一种基于数字签名的二值图像认证算法

杜 敏, 高宝建, 董建娥
(西北大学 信息科学与技术学院 通信与信息系统, 西安 710127)

摘 要: 为了实现对二值文本图像内容的全面保护,提出一种新的基于数字签名的二值图像认证算法。算法用数字签名实现对均匀块的认证,用归一化预处理实现对非均匀块的认证,通过两者联合认证来消除虚警。理论分析和实验结果表明,该算法仅需要附加极短的签名信息,就可以实现对二值文本图像内容的全面保护,在保证良好视觉效果的前提下,具有良好的窜改检测和窜改定位能力。

关键词: 二值图像; 认证; 数字签名; 窜改定位
中图分类号: TP391 **文献标志码**: A **文章编号**: 1001-3695(2010)06-2348-04
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.06.101

Binary image authentication algorithm based on digital signature

DU Min, GAO Bao-jian, DONG Jian-e
(*School of Information Science & Technology, Northwest University, Xi'an* 710127, *China*)

Abstract: This paper proposed a new binary image authentication algorithm based on digital signature for protecting binary image completely. It used the digital signature to certificate the uniform blocks and used the normalization pretreatment to certificate the non-uniform blocks. False alarms could be eliminated by joint certification. The experiments and the analysis show that the content of binary text images can be protected completely by appending very short digital signature to the original image. With fine visual effect, the algorithm has high performance in detecting and locating tampers.

Key words: binary image; certification; digital signature; tamper locating

0 引言

近年来,随着网络和信息技术的高速发展,人们在更便捷地获取数字作品信息的同时,也更容易受到窜改和伪造数字作品等行为的侵扰。因此,如何更高效、更可靠地对数字作品的版权、内容等进行认证保护已成为当前的研究热点。二值图像作为一类特殊的数字作品,具有广泛的实际应用背景,如一些商业合同、票据、法庭资料和资格证书等重要文件经常需要被扫描成图片的形式用做凭证,并通过各种途径来存储或传播。而利用当前市面上流行的一些图像处理软件,则可以很容易地对这些电子图片进行有目的的窜改和伪造。这种未经授权的伪造和窜改行为,将会带来严重的后果,如伪造的商业合同终将引发法律纠纷,伪造的资格证书将使相关领域的社会评价显失公平。因此,就有了对二值图像进行认证保护的技术需求[1,2]。

早期的图像认证研究是从灰度图像领域开始的,当时主要的研究方法有基于数字签名和基于数字水印的认证两类。但是灰度图像具有较大的信息冗余度,嵌入大量水印信息后,图像的视觉效果改变不明显,因此,基于数字水印认证算法取得了较好的实验结果,并且有逐步取代基于数字签名的认证算法的趋势。目前,灰度图像的认证算法多是基于数字水印的。相对于灰度图像认证,二值图像认证的研究起步稍晚一些,因此,灰度图像认证领域的许多研究成果被借鉴到了二值图像认证领域中来,从公开发表的文献来看,当前二值图像的认证算法也多是基于数字水印的。但是,二值图像与灰度图像相比具有其特殊性,即二值图像只包含两种像素值,不是 0 就是 1,信息冗余度小,所以,二值图像嵌入水印后引起的视觉质量的下降也比灰度图像要明显得多。采用基于数字水印的方法来认证二值图像,出于对嵌入水印后图像视觉效果的考虑,水印的嵌入量就必然会有一个上限值,从而限制了算法的窜改检测概率(一般只有 50% 左右)[3,4]。此外,在二值图像的均匀区(全白或全黑区域)嵌入水印信息很容易被察觉,因此,现有的水印算法在二值图像的均匀区是无法嵌入水印的,当用全白的图像块代替原图像块时,水印认证算法对窜改的检测失效[3];李赵红等人[5]提出一种基于等级结构的二值文本图像认证水印算法,该算法采取了分级分层次的嵌入和提取水印的方法,可以解决二值图像均匀区窜改认证的问题,但是该算法的实现复杂度高、实时性较差,不利于实用推广。总体来看,当前绝大多数基于水印的二值图像认证算法难以简单、有效地对二值图像的均匀区进行保护。

