

包装技术与工艺

啤酒生产包装中电子监管码的定位算法

王睿, 武秋敏, 李晶, 武吉梅

(西安理工大学, 西安 710048)

摘要: **目的** 针对啤酒生产过程中啤酒瓶盖背景复杂、激光雕刻的电子监管码难以定位识别的问题, 提出一种综合图像匹配、形态学、霍夫变换等算法的啤酒瓶盖激光字符定位算法。**方法** 该算法先采用抗任意角度旋转的图像匹配方法实现定位符的精确定位, 再对定位符图像做二值化、形态学运算、边缘检测、轮廓提取、霍夫变换等处理, 最终定位到字符。**结果** 实验表明, 该算法可以抗任意角度旋转, 定位准确, 鲁棒性强, 图像定位准确率位高达 97%。**结论** 该算法较好地解决了啤酒生产包装中, 激光雕刻的电子监管码字符识别过程中因为背景复杂难以定位识别、定位识别准确率低的难题。

关键词: 旋转; 图像匹配; 霍夫变换; 字符定位

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)01-0114-07

Location Algorithm of Electronic Supervision Code in Producing Beer Packaging

WANG Rui, WU Qiu-min, LI Jing, WU Ji-mei
(Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

ABSTRACT: The work aims to put forward a new location algorithm of laser yards on beer bottle cap integrated with image matching, morphology and Hough transform, with respect to the complicated background of beer bottle cap in the process of producing beers and the problem of difficult location and recognition of electronic supervision codes engraved by laser. Firstly, an anti-arbitrary rotation image matching method was used to achieve accurate positioning of the locator. Secondly, binarization, morphological operation, edge detection, contour extraction, Hough transform and so on were carried out on the locator image. Finally, accurate positioning of the character was achieved. The experimental results showed that this method could give good positioning of arbitrary angle rotation locator and had higher veracity and robustness, and the image positioning accuracy was as high as 97%. The algorithm has properly solved such problems as difficult location and recognition and low accuracy of location and recognition due to complicated background in the process of producing beer packaging and recognizing the electronic supervision codes engraved by laser.

KEY WORDS: rotation; image matching; Hough transform; character location

随着经济全球化趋势越来越明显, 商品流通日益频繁, 商品在流通过程中开始存在如何防窜货、防伪等一系列的电子监管和物流追溯的管理难题。要想解决这些问题就必须在每个商品上印制电子监管码, 它给每个商品赋予的一个不可重复的商品身份证码。啤酒作为快消品的一种, 在流通过程中也存在着这些难题, 极大地影响着商家的利益。

啤酒生产包装中用 CO₂ 激光打标机在啤酒瓶盖上雕刻识别码, 将其作为电子监管码, 激光码不易被

破坏且标示成本不高。识别出瓶盖激光码, 将识别结果存入数据库中, 在网上通过瓶盖码即可查到这瓶啤酒的生产厂, 销售的区域、时间等信息, 对啤酒在分销网络中的有序流动实现严格的监督和控制, 从而达到电子监管和物流追溯的目的。

近年来, 我国在字符识别领域取得了大量的研究成果, 这些成果被广泛用于车牌识别、印刷包装符号识别等场合。由于上述被识别的图像质量一般较好, 目标识别区域背景简单, 对比度较大, 通常目标静止,

收稿日期: 2016-01-06

基金项目: 国家自然科学基金 (11272253); 陕西省自然科学基金 (2014JM7290)

作者简介: 王睿 (1978—), 女, 硕士, 西安理工大学工程师, 主要研究方向为印刷机械结构设计及动态仿真分析。

且一般只会出现小角度的旋转，噪声干扰小，因而识别准确率高^[1-2]。在啤酒瓶盖激光字符识别中，瓶盖图像是在生产线运动过程中采集的，因而字符图像不会出现在固定的位置上，并且字符图像会有任意角度的旋转，背景复杂，给字符识别带来了困难，识别率通常低于 80%。国外的啤酒瓶盖激光码定位识别研究较为成熟，在啤酒、饮料等快销品的物流追踪已广泛应用。在国内，雪花啤酒等生产厂家也开始使用的激光码识别系统，但识别率与识别速度尚未达到连续生产的要求，因此，该研究在动态环境下、背景复杂、角度任意的激光雕刻码的识别具有重要的意义，而字符定位是啤酒电子监管码——激光雕刻码被准确识别的重点和难点。

