

基于数字水印的提花织物品牌认证方法

张大兴^{1,2)} 张明敏¹⁾ 潘志庚¹⁾ 马妍嫣¹⁾

¹⁾ (浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310027)

²⁾ (杭州电子科技大学图形图像研究所, 杭州 310012)

摘要 针对提花织物防伪问题,在分析提花织物生产工艺的基础上,提出了一种用于真伪认证的基于小样图的易损盲水印算法。该算法首先设计了最小的水印编码方案,解决了张力平衡问题,并考虑了裁剪对水印的影响。经实际生产验证,该算法生成的水印对织物外观无可察觉影响,并能进行有效认证。采用该方法后将极大地增加假冒的难度和成本,是一种保护提花织物品牌的有效技术手段,也是数字水印技术在非数字媒质织物上应用的创新尝试。

关键词 提花织物 数字水印 易损水印 认证

中图法分类号: T309 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)12-2470-08

The Jacquard Brand Authentication Method for Jacquard Based on Digital Watermark

ZHANG Da-xing^{1,2)}, ZHANG Ming-min¹⁾, PAN Zhi-geng¹⁾, MA Yan-yan¹⁾

¹⁾ (State Key Laboratory of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

²⁾ (Institute of Graphics and Image, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310012)

Abstract In order to provide the anti-counterfeiting for brand authentication, a fragile watermark algorithm is designed and implemented based on the analysis of the process of cloth manufacturing. In this algorithm, a shortest watermark coding scheme is designed to maintain the tensility balance considering the watermark damage caused by cutting. Experiments show that watermark has no noticeable effect to the appearance, and it is useful for authentication. The method is an effective technical means to authenticate for jacquard brand which greatly increases the cost and difficulties to forge products. It is also an innovation of watermarking technique which can be used in non-digital media texture.

Keywords jacquard, digital watermark, fragile watermark, authentication

1 引言

数字水印是一种将可识别的数据嵌入到数字作品中的技术,是近年兴起的涉及多学科的交叉技术^[1-3]。其特点是隐蔽性好、水印与原作品可成为一个有机的整体。根据使用目的不同,数字水印主要可分为版权保护和内容认证两大类^[3-5]。其中版

权保护是采用鲁棒性数字水印,经历各种拷贝、编辑、压缩等有意或无意的操作后,水印信息仍应该能保留下来,以便作为版权的证明依据;内容认证则是用脆弱水印或半脆弱水印,当作品内容受到攻击或篡改后,水印信息即丢失,据此可认为作品已经不可信任,这是一种鉴别真伪的新手段。

纺织物是日常必需的消费品,其价值构成包括材质、花样、做工、品牌等因素,著名的品牌因其无

基金项目:国家自然科学基金重点项目(60533080);浙江省自然科学基金项目(Y1090515);浙江省科技厅重点招标项目(2004C11028)

收稿日期:2008-03-06;改回日期:2009-03-02

第一作者简介:张大兴(1971~),男,副教授。浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室在职博士生。主要研究方向为数字图像处理、密码学和信息安全。E-mail:dxzhang@cad.zju.edu.cn

形的市场价值而有迫切的保护需求。关于织物组织分析、辅助设计方面的研究文献比较多^[6-10],这些文献的报道说明,现有的组织自动识别技术仍难以识别面料实物的精确组织参数,而且相关技术与水印防伪技术的设计有一定关联性。目前已有少量的文献对织物水印进行了研究,如单层织物的盲水印算法^[11]、多层织物的非盲水印算法^[12]等。本文利用数字水印技术对提花织物进行了认证,即在织物面料中嵌入特定的水印信息来鉴别品牌真伪,其属于易损水印算法,本文算法适用于单层和多层提花织物。该算法在检测水印存在性时,无需知道原始织物信息,属于盲检测水印算法。该算法相比较于一一般的数字介质水印算法设计,在织物中隐藏信息会出现新问题。

2 提花织物工艺术语和水印策略

2.1 提花织物工艺和术语

提花织物是一类重要的织物类型,它是由基本的组织单元经过重复铺排得到。组织图是提花花样设计师根据织造工艺设计的,这种组织图符合织物工艺的许多限制和特殊要求。

表 1 是本文中涉及的提花织物专业术语,这些概念之间相互联系,也影响到水印算法的设计。

表 1 提花织物术语

Tab. 1 Jacquard terms used in this paper

术语	含义
经密/纬密	单位长度内经线/纬线的根数
组织点	经线和纬线的相交点
组织图	花样基本单元,由一个或若干个组织图构成
小样图	即纹板周期,其构成最小的完整花样图案,小样图经过铺排构成纹板文件
纹板文件	供织机使用,织机根据纹板文件通过动作来织出不同花样的面料
织机参数	由工艺单设定,比如,纬线的色系并没有包含在纹板文件中
飞数	经线连续跨越纬线的最大条数

