

文章编号:1004-4213(2010)09-1706-6

# 一种基于先验信息和多模板匹配的票据水印检测算法\*

谢剑斌<sup>1</sup>, 刘通<sup>1,†</sup>, 陈章永<sup>2</sup>, 程永茂<sup>2</sup>

(1 国防科技大学 电子科学与工程学院, 长沙 410073)

(2 中钞实业有限公司, 北京 100052)

**摘 要:**针对票据水印多目标检测过程中误检率和漏检率高的难题,提出了一种基于先验信息和多模板匹配的票据水印检测算法.该算法采用分级匹配的思想,首先选取初始水印模板进行单模板、粗匹配运算;然后利用票据水印的先验信息计算水印散布区间;接着在水印散布区间内进行多模板、细匹配运算;最后利用先验信息校验已检测到的水印位置,并估算未检测到的水印位置,降低水印检测的漏检率和误检率.仿真实验证明本算法误检率和漏检率低,可以有效地检测票据水印.

**关键词:**多模板匹配;目标检测;先验信息;票据水印

中图分类号:TP391

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103909.1706

## 0 引言

基于水印的票据真伪鉴别是防范票据诈骗的有效途径,但是票据水印没有明显的颜色特征和灰度特征,还被版纹接线、文字、边框等复杂背景遮挡,目标检测难度大.模板匹配是一种常用的目标检测算法,对于有固定结构或特征的目标检测性能优越,在图像水印检测方面有较好应用<sup>[1]</sup>.模板匹配算法主要包括基于图像特征的模板匹配算法<sup>[2-3]</sup>和基于灰度相关的模板匹配算法<sup>[4-5]</sup>.前者要求目标图像可以提取出稳定、可靠的特征,一般地提取到的特征具有尺度不变性和仿射不变性等特性,抗干扰能力强,然而在许多场合,稳定、可靠的目标特征获取困难,计算量也比较大,限制了此类方法的应用;后者直接利用图像之间的灰度相关特性进行匹配,此类方法简单易行,且其数学统计模型、收敛速度、定位准确度、误差估计等均有定量的分析和研究结果<sup>[6]</sup>,尽管其抗干扰能力较弱,运算效率较低,但是通过改变搜索策略等措施可以有效地提高相关匹配的鲁棒性和速度<sup>[6-12]</sup>,使得此类方法应用较为普遍.然而,针对票据水印的多目标检测,此类方法无法检测票据中的所有水印目标,很难克服版纹接线、文字、边框等复杂背景对水印的遮挡干扰,漏检率和误检率都比较高.

针对上述问题,本文在深入分析票据水印分布规律的基础上,提出了一种基于先验信息和多模板匹配的票据水印检测算法.该算法采用分级匹配的思想,

首先选取初始水印模板进行单模板、粗匹配运算,然后利用票据水印的先验信息计算水印散布区间,接着在水印散布区间内进行多模板、细匹配运算,最后利用先验信息校验已检测到的水印位置,并估算未检测到的水印位置,从而降低票据水印多目标检测的漏检率和误检率.

## 1 算法实现

本算法主要包括四个步骤:图像预处理、先验信息获取、图像二值化和多模板匹配.

### 1.1 图像预处理

图像预处理阶段的工作主要有三个:第一,对摄像机采集到的票据图像进行畸变校正,消除图像畸变对水印结构和相对位置的影响;第二,将票据图像中的边界部分裁剪掉,只保留如图 1 所示的票据区域,并将图像调整到统一尺寸;第三,将裁剪后的图像进行两层小波变换,保留变换后的低频信息作为后续处理的图像信息.小波变换的贡献有两个方面,一是在保留图像主要信息的前提下降低待处理图像的尺寸,从而降低后续图像处理各个阶段的运算量;二是减小光照和噪音对水印检测的干扰,增强算法的鲁棒性.本文所用的小波变换为<sup>[13]</sup>

$$W(j, m, n) = \frac{2^{j/2}}{\sqrt{MN}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \varphi(2^j x - m) \varphi(2^j y - n) \quad (1)$$