1 粗定位

通过图像获取装置采集到的 8 位 BMP 格式的啤酒瓶盖激光码图像见图 1。瓶盖上的激光字符由 2 部分组成：固定的字符“A”（这里称为定位符）和后面跟着的 5 位变动的数字字符。文中的算法借鉴分层搜索的思路，将定位分 2 步完成，即粗定位和精定位。该方法能抗任意角度旋转，很好地实现了啤酒瓶盖激光字符的定位。粗定位的目的是找到定位符“A”。粗定位主要有以下几个步骤。

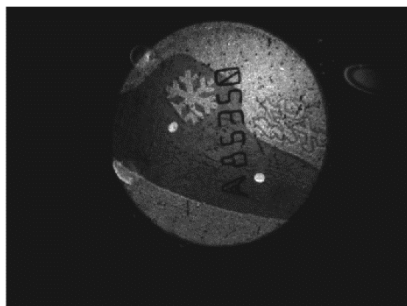


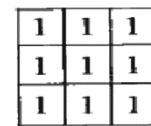
图 1 原始瓶盖图像
Fig.1 Original image of cap

1.1 图像滤波

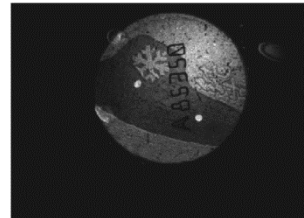
为了便于后续字符定位的有效进行，文中采用中值滤波去除瓶盖激光码图像的噪声。常用的用于二维滤波处理的中值滤波的模板形状主要有圆形、线形、方形和十字形等^[3-4]。文中选用的模板形状是方形，因为方形模板便于实现。模板见图 2a，滤波后效果见图 2c。

1.2 降低分辨率

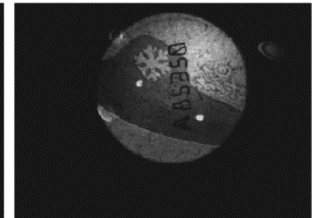
按照分层搜索法原理，根据下面的式子对原始图像和模板图像进行分层：



a 3×3中值滤波模板



b 原始瓶盖图像



c 3×3中值滤波效果

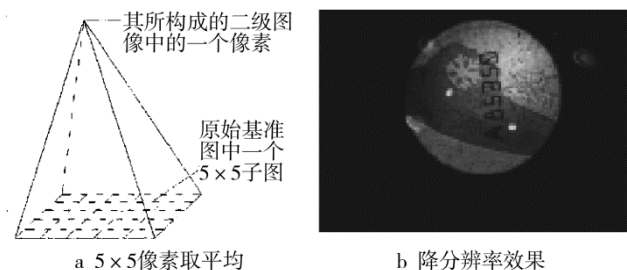
图 2 中值滤波

Fig.2 Median filtering figure

$$S_k: \left(\frac{M}{5^k} \times \frac{M}{5^k} \right) \quad (1)$$

$$T_k: \left(\frac{N}{5^k} \times \frac{N}{5^k} \right)$$

式中： k 为 0 和 1，把原始图像和模板图像分为 2 层。 S_0 和 T_0 分别为未降分辨率的原始图像和模板图像； S_1 和 T_1 分别为降分辨率后得到的二级图像，降分辨率的原理和效果见图 3。



a 5×5像素取平均

b 降分辨率效果

图 3 降分辨率原理及效果

Fig.3 The Resolution principle and effects

1.3 图像匹配

在文中， S_0 、 T_0 、 S_1 、 T_1 的尺寸分别为 640×480、70×70、128×96、14×14，对二级图像 S_1 和 T_1 进行图像匹配。具体定位步骤如下所述。

