

· 图像与信号处理 ·

铸币图像配准算法的设计与实现

马千里, 王 俊

(南京邮电大学地理与生物信息学院, 图像处理与图像通信江苏省重点实验室, 江苏 南京 210003)

摘要:铸币图像的配准是基于图像识别的真伪币鉴别及瑕疵检测的重要步骤. 针对铸币图像的特点, 提出使用边缘纹理替代灰度信息作为图像配准的特征; 配准算法使用极坐标系投影等多种积分投影方法, 通过计算样本图像与模板图像投影曲线的互相关函数与最大互相关参数得到平移、旋转、缩放参数, 并以多次迭代, 实现铸币样本图像与模板图像的精确配准, 为基于图像识别的真伪币鉴别及瑕疵检测提供良好基础.

关键词:图像配准; 图像识别; 极坐标系积分投影

中图分类号: TP391. 41

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)04-0066-03

Design and Implementation of Mint Image Registration Algorithm

MA Qian-li, WANG Jun

(Province Key Laboratory of Image Processing & Image Communication, School of Geography and Biomedical Information, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Mint image registration is an important step of the authenticity identification and defect detection of valued coins based on image recognition. On account of the specific of mint image, the texture image formed by edges is proposed to substitute the grayscale as the characteristic for image registration. The proposed registration algorithm utilizes various integral projection methods including polar coordinates projection. The translation, rotation and scale parameters are obtained by calculating the cross-correlation functions and its maximum parameters of the projection profiles of the sample image and template image. This process is iterated multiple times to achieve accurate registration. The proposed registration algorithm lays a sound foundation for further identification of authenticity and defect detection of valued coins.

Key words: image registration; image recognition; polar coordinates integral projection

图像配准是指将不同时间、不同传感器、不同视角及不同拍摄条件下获取的两幅或多幅图像进行匹配, 包括对来自于同一样本的多幅不同模式图像的匹配(如医学影像的 CT、MRI 或 PET 图像的配准)以融合多模式信息^[1], 或对来自于不同样本图像的匹配(如指纹图像的配准)以检测样本之间的差异^[2]. 图像配准技术是图像处理的一项关键技术, 在计算机视觉、航空航天遥感测量、医学影像分析等领域都有广泛的应用.

文中研究铸币图像的自动配准算法. 目前贵重铸币的真伪鉴别和品相评价多采用人工识别的方法, 由于肉眼观察对图像细节存在分辨局限, 难以准确识别不同图像间的微小差异^[3]. 因此, 研究基于图像识别的铸币真伪鉴别和瑕疵检测技术有利于提高鉴别的准确性和评价的客观性, 并可用于铸币制造过程中的在线质量控制. 作为图像识别的重要步骤, 图像配准直接影响了识别的准确性. 文中以典型的圆形铸币的自动配准为例, 根据铸币图像的特征, 使用简单有效

收稿日期: 2010-08-04

基金项目: 国家自然科学基金(60501003)

作者简介: 马千里(1978-), 男, 安徽淮南人, 博士. 主要研究方向为图像处理与模式识别.

的极坐标投影等多种积分投影方法设计待测铸币样本图像与样币模板图像的配准算法. 该方法的创新之处在于以铸币的纹理信息代替灰度信息作为图像配准的特征, 使用图像边缘作为积分投影的对象, 不受图像获取时光照情况的影响, 增强各投影区域的差异, 以提高配准的准确性; 通过待测样本及模板纹理图像的极坐标系(与垂直/水平)积分投影曲线的最大互相关确定旋转(与平移)变换参数, 并以多次迭代不断修正变换参数, 提高配准的精确度.

1 积分投影

投影是一种有效提取图像特征的方法^[4,5]. 通常, 一幅二维图像可以由 2 个正交的一维投影函数来分析. 维数的降低便于分析图像的特征, 并且减小了计算量, 所以投影成为一种重要的图像分析方法. 而最为常用的投影函数是积分投影函数, 根据积分投影的方向可分为垂直/水平积分投影和极坐标积分投影等.

1.1 垂直/水平积分投影

垂直/水平积分投影是将同一列/行所有或部分区间的像素灰度值进行累加, 从而得到图像灰度在水平/垂直方向上的分布变化情况. 假设 $I(x, y)$ 表示点阵图像 (x, y) 处的像素灰度值, 则区间 $[y_1, y_2]$ 和 $[x_1, x_2]$ 内的垂直积分投影函数 $S_v(x)$ 和水平积分投影函数 $S_h(y)$ 分别为

$$S_v(x) = \frac{1}{y_2 - y_1} \int_{y_1}^{y_2} I(x, y) dy$$

$$S_h(y) = \frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} I(x, y) dx \quad (1)$$

垂直/水平积分投影将图像灰度的二维信息投影为一维曲线, 简化相关计算的复杂度. 在背景灰度较均匀的情况下, 可根据垂直/水平积分投影曲线的变化准确获取目标在图像中的水平/垂直位置. 对于文中目标图像为圆形的情况, 据此还可粗略计算目标图像的圆心坐标与半径.