式中,  $W(j, m, n)$  系数为在尺度  $j$  处图像  $f(x, y)$  的近似,  $\varphi$  为 Haar 小波尺度函数,用公式表示为

$$\varphi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

\* 中国人民银行基金(2007L24-G4)资助

† Tel:0731-84573494

Email:liutong1129@126.com

收稿日期:2009-12-31

修回日期:2010-03-02

## 1.2 先验信息获取

先验信息是指票据中不同水印之间固有的相对位置信息,利用先验信息可以将所有水印组成一个相互关联的网络,这样获取到一个网络结点的位置,就可以估算出其他网络结点的位置.图1为某张票据图像,图2为票据中八种类型的水印图像( $W_1 \sim W_4$ 为黑水印, $W_5 \sim W_8$ 为白水印).以 $W_1$ 类型水印为例,从图1中可以看出,该类型水印呈平行四边形分布,四个水印位置简记为 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 和 $P_4$ ,如图3,括号内的 $Y$ 、 $X_1$ 和 $X_2$ 为已知的水印制版中 $W_1$ 类型水印的先验信息,括号外的 $y$ 、 $x_1$ 和 $x_2$ 为待获取的票据图像中 $W_1$ 类型水印的先验信息.假设票



图1 票据图像  
Fig.1 Bill image

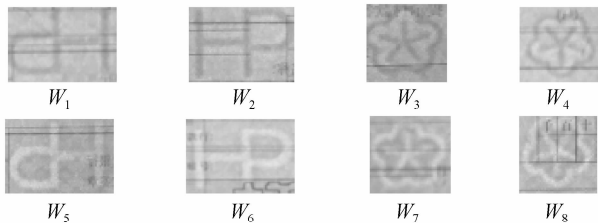


图2 水印图像  
Fig.2 Watermark images

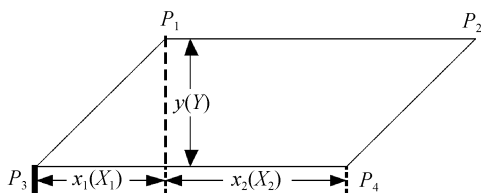


图3  $W_1$  类型水印分布结构图  
Fig.3 Distribution structure sheet for  $W_1$  watermark

据的尺寸为 $(W, H)$ ,票据图像的尺寸为 $(w, h)$ ,则依据票据实际尺寸与图像尺寸之间的比例关系,可得

$$y=Y \times h/H, x_1=X_1 \times w/W, x_2=X_2 \times w/W \quad (3)$$

如果获取到 $P_1$ 的位置为 $(P_{1x}, P_{1y})$ ,那么依据先验信息可以计算 $P_2$ 、 $P_3$ 和 $P_4$ 的位置信息,分别为 $(P_{1x}+x_1+x_2, P_{1y})$ 、 $(P_{1x}-x_1, P_{1y}+y)$ 和 $(P_{1x}+x_2, P_{1y}+y)$ .类似地,可以求出其他几种类型水印自身的相对位置信息,以及不同类型水印之间的相对位置信息,并将其统称为先验信息.

## 1.3 图像二值化

不同票据中水印目标被版纹接线、文字、边框等

遮挡程度不同,而且同一类型的水印目标会因为距离光源的位置不同而呈现出不同的灰度分布特性,这样直接基于灰度图像进行模板匹配无法取得理想的效果.对于水印目标而言,形状特征是最为典型的特征,因此,本文采用基于二值图像的模板匹配算法,只考虑水印的形状特征,而不考虑其整体灰度分布特性,从而避免上述因素的影响.水印二值模板图像如图4.