1) 在 T_1 内取以图像中心为圆心，半径为 r ($r=5$) 的圆内的像素，设共有 H 个像素，按逐列连接的方法将 H 个像素构成一个 H 维列向量，放入数组 b 的第一列，以步长 $\Delta\theta$ ($\theta=2$) 旋转模板，用旋转后的 H 个像素构成 b 的第二列，依次旋转，最终生成 $H \times (2\pi/\theta)$ 大小的数组 b 。

2) 对瓶盖图像简单二值化，通过水平投影和垂直投影找到瓶盖区域，在瓶盖区域内部自上而下、自左而右搜索，在瓶盖图像上的点 (x, y) 处取半径为 r 的圆内的像素，用同样的方法生成一个 H 维矢量 a 。

3) 矢量 a 与数组 b 逐列相关, 记录下相关系数取最大值的位置信息。其中相关系数的计算公式如下:

$$\rho(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m S_1(i+x, y+j) T_1(i, j)}{\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m S_1(i+x, j+y)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m T_1(i, j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

4) 移动到下一个位置, 生成新的 a , 重复步骤 3), 直至搜索完瓶盖图像范围内所有的像素点。

5) 将各位置处得相关系数排序, 最大相关系数出现的位置就是定位符的位置 (定位效果见图 4) [5-6]。



图 4 定位符粗定位

Fig.4 Preliminary positioning of the character

2 精定位

精定位的目的是找到字符旋转角度, 转正图像, 最终定位到字符。将粗定位到的定位符图像截取下来, 对它进行图像处理从而实现了精定位。精定位主要有以下几个步骤。

2.1 定位符二值化

定位符图像是灰度图像, 对灰度图做二值化处理, 从而减少图像信息。由于光照不匀, 啤酒瓶盖激光码图像直接二值化效果不好, 针对这种情况, 文中的二值化算法是在 OTSU 算法的基础上加以改进。

用 OTSU 算法先对定位符图像二值化, 统计此时二值图像中黑色像素点的个数, 用变量 b 表示。经过实验统计表明在 56×56 的定位幅图像中, 二值化后当 $b \in [200, 900]$ 时定位符 A 的二值化效果最好, 如果黑色像素点个数 b 不在这个范围内, 则需要对定位符图像重新进行二值化。经统计可知定位符 A 的灰度值在 130 以下, 故重新计算二值化阈值时, 仍用 OTSU 算法, 只是将阈值计算范围改为 $[0, u]$, 其中变量 u 是阈值计算的上限, 先设为 130, 在这个新的范围内重新计算阈值并二值化, 若 $b \notin [200, 900]$ 则将 u 减 10, 在新的范围内重新计算阈值并二值化, 循环计算, 直至 $b \in [200, 900]$, 最终得到效果较好的定位符二值图像 [7-8]

2.2 定位符腐蚀和膨胀

由于光照不匀, 定位符图像二值化后周围有许多噪声点或者定位符有缺失, 需要对图像进行腐蚀或膨胀操作 [9-11]。经实验统计确定了在 56×56 的定位符二值化图像中需要膨胀或者腐蚀的阈值。对定位符的二值化图像统计黑点个数, 若黑点个数大于 580 (见图 5a), 则对定位符二值化图像进行腐蚀操作 (见图 5c) 以去掉图像上多余的噪声点; 若黑点个数小于 500 (见图 5b), 则对定位符二值化图像进行膨胀操作 (见图 5d) 以增强定位符图像的有效信息。

