

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2018.05.010

基于平移相减法的机织物组织识别

王泽民, 刘妹琴, 樊臻, 张森林

(浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:针对现有机织物组织识别方法适用范围窄、鲁棒性差的现状,课题组提出一种计算织物组织循环大小的平移相减算法(translational subtraction algorithm, TSA),并提出了一种基于TSA算法的机织物组织有效识别方法。该方法结合机织物图像不同方向的TSA算法和水平方向的亮度累加法获取织物组织循环宽度和纬线宽度,然后对机织物图像进行错位TSA算法,分析错位TSA曲线相位的周期性和大小,可以得到织物组织循环的纱线根数和飞数,最终获得机织物图像的组织意图图。实验证明该方法对机织物图像光照、纹理和倾斜等干扰因素具有鲁棒性,能有效识别各种类型的机织物组织。

关键词:织物组织识别;平移相减;亮度累加;相位;组织循环

中图分类号:TP274 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2018)05-0053-05

Recognition Method of Fabric Based on Translational Subtraction Algorithm

WANG Zemin, LIU Meiqin, FAN Zhen, ZHANG Senlin

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In view of the current situation of narrow applicability and poor robustness of existing woven fabric recognition methods, translational subtraction algorithm(TSA) was proposed to calculate the size of fabric texture circulation and a recognition method of woven fabric based on TSA was designed. Through the combination of TSA in different directions of the woven image fabric and horizontal grayscale accumulation, the width of texture circulation and weft was calculated successfully. The number of yarns and the twills in fabric texture circulation can be obtained by using the dislocated TSA to analyze the period and the amplitude of phases of dislocated TSA curves, thus the pattern grid of fabric image was obtained. Experiments show that the proposed method is robust to interferes such as illumination, texture and tilt of the captured fabric image, and can identify various types of fabric images effectively.

Keywords: fabric organization recognition; TSA(translational subtraction algorithm); grayscale accumulation; phases; texture circulation

目前国内的机织物厂家在进行织物组织分析与识别过程中,主要依靠人工使用专业工具进行识别。这种识别方法效率低下,识别结果受个人主观性影响较大。将数字图像技术应用于机织物组织自动分析与识别,对于纺织行业的自动化发展有重要意义^[1]。

国内有很多学者对织物组织识别做了研究。浙江大学的吴海虹等^[2]针对织物彩色图像组织的识别,提出了利用颜色聚类 and 图像亮度信息分割织物的经纬纱线,然后使用一种半自动交互式纬二重组织识别方案

获取织物组织图。梅军等^[3]则通过提取织物图像的Tamura纹理特征并进行聚类实现织物经纬组织点分离,从而获取织物组织图。上述方法均具有一定的局限性,要求织物经纬线色彩差异大或织物纹理特征明显,受织物图像获取时的光线影响大,适用范围窄。课题组提出了一种基于TSA算法的织物组织识别方法,通过该方法可以有效统计出织物经纬方向的循环信息,通过经纬线的循环特征来计算织物组织点分布情况。该方法可以有效识别各种类型纱线的织物图像组

收稿日期:2018-04-27;修回日期:2018-07-13

第一作者简介:王泽民(1993),男,山西石楼人,硕士研究生,主要研究方向为计算机图形处理。E-mail:1027329813@qq.com

织结构。

1 算法介绍

1.1 TSA 算法

对于水平(或竖直)方向由相同或相似组织循环构成的图像,可以通过 TSA 算法计算组织循环的周期。算法计算过程如图 1 所示,首先将待识别原图和该图像的复制图重叠放置,然后沿着组织循环的方向不断移动复制图,计算原图与复制图重叠部分对应像素点之间灰度值的平均差值。平均差值计算公式为:

$$g(d) = \frac{\sum_{i=0}^H \sum_{j=d}^W |I'(i,j) - I(i-d,j)|}{H \times (W-d)} \quad (1)$$

式中: W, H 为图像的宽度和高度; $I'(i,j)$ 表示复制图点 (i,j) 的灰度值; $I(i,j)$ 表示原图点 (i,j) 的灰度值; $g(d)$ 表示移动距离为 d 时的平均灰度差值。