图4 水印模板图像  
Fig.4 Watermark templates

由于水印在整体灰度分布上与背景区分不明显,因此本文采用局部阈值法来实现图像二值化.这里构造两个局部阈值判决函数 $F_1$ 和 $F_2$ . $F_1$ 用来描述加权拉普拉斯梯度,其权值为距离的倒数,这样距离中心点越近的像素对梯度的贡献越大; $F_2$ 用来描述像素点灰度与邻域灰度均值的差值.设像素点邻域(简记为BWRRegion)的尺寸为 $(2 \cdot w+1) \times (2 \cdot h+1)$ , $f(i, j)$ 表示像素点 $(i, j)$ 的灰度值,则

$$F_1(i, j) = r \cdot \sum_{y=-h, x^2+y^2 \neq 0}^h \sum_{x=-w}^w \frac{[f(i, j) - f(i+x, j+y)]}{\sqrt{x^2+y^2}} \quad (4)$$

$$F_2(i, j) = r \left[ f(i, j) - \frac{1}{(2w+1)(2h+1)} \cdot \sum_{y=-hx}^h \sum_{x=-w}^w f(i+x, j+y) \right] \quad (5)$$

式(5)中的 $r$ 用来区分黑水印和白水印,以黑水印为目标水印时,取 $r=1$ ,二值图像记为BImage;以白水印为目标水印时,取 $r=-1$ ,二值图像记为WImage.设 $g$ 为二值图像,则像素点 $(i, j)$ 处的灰度值为

$$g(i, j) = \begin{cases} 1, & F_1(i, j) < 0, F_2(i, j) < 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

二值图像中存在许多噪音,影响目标检测.首先采用数学形态学方法去除小噪音,合并相邻的连通域;然后搜索所有连通域,将与目标差异过大的连通域(主要指连通域的面积和曲率)删去,减少干扰.

## 1.4 多模板匹配

在票据图像中,水印不止一个,传统的相关匹配算法只能检测一个水印目标,而其他水印目标无法检测,这时出现漏检现象;另外,不同水印之间可能存在相似性,而且水印受版纹接线、文字、边框等遮挡干扰,使得相关系数最大的位置不一定就是要检测的水印目标位置,这时出现误检现象.为了解决上述问题,本文提出多模板匹配算法,算法流程如图5.

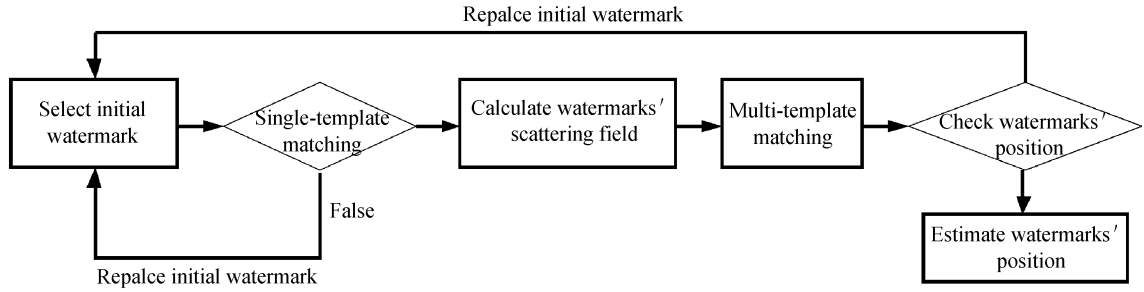


图5 多模板匹配流程图

Fig. 5 Flow sheet of multi-template matching

### 1) 初始模板选择

水印共有八种类型,按照图2中从 $W_1$ 到 $W_8$ 的顺序选择或更新初始水印,并取其对应的二值模板作为初始水印模板.这里先选择 $W_1$ 类型水印对应的二值模板 $M_1$ 作为初始水印模板.