提花织物织造过程的实质是经线和纬线位置关系变化的过程。对于单层组织,只有两种组织点类型,即经线在纬线之上或者纬线在经线之上,如果分别用 0 和 1 来表示这两种状态,则提花织物的图案就可以转化为一个二值图像。而对于多层组织来

说,由于有两组(或两组以上)经线与一组纬线相交或者有两组(或两组以上)纬线与一组经线相交,因此组织图是一个多值图像。图 1 是二重经组织示意图,该组织有表经线和里经线两套经线,其中表经线用 A 系列表示,里经线用 B 系列表示,为方便表达,图中将里经向右平移了一个单位。图右侧是经向剖面图,从图中可以清晰地看到里经、表经和纬线的空间位置关系。

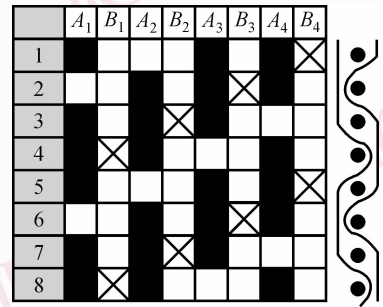


图 1 二重经组织图

Fig. 1 Two layer warp fabric

2.2 提花织物的水印策略

本文水印算法的设计原则是,首先要考虑如何使算法对外观的损害降到最小,其次是要考虑工艺的可行性,再次是要考虑成本和实际可操作性。为了使外观损害降到最小,算法设计时,之所以没有考虑水印冗余度是基于以下原因:首先本文采用的是易损水印;其次,在实际提取水印时,有多个样品来源。这和通常的水印算法设计原则有明显的不同。此外,也要考虑裁剪以后面料大小的影响。

2.2.1 在编织工艺环节嵌入水印

纺织面料的花样变化繁多,颜色也是万紫千红。现以领带的生产过程(主要使用提花面料)为例来说明水印嵌入策略。图 2 左侧实线部分是不加水印时的领带生产工艺流程图。对于提花织物而言,由于纹板文件中并没有包含颜色的信息,只是在上织机的环节,在工艺单中说明每个梭箱使用的颜色,因此在市面上就出现了花样相同、配色不同的同类提花面料。综上所述,为了有统一的水印嵌入、提取和判定算法,本文水印算法忽略不同色系的因素,而是直接在编织工艺环节设计水印。

2.2.2 利用小样扩展图来嵌入水印

组织图一般很小,不可能直接在其中加水印,而且在小样图中直接嵌水印对外观的影响仍太明显。尽管纹板文件的尺度比较大、信息量多,但可读性

差,尤其对多层组织更是如此,不适合嵌水印。而对小样图进行扩展后再嵌入水印,则既可将“水印瑕疵”降到最小,又具有统一的水印嵌入、提取及判定标准。图 2 虚线部分是加水印的位置及对工艺流程进行改变的示意图。

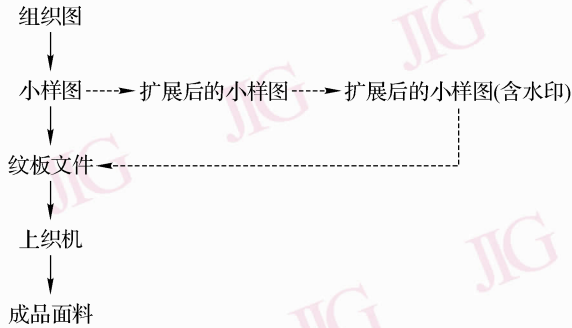


图 2 织物生产流程

Fig. 2 The weave process of jacquard

3 提花织物水印涉及的问题

3.1 小样文件扩展

小样图的扩展比例受以下两个主要因素的制约:(1)受织机参数的限制。由于小样文件扩展后增加了最后用于生产的纹板文件的长度,因此将受到织机控制内存的限制,如果多次重复拷贝纹板文件,则会严重降低生产效率。另外,织机针数还限制了小样图不能进行随意的扩展,应符合整数比例的要求;(2)受到裁剪的影响,如果小样扩展的比例太大,则水印散布在一个大的区域内,这样经过裁剪后,同一块连续的面料中就没有一个完整的水印,这使水印提取成为不可能。以领带为例,其大头的宽度不超过 10.5 cm,小样图扩展后应小于这个尺寸。表 2 是以 1 200 织机为例的小样文件的扩展比例(部分)。