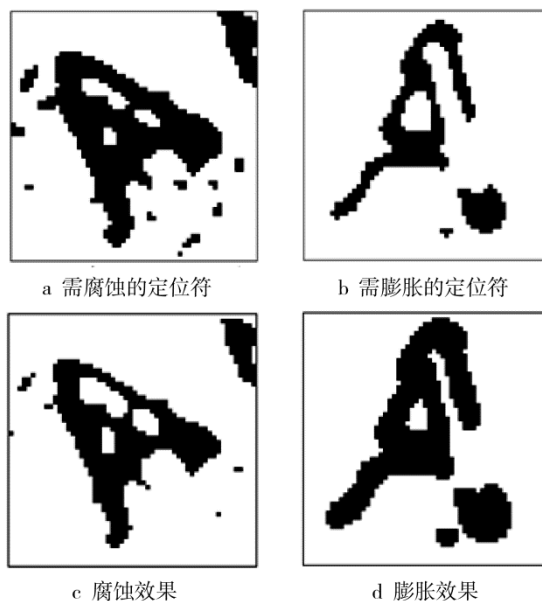


图 5 定位符腐蚀与膨胀

Fig.5 Corrosion and expansion of the character

2.3 定位符投影去噪

定位符二值图像上往往有许多噪声点, 即使经过前面的腐蚀操作仍有可能影响定位符旋转角度的计算 (见图 6a), 需要对图像进行处理以去除噪声点, 文中采用水平投影法 (见图 6b) 和垂直投影法 (见图 6c) 找到定位符的边界以去除多余的噪声点。

由图 6a 可以看出, 定位符后面跟着字符, 有时裁下的定位符图像上会有后面字符的一部分 (见图 6a 的右上角), 对于定位符来说也是噪声点, 但由于图像是任意角度旋转的, 此时仅仅凭借水平投影和垂直投影也不能去除这种噪声。因为它们往往出现在定位符图像的 4 个角上, 所以文中通过把 4 个角上的像素点都变白来消除这类噪声。去噪后效果见图 6d。

2.4 定位符边缘检测

为了找到字符图像旋转角度, 对定位符图像边缘检测以加强边缘信息 [12-13]。定位符二值图像经过前面的处理已经去除了很多噪声, 并且由于是在生产线运行过程中采集瓶盖图像的, 其定位符的旋转角度是

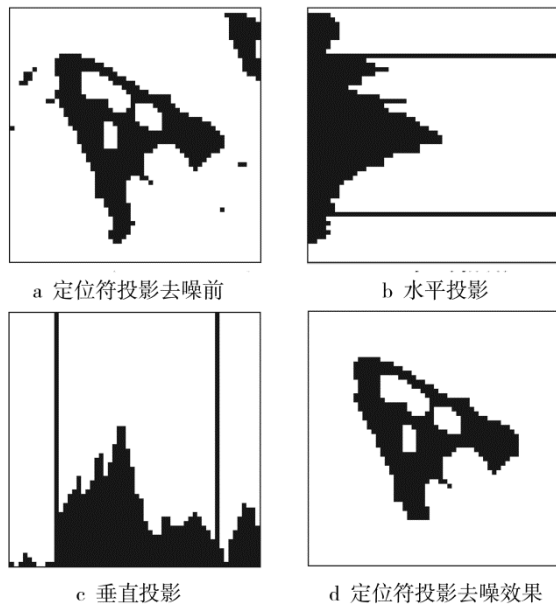


图 6 定位符投影去噪

Fig.6 Projection and denoising of the character

任意的，文中采用 Gauss-Laplace 算子对定位符图像进行边缘检测，检测效果见图 7。

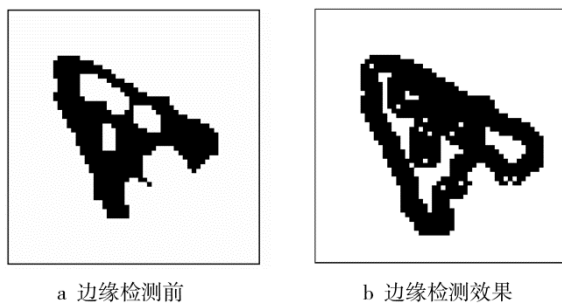


图 7 定位符边缘检测

Fig.7 Edge detection of the character

2.5 定位符轮廓跟踪

定位符经过边缘检测操作后边缘比较清晰，再对定位符作轮廓跟踪以提取出定位符的轮廓。文中采用的是基于 8 连通区域的轮廓跟踪。轮廓跟踪的步骤如下：从图像的左上方开始搜索，找到的第一个黑色像素点作为轮廓的起始点；以起始点为基准点，按照某种搜索规则，在起始点的八邻域里找到的第一个黑色像素点作为下一个边界点；以刚找到的边界点作为新的基准点，用同样的方法再搜索下一个边界点；重复第三步，直至找到的边界点和起始点重合时停止搜索。最终得到的这些边界点的集合就是图像的轮廓。轮廓跟踪的搜索规则既可以是沿顺时针方向的，也可以是沿逆时针方向的。文中采用的是沿顺时针方向的搜索规则，具体搜索规则如下所述。