综上所述,目前基于水印的二值图像认证算法普遍存在以下两个问题:a)窜改检测概率低;b)难以简单、有效地实现对图像均匀区的认证保护。这是由二值图像本身的结构特点所决定的。鉴于当前基于水印的方法无法很好地解决这两个问题,本文从图像认证的另一个研究方向出发,提出了一种基于数字签名的二值图像认证算法,从而有效地回避了水印复杂的嵌入和提取过程,仅通过对图像作简单的预处理,提取长度很短的数字签名就能达到较好的认证效果。

收稿日期: 2009-10-09; **修回日期**: 2009-11-22

作者简介:杜敏(1983-),女,硕士研究生,主要研究方向为信息安全、数字水印(dumincf@163.com);高宝建(1964-),男,副教授,硕士,主要研究方向为信息安全、数字水印;董建娥(1983-),女,硕士研究生,主要研究方向为信息安全、OFDM.

1　图像认证算法原理和实现

1.1　算法结构

图 1 为对原始二值图像 I 预处理和提取数字签名的流程图,图 2 为对接收到图像 Ig 进行认证的流程图。

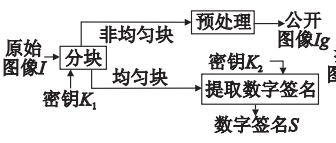

图1　预处理和提取数字签名

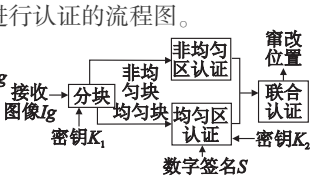

图2　图像认证和窜改定位

发送方先对图像 I 分块,同时把子块大小作为密钥 K_1,按子块内像素是否一致把图像分为两类,即均匀子块和非均匀子块。对非均匀子块进行预处理,使得每个非均匀子块满足归一化特征,从而产生预处理后的图像 Ig;利用均匀子块在整个图像中的分布信息以及密钥 K_2 提取数字签名 S,把签名 S 和 Ig 一并发送。接收方对收到的图像 Ig 按密钥 K_1 再次分块,并分成两类子块。先对非均匀子块按是否满足归一化特征进行非均匀认证;再利用密钥 K_2 对均匀子块二次提取数字签名 Sg,通过比较 S 和 Sg,实现均匀区认证;最后,由联合认证环节排除了均匀区认证环节可能出现的虚警,最终确定出图像被窜改的位置。

1.2　图像非均匀块的预处理

为了实现对图像非均匀区的保护,算法在对图像分块后,对图像的非均匀区作了如下预处理:确定归一化特征,判断每个非均匀子块是否满足该特征;满足归一化特征的子块不作任何改动;不满足归一化特征的子块,翻转部分像素点,使其具有归一化特征。

1.2.1　可翻转像素位置的选择

目前,评价二值图像像素点翻转对图像视觉质量的影响有三种评分方案,即 Min Wu 评分准则[2]、基于 LSPB(最不明显像素块)的评分准则[3]和基于 PSD(像素扩展差)的评分准则[5]。这三种评分方案均能有效地衡量像素的可翻转性,但是,基于 PSD 的评分准则在考虑像素周围分布的扩展性上明显优于前两种评分方法,刚好满足本算法中图像分块大小灵活的特点,因此,图像非均匀区的预处理采用基于 PSD 的评分准则来选取可翻转点。按文献[5]的描述,PSD 求法如下:

首先考察一个以 d 为中心,大小为 $\omega\times\omega$ 的图像块 B。其中 ω 要求为奇数,图像块 B 中所有像素点的值记为 $B(m,n)$,(m,n) 为像素点的坐标($m=n=1,2,\cdots,\omega$)。那么点 d 坐标为 (m_0,n_0),$m_0=n_0=(\omega+1)/2$。假设图像块 B 的均值为 μ,那么像素点 $B(m,n)$ 的偏差为 $\delta(m,n)=|B(m,n)-\mu|$。于是,定义图像块 B 的像素扩展差(pixel spread,PS)如下:

$$PS=\sum_{m=1}^{\omega}\sum_{n=1}^{\omega}\delta(m,n)\cdot W(m,n) \tag{1}$$

其中:$W(m,n)=\begin{cases}1 & m=m_0,n=n_0\\ \dfrac{1}{\sqrt{(m-m_0)^2+(n-n_0)^2}} & \text{其他}\end{cases}$

