

# 用支持向量机预测织物的悬垂性能

赵丽红

(绍兴文理学院工学院,绍兴,312000)

**摘 要:**提出织物悬垂性预测的一种新方法 - 支持向量机,用它表达了织物悬垂性与织物结构参数之间复杂的非线性关系,并建立了相应的预测模型。

**关键词:**织物 悬垂系数 支持向量机

中图分类号:TS 101.1 文献标识码:A 文章编号:0253-9721(2004)06-0071-03

织物的悬垂性对服装外形的美观具有很大的影响,众多研究者采用不同的方法从不同的方面对织物的悬垂性能进行了研究。织物悬垂系数是评价织物悬垂性能的重要指标。织物结构直接影响到织物的悬垂性能,但它们之间关系的复杂性,使传统的数学方法与力学方法都无法给出一个确定的数学模型。为此很多学者采用试验的方法<sup>[1]</sup>、回归方法<sup>[1]</sup>以及神经网络方法<sup>[2]</sup>等进行了大量的研究工作,然而问题仍未得到很好的解决。

支持向量机是上世纪 90 年代末发展起来的,可以很好地处理高维数、非线性、小样本的问题,为此本文采用支持向量机方法对织物的悬垂性能进行研究,建立相应的预测模型,以表达织物结构参数与悬垂系数之间的非线性映射关系,为面料的设计提供

了依据。

## 1 支持向量机的基本理论

### 1.1 支持向量机的基本思想

支持向量机<sup>[3,4]</sup>是通过内积函数定义的非线性变换将输入空间变换到一个高维空间,以寻找输入变量和输出变量间的一种非线性关系,其基本结构见图 1。由于它采用了结构风险最小化原则,具有很好的推广能力,其算法是一个凸二次优化问题,保证找到的解是全局最优解,以较好地解决小样本、非线性、高维数等实际问题。

### 1.2 支持向量机的算法

支持向量机算法主要用于解决模式识别问题和函数拟合问题,下面主要说明基于支持向量机的函

数拟合问题<sup>[3,4]</sup>。

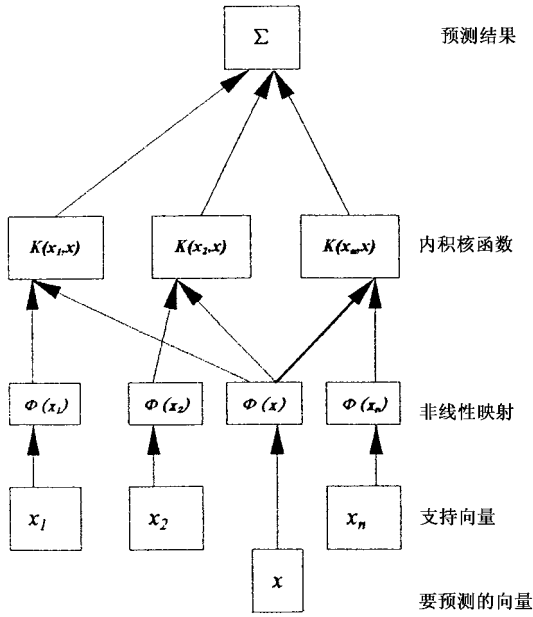


图 1 支持向量机结构示意图

对于支持向量机函数拟合,首先考虑用线性拟合函数  $f(x) = w \cdot x + b$  和拟合数据  $\{x_i, y_i\}$ , 并设所有训练数据在  $\varepsilon$  精度下无误差地用线性函数拟合, 即:

$$\begin{cases} y_i - w \cdot x_i - b \leq \varepsilon \\ w \cdot x_i + b - y_i \leq \varepsilon \end{cases} \quad i = 1, \dots, k \quad (1)$$

当优化目标是最小化  $\frac{1}{2} \|w\|^2$  时, 在这个优化目标下可取得较好的推广能力。考虑到允许误差的情况, 引入松弛因子  $\xi \geq 0$  和  $\xi_i^* \geq 0$ , 则式(1)变为:

$$\begin{cases} y_i - w \cdot x_i - b \leq \varepsilon + \xi \\ w \cdot x_i + b - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \end{cases} \quad i = 1, \dots, k \quad (2)$$