1) 首次搜索时先沿起始点的右上方搜索，如果右上方的像素点是黑色像素点，则这个点就是边界点，以它为基准搜索下一个边界点；如果右上方不是

黑色像素点，则依次搜索起始点的右方、右下、下方、左下方、左方、左上方和上方，直至找到黑色像素点，把它作为边界点。

2) 搜索到起始点和第 1 个边界点后，如果后续边界点的搜索完全按照上一步的方法进行，则搜索次数较多，这里采用在原搜索方向的基础上退 2 格的方法以达到减少搜索次数的目的。

原搜索方向是指上一个边界点和当前边界点的连线与水平方向的夹角，搜索后续边界点时，在原搜索方向上逆时针转 90°（即在原搜索方向上退 2 格）作为新的搜索方向。由于边缘的走势是有一定方向性的，用这种方法可以更快地找到边界点，与原始搜索方法相比大大地减少了搜索的次数。轮廓跟踪算法见图 8，轮廓跟踪效果见图 9。

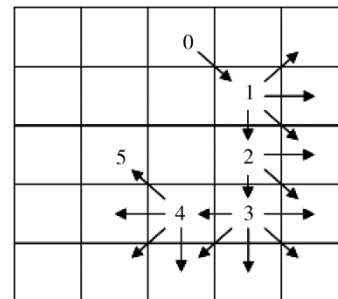


图 8 轮廓跟踪算法

Fig.8 The diagram contour tracing algorithm

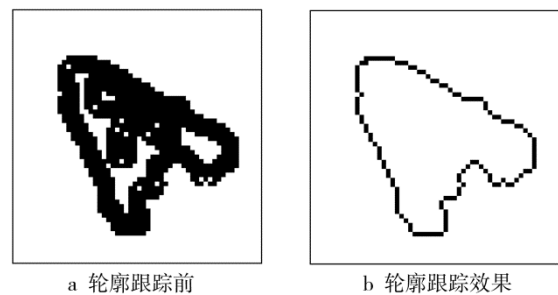


图 9 定位符轮廓跟踪

Fig.9 The contour tracing of the character

2.6 定位符霍夫变换

霍夫变换（Hough 变换）的基本思想是点和线的对偶性，即在图像空间中共线的点对应到参数空间里是相交的线，反过来在参数空间里相交于同一点的所有线都对应于图像空间中共线的点。根据这一思想，Hough 变换将图像空间需要解决的问题转换到参数空间里，图像空间中很复杂的问题就变成了参数空间中简单的工作，通过参数空间简单的累加统计工作，实现了目标检测等任务。直线 Hough 变换的映射关系有 2 种形式，即直角坐标方程形式和极坐标方程形式。通常都是采用直线的极坐标方程形式，极坐标形式为：

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

式中： ρ 为极径； θ 为极角。基于这个方程，原来的图像空间中的点映射到 ρ - θ 参数空间变成一条正弦曲线，这样就建立了点和正弦曲线的对偶性。Hough 变换利用这种点与正弦曲线的对偶性，将图像空间中的直线检测问题转化为 ρ - θ 参数空间的局部极大值的搜索问题^[14-15]。

Hough 变换通过式(3)用图像空间中目标像素的坐标计算出参数空间中的参考点 (ρ_j, θ_i) 的可能轨迹，同时在累加矩阵 $A_{n \times m}$ 中对参考点计数，通过判定计数器来确定图像空间中的直线。其中累加矩阵 $A_{n \times m}$ 的元素对应于参数空间里的参考点 (ρ_j, θ_i) ，累加矩阵的元素记为 $A(\rho_j, \theta_i)$ 。