表 2 小样文件扩展比例

Tab. 2 The extension scale of fabric

文件大小 (纬向)	扩展比 例(倍)	文件大小 (纬向)	扩展比 例(倍)	文件大小 (纬向)	扩展比 例(倍)
10.5 cm	1	1.4 cm	7	0.526 cm	20
5.25 cm	2	1.3 cm	8	0.44 cm	24
3.5 cm	3	1.05 cm	10	0.42 cm	25
2.63 cm	4	0.88 cm	12	0.26 cm	40
2.1 cm	5	0.7 cm	15	0.21 cm	50
1.75 cm	6	0.66 cm	16		

3.2 组织点分析——寻找水印嵌入点

扩展后的小样文件是一个图像文件,其中的像素点代表了经线和纬线的相对位置,由于通过像素点的改变来在织物中隐藏信息时必须考虑外观、工艺、组织结构等各方面因素的影响,为此,本文提出了组织可嵌入点、视觉可嵌入点和工艺可嵌入点的概念。

(1)组织可嵌入点 对于单层组织来说,由于其实际的组织图为二值图像,因此只需要考虑浮长和飞数的变化。而多层组织则是一个多值图像(但数值远小于灰度图像),其情况要复杂一些。如图 1 所示的二重经组织图,其中的组织点有 0-0 型、0-1 型和 1-0 型 3 种类型(如图 3 所示)。一般不可能有 1-1 型的组织点,因为此时里经超越了表经线,形成了缠绕,而表经不可能遮挡里经形成重叠。对于 0-0 型和 0-1 型的组织点,在里层嵌入水印不影响到表层,这类组织点可称其为组织易嵌入点;而对于 1-0 型的组织点,由于在该点上嵌水印还受到其他层的制约,故需要调整表层的经纬线位置关系,这类组织点可称其为组织难嵌入点。如图 1 中的二重经组织,在 1-0 型组织点上嵌入水印后,组织点类型变为 0-1 型,还影响到表层的外观。这两类点都是组织可嵌入点。如果组织点改变后,会使组织结构不再成立,那么这些点就是组织不可嵌入点。

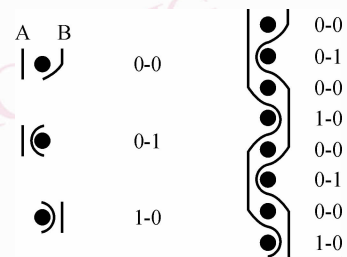


图 3 二重经组织位置与编码

Fig. 3 The warp node and its coding of two layer warp fabric

(2)视觉可嵌入点 二值图像的像素反转实际就是 0 与 1 之间的互变。文献[13]中提出了一种“可反转点”的概念,其思想是对于每个像素点先根据人类视觉系统(HVS)的特点计算其权值,然后选择对外观影响最小的点作为最优的“可反转点”。在本文中,由于组织点受自身结构的影响存在能否反转的问题,因此可将 HVS 的视觉效果考虑为“视觉权值”,而将经纬相对位置改变后对视觉影响最小的点作为“视觉可嵌入点”。图 4 说明了“视觉权

值”的概念,在图 4(a)中,中间位置的像素点取反(即 0 变为 1 或 1 变为 0)后,对视觉的影响比较小,而在图 4(b)中,中间位置的像素点取反后对视觉的影响就非常大。

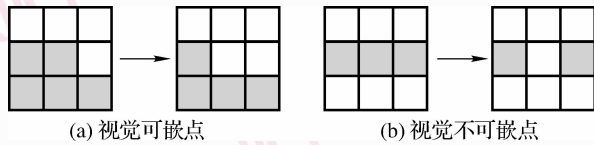


图 4 视觉可嵌点和视觉不可嵌点

Fig. 4 Visual insensitive and sensitive point

(3) 工艺可嵌入点 工艺上的约束主要表现为浮长约束和张力约束。浮长和飞数在计算上体现在统计连续 0 或 1 的个数。虽然像素点反转后会引起飞数和浮长的改变,但这种改变应该在合理的范围内,即不应该引起组织类型的改变。此外,水印算法在引入水印点时,还必须考虑各条经线的张力平衡。各个水印点由于位置的不同,可能导致经线方向上张力的改变。只有满足浮长变化要求,并能对张力变化进行弥补的组织点才满足工艺要求,这里称其为工艺可嵌入点。