如果图像块 B 的中心点 d 翻转以后的像素扩展为 PS′,那么点 d 的可翻转性由其翻转前后图像块的像素扩展差(pixel spread deviation,PSD)来衡量,表示如下:

$$PSD=|PS-PS'| \tag{2}$$

利用式(2)计算出每个像素点的 PSD 值。选定合适的阈值 τ,PSD≤τ 的像素点定为可翻转,PSD > τ 的像素点定为不可翻转。像素点的 PSD 值越小,说明该点的可翻转性越好。

1.2.2　归一化特征的选取及性能分析

选取归一化特征时应考虑两个指标:a)实现归一化特征平均每个非均匀子块需要翻动像素点的数目(turned number,TN);b)未经预处理就满足归一化特征的非均匀子块个数占非均匀子块总数的百分比(separation generation rate,SGR)。TN 关系到预处理后图像的视觉质量,TN 越小,预处理后图像视觉效果越好。SGR 关系到算法的认证能力,SGR 越小,任意一个非均匀子块未经预处理就满足归一化特征的概率就越小,算法的认证能力就越强。由于 SGR 和 TN 存在间接反比关系,出于对预处理后图像质量和算法认证能力双重要求,需要在选择归一化特征时考虑在 TN 与 SGR 之间进行折中。

本文算法规定每个子块包含的像素点个数 N 为奇数,即 $N=N_1+N_0$,N_1 为子块内 1 的个数,N_0 为子块内 0 的个数,在此前提下,对非均匀块选取的归一化特征:N_1 为奇数,$\lfloor N_0/2\rfloor$ 为偶数(其中:$\lfloor*\rfloor$表示对 $*$ 的下取整值)。

由于 $N=N_1+N_0$,N_1 和 N_0 的奇偶性是互不独立的,但是 N_1 和 $\lfloor N_0/2\rfloor$ 的奇偶性却是互相独立的,这样,其奇偶性组合共有四种情况,分别为(奇数,偶数)、(奇数,奇数)、(偶数,奇数)、(偶数,偶数)。本文归一化的做法就是通过跳转块内像素点将后三种情况统一到第一种情况,由于在假设图像的 0、1 分布为均匀分布的情况下,上述四种情况是等概率出现的,任选一个组合作为归一化特征时,SGR 均为 25%,而归一化后的非均匀块如果被窜改,这种窜改能被正确检测的概率为 1 − 25% =75%。

同时,当选第一种组合情况为归一化特征时,任意一个非均匀子块向归一化特征跳变的可能情况如表 1 所示。

表 1　任意非均匀子块归一化可能翻转的像素个数

N_1	$\lfloor N_0/2\rfloor$	出现概率	需要翻转像素点数	N_1	$\lfloor N_0/2\rfloor$	出现概率	需要翻转像素点数
奇数	偶数	0.25	0	偶数	奇数	0.25	1
奇数	奇数	0.25	2	偶数	偶数	0.25	1

由于子块内 0、1 分布具有随机性,出现上述任意一种情况的概率都是相等的,根据概率理论,任意一个非均匀子块在向归一化特征跳变时平均需要修改的像素点数为

$$TN=0.25\times0+0.25\times2+0.25\times1+0.25\times1=1 \tag{3}$$

由以上分析可得出结论:选取 N_1 为奇数、$\lfloor N_0/2\rfloor$ 为偶数作为预处理的归一化特征,平均每个非均匀子块只需修改一个像素点就可以实现预处理,这样不仅可以有效保证图像视觉质量,而且可以保证对非均匀块 75% 的窜改检测概率。