当优化目标是最小化  $\frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^k (\xi + \xi_i^*)$  时, 采用优化方法可以得到其对偶问题, 其中  $C$  表示对超出误差  $\varepsilon$  样本的惩罚程度。

从而根据最大化函数可得到支持向量机拟合函数为:

$$\begin{aligned} f(x) &= w \cdot x + b \\ &= \sum_{i=1}^k (a_i - a_i^*) (x \cdot x_i) + b \end{aligned} \quad (3)$$

其中  $a_i, a_i^*$  将只有小部分不为 0, 它们对应的样本就是支持向量。

对于非线性问题, 可以通过非线性变换将原问题映射到某个高维特征空间中的线性问题进行求解。在高维特征空间中, 线性问题中的内积运算可用核函数来代替, 即  $K(x_i, x_j) = \phi(x_i) \cdot \phi(x_j)$ , 核函数可以用原空间中的函数来实现, 则

$$f(x) = w \cdot x + b = \sum_{i=1}^k (a_i - a_i^*) K(x \cdot x_i) + b \quad (4)$$

目前常用的核函数主要有:

1) 多项式核函数

$$K(x, y) = (x \cdot y + 1)^d \quad d = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

2) 径向基函数核函数

$$K(x, y) = \exp \left[ - \frac{|x - y|^2}{\sigma} \right] \quad (6)$$

3) Sigmoid 核函数

$$K(x, y) = \tanh(\alpha x \cdot y + \theta) \quad (7)$$

## 2 织物悬垂性预测的支持向量机模型

### 2.1 织物悬垂性的影响因素

织物的悬垂性直接受织物结构参数的影响, 通常都是通过实验的方法, 测试不同的结构参数对应的悬垂系数, 然后采用试验数据的处理方法找到它们之间的关系。在本文中, 考虑的织物结构参数主要是经纬纱线密度、经纬纱密度、经纬向紧度比、总紧度、织物厚度和织物面密度等, 这些指标直接影响织物的悬垂性能。

### 2.2 悬垂系数预测模型的建立

假设有织物悬垂性能实例  $(x_i, y_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ),  $x_i \in R^n$  为织物结构参数,  $y_i$  为表明悬垂性能的指标,  $y_i \in R$  表示悬垂系数。悬垂性能模型的建立, 就是寻找  $x_i, y_i$  之间的关系:

$$\begin{aligned} f: R^n &\rightarrow R \\ y_i &= f(x_i) \quad (i = 1, 2, \dots, k) \end{aligned}$$

根据支持向量机理论, 悬垂系数预测模型的建立, 也就是寻求式(4)的解, 在这里  $x$  是织物结构参数,  $x_i$  是  $k$  个样本中第  $i$  个样本,  $K(x, x_i)$  是核函数。

而  $a_i, a_i^*, b$  可通过解二次规划问题获得, 本文采用 SMO 算法编制了相应的程序。

### 2.3 应用与分析

本文从文献[2]中收集了 12 个实例, 以其中的 10 个作为学习样本建立模型, 经学习获得了相应的预测模型, 其参数分别为: 核函数为 RBF 核函数, 其参数  $\sigma = 783$ ; 惩罚参数  $C = 18.375$ ;  $b = 43.8529$ ; 获得的预测模型支持向量及其对应的  $a_i, a_i^*$  见表 1。用获得的模型对 10 个学习的样本和另外 2 个未参加学习的样本进行预测, 预测结果见表 2, 预测值和测试值的比较见图 2。

由表 2 可见, 支持向量机模型很好地表达了悬垂性能与其影响因素之间的非线性关系, 预测结果

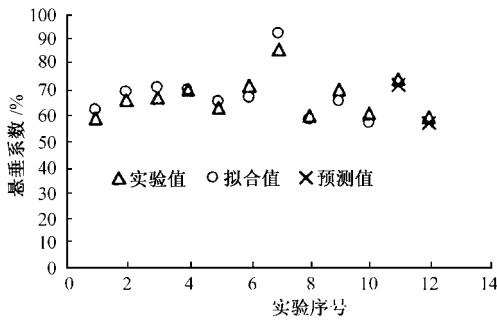


图2 支持向量机预测值与实验值的比较

具有很好的准确性,不仅拟合程度好,而且具有很好的推广预测能力,因此建立的模型是合理、科学和可

行的。

表1 支持向量机及其对应的  $\alpha, \alpha'$  的值

样本序号	$\alpha$	$\alpha'$
1	0	9529.27
2	0	1516.88
3	0	3358.04
4	4344.61	0
5	4806.75	0
6	347.847	0
7	1559.1	0
8	0	2093.26
9	8611.03	0
10	0	3171.9