满足所有这些条件的组织点才是理想的“水印可嵌入点”。本文算法是先分析计算组织的可嵌入性和视觉权值,并进行排序;然后计算是否为工艺可嵌入点,这样即可以减少计算量。

3.3 水印编码

(1) 水印容量 在面料中能够嵌入信息的多少直接受织物外观的制约,因为实际上每个水印嵌入点均是一个不正常的“瑕疵”点,所以水印技术对于嵌入水印后的织物应在外观上能被普通消费者和设计师所接受,才具有实际的可操作性。理论上水印嵌入量为

$$\rho = \frac{L_w}{P} = \frac{L_w}{\frac{S_{wv}}{D_v} \cdot \frac{S_{wh}}{D_h}} \leq \rho_{max} \quad (1)$$

其中, ρ 表示水印密度; ρ_{max} 为允许的疵点比例; L_w 表示水印字符串长度; P 表示组织点总数; S_{wv} 表示垂直(经线)方向水印尺寸; S_{wh} 表示水平(纬线)方向水印尺寸; D_v 表示经线密度; D_h 表示纬线密度。

实际应用中因受张力平衡等多种条件的制约,允许的嵌入量更小,可根据这一限制来设计嵌入信息量及其长度。

(2) 水印信息表示。如何用经线和纬线的相互

位置关系来表示水印信息中的 0 和 1 是一个基本问题。图 5 是扩展后的小样文件局部。图左边是加水印前的文件,图中横向是用数字序号 1, 2, ..., 25 表示的纬线;纵向是用英文字母 A, B, C, ... 表示的经线;红线(虚线)分割的区域代表了一个小样图。小样扩展的基本思想是若在连续的两个小样图上做像素的反转,则表示 0,若在间隔的两个小样图上做反转,则表示 1。由于二值图像本身全为 0 和 1,怎么判断是否存在像素的反转呢?可以和周边的小样图做比较,实际上,存在反转像素的小样图是少数,因此利用多数表决机制是可以知道哪些小样图是存在反转像素的。这也是以后提取水印的基础。此外,在纵向和横向上各保留一行和一列不做任何反转,用于起始位置的定位。以常见情形为例,实际的经密为 114 根/cm,纬密为 75 根/cm,如果小样图的大小为 1 cm × 1 cm,则一个小样图的组织点数目在 8 000 个左右,有“瑕疵”的小样图比例在 40% 左右,也即大约在 2 万个组织点中存在一个瑕疵点,这样的比例对面料外观不会有可察觉的影响。