1.2.3　图像非均匀区预处理

图像非均匀区预处理的步骤如下:

a)计算原始图像 $I_{m\times n}$ 每个像素点的像素扩展差,则全图的像素扩展差记为 $PSD_{m\times n}$。

b)将图像分成 $M\times N$ 个大小相等的子块,各子块标号记为 $K_{ij}(i=1,2,\cdots,M;j=1,2,\cdots,N)$,每个子块含有 $\omega\times\omega$ 个像素点,要求 ω 为奇数,并把 ω 作为密钥 K_1。

c)检测出所有图像非均匀子块(即各像素值不全相同的子块),统计每个非均匀子块内 0、1 像素点的个数,记 0 的个数为 N_0,1 的个数为 N_1。若 N_0、N_1 满足如下归一化特征:N_1 为奇数,$\lfloor N_0/2\rfloor$ 为偶数,则该块不作修改;如果不满足,则根据该块内各像素的 PSD 值,翻动 PSD 值最小的 n 个像素点($n\leqslant2$),使得该子块内 N_0、N_1 满足归一化特征,从而产生预处理后的图像 $Ig_{m\times n}$。

1.3　提取数字签名

为了对图像的均匀区进行保护,算法先提取了图像所有均

匀块的分布信息,然后通过混沌迭代运算产生一列定长的数字签名。

1.3.1 Logistic 混沌映射原理

Logistic 映射是一类简单却被广泛研究的混沌动力系统,可用如下非线性差分方程来描述:

$$x_{n+1}=\lambda x_n(1-x_n) \tag{4}$$

其中:$\lambda\in[0,4]$,$x_n\in[0,1]$。

研究发现,Logistic 映射的混沌区域为 $\lambda\in[\lambda_\infty,4]$($\lambda_\infty$ = 3.569 945 672…)。理论上已经证明了由两个不同初值 x_0 和 y_0 生成的两个混沌序列的互相关函数为零,这体现了 Logistic 混沌映射对初值的极度敏感性。当 $\lambda=4$ 时,Logistic 混沌序列的均值为 0.5,所以可以通过门限函数 $n_0(x)$ 把实值混沌序列 $x_0,x_1\cdots,x_n$ 转换为二进制"0"和"1"序列 $b_0,b_1\cdots,b_n$。

$$n_0(x)=\begin{cases}1 & x\geqslant 0.5\\ 0 & x<0.5\end{cases} \tag{5}$$

由于 Logistic 混沌映射对迭代初值的极度敏感性,计算相对于 hash 函数也更为简单,工程上常用混沌映射来单向提取特征摘要。本文算法提取签名的过程中就采用了 Logistie 混沌映射,从而实现了从一个定长的二值序列到一位二进制数的有效映射。

1.3.2 提取数字签名

提取数字签名的步骤如下:

a)建立一个与 $I_{m\times n}$ 各子块对应的映射矩阵 $YS_{M\times N}$,$YS_{M\times N}$ 的各元素对应于各个子块 K_{ij}。当 K_{ij} 为均匀区时,$YS_{ij}=1$;当 K_{ij} 为非均匀区时,$YS_{ij}=0$(其中:$i=1,2,\cdots,M$;$j=1,2,\cdots,N$)。

b)把矩阵 $YS_{M\times N}$ 每行的 N 个元素当成一个 N 位二进制小数序列,然后将其变成对应的十进制小数(以 $N=3$ 为例:"111"对应的小数是 0.875,"000" 对应的小数是 0.0,"101"对应的小数是 0.625)。因此,$YS_{M\times N}$ 的 M 行对应有 M 个[0,1]范围内的十进制小数:$c_1,c_2,\cdots,c_M$。

c)以 c_i 作为初值($i=1,2,\cdots,M$),进行 $\lambda=4$、迭代次数为 T(可任意选取,选定后作为密钥 K_2)的 Logistic 混沌迭代映射,最终得到一个 N 位的二进制序列,对这个序列的各个元素进行模 2 加求和得到一位二进制数 h_j,因此,由 $YS_{M\times N}$ 的 M 行可以得到一个二值序列 $h_1,h_1\cdots,h_M$。

d)对 $YS_{M\times N}$ 的 N 列按 b)c)进行操作,也可以得到一个二值序列 $l_1,l_2\cdots,l_N$。

e)把 $h_1,h_2\cdots,h_M$ 与 $l_1,l_2\cdots,l_N$ 合并,得到原始图像 $I_{m\times n}$ 的一个长度为 $M+N$ 位的二进制数字签名 S。