1.2 极坐标系积分投影

由于垂直/水平积分投影不包含旋转角度的信息, 尤其对于圆形铸币, 其图像边界信息具有旋转不变性, 因此使用极坐标系积分投影提取目标图像的角度信息^[5]. 极坐标系积分投影是将将从圆心(极点)

出发的同一角度射线上的像素灰度值进行累加, 从而得到目标图像不同角度灰度分布的变化情况. 假设圆心为 (x_0, y_0) , 投影角度为 θ , 目标区间为 $[r_1, r_2]$, 则极坐标系积分投影为

$$S_p(\theta) = \frac{1}{r_2 - r_1} \int_{r_1}^{r_2} I(r \cos \theta, r \sin \theta) dr \quad (2)$$

图像经旋转、平移、缩放后, 该图在极坐标系的映射图像是不变的, 所以用极坐标系投影来表示图像的区域特征具有旋转不变性、平移不变性和尺度不变性等特点.

2 铸币图像配准

2.1 图像预处理

通过相机获取的铸币图像存在大量无关内容, 在配准操作前需要进行适当的预处理. 由于在贵重铸币的真伪鉴别和品相评价及铸币制造过程中的在线质量控制应用中, 铸币图像的获取都是在可控制的环境(背景、光照、图像获取设备等)下进行的, 因此图像质量较为稳定, 噪声、背景干扰较小. 另外, 由于文中使用图像边缘信息进行图像的配准, 将在提取边缘图像的过程中对噪声进行处理.

对于目标区域的提取, 通过垂直/水平积分投影对目标图像进行定位. 首先根据式(1)计算待测图像的垂直积分投影和水平积分投影(如图 1). 由于图像的背景灰度值低, 且较均匀, 相应区域的垂直/水平积分投影值也较低; 而目标图像区域对应的积分投影值则较高. 因此从积分投影序列的两端进行搜索, 在积分投影值超过某一预定值时, 即认为达到目标图像的边界, 并据此进行目标图像的提取. 同时, 还可得到目标图像的圆心 (x_0, y_0) 与半径 r , 并据此

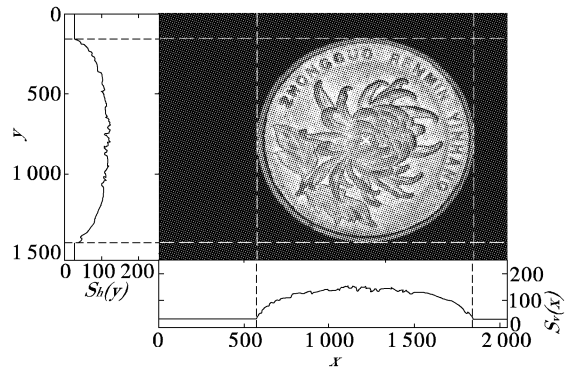


图 1 垂直/水平积分投影及目标图像区域的提取

计算初步的平移与缩放变换参数。

2.2 纹理图像

由于圆形铸币的外边缘具有旋转不变性,因此无法通过其获得旋转角度的信息,而必须通过铸币表面的纹理信息来获取旋转变换的参数。由于铸币的纹理主要是压印形成的凹凸字符或图形,在图像中灰度差别较小,直接使用原始目标图像的灰度不能很好的表示图像的细节变化,因此将借助其灰度



图 2 纹理图像的提取及噪声消除

梯度(即边缘)来表示铸币表面的纹理信息^[6]。

为提取铸币图像的纹理及消除噪声,首先使用 Gauss-Laplace 滤波器提取目标图像纹理的边缘,选择阈值对滤波后图像进行二值化(如图 2a);其次使用连通域检测对二值化图像进行标记,并计算各连通域的面积。由于铸币图像的纹理多是连通的并且面积较大,因此可以去除面积较小的连通域,以消除噪声,保留主要的纹理信息(如图 2b)。

2.3 图像配准

根据前面计算的圆心 (x_0, y_0) 和半径 r ,可对图像进行初步的平移变换和缩放变换;对于其旋转变换的参数,采用极坐标系积分投影方法获得。首先以初步计算的圆心 (x_0, y_0) 作为极坐标系的极点计算待测铸币纹理图像的极坐标系积分投影 $S_{p2}(\theta)$ (如图 3b)。其次计算 $S_{p2}(\theta)$ 与模板图像的极坐标系积分投影曲线 $S_{p1}(\theta)$ (如图 3a)的互相关函数(如图 3d)。