### 2) 单模板粗匹配

$W_1$ 类型水印为黑水印,需在BImage图像上进行单模板匹配.如果水印为白水印,则需在WImage图像上进行单模板匹配.模板匹配采用相关匹配的方法,其相关系数的计算公式为

$$R(m, n) = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N f(m+i, n+j) T(i, j)}{\sqrt{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N f(m+i, n+j)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N T(i, j)^2}} \quad (7)$$

式中, $f$ 为源图像, $T$ 为模板图像,模板图像的尺寸为 $M \times N$ , $R(m, n)$ 表示在图像中位置 $(m, n)$ 处目标与模板的相关系数.当模板在图像中移动时,寻找使得 $R(m, n)$ 最大的位置记为 $P$ ,对应的最大相关系数记为 $R$ .由于遮挡、干扰等因素的存在,位置 $P$ 处不一定存在水印 $W_1$ ,因此,采用粗匹配的判决策略,当 $R$ 大于设定阈值 $R_0$ 时,判定 $P$ 处存在水印 $W_1$ ,匹配成功,转到下一步;否则,判定 $P$ 处不存在水印 $W_1$ ,匹配失败,返回步骤1).

由于本文中源图像和模板图像都是二值图像,背景和目标分别用0和1表示.这时,令

$$N_{mm} = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N f(m+i, n+j) T(i, j) = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (f(m+i, n+j) \& T(i, j)) \quad (8)$$

$$N_f = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N f(m+i, n+j)^2 = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N f(m+i, n+j) \quad (9)$$

$$N_T = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N T(i, j)^2 = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N T(i, j) \quad (10)$$

式中,“&”表示“与”运算,则 $N_{mm}$ 可以描述为在位置 $(m, n)$ 处源图像和模板图像中重合的目标点总数, $N_f$ 可以描述为在位置 $(m, n)$ 处源图像中的目标点总数, $N_T$ 可以描述为模板图像中目标点总数,这

样,相关系数的分子、分母项都可以简单地统计得到,从而避免大量的乘法运算,提高运算效率.

### 3) 计算水印散布区间

依据先验信息和上一步检测到的水印位置 $P$ ,计算票据中所有水印可能出现的位置区间,称其为水印散布区间 $S$ ,用公式描述为

$$S = \{k, (P_1, W_1), (P_2, W_1), (P_3, W_1), (P_4, W_1), \dots, (p, s), \dots, (p, W_8)\} \quad (11)$$

式中,元素 $(p, s)$ 表示位置 $p$ 处对应的水印为 $s$ 类型水印, $k$ 为散布区间 $S$ 内元素总数.如图3,水印位置 $P$ 有四种可能位置 $(P_1, P_2, P_3$ 和 $P_4)$ ,相应地可以计算出四组水印散布区间.

### 4) 多模板细匹配

对于每一组水印散布区间,进行多模板、细匹配运算.在每一组水印散布区间内,对每一个元素 $(p, s)$ ,选取 $s$ 对应的二值源图像和模板图像,在位置 $p$ 的邻域(SRegion)内进行如步骤2)所述的相关匹配运算,计算最大相关系数 $R$ 和对应的匹配位置 $P$ .当 $R$ 大于设定阈值 $R_0$ 时,更新元素 $(p, s)$ 为 $(P, s)$ ;否则,从 $S$ 中删去元素 $(p, s)$ ,同时 $k = k - 1$ .

### 5) 水印校验

对于更新后的四组水印散布区间,如果 $k$ 值最大的不止一组,则校验失败,返回步骤1);否则,保留 $k$ 值最大的一组作为唯一的水印散布区间,此时,如果 $k$ 大于设定阈值 $K_0$ ,校验成功,转到下一步;否则,校验失败,返回步骤1).

### 6) 水印估算

水印散布区间中的元素记录了票据中已检测到的水印类型和位置,依据先验信息和已检测到的水印类型和位置信息,估算票据中未被检测到的水印位置,从而得到票据中所有水印的位置分布情况.

## 2 实验仿真与分析

随机选取500张票据样本,在同一台票据处理设备采集500张票据透射光图像,图像尺寸为 $720 \times 576$ ,裁剪后的图像尺寸归一化为 $444 \times 256$ ,小波分解后的图像尺寸为 $111 \times 64$ ,水印模板尺寸

为  $15 \times 11$ , 实验平台为 TMS320DM6441 处理平台. 对小波分解后的图像分别采用文献[13]中的相关匹配方法和本文方法进行实验, 实验结果如表 1.