1.4 图像认证和窜改定位

由图 2 认证流程图可以看出,算法对图像的认证是由两个环节(均匀区认证和非均匀区认证)联合判断来窜改定位的。其中,均匀区认证通过比较签名 S 和二次签名 Sg 来实现,非均匀区认证通过检测 Ig 是否满足归一化特征来判断。以下是算法图像认证的一般步骤:

a)分块。由密钥 K_1 确定分块大小 ω,对预处理后的图像 $Ig_{m\times n}$ 进行 $\omega\times\omega$ 的分块,产生 $M\times N$ 个子块,块标号为 K'_{ij}($i=1,2,\cdots,M$;$j=1,2,\cdots,N$)。

b)非均匀区认证。检测 Ig 所有非均匀区子块,如果子块内 0 和 1 的个数 N_0 和 N_1 满足归一化特征:N_1 为奇数,$\lfloor N_0/2\rfloor$ 为偶数,则该子块被判为未发生窜改;否则,该子块被判为发生窜改。

c)均匀区认证。按 1.3.2 节中提取签名的方法对 Ig 再次进行均匀区分布映射,用密钥 K_2 再次进行混沌迭代运算,得到新的签名 Sg:$h_1,h_2\cdots,h_M$ 和 $l'_1,l'_2\cdots,l'_N$,并与签名 S 的 $h_1,h_2\cdots,h_M$ 和 $l_1,l_2\cdots,l_N$ 进行比较:如果 $h_i\neq h_i'$,则说明第 i 行有子块被窜改;如果 $l_j\neq l'_j$,则说明第 j 列有子块被窜改;由 i,j 行列交叉定位,可将 K'_{ij} 定为由 c)环节判为窜改的子块。

d)联合认证。由于 c)采用的交叉定位的方法,在发生多区域窜改时会出现虚警,在联合认证环节,需要对 c)环节判为窜改块的进行进一步判断:

(a)如果 c)判为窜改的块属于均匀块,则该子块最终被判为窜改块;

(b)如果 c)判为窜改的块属于非均匀块,则联合 b)中非均匀块认证的结果,再次进行判断:如果 b)也认定该块为窜改块,则该块最终被判断为窜改块;如果 b)认为该块未发生窜改,则该子块最终被认为未发生窜改。

2 实验结果及分析

本算法的实验是在 MATLAB 7.0 平台上进行的,为了检验算法性能,笔者进行了大量实验,但是限于篇幅,以下仅对部分实验结果进行罗列和分析。

2.1 不可见性实验

本文算法的非均匀区预处理环节需要翻转部分像素点,因此会对图像的视觉效果造成一定的影响,按式(3)的分析结果,本文算法中需要翻转的像素点数约等于非均匀块的个数。

为了客观评价翻转像素点对视觉效果的影响,Yang[7] 中提出一种评价翻转后图像视觉改变情况的标准,即扭曲度 DS。假如图像中第 i 个像素 3×3 邻域的可翻转性的得分是 FC(i)(FC(i)的查找表见文献[2]的图 16),那么这个像素翻转后引起图像的扭曲度定义为

$$\mathrm{DS}(i)=1-\mathrm{FC}(i) \tag{6}$$

可见,扭曲度越小,水印图像的视觉效果越好,总的扭曲度 TD 和平均扭曲度 APPD 可定义为

$$\mathrm{TD}=\sum_{i=1}^{n}\mathrm{DS}(i) \tag{7}$$

$$\mathrm{APPD}=\mathrm{TD}/n \tag{8}$$

APPD 值越小,说明算法不可见性越好。实验选取了 180×120 的图 3 作为原始图像,对其按 15×15 大小分块,分别用 Yang[6]、Wu[1,2]、Tseng[7]、Lu[8]、Yang&Kot[9]、本文算法对图 3 进行处理,图 4~9 依次为各算法对图 3 翻转部分像素点后的图像,图 10 为本文算法对图 3 进行预处理时需要翻转的像素点的位置。

表 2 列出了本次实验各算法与本文算法的 APPD 值,由此可见:本文算法的非均匀子块预处理的不可见性优于 Tseng、Lu 算法,略差于 Yang、Wu 的算法,不可见性在所列算法中属于中等水平。但是本文的预处理算法比文献算法更简单、并且没有文献算法提取水印时的同步问题。在本次实验中,采用本文算法对图 3 进行全面的认证保护需要提取的数字签名信息长度仅为 20 bit。