对象掺杂在一起的小区域的分类精度停留在 40%~60% 以下. 主要原因可能是: ①现场调查和土地资源利用图的分类项目是由人决定的, 这些分类项目和对象光谱分类项目未必一致. ②在几个对象掺杂的区域, 由各个目标物反射的光谱信号混合在一起后输入到卫星传感器, 彼此之间存在相互影响. 目前, 正在研究用神经网络技术对图像类别进行分类, 它的精度比光谱分类精度有所提高. 现在卫星传感器和图像处理技术在提取全球性地理环境信息中可以说还是比较有效的, 但在区域环境监测要求精度较高和制作土地资源利用图时, 还不能达到直接使用的阶段. 提高分类精度的关键不是提高图像处理技术, 而应该提高卫星传感器的光谱分辨率和地面分辨率. 现在卫星传感器仅有可视·红外波长范围的

几个波段且地面分辨率为 10~30 m, 未来的卫星将安装几十到几百个波段的可视·红外传感器和地面分辨率为数米的传感器. 可以肯定, 由于卫星传感器所取得的数据量扩大了很多, 在卫星遥测数据处理技术中, 会更多地采用数据压缩、解压的方法. 另外, 光谱波段数显著增加, 每个目标物有多个观测波段, 必须开发搜索最佳波段组合的分析方法, 也可以预料将会有更高级的技术进行光谱分类.

参考文献

- [1] 谷口庆治. 数字图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 夏德深. 现代图像处理技术与应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.

(上接第 68 页)

$$C(\theta) = \sum_{\theta'=0}^{360} S_{p1}(\theta') S_{p2}(\theta' - \theta), 0 \leq \theta < 360 \quad (3)$$

$C(\theta)$ 取最大值时对应的 θ 即为待测图像与模板图像之间的旋转角度差; 根据此旋转角度使用三次卷积算法对目标图像进行相应的旋转得到初步的配准图像(如图 3c).

为修正初步估计的圆心坐标, 计算旋转后的目标纹理图像的垂直/水平积分投影, 并与模板纹理图像的垂直/水平积分投影分别进行与式(3)类似的互相关计算, 寻找最大相关位置, 作为进一步优化的平移变换参数. 其后, 调整极坐标系的极点至新的圆心, 再一次计算极坐标系积分投影及旋转角度差, 并进行旋转变换. 如此迭代, 直至参数的变化小于设定值, 完成图像的精确配准.

3 结 束 语

针对目前贵重铸币的真伪鉴别和品相评价所采用的人工识别方法存在的主观性和效率低的不足之处, 为提高鉴别的准确性和评价的客观性, 文中研究了铸币图像自动识别技术, 该算法也可用于铸币制造过程中的在线质量控制. 样本与模板图像的精确配准是基于图像的铸币识别与检测的核心环节, 其准确性将直接影响到整个系统. 由于铸币的纹理主要是压印形成的凹凸字符或图形, 在图像中灰度差

别较小, 直接使用原始目标图像的灰度不能很好地表示图像的细节变化, 因此文中提出了一种基于图像纹理信息的准确有效的铸币图像自动配准算法. 使用图像边缘作为积分投影的对象, 以铸币的纹理信息代替灰度信息, 提高各投影区域的差异性; 通过样本及模板纹理图像积分投影曲线的最大互相关确定平移及旋转变换参数, 以多次迭代不断修正配准结果, 提高配准的精确度. 该算法已实用于贵重铸币的真伪鉴别和品相评价系统中, 证实其对不同质量的铸币图像具有较好的鲁棒性. 文中提出的算法是基于典型的圆形铸币, 也可推广用于其他形状的铸币图像配准.

参考文献

- [1] 倪国强, 刘琼. 多源图像配准技术分析与发展[J]. 光电工程, 2004, 31(9): 1-6.
- [2] 罗希平, 田捷. 自动指纹识别中的图像增强和细节匹配算法[J]. 软件学报, 2002, 13(5): 946-956.
- [3] 毕晓君, 孙晓霞. 基于蚁群算法的硬币识别研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(6): 882-885.
- [4] G C Feng, P C Yuen. Variance projection function and its application to eye detection for human face recognition [J]. Pattern Recognition Letters, 1998, 19(9): 899-906.
- [5] 彭浩宇, 王新赛, 张天序. 红外舰船目标的投影特征比较[J]. 红外与激光工程, 2004, 33(1): 59-62.
- [6] 谏安军, 陈炜, 毛士艺. 一种基于边缘的图像配准方法[J]. 电子与信息学报, 2004, 26(5): 679-684.