of Fashion, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** This paper studies a system about garment sizes selection, proposing a method based on analytic hierarchy process and wavelet neural network. Corresponding to the different varieties of clothing and specific anthropometric data, this paper forms the method of garment size selection. On the basis of the database that contains anthropometric data, weights of the AHP, data of clothing product specifications, and neural network parameters, the paper builds the technology of garment sizes selection, and forms the system using in network. Finally the authors use experiment results to prove its feasibility.

**Key words:** garment size; size selection; analytic hierarchy proces; wavelet neural network  
(责任编辑: 张祖尧)

(上接第 336 页)

# Study on Heat Resistance of Different Coated Fabrics

*ZHANG Xiao-yan, WANG Jin-qian, GE Yan-fang, ZHANG Zhong-kai, XU Shu-min*

(The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology  
(Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** The purpose of this paper is to study the heat—resistant quality of fabrics coated by PA, PU and PVC. The study shows : (1) With the increase of temperature and time, the strength of three kinds of coated fabric decline with different degree. Order of them: PVC, PU, PA; (2) With the extention of heated time, the quality of three kinds of coated fabric becomes lighter. The quality change of PA and PU is small, but the quality change of PVC is big; (3) The heat resistance of PA and PU is better than PVC. (4) After heating treatment, PA and PU coating fabric surface becomes relatively smooth; Small holes of PVC coated fabric surface appear and coating particles are obvious.

**Key words:** coated fabric; mechanical properties; mass loss; thermal degradation; surface morphology  
(责任编辑: 张祖尧)