表2 悬垂系数试验值及其预测值

试样序号	纱线线密度(tex)		密度(根/10 cm)		经纬向紧度比 (%)	总紧度 (%)	厚度 (mm)	面密度 (g/m <sup>2</sup> )	悬垂系数(%)		绝对误差	相对误差 (%)
	经	纬	经	纬					实际值	预测值		
1	27.8	27.8	397	214.5	1.85	86.4	0.49	170	59	62.217	-3.22	-5.4519
2	36.6	83.3	365	135	1.79	90	0.8	246	66	69.629	-3.63	-5.4979
3	73.2	83.3	397	166.5	2.24	111.3	0.85	429.3	67	71.217	-4.22	-6.2934
4	29.1	36.4	484.5	238	1.9	100.4	0.8	230.6	70	69.925	0.075	0.10767
5	36.6	29.2	397	214.5	2.07	93.7	0.48	207.9	63	65.214	-2.21	-3.5148
6	29.1	116.6	278	103	0.92	99.4	0.67	404.5	72	67.322	4.678	6.49728
7	166.6	111.2	278	127	3.3	119.6	1.05	577.7	86	92.215	-6.21	-7.2263
8	83.4	111.2	505	238	1.89	96.9	1.08	373.1	60	58.629	1.371	2.28535
9	36.6	36.4	351	190.5	1.85	87.7	0.59	197.8	70	65.374	4.626	6.60889
10	30	28	268	213	1.3	73.4	0.6	140	61	56.629	4.371	7.16616
11	36.6	36.6	436.5	238	2.04	104	0.66	261.4	74	71.515	2.485	3.35769
12	20	20	354	315	1.12	80.2	0.55	133.8	59	56.313	2.687	4.55421

### 3 结论

支持向量机作为一种新的机器学习技术备受关注,本文对支持向量机在服装、纺织领域中的应用进行了尝试和探索,结果表明,对织物悬垂性能的预测有良好效果,希望引起广大研究者的关注。

#### 参 考 文 献

1 徐 军等. 织物悬垂性客观评价的研究. 纺织学报, 1999(4): 11

~14.  
 2 曹建达. BP神经网络预测棉织物悬垂性能. 上海纺织科技, 2003(4): 59~60.  
 3 Alex J. et al. Bernhard Schoelkopf. A Tutorial on Support Vector Regression. NeuroCOLT2 Technical Report Series NC2-TR-1998030, 1998. 10.  
 4 Vladimir N. Vapnik 著, 张学工译. 统计学习理论的本质. 北京: 清华大学出版社, 2000.  
 5 John C. Platt. Sequential Minimal Optimization: A Fast Algorithm for Training Support Vector Machines, Technical Report MSR-TR-98-14, 1998, 4~21.

### 欢迎订阅 2005 年《丝绸》

《丝绸》杂志于1956年创刊,由中国丝绸协会、中国纺织信息中心、浙江丝绸科技有限公司主办。月刊,大16开本,56页,每月20日出版。国际标准刊号:ISSN 001-7003,国内统一刊号:CN33-1122/TS。主要专栏设有:改革与管理、设计与产品、研究与技术、标准与测试、历史与文化、综述与译介等;副栏目有:行业动态、技术问答、经验杂谈、简讯报道等。

订阅办法:浙江省内读者请向当地邮局订阅,邮发代号:23-28,其它省市读者请直接向本社发行部订阅,全年12期,定价人民币20元/本,全年共计240元(含邮资费,如需挂号,不论订阅份数多少,另加挂号费36元)。

地址:浙江省杭州市莫干山路741号

银行户名:《丝绸》杂志社

邮编:310011

联系人:柳跃美

开户银行:工行杭州湖墅支行

电话:0571-88081769

帐号:1202020609014408895

传真:0571-88839613

E-mail:zgsilk@mail.hz.cn