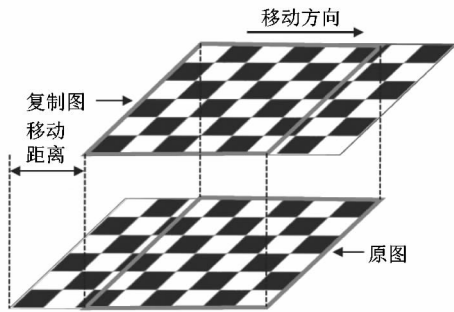


图 1 TSA 算法示意图

Figure 1 Diagram of TSA algorithm

原图与复制图重叠放置时,重叠部分对应像素点之间灰度值的平均差值为零,随着复制图的移动,灰度值平均差值会逐渐增大,移动一定距离之后,原图和复制图的循环组织之间会逐渐相互重叠,像素平均灰度差值又会随之变小。持续移动复制图像,则像素平均灰度差的波峰波谷会呈周期性交替出现。如图 2 所示,横轴表示复制图移动距离 d ,纵轴表示移动距离为 d 时,复制图与原图重叠部分像素平均灰度差 $g(d)$ 。那么 TSA 曲线的周期表示平移方向组织循环的宽度。

1.2 错位 TSA 算法

如图 3 所示,错位 TSA 是指对于水平和竖直方向均由相同或相似组织循环构成的图像,可以先将复制图和原图竖直(或水平)方向错位一定距离之后再进行 TSA 计算。由于图像竖直方向也是具有循环性,错位合适距离后, TSA 曲线也会呈现周期性变化,如图 4 所示。如果竖直方向错位后原图与复制图之间的灰度值平均差不处于 TSA 曲线波谷,那么错位 TSA 曲线会和 TSA 曲线之间存在一定的相位差,该相位差代表了

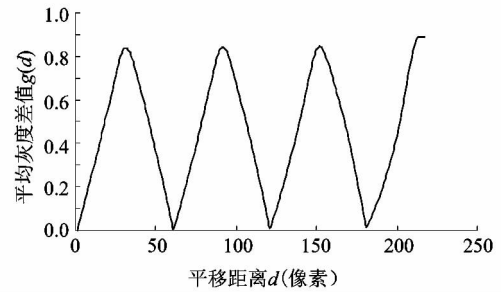


图 2 平移距离与像素平均灰度差值之间关系图

Figure 2 Relationship between the distance and average of grayscale difference

竖直方向错位后水平方向组织循环之间的距离。图 3 中竖直方向错位后,其水平方向原图和复制图组织循环之间距离为组织循环宽度的一半,所以图 2 和图 4 所示曲线之间的相位差为 π 。

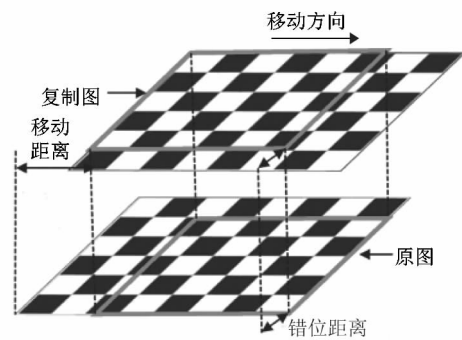


图 3 错位 TSA 示意图

Figure 3 Diagram of dislocated TSA

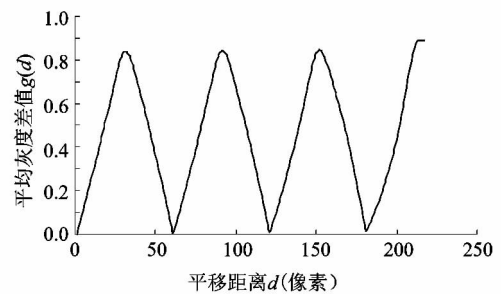


图 4 错位 TSA 平移距离与平均灰度差之间的关系

Figure 4 Relationship between the distance and average of grayscale difference

1.3 正弦拟合

为了计算 TSA 曲线的周期、相位和幅值等参数,笔者对 TSA 曲线进行了正弦函数拟合。正弦函数为:

$$f(x) = a_0 + A \sin(\omega x + \varphi) \quad (2)$$

式中: A 为幅值, φ 为曲线相位, ω 为角频率, a_0 为幅值偏置值。

周期为:

$$T = 2 \times \pi \div \omega. \quad (3)$$

2 算法流程

本文算法的目的是获取织物组织图。织物组织图又称意匠图,是一种在方格纸描绘织物组织的图,可以根据织物组织循环的参数绘制^[4]。织物经组织点和纬组织点的沉浮规律重复出现为一个组成单元时,该组成单元称为组织循环。本文方法基于 TSA 算法,织物图像经过一系列 TSA 算法可以获取织物组织循环的飞数 S 和纱线根数 R ,从而绘制出织物组织图。算法流程如图 5 所示。