从表 1 中可以看出, 相关匹配方法漏检率很高, 这是由于该方法只能检测一个水印目标; 同时, 该方法的误检率也比较高, 这主要是由于目标遮挡、光照等因素的干扰, 使得相关系数最大的位置不一定是待检测的水印位置, 从而出现误检现象; 另外, 基于灰度图像的相关匹配方法其误检率高于基于二值图

像的相关匹配方法, 这是由于二值图像匹配受干扰的影响要小一些. 本文采用多模板匹配方法, 并结合水印的先验信息, 校验已检测到的水印位置信息, 估算未检测到的水印位置信息, 从而降低水印检测的漏检率和误检率, 在 BWRegion 尺寸为  $5 \times 5$ 、SRegion 尺寸为  $(15+15) \times (11+11)$ 、阈值  $R_0 = 0.66$ 、 $K_0 = 10$  的实验条件下, 500 张图像未出现漏检和误检现象.

表 1 票据水印检测结果统计表

Table 1 Statistical table of watermarks detection results

|  | Normalized cross-correlation algorithm <sup>[13]</sup><br>(to detect watermarks of $W_1$ only) |                       | Our algorithm |
|--|--|-----------------------|---------------|
|  | Gray image matching  | Binary image matching |               |
|  | Number of bills that been false detected   | 89                    |               |
| False-positive error probability<br>(total bills' number is 500)         | 17.8%  | 7.4%                  | 0.0%          |
| Number of watermarks that not been detected                              | 9 900  | 9 900                 | 0             |
| False-negative error probability<br>(total watermarks' number is 10 400) | 95.2%  | 95.2%                 | 0.0%          |

随机选择 5 张图片进行检测精度分析, 结果如表 2. 其中, 平均检测精度是指各水印的手工标定位置与实验检测位置之间的欧式距离的平均值, 以像素为单位. 本文算法在票据散布区间内进行模板匹

配, 检测范围小, 从而检测精度更高; 估算的水印位置由于图像畸变的原因导致精度较低, 但总体上仍能满足票据真伪鉴别的需求.

表 2 票据水印检测精度统计表

Table 2 Statistical table of watermarks checking accuracy

|  | Normalized cross-correlation algorithm <sup>[13]</sup><br>(to detect watermarks of $W_1$ only) |                       | Our algorithm                    |                                   |
|--|--|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|  | Gray image matching  | Binary image matching | Watermarks that<br>been detected | Watermarks that<br>been estimated |
|  | Mean checking accuracy(pixel)  | 4.6                   | 6.0                              | 3.2                               |

本文算法中有四个实验参量对检测性能影响较大, 它们是 BWRegion 尺寸、SRegion 尺寸、阈值  $R_0$  和  $K_0$ , 表 3 反映了各参量对实验中四个主要性能指标的影响情况. BWRegion 尺寸影响二值图像的分割效果, 选择合适的尺寸可以分割出清晰的水印结构, 该参量主要依据采集图像的尺寸进行调整. SRegion 尺寸影响多模板匹配的搜索范围, 尺寸太大时检测精度降低, 尺寸太小时可能出现漏检, 一般选为水印模板的 2 倍尺寸较为适当, 不过前提是预

处理阶段能较好地校正图像畸变. 阈值  $R_0$  和  $K_0$  共同影响水印检测的误检率和漏检率,  $R_0$  太大会造成单模板匹配失败、多模板匹配检测水印数减少, 误检率会降低, 但是此时若  $K_0$  也偏大, 漏检率就会提高; 此时若  $K_0$  偏小, 检测精度就会降低, 因为估算的水印数会偏多;  $R_0$  太小时漏检率会降低, 但是此时若  $K_0$  也偏小, 误检率就会提高, 阈值  $R_0$  和  $K_0$  的最优取值可以通过统计大量样本不同阈值下的误识率和漏识率, 再结合最优化算法求得.

