

## 纺织品检测中的模式识别应用

韩武鹏<sup>1</sup>, 陈文楷<sup>1</sup>, 刘正耀<sup>2</sup>

(1. 北京工业大学 电子信息与控制工程学院, 北京 100022; 2. 中国纺织研究院, 北京 100025)

**摘要:** 将模式识别方法用于毛巾和纺织面料生产过程中的瑕点检测, 研究了模糊小波模式识别方法, 对毛巾生产过程的多种瑕点监测进行了算法分析和简要论述, 这种算法具有更强的实用性和鲁棒性. 又由于系统采用 DSP 实现, 使识别速度大大提高, 完全能满足实时性的要求.

**关键词:** 模糊算法; 小波变换; 特征提取; 瑕点识别

**中图分类号:** TP391.4      **文献标识码:** A

## A way of pattern recognition for identification in textile

HAN Wu-peng<sup>1</sup>, CHEN Wen-kai<sup>1</sup>, LIU Zheng-yao<sup>2</sup>

(1. College of Electronic Information & Control Engineering, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China;

2. China Textile Academy, Beijing 100025, China)

**Abstract:** An effective method of pattern recognition is introduced. It is used in towel and textile fabric making process. For the multi-feature extraction using the fuzzy wavelets intelligent arithmetic and making FWA analysis, it combines fuzzy tools and wavelet transform techniques for providing a robust feature extraction and failure detection and identification scheme. The input signal first undergoes preprocessing and then the features are extracted using the wavelet transform. The extracted features are fuzzified and an inference engine uses the knowledge-base to declare fault conditions. The fuzzification process adapts dynamically to external disturbances so that the classification performance is continuously improved. The architecture can be used in practical field for feature extraction and defect identification in textile fabric. The detection speed is quickened and real-time operation is satisfied.

**Key words:** fuzzy algorithm; wavelet transform; feature extraction; defect identification

### 1 引言(Introduction)

纺织品生产中, 要对生产中的每个阶段进行监控, 以保证产品质量和生产效率. 本文提出的瑕点检测系统对采集来的图像进行预处理后, 用小波变换进行特征提取, 并采用模糊技术进行推理与识别.

### 2 系统装置(System configuration)

图 1 为系统配置原理图.



图 1 系统原理图

Fig. 1 System diagram

其中, CCD 摄像机是一种“传感器件”, 它将外界的图像转变为模拟电信号, CCD 摄像机的精度是由像元数决定的, 像元数越多, 精度就越高. 此处采

用 512 \* 512 像素的 CCD 摄像机, 对纺织品表面进行采集.

传输装置主要由图像卡来完成. 系统软件包括驱动程序和应用程序, 驱动程序由汇编语言写成; 应用程序由 VC 编写. 驱动程序提供了主机与图像卡之间的信息传递, 以及对图像卡的硬件控制. 经过图像处理机的处理, 对纺织品表面进行分析和识别, 如发现瑕点, 则向控制装置发出信号, 完成相应的处理.

### 3 建立知识库(Construction of knowledge-base)

瑕点的种类很多, 其特征各不相同, 不同的小波函数针对不同的瑕点检验效果也存在差异. 为此, 建立一个知识库<sup>[1]</sup>. 该知识库中存放有供选择可利用的各种小波基的基本特征, 以及常见的各种典型瑕点的基本特征. 在系统训练过程中, 选择生产中常见的瑕点进行学习. 对一个典型瑕点, 首先使用模糊搜

索策略<sup>[2]</sup>选出  $m$  个小波函数, 计算所选择的小波函数的小波系数, 选择出尺度变化趋势最快的小波尺度 ( $\alpha_i$ ) 作为该瑕点的模板特征存储于知识库中作为该瑕点的信息特征. 如此针对所有的预知瑕点分别事先建立其信息特征. 在实际系统中, 知识库具有自学习功能, 即对于出现的新瑕点类型, 能将其信息特征自动加入知识库中. 对于第  $k$  ( $k = 1, \dots, M$ ) 个特征的尺度  $\alpha_i$ , 用系数  $\zeta_{\alpha_i, k}$  表征其变化趋势, 此处的  $M$  代表预期瑕点的总数. 对  $\zeta_{\alpha_i, k}$  进行如下优化: 对其进行比例缩放, 使  $\zeta_{\alpha_i, k} = \max\{\zeta_{\alpha_i, k}\} \leq 1$ . 优化后的  $\zeta_{\alpha_i, k}$  进行模糊化, 以进行模糊推理. 第  $m$  个瑕点其相应的模糊集合为  $F_i^m$ , 输出集合  $Y^m$  如下建立<sup>[3]</sup>:

$$\{0/1+0/2+\dots+0/(m-1)+1/m+0/(m+1)+\dots+0/M\}.$$

第  $m$  条模糊关系  $R^m$  建立为

$$R^m = F_1^m \wedge F_2^m \wedge \dots \wedge F_n^m \wedge G^m, \quad m = 1, \dots, M.$$