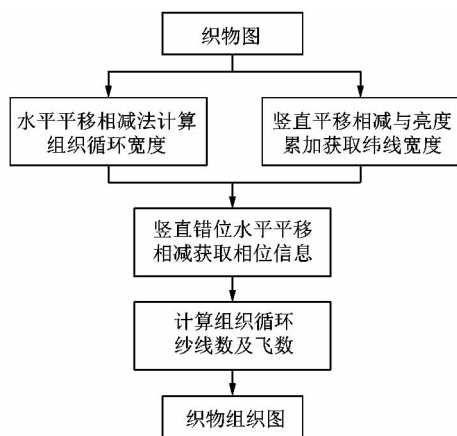


图 5 算法流程图

Figure 5 Flow diagram of algorithm

文中所提出的方法对输入的织物图像分辨率和尺寸有一定要求,下文将以图 6 中的原始织物图为例,计算该原始织物图对应的组织图。

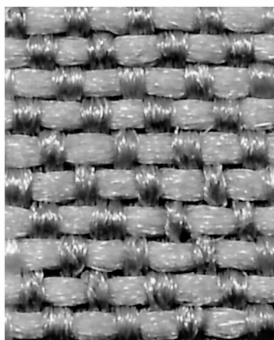


图 6 原始织物图

Figure 6 Original fabric image

2.1 组织循环宽度

对原始织物组织图进行水平方向 TSA 算法,并对 TSA 曲线进行正弦函数拟合,所得到的 TSA 曲线和拟合结果如图 7 所示。所拟合得到的正弦函数的周期 $T_h = 123$ (像素),该原始图像一个组织循环的水平方

向的宽度为 $W_h = T_h = 123$ 。

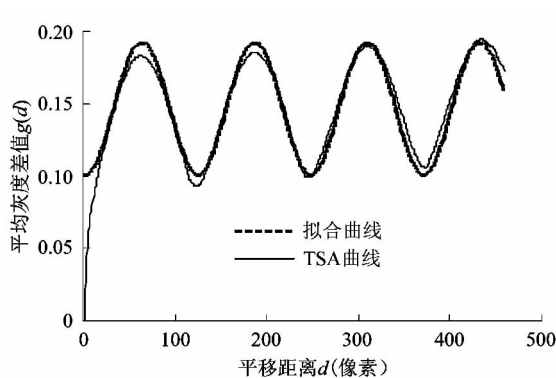


图 7 织物水平方向 TSA 曲线与拟合结果

Figure 7 Fabric image horizontal TSA curves and fit result

2.2 纬线宽度

对织物进行竖直方向上的 TSA 算法,并进行正弦函数拟合,得到竖直方向平移相减周期 $T_v = 64$ 。然而对于经线宽度不同的织物,该周期的实际意义不同。如果经线宽度较宽,那么该周期为经线宽度;如果经线较窄,那么该周期为组织循环的高度,如图 8 所示。因此,笔者采用了亮度累加法来辅助计算经线宽度。

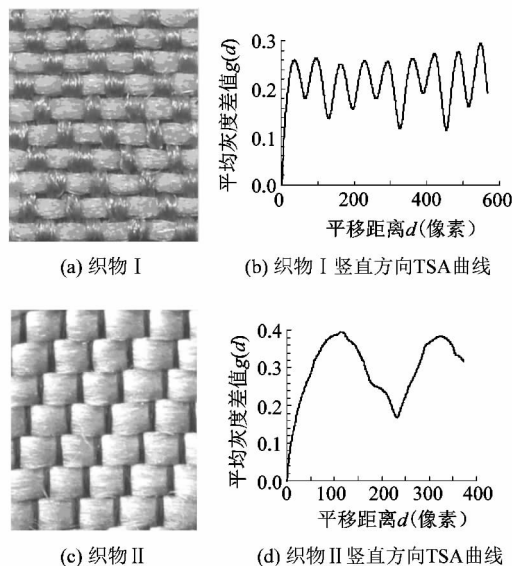


图 8 对于经线宽度不同的织物,竖直方向 TSA 曲线周期的实际意义不同

Figure 8 Different significance of the vertical TSA curve period for different warp width

亮度累加是利用织物纱线间隙的灰度值要远远小于纱线中心的亮度的现象,对织物水平方向进行像素点灰度值的累加。由于织物纬线间的间隙连续性好,所以累加结果呈现明显的周期性^[5-8],而且累加曲线的