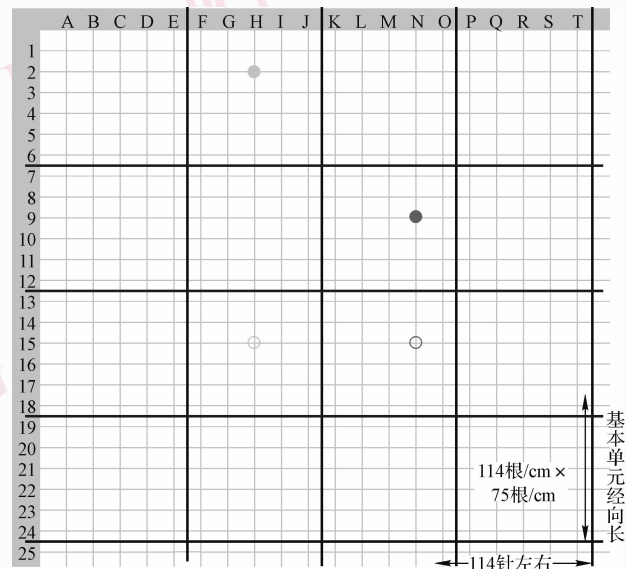


图 5 0-1 编码方法

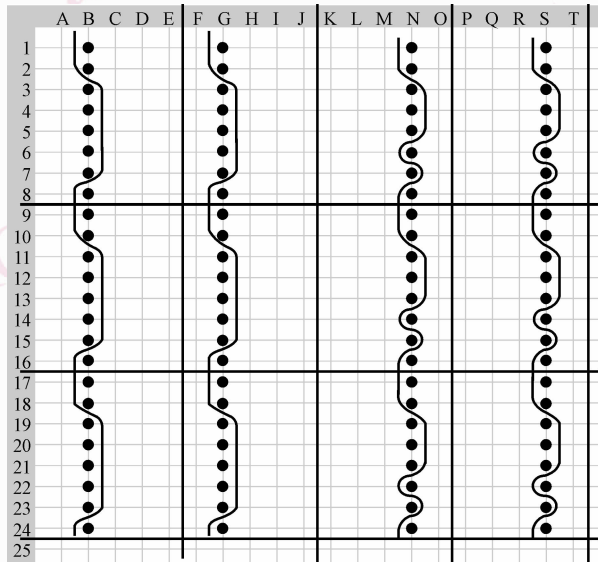
Fig. 5 Coding method 0-1

3.4 张力补偿

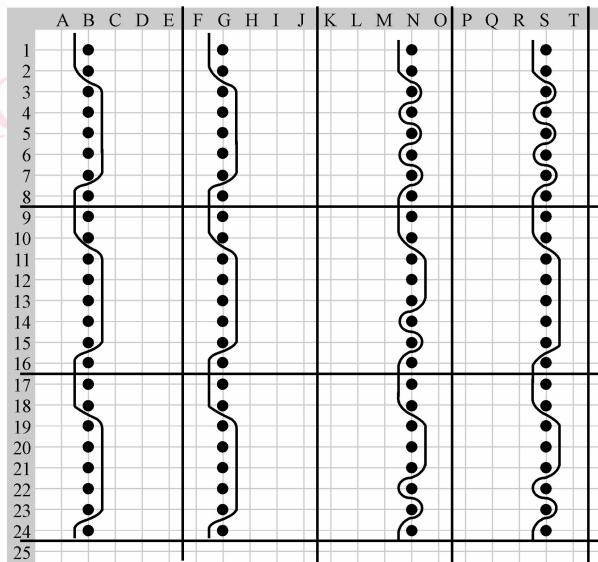
张力是指各条经线和纬线所受的力,又分经向张力和纬向张力,张力产生的直接原因是由于纱线在编织过程中弯绕穿插所致。各个水印点由于位置的不同,可能导致经线方向上张力的不同变化,从而引起张力不平衡。图 6(a)是纬向的切面图,左侧一组没有引起张力变化;右侧一组,由于水印导致增加

了一组“弯绕”，受力会变大，致使经线变紧，张力增大，相反的情形则是张力减小。

弥补的方法是在相邻的小样区域中进行相反方向的操作，以避免张力不平衡的积累（如图 6(b) 所示）。这样的设计可以起到 0-1 编码和张力补偿的双重效果。织物在织造过程中，各条经线之间和各条纬线之间的受力应该均衡，这是使面料表面平整的最基本条件，所以在原始的组织图中，各条纱线的受力必定是均衡的，可是引入数字水印后，可能破坏这一平衡。纬线由于长度有限，个别组织点的改变



(a) 水印引起张力不平衡



(b) 张力补偿方法

图 6 水印对张力的影响

Fig. 6 The tension disturbance caused by watermark

不会带来严重的问题，而经线则不然，由于一匹布料经线的长度可以达到 40 m 或 100 m 之长，小样图中局部经线的受力不均衡经过累积后就会变得相当的可观，其直接的后果是导致面料的褶皱、不平整，严重的甚至会导致织机的停机，在工艺上不可行。因此水印算法在引入水印点时必须考虑各条经线的张力平衡。

3.5 组织周期的确定和多数表决机制

水印的提取首先会涉及组织周期的确定，有手工和自动识别两种可用的方法。组织自动分析就是利用织物组织的周期性，采用自相关分析来得到织物图像中的组织循环周期。经纬向的自相关函数可以分别表示为

$$C_{x,0} = \sum_i^M \sum_j^N P(i,j) \cdot P(i+\delta,j)$$

$$C_{0,y} = \sum_i^M \sum_j^N P(i,j) \cdot P(i,j+\tau) \quad (2)$$

其中， $P(i,j)$ 表示小样图中经线和纬线的交点坐标为 (i,j) 的组织点的像素值； $P(i+\delta,j)$ 表示坐标为 (i,j) 的组织点沿经线方向平移 δ 后的组织点的像素值； $P(i,j+\tau)$ 表示坐标为 (i,j) 的组织点沿纬线方向平移 τ 后的组织点的像素值；运算符 \cdot 表示两像素的数值乘积。由自相关函数的定义可知，经向自相关函数的峰值对应了径向的组织重复周期，纬向自相关函数的峰值则对应了纬向的组织重复周期。关于织物组织自动识别及自相关函数的更详细信息可以参看文献 [7]。确定织物的组织周期时，首先对所有处于相同位置顺序的纬纱单元进行数据平均，并保持其在织物中的位置顺序排列，以建立一组纬纱单元的组织循环；然后再通过对所有纬纱单元上的同相位的经纱线段进行数据平均来得到一个新的组织循环。手工识别就是利用人工进行组织点的拆解分析，并确定织物的组织周期。