### 4 特征提取 (Feature extraction)

边缘是图像对视觉的最主要特征, 对于经过预处理后的灰度图像而言, 边缘表征了图像中灰度强度的不连续性, 所以图像的边缘是图像的重要特征, 也是图像识别的基本依据. 而小波变换具有检测局部突变的能力, 因此是检测边缘的良好工具, 其特点是可以结合多尺度信息进行检测. 本文的特征提取以边缘为基础, 经滤波后所得的边缘图像作为识别的基础.

为了减小噪声成分并增加其可利用性, 先对连续的输入信号  $u(t)$  进行周期采样, 得到其采样信号  $u(j)$ , 其中  $j \in N$ .

从规则库中选择不同的小波函数对输入信号进行小波变换, 以实现对其  $u(j)$  的特征提取. 将每个小波  $\Psi_{a,b}$  和采样信号  $u(j)$  相作用, 得到小波系数如下:

$$\theta_{a,b} = \sum_{j=0}^N u(j) \Psi_{a,b}(j).$$

此处  $N$  是  $\Psi_{a,b}$  非零的样本数<sup>[4]</sup>. 对  $\theta_{a,b}$  进行优化 (其方法与  $\zeta_{\alpha_i, k}$  同), 得到反映输入信号变化趋势的  $\theta_{ji}$ , 其中,  $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$ . 将每个小波的系数作为一列存储于一个矩阵  $P$  中. 该矩阵存放了对输入信号所进行的小波变换后得到的所有小波系数, 即从信号中提取到的所有特征, 称该矩阵为信息矩阵. 其形式如下所示:

$$P = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \theta_{13} & \dots & \theta_{1n} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \theta_{23} & \dots & \theta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \theta_{m1} & \theta_{m2} & \theta_{m3} & \dots & \theta_{mn} \end{bmatrix}.$$

其中, 列  $\theta_i$  代表从输入信号获得的特征, 矩阵的列数等于所选择的小波个数.

### 5 模糊推理 (Fuzzy inference)

首先建立  $\theta_i$  的成员函数. 将成员函数  $\epsilon_A(x)$  定义为

$$\epsilon_A(x) = \text{sam}(D, x) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \frac{1 - |D_i - x_i|}{1 + \alpha |D_i - x_i|}.$$

此处  $K$  为集合中的元素数,  $\alpha$  为常数,  $D$  为预先设定的卷积向量. 于是模糊推理的输入  $\bar{A} = (A_1, \dots, A_n)$  可取为成员函数的梯度, 其定义为<sup>[5]</sup>

$$\epsilon_{A_i}(\theta_i) = \text{sam}(\zeta_{\alpha_i, k}, \theta_i), \quad k = 1, 2, \dots, M.$$

模糊集  $A_i$  有  $M$  个元素, 它与每个操作模式中的  $\theta_i$  的实现度有关. 同样, 模糊集  $F_i^m$  是作为规则库中瑕点信号的成员函数的度来获得. 对于第  $m$  种瑕点, 模糊集  $F_i^m$  为

$$\epsilon_{F_i^m}(\zeta_{\alpha_i, k}) = \text{sam}(\zeta_{\alpha_i, k}, \zeta_{\alpha_i, m}), \quad k = 1, \dots, M.$$

推理或决策是基于一套 IF-THEN 规则. 设输入域  $U = U_1 \times \dots \times U_n$ , 输出域为  $V$ . 输入 (特征) 变量  $\theta_i \in U_i, \theta \in U$ , 输出 (决策) 变量  $y \in V$ .  $\theta$  是信息矩阵的列.  $F_i^l$  和  $Q^l$  分别为  $U_i$  和  $V$  的模糊集合. 规则集如下:

如果  $\theta_1$  为  $F_1^1, \theta_2$  为  $F_2^1, \dots, \theta_n$  为  $F_n^1$ , 那么  $y$  为  $Q^1$ ,  
 如果  $\theta_1$  为  $F_1^2, \theta_2$  为  $F_2^2, \dots, \theta_n$  为  $F_n^2$ , 那么  $y$  为  $Q^2$ ,

⋮

如果  $\theta_1$  为  $F_1^L, \theta_2$  为  $F_2^L, \dots, \theta_n$  为  $F_n^L$ , 那么  $y$  为  $Q^L$ .