判定直线的过程如下：如果累加矩阵 $A_{n \times m}$ 中的某个元素 $A(\rho_j, \theta_i)$ 满足设定的阈值，则 $A(\rho_j, \theta_i)$ 对应的参考点 (ρ_j, θ_i) 就确定了图像空间中的一条直线。如果图像空间中存在直线，在累加矩阵中必然有元素与该直线对应，这个元素是累加矩阵的局部极大值 $A_{\max}(\rho_j, \theta_i)$ 。文中的定位符是字符 A，要想找到字符的旋转角度，需要找到最长的 2 条直线，即 A 的 2 条边，通过这 2 条直线的角度计算出字符应该旋转的角度，因而文中的霍夫变换是找到图像空间中最长的 2 条直线（见图 10）。



图 10 定位符霍夫变换
Fig.10 Hough transform of the character

2.7 图像旋转

设旋转前的像素坐标是 (x_0, y_0) ，旋转 θ 角后像素的坐标是 (x_1, y_1) ，则图像旋转的公式为：

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

图像旋转需要计算出旋转角度 θ ，下面介绍下该算法中字符旋转角度的计算。

霍夫变换分别输出定位符 A 的 2 条边所在的直线与水平方向的夹角，旋转后使得这 2 条直线夹角的中线变成竖直的（即中线和水平方向的夹角是 90° ），根据霍夫变换输出的 2 个角度就可以计算出图像需要旋转的角度。图 11a 霍夫变换后的定位符图像经旋

转变后效果见图 11b。

仅仅用上面的方法计算旋转角度会出现问题。如图 11c 所示，无论 A 是正是反，输出的 2 条边的角度都是一样的，仅仅按照一种情况计算出的旋转角度旋转有可能图像是倒的，旋转角度仍需加上 180° （见图 11d 的霍夫变换后经旋转得到的图 11e 是反的）。文中采取以下方法来判定图像的旋转角度是否需要再加 180° ：搜索旋转后的图像的第 11 行和第 20 行中第一个黑色像素的位置 x_1 和 x_2 ，如果 $x_1 > x_2$ ，则说明定位符图像是正的；如果 $x_2 > x_1$ ，则定位符图像是反的，旋转角度需要在原来的基础上加上 180° ，再按式(4)重新旋转图像（转正后效果见图 11f）。

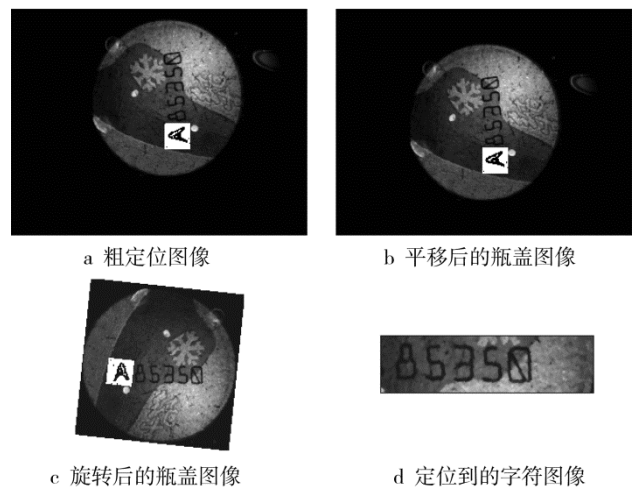


图 11 字符旋转角度的计算

Fig.11 The calculation of the rotation angle of character

2.8 字符定位

在图像旋转校正的过程中，定位符经过了平移和旋转的操作，如果将原来粗定位的定位符坐标通过上述操作对应的变换来计算操作后的新坐标，这个计算结果往往很不准确，因为在这个过程中图像进行了插值计算，需要重新对定位符进行定位，从而定位到字符。文中采取了一种简单的方法对定位符重新定位，方法如下：对粗定位找到的定位符区域二值化（见图 12a）；对图像简单二值化，水平、垂直投影找到瓶盖中心，将瓶盖中心平移到图像中心（平移后见图 12b）；对图像中心的瓶盖图像按照之前计算出得角度旋转（见图 12c）；由于定位符所在区域二值化了，在包含定位符的区域里有大量灰度值为 0 和 255 的像素，在旋转后的瓶盖图像的左边边范围内搜索定位符，如果在 80×80 大小的范围内像素值为 0 或 255 的点的总个数大于预先设定的阈值，该区域就是定位符区域。字符图像就在定位符图像的后面，把字符图像截取下来（见图 12d），就实现了字符定位，完成了定位符精定位的工作。