加入水印后，部分小样图与原始小样图略有区别，这可通过多数表决机制来决定，以满足盲检测的要求。可通过判定已经改变和没有改变的小样图的多少来决定哪个是原始图像。

4 水印算法描述

在考虑各种限制和确定水印的具体信息及其长度后，就可以进入水印的嵌入和提取的实际步骤。

4.1 水印嵌入

结合以上的描述，应用于提花织物品牌保护的

易损水印算法的嵌入步骤如下:

(1)通过对水印信息进行编码来得到二进制字符串。

(2)扩展小样文件。读取小样文件,同时根据小样文件尺度确定合适的扩展比例,并进行扩展。

(3)计算一个小样图内的嵌入位数,其将取决于扩展比例和水印字符串的长度。

(4)按组织可嵌入性分类。对织物的经(纬)各组织点进行分类,嵌入点按0-0型、0-1型、1-0型的组织点优先次序来进行寻找。其目的是为了优先在组织的易嵌入类型中寻找合适的水印点,以避免引起组织类型的改变。

(5)按“视觉权值”排序。根据文献[13]计算织物同类型各组织点的“视觉权值”,并对每一组织类型按权值大小进行排序。

(6)判定“工艺可嵌入性”。在组织的易嵌入类型中,按视觉权值的排序依次逐个对组织点的工艺可嵌入性进行判定,具体的判定过程如下:

① 计算各个像素点的飞数以及该点像素值取反后对飞数的影响,并判断是否会引起组织类型的改变;

② 计算该点像素值取反后对张力的影响,即张力是增加、不变,还是减少;如果有张力的改变,则还需要计算在同一经线上能否找到可进行张力反向补偿的点,同样需要对该点进行飞数的改变以及这种改变是否将引起组织类型改变的判断;

③ 如果前述两个条件均满足,则找到了一个合适的“水印可嵌入点”。

(7)根据步骤(2)确定同一小样图中应嵌入的位数,继续查找下一个合适的“可嵌入点”,直到找到足够数量的“水印可嵌入点”;重复步骤(6)。直到“水印可嵌入点”的数目达到要求为止,否则进入步骤(8)。

(8)如果没有足够数量的合适的“可嵌入点”,则询问是否减少水印的长度或者牺牲面料的外观,可采用交互式变通的办法进行确定。

(9)在扩展后的小样图上,按照前述编码方法,根据水印字符串信息逐位地翻转“可嵌入水印点”。

(10)得到加水印后的扩展小样图,后续操作过程和正常生产工艺完全相同。

4.2 水印提取

水印的提取和嵌入过程有类似的地方,即先以人工或扫描方式获得织物组织结构图,然后通过小

样扩展周期定位、多数表决等步骤确定水印点的位置,进而通过判定该点是0或者1来重构水印信息。得到重构的水印信息后就可以与原始嵌入的水印进行相关性比较,以判定水印真伪。相关性计算为

$$NC = \sum_i w(i) \cdot \tilde{w}(i) / \left(\sqrt{\sum_i w^2(i)} \cdot \sqrt{\sum_i \tilde{w}^2(i)} \right) \quad (3)$$

其中,原始水印为 w ,提取的水印为 \tilde{w} ,相关系数在0、1之间,其值越大,说明提取的水印相似性越好。

5 算法测评和分析

为评价本文算法的性能,还对各种组织类型的提花面料进行了水印的嵌入和提取测试。

5.1 工艺实验

实验是将原始组织图与加水印后的组织图以成对方式并列在电脑织机上进行了试织(于2006年12月由浙江嵊州通融织物数码科技有限公司负责实施),在整个试织流程中,并没有引起任何异常,也没有引起从操作工人到技术人员的任何注意。本水印算法是先在小样图上直接加水印,然后进行组织的铺排来得到正常的纹板文件,用于控制织机进行上机生产,没有改变工艺流程。由于本文算法在水印嵌入时,已经充分考虑了水印的嵌入对织物组织可能的改变,因此不会导致组织类型的改变,也不会因张力的不平衡而导致织机的停机。本文算法只在小样文件设计完成后才增加嵌入水印信息一个环节,因此对后续的裁剪等也没有影响,试织的实验证明,在工艺上是完全可行的,事后专业的花样设计师也认可这一方式。此外要特别说明的是,整个生产过程并没有增加任何的生产成本。