典型情况下, 一条规则足够一种瑕点的识别. 因此, 规则数与瑕点数目相等, 即  $L = M$ . 推理按如下进行<sup>[6]</sup>:

首先计算前提部分, 即  $\hat{A} = A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n$ ; 接下来  $\hat{A}$  与规则库作对比, 产生输出模糊集合  $B^l$ :

$$\epsilon_{B^l}(y) = \bigvee_{\theta \in U} [\epsilon_{\hat{A}}(\theta) \wedge \epsilon_{\hat{A}}(\theta)].$$

最终输出为

$$\epsilon_B(y) = \epsilon_{B^1}(y) \wedge \epsilon_{B^2}(y) \wedge \dots \wedge \epsilon_{B^L}(y).$$

通过对最终输出模糊集合  $B$  解模糊从而识别瑕点模式

$$y = \arg \sup_{y \in V} (\epsilon_B(y)).$$

由上述方程给出第  $y$  个瑕点被识别的决策. 算法流程如图 2 所示.

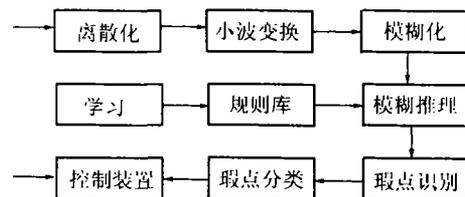


图 2 算法示意图

Fig. 2 Algorithm flow chat

## 6 实验验证(Experiment testing)

经过对北京毛巾厂的现场调研后,选取了四种最常见的瑕点进行检验.其形状如图3~图6所示.

经实验对比,相应的小波系数分别取为  $\alpha_1 =$

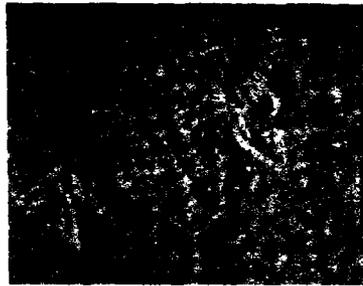


图3 块状斑点  
Fig. 3 Lump blot



图5 横向缺线  
Fig. 5 Transverse fleck

$0.1624, \alpha_2 = 0.4245, \alpha_3 = 0.7421$ . 经过对60个瑕点样本识别,其结果如下所示:

瑕点总数:60; 正确识别:57; 漏判:1; 误判:2; 成功率:95%; 漏判率:1.67%; 误判率:3.33%.



图4 纵向缺线  
Fig. 4 Lengthways concave



图6 块状凹斑  
Fig. 6 Lump concave

## 7 结论(Conclusion)

模糊工具与小波理论的结合为复杂系统的特征提取、瑕点识别提供了一种新方法.该算法在许多应用场合比传统的信号处理技术性能更加优越.本文引入了一种新的模糊相似方法,它可以通过改变系数来控制输入.这种增加的控制使算法具有更强的适应性和鲁棒性,而且系统速度大大提高,使单个瑕点的识别过程在毫秒级完成,完全能满足实时性的要求.

## 参考文献(References):

- [1] ZADEH L A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process [J]. *IEEE Trans on System, Man, and Cybernetics*, 1973, 3: 28 - 44.
- [2] 杨福生. 小波变换的工程分析与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998.  
(YANG Fusheng. *The Engineering Analysis and Application of Wavelet Transformation* [M]. Beijing: Science Press, 1998.)
- [3] LANGHOLZ G, KANDEL A. *Fuzzy Hardware Architectures and Applications* [M]. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1998.

- [4] 李建平. 小波分析与信号处理[M]. 重庆: 重庆出版社, 1999.  
(LI Jianping. *Wavelet Analysis and Signal Processing* [M]. Chongqing: Chongqing Publisher, 1999.)
- [5] 边肇祺. 模式识别[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988.  
(BIAN Zhaoqi. *Mode Identification* [M]. Beijing: Tsinghua University Press)
- [6] 刘增良, 刘有才. 模糊逻辑与神经网络[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999.  
(LIU Zengliang, LIU Youcai. *Fuzzy Logic and Neural Net* [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1999.)

## 作者简介:

韩武鹏 (1972—), 男, 2001年毕业于北京工业大学电子信息与控制工程学院, 获硕士学位. 研究方向: 智能控制与智能自动化;

陈文楷 (1946—), 男, 北京工业大学教授, 硕士生导师. 主要从事复杂系统智能控制、智能自动化及模式识别的教学和研究工作. 发表论文60余篇. Email: cwk@bjpu.edu.cn 或 wen\_kai\_chen@hotmail.com;

刘正耀 (1966—), 男, 2001年6月毕业于北京工业大学电子信息与控制工程学院, 获硕士学位. 研究方向: 智能控制与智能自动化.