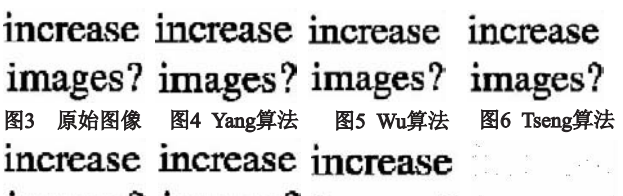

图3 原始图像 图4 Yang算法 图5 Wu算法 图6 Tseng算法

图7 Lu算法 图8 Yang&Kot算法 图9 本文算法 图10 本文算法翻转点

表 2　算法不可见性比较

APPD	算法					
	Yang	Wu	Tseng	Lu	Yang&Kot	本文算法
值	0.44	0.39	0.86	0.73	0.43	0.58

2.2　非均匀区窜改定位实验

以下是对一幅大小为 225 × 225 的二值图像(分块大小为 15 × 15)进行认证的实验。图 11 为原始图像,图 12 为预处理后的图像,图 13 是对图 12 进行了窜改后的图像,图 14 是窜改检测结果。本次实验共对 18 个图像子块进行了窜改,共检测到 15 块,实际检测概率为 15/18 = 83.3%,与 1.2.2 节理论分析的窜改检测率 75% 相符。本次实验中,采用本文算法对图 11 进行全面的认证保护需要提取的数字签名信息长度仅为 30 bit。

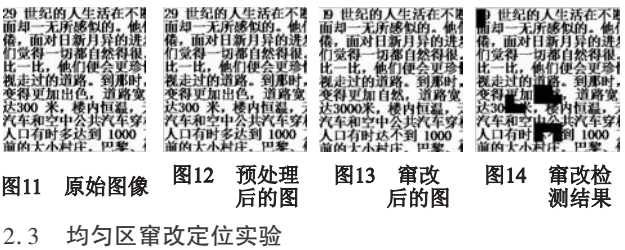

图11　原始图像　　图12　预处理后的图　　图13　窜改后的图　　图14　窜改检测结果

2.3　均匀区窜改定位实验

由提取数字签名的过程可知,算法是通过行列交叉定位的方法来对均匀区进行保护的,每行每列均提取 1 bit 的信息,由概率论可知,每行正确判断的概率为 50%,每列正确判断的概率为 50%,某个子块所在行和列同时被正确判断的概率为

$$P_c = 50\% \times 50\% = 25\% \tag{9}$$

因此,理论上每个图像均匀子块的正确判断率为 25%。但是,在本文算法中,图像分块的大小是可以调整的,假设分块后每个汉字涵盖 n 个图像子块的像素,那么每对图像的均匀区域进行一个汉字大小的修改,就相当于对 n 个图像子块作了窜改。根据式(9),每个子块窜改不能被正确检测到的概率就是 $1 - 25\% = 75\%$,依据概率论,整个汉字不能被检测到的概率为 $(75\%)^n$,那么,算法对在均匀区窜改一个汉字被检测到的概率就是

$$P_c = 1 - (75\%)^n \tag{10}$$

下面是对一幅大小为 273 × 273 的二值图像进行均匀区窜改认证的实验,图中每个汉字的尺寸为 20 × 20,图像分块大小为 13 × 13,每个汉字包含至少 4 个、至多 9 个图像子块中的像素,即 $4 \leqslant n \leqslant 9$。由式(10)得:$1 - (75\%)^4 \leqslant P_c \leqslant 1 - (75\%)^9$,即窜改检测率 P_c 的范围是:$0.685\,9 \leqslant P_c \leqslant 0.924\,9$。图 15 是原始图像,图 16 为对图 15 进行预处理后的图像,图 17 为发生均匀区窜改后的图像,图 18 为非均匀区认证的结果,图 19 为均匀区认证的结果,图 20 为联合认证的结果。