5.2 可察觉性实验

图7和图8是分别在平纹组织面料和二重经组

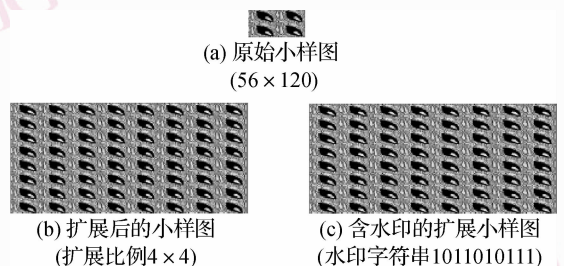


图7 在平纹组织中嵌入水印

Fig. 7 Watermark embedded in tabby fabric

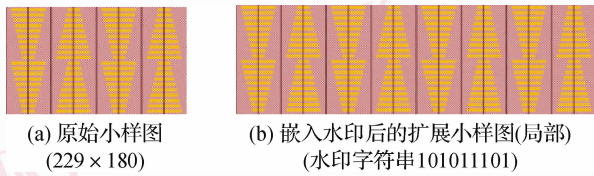


图 8 在经二重组织中嵌入水印

Fig. 8 Watermark embedded in two layer warp fabric

织中嵌入水印前后的效果比较。由图 7 可见,本文水印算法对织物的外观没有可察觉的明显影响。这是由于水印的嵌入点考虑了人类视觉系统的特点,又由于在一个小样图上最多只改变一个点,因此对织物的外观影响已减到最小。这可使水印在外观上不可察觉,另外,即使在一些用于组织自动识别的软件里,在目前技术下也可以有效地防止仿冒。

图 9 和图 10 是面料实物扫描图,分别是平纹组织面料和缎纹组织中嵌入水印的视觉效果。图 9 是为了测试不同色系搭配时,水印对视觉效果的影响。图 10 是在同一块面料中进行了含水印和不含水印的织试(经纱颜色不同)。实验表明,用本文算法嵌入水印后对织物的外观没有可察觉的影响。

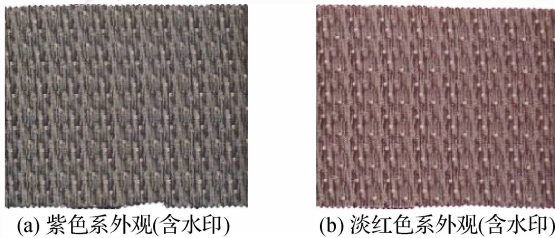


图 9 组织结构相同而色系搭配不同的缎纹组织面料

Fig. 9 Two scanned images of satin fabric with same watermark and different color

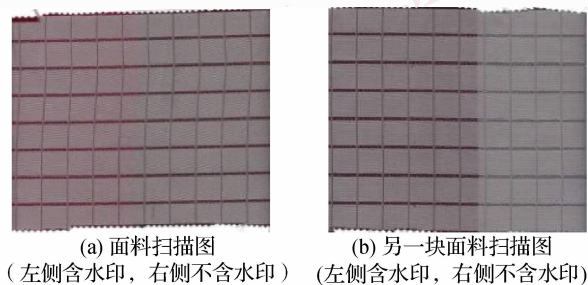


图 10 将含水印和不含水印小样图同步织制到平纹组织面料

Fig. 10 Two scanned images of plain fabric which watermarked(left) and normal(right) fabric are weaved together

5.3 认证结果

水印认证时,先将试织得到的含水印和不含水印的实物样品进行手工组织分析,然后从得到的组织图中来进行提取水印的实验。实验人员包括一个花样设计师(专业人员)和两个已知何为组织图的学生(业余人员)。实验条件 A 为实验人员未知实验目的,只告知“有一块样品,需要来样加工”,然后他们就对样品进行织物组织分析,并组织生产,这一实验条件和实际的来样仿冒加工的过程是完全一致的。实验条件 B 为告知实验目的,且“样品中可能有水印,需要对组织图进行完全的分析”。实验结果如表 3 所示。

表 3 水印提取和认证

Tab. 3 Watermark extraction and authentication

实验条件	实验样品是否有水印	能成功提取水印的样品比例(%)	水印的相关性(%)
A	有水印	0	—
A	无水印	0	—
B	有水印	33	100
B	无水印	0	—

从表 3 可以看出,在条件 A 下的实验结果是无法提取水印的。这是因为该条件下只分析了基本的一个小样图,然后想当然的以为后面就是简单的铺排和重复,并没有再进一步地进行手工分析,而实际上,小样已经进行了扩展,只有分析了整个扩展后的小样图,才可能完整地保留水印信息,用这样得到的小样图进行假冒生产必然和真品是有区别的,因为水印被完全抹去了。在实验条件 B 的情况下,只有专业设计师才能得到完全正确的组织图,但必须提醒的是他付出了数倍的分析时间,而业余学生的分析结果则由于与原来小样有大的出入而无法提取水印。只有在小样图分析完全正确的前提下,水印才能够被正确提取,且相关性为 100%。这是因为电脑织机的工作过程几乎没有任何错误,实物和小样文件是完全一致的。实验条件 B 的结果也说明,本文中水印的脆弱性的应用基础是假冒人员的“大意”,若能进行精心的组织分析,则完全可能把用于鉴伪的水印信息也一起复制过去,但这样做无疑要增加许多成本及开销。本文的实验样品是领带面料,面积相对很小,如果是小样文件扩展更多,在更大面积的面料上包含水印信息,则对于并不知道水印相关信息的人员来讲,进行完全的组织分析会非常困难。