表 3 实验参量与性能指标的关系表

Table 3 Relationship between experiment parameters and performance index

|                 | False-positive<br>error probability | False-negative<br>error probability | Checking<br>accuracy | Calculated<br>efficiency |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| BWRegion's size | larger                              | larger                              | larger               | small                    |
| SRegion's size  | larger                              | largest                             | largest              | larger                   |
| $R_0$           | larger                              | largest                             | largest              | largest                  |
| $K_0$           | largest                             | larger                              | largest              | largest                  |

就运算效率而言,求解相关系数部分耗时约占整个算法耗时的 85% 以上. 假设求相关系数  $R(m, n)$  耗费时间  $t_0$ , 那么单模板匹配耗时  $t_1 = (W - M) \times (H - N) \times t_0$ , 多模板匹配时一个水印匹配耗时  $t_2 = (SW - M) \times (SH - N) \times t_0$ , 其中  $SW$ 、 $SH$  分别为 SRegion 的宽度和高度. 假设单模板匹配次数为  $k_1$ , 多模板匹配时相关系数求解次数为  $k_2$ , 那么求解相关系数部分总的耗时为  $t = k_1 \times t_1 + k_2 \times t_2$ . SRegion 尺寸影响  $t_2$  的计算, 阈值  $R_0$  和  $K_0$  影响  $k_1$  的求取, 因此对算法的运算效率影响较大. 由 2.4 小节的阐述可知, 初始水印有 8 种类型可以选择, 这样  $k_1 \leq 8$ ; 由于一张票据中最多有 18 个完整的水印, 每种水印类型有 4 组水印散布区间, 这样  $k_2 \leq 72$ . 当 SRegion 尺寸为  $(15 + 15) \times (11 + 11)$  时, 有

$$t < 8 \times t_1 + 4 \times 18 \times t_2 = 8 \times (111 - 15) \times (64 - 11) \times t_0 + 4 \times 18 \times 15 \times 11 \times t_0 = 52584 \times t_0 \quad (12)$$

相对于单模板匹配耗时  $t_1 = (111 - 15) \times (64 - 11) \times t_0 = 5088 \times t_0$ , 本文算法耗时最多可达单模板匹配耗时的 10 倍. 本实验在求  $t_0$  时用相同次数的加法运算和与运算替代了乘法运算, 效率提高 4 倍以上, 这样综合起来本文算法耗时最多可达传统模板匹配算法耗时的 2~3 倍. 总体测试, 单张票据的处理时间在 4 s 以内, 能够满足票据水印智能鉴伪设备对于算法效率的要求.

### 3 结论

水印检测是票据真伪鉴别技术的关键步骤之一, 本文提出了一种基于先验信息和多模板匹配的水印检测算法, 能有效地检测票据水印. 新算法的主要贡献有: 第一, 利用票据水印的先验信息计算水印的散布区间, 缩小水印检测的范围, 提高水印检测的精度; 第二, 在水印散布区间内进行多模板匹配运算, 并结合先验信息, 校验已检测到的水印位置信息, 估算未检测到的水印位置信息, 降低水印检测的漏检率和误检率; 第三, 采用了小波变换方法和二值模板匹配方法, 降低模板匹配过程的运算量, 并增强算法对光照和噪音的鲁棒性. 然而, 新算法的运算效率仍有待提高, 这是下一步深入研究的方向.

#### 参考文献

[1] PEREIRA S, PUN T. Robust template matching for affine resistant image watermarks[J]. *Image Processing*, 2000, **9**