周期接近于纬线的宽度。如图(9)所示,横坐标 h 表示图像累加高度,纵坐标 s 表示图像累加高度为 h 处横向灰度值累加和。对累加曲线正弦函数,得到累加曲线周期 $T_{sv} = 65$ 。由于平移相减所得到的数据点是对整幅织物图像统计得到的,可靠性更高,所以按如下公式计算纬线宽度:

$$W_p = T_v / (T_v / T_{sv}) \quad (4)$$

式中, W_p 表示纬线宽度,将 T_v 和 T_{sv} 的值代入公式可得织物纬线宽度 $W_p = 65$ 。

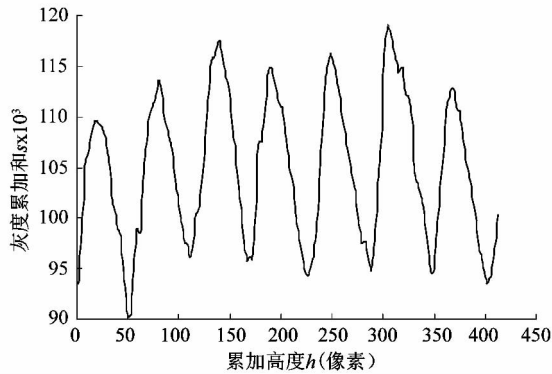


图9 织物图像水平方向亮度累加结果

Figure 9 Horizontal grayscale accumulation of fabric image

2.3 相邻纬线间组织循环相位差

设图片高度为 H ,对织物图竖直方向错位 $n \times W_p$ ($0 \leq n \leq (H \div W_p)$) 个像素点,然后进行水平方向平移相减,计算 TSA 曲线的相位 φ_n 。相位 φ_n 实际意义是第 n 条纬线对应循环组织起始的位置,如图 10 所示。

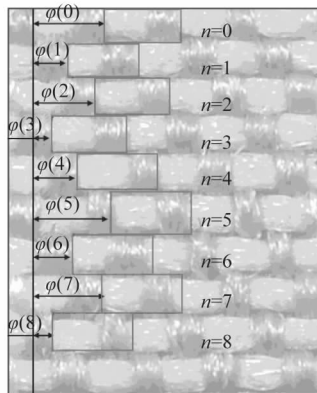


图10 错位 TSA 曲线相位代表每行纬线对应组织循环的起始点

Figure 10 Start point of each texture circulation represented by phase of dislocated TSA curve

对织物图经线错位 TSA,计算得到的相位值如表 1 所示。

表1 错位距离对应相位

Table 1 Phases of dislocated TSA curves with dislocated distance of $n \times W_p$

n	φ	n	φ
1	-1.7	5	2.6
2	1.0	6	-1.1
3	-2.6	7	1.6
4	0.0	8	-2.3

由于织物图像竖直方向具有周期性,所以错位平移得到的相位也有周期性。分析相位的周期性即可得到织物组织循环的纬纱数 R 。对于给定的织物图,为使公式(5)中 D 取得最小值的 n ,计算得 $R = 5$ 。

$$D = \frac{\sum_{i=n}^N |\varphi(i) - \varphi(i-n)|}{N-n}, n \in (1, N-1) \quad (5)$$

其中, $N = H \div W_p$ 。

常见基本织物组织经纱数与纬纱数相同,所以织物组织图为 $R \times R$ 的方格图,且每一列包含一个经组织点。计算每个组织循环中错位 TSA 相位相对第一行纬线的相位的正相位差,相位差 $\bar{\varphi}(i)$ 为:

$$\bar{\varphi}(i) = \varphi(i) - \varphi(n \times (i \div n)) \quad (6)$$

然后按公式(7)求取组织循环相位差的平均值 $\bar{\varphi}(i)$:

$$\bar{\varphi}(i) = \frac{1}{n/N} \sum_{k=1}^{n/N} \bar{\varphi}(i \times k), (1 \leq i \leq N) \quad (7)$$

对 $\bar{\varphi}(i)$ 排序,排序后的最小值对应的纬线就是第一列经组织点所在的纬线,以此类推。飞数 S 为排序后相邻 2 个相位序号对应的纬线行数之间的差值。图 6 中的织物图,可识别得到如图 11 所示的组织意匠图,其中 $S = 4 - 1 = 3$ 。

织物组织意匠图	相位值	排序序号	纬线行数
	0.00	1	1
	2.72	3	2
	5.22	5	3
	1.69	2	4
	4.30	4	5

图11 织物组织意匠图与错位 TSA 相位之间的关系

Figure 11 Relationship between pattern grid and phases of dislocated TSA curves

(下转第 62 页)