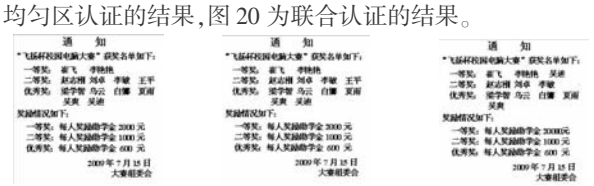

图15　原始图像　　图16　预处理后的图　　图17　窜改后的图

图18　非均匀认证结果　　图19　均匀区认证结果　　图20　联合认证结果

本次实验中,共对图 15 中 20 个图像均匀子块作了修改,图 19 显示能正确检测到的均匀区窜改块为 7 块,窜改检测率为 7/20 = 35%,与理论分析值 25% 相符;但是,图 19 显示出现了部分虚警块,这是由于发生多区域窜改时进行交叉定位产生的。针对这种虚警,联合认证环节可以有效地去除这种虚警,如图 20 所示。本次实验共对四处汉字进行了窜改,最终四处窜改的汉字均可以被检测到,汉字的实际窜改检测率为 100%,与理论分析值 $0.685\,9 \leqslant P_c \leqslant 0.924\,9$ 相差不大。本次实验中,采用本文算法对图 15 进行全面的认证保护需要提取的数字签名信息长度仅为 42 bit。

2.4　本文算法与其他算法性能比较

表 3 从图像认证算法的重要特性,如窜改定位能力、能否对均匀进行保护等方面阐述了文献[3,4]与本文算法的性能差异。由 2.1 节的实验结果可以看出,本文算法具有较好的不可见性;表 3 进一步说明本文算法在不可见性与所列文献算法相当的情况下,窜改定位能力和对均匀区的认证保护能力均有所提高。此外,本文算法还具有实现简单、附加信息少量小、定位精度灵活等优点。

表 3　算法认证能力比较

算法	非均匀区窜改检测率/%	能否对均匀区保护
文献[3]	50	不能保护
文献[4]	50	能保护,图像分成 $m \times n$ 个子块时,最长附加信息长度为 $m \times n \times \log_2(m \times n)$ bit
本文算法	75	能保护,图像分成 $m \times n$ 个子块时,附加签名信息长度为 $m + n$ bit

3　结束语

本文提出了一种基于数字签名的二值图像认证算法。经理论分析和实验验证,该算法具有良好的不可见性和较强的窜改定位能力,并可实现对图像均匀区的保护。该算法的不足之处在于:对图像的认证是像素级的,即任何轻微的变动都会被认为是对文档内容的窜改。而在实际中,某些像素的变化有可能对图像内容的正确理解没有造成任何障碍。因此,如何提高二值文本图像认证算法的鲁棒性,使其认证能力提升到内容认证的级别,甚至进一步将其应用到纸张形式上,实现对打印、复印、扫描文档的认证保护,将是笔者接下来研究的目标。

参考文献:

[1] WU M, TANG E, LIU B. Data hiding in digital binary image[C]// Proc of IEEE International Conference on Multimedia and Expo. 2000: 393-396.

[2] WU M, LIU B. Data hiding in binary images for authentication and annotation[J]. IEEE Trans on Multimedia, 2004, 6(4): 528-538.

[3] 朱从旭,陈志刚. 一种灵敏的文本图像认证混沌脆弱水印技术[J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(1): 151-154.

[4] 张小华. 基于数字水印的图像认证技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2004.

[5] 李赵红,侯建军. 基于等级结构的二值文本图像认证水印算法[J]. 自动化学报, 2008, 34(8): 841-848.

[6] YANG Hui-juan, KOT A C. Pattern-based data hiding for binary image authentication by connectivity-preserving [J]. IEEE Trans on Multimedia, 2007, 9(3): 475-485.

[7] TSENG Y C, PAN H K. Data hiding in 2-color images[J]. IEEE Trans on Comput, 2002, 51(7): 873-878.

[8] LU H, KOT A C, CHENG J. Secure data hiding in binary images for authentication[C]//Proc of IEEE International Symposium on Circuits and Systems. 2003: 806-809.

[9] YANG H, KOT A C. Data hiding for bi-level documents using smoothing techniques[C]//Proc of IEEE International Symposium on Circuits and Systems. 2004: 692-695.