- (6): 1123-1129.
- [2] LI Yu-hai, LIU Jian, TIAN Jin-wen, *et al.* A fast rotated template matching based on point feature [C]. *SAR and Multispectral Image Processing*, Wuhan, China: SPIE, 2005, **6043**: 453-459.
- [3] TANG F, TAO H. Fast multi-scale template matching using binary features [C]. *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, Washington, USA: IEEE, 2007: 36-36.
- [4] LI Qiang, ZHANG Bo. Template matching based on image gray value [C]. *Visual Communications and Image Processing*, Beijing, China: SPIE, 2005, **5960**: 1-7.
- [5] YAN Min-qi, TANG Hui-jun, ZHANG Bian-lian. A new approach to moving target tracking based on improved SUSAN detector[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(10): 1933-1938.
- 闫旻奇, 唐慧君, 张变莲. 基于改进 SUSAN 算法的箭环目标跟踪与测量[J]. *光子学报*, 2007, **36**(10): 1933-1938.
- [6] LI Qiang, ZHANG Bo. A fast matching algorithm based on image gray value[J]. *Journal of Software*, 2006, **17**(2): 216-222.
- 李强, 张钺. 一种基于图像灰度的快速匹配算法[J]. *软件学报*, 2006, **17**(2): 216-222.
- [7] CHEN Hao, MA Cai-wen, CHEN Yue-cheng, *et al.* Fast template matching arithmetic based on image gray statistic[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(6): 1586-1590.
- 陈皓, 马彩文, 陈岳承, 等. 基于灰度统计的快速模板匹配算法[J]. *光子学报*, 2009, **38**(6): 1586-1590.
- [8] GUO Wei, ZHAO Yi-gong, XIE Zhen-hua. An improved normalized cross-correlation for template matching of infrared image[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(1): 189-193.
- 郭伟, 赵亦工, 谢振华. 一种改进的红外图像归一化互相关匹配算法[J]. *光子学报*, 2009, **38**(1): 189-193.
- [9] MITANI K, SAJI H. Robust template matching by using variable size block division [C]. *Optomechatronic Machine Vision*, Sapporo, Japan: SPIE, 2005: 60510X.1-8.
- [10] MAE T, KANEKO S, TANAKA T. Efficient template matching algorithm based on interval estimations on correlation[C]. *Optomechatronic Machine Vision*, Sapporo, Japan: SPIE, 2005: 605102.1-605102.10.
- [11] MITA T, KANEKO T, HORI O. A probabilistic approach to fast and robust template matching and its application to object categorization [C]. *International Conference on Pattern Recognition*, Washington, USA: IEEE, 2006: 597-601.
- [12] SASSANAPITAK S, KAEWTRAKULPONG P. An efficient translation-rotation template matching using pre-computed scores of rotated templates [C]. *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, Pattaya, Thailand: IEEE, 2009: 1040-1043.
- [13] 冈萨雷斯 R C. 数字图像处理[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2003: 306-607.
- [14] DENG Cheng, GAO Xin-bo, TAO Da-cheng, *et al.* A local Techebichef moments based robust image watermarking[J]. *Signal Processing*, 2009, **89**(8): 1531-1539.

## An Algorithm for Detecting Bills' Watermarks Based on Prior Information and Multi-template Matching

XIE Jian-bin<sup>1</sup>, LIU Tong<sup>1</sup>, CHEN Zhang-yong<sup>2</sup>, CHENG Yong-mao<sup>2</sup>

(1 *Department of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China*)

(2 *ZHONGCHAO Enterprise CO, LTD., Beijing 100052, China*)

**Abstract:** In order to reduce false-positive error probability and false-negative error probability for bills' watermarks detection, an algorithm based on prior information and multi-template matching is proposed. By means of stepped-matching idea, it selects initial watermark template and uses single-template matching algorithm to find the approximate position of initial watermark template firstly. Secondly, it uses prior information to calculate watermarks' scattering region. Thirdly, it uses multi-template matching algorithm to detect watermarks in the scattering region. Finally, it uses prior information to check the watermarks' position that been detected, and to estimate the watermarks' position that not been detected. The experiments show that the new algorithm can reduce the false-positive error probability and false-negative error probability, and it is effective to detect bills' watermarks.

**Key words:** Multi-template matching; Object detection; Prior information; Bills' watermark



**XIE Jian-bin** was born in 1971. He received his Ph. D. degree from National University of Defense Technology in 1999. Now he is an associate professor and his research interests focus on video processing, analyzing and displaying.