6 结 论

本文尝试将现代数字水印技术应用于提花织物的防伪保护上,设计了“脆弱”的非数字介质的水印算法,并进行了实验验证,结果表明,本文算法在工艺上可行,且不增加生产成本。仿冒者由于不知道是否存在“水印”,也不知道扩展的比例,再加上受裁剪等的影响,要确定水印位置,并重构水印存在很大的困难,本方案为织物的品牌防伪提供了一种有效的技术手段,具有实际应用价值。

参考文献 (References)

- 1 Sun Sheng-he, Lu Zhe-ming, Niu Xia-mu, *et al.* Digital Watermarking Techniques and Application [M]. Beijing: Science Press, 2004. [孙圣和,陆哲明,牛夏牧等著. 数字水印技术及应用[M]. 北京:科学出版社,2004.]
- 2 Huang Ji-wu, Tan Tie-niu. A review of invisible image watermarking [J]. Acta Automatica Sinica, 2000, **26**(5):645-655. [黄继武,谭铁牛. 图像隐形水印综述[J]. 自动化学报, 2000, **26**(5): 645-655.]
- 3 Wu Jin-hai, Lin Fu-zong. Image authentication based on digital watermarking [J]. Chinese Journal of Computers, 2004, **27**(9): 1153-1161. [吴金海,林福宗. 基于数字水印的图像认证技术[J]. 计算机学报, 2004, **27**(9):1153-1161.]
- 4 Yu Miao, He Hong-jie, Zhang Jia-shu. A digital authentication watermarking scheme for JPEG images with superior localization and security [J]. Science in China Series F: Information Sciences, 2007, **50**(3): 491-509. [余淼,和红杰,张家树. 一种高定位精度的安全 JPEG 图像认证水印算法 [J], 中国科学 E 辑:信息科学, 2007, **37**(2):315-328.]
- 5 Zhang Xiao-hua, Meng Hong-yun, Liu Fang, *et al.* A new kind of efficient fragile watermarking technique [J]. Chinese Journal of Electronics, 2004, **32**(1):114-117. [张小华,孟红云,刘芳等. 一类有效的脆弱型数字水印技术 [J]. 电子学报, 2004, **32**(1): 114-117.]
- 6 Wu Hai-hong, Zhang Ming-min, Pan Zhi-geng. Automatic identifying fabric structure based on color images [A]. In: Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision Graphics Image Processing [C], Lianhua, Taiwan, China, 2004:419-428.
- 7 Wu Hai-hong. Study on Key Algorithms Used in Automatic Identification System for Fabric Weave Pattern [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006. [吴海虹. 织物组织识别系统中关键技术的研究[D]. 杭州:浙江大学,2006.]
- 8 Ravandi S A H, Toriumi K, Matsumoto Y. Fourier transform analysis of plain weave fabric appearance [J]. Textile Research Journal, 1995, **65**(11):676-683.
- 9 Xu B. Identifying fabric structures with fast Fourier transform techniques [J]. Textile Research Journal, 1996, **66**(8):496-506.
- 10 Shinohara Toshihiro, Takayama Jun-ya, Shinji Ohyama Shinji, *et al.* Analysis of textile fabric structure with the CT images [A]. In: Proceedings of SICE Annual Conference [C], Fukui, Japan, 2003: 234-238.
- 11 Zhang Da-xing, Pan Zhi-geng, Zhang Ming-min, *et al.* A Watermarking Algorithm Designed for Jacquard [A]. In: Proceeding of China Information Hiding and Watermarking [C], Harbin, China, 2006: 698-702. [张大兴,潘志庚,张明敏等. 一种提花织物数字水印算法的研究 [A]. 见:第六届全国信息隐藏暨多媒体安全大会论文集 [C], 哈尔滨, 2006:698-702.]
- 12 Ma Yan-yan. Study on the Digital Watermark Technique of Fabric [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007. [马妍嫣. 纺织织物数字水印技术的研究与实现 [D]. 杭州:浙江大学,2007.]
- 13 Wu Min, Liu Be-de. Data hiding in binary image for authentication and annotation [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2004, **6**(4): 528-538.