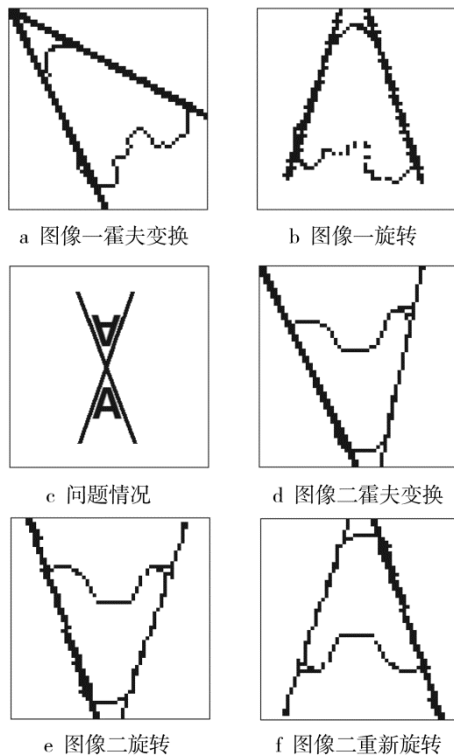


图 12 字符定位

Fig.12 Accurate positioning of the character

3 定位符定位实验测试

为了测试文中算法对定位符的定位情况,选取了 100 幅瓶盖图像作为实验样本,依次对这些图像进行图像预处理和定位符粗定位。实验结果显示,实验选取的 100 幅图像,用文中的算法进行粗定位,正确率可达 97%。粗定位结束后,再对定位符进行精定位。精定位的目的是找到字符旋转角度,转正图像,最终定位到字符。实验证明,凡是在粗定位阶段能够实现正确定位的字符,都能够实现角度旋转,完成精定位。这证实了文中的定位符定位算法的可靠性。没有定位成功的图像是定位符打在雪花和“纯生”的背景上,或者由于啤酒生产过程中水汽等原因造成瓶盖图像花了而导致定位符背景太暗(见图 13)。

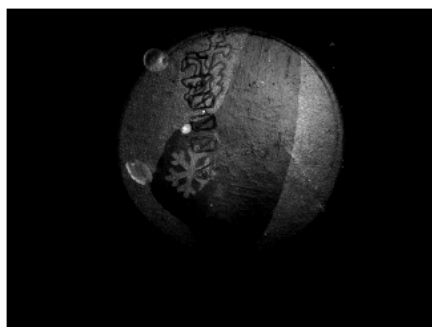


图 13 定位不准确的图像

Fig.13 Image of which position is not accurate

4 结语

文中针对啤酒生产过程中电子监管码的载体——啤酒瓶盖背景复杂、激光雕刻的电子监管码难以定位识别的问题,采用粗定位与精定位相结合的方式,提出了一种综合图像匹配、形态学、霍夫变换等算法的啤酒瓶盖激光字符定位算法,解决了啤酒瓶盖激光字符定位困难的问题。实验表明,该算法可以抗任意角度旋转,定位准确,鲁棒性强,字符定位准确可靠。该研究解决了啤酒包装生产中激光雕刻电子监管码字符识别过程中因为背景复杂难以定位识别、定位识别准确率低的难题。文中的算法在低分辨率图像上用抗任意角度旋转的图像匹配方法定位到定位符,然后通过二值化、形态学运算、霍夫变换等算法找到字符旋转角度并可准确定位到字符区域;对任意角度旋转的瓶盖图像进行定位实验,其定位准确率可达 97%。实验结果表明,该算法对背景复杂、光照不匀、有任意角度旋转的瓶盖字符图像有很好的定位效果,为后期字符的进一步识别提供了良好的基础。

参考文献:

- [1] ANAND R S, KUMAR P. Flaw Detection in Radiographic Weldment Images Using Morphological Watershed Segmentation Technique[J]. NDT&E International, 2009, 42: 2—8.
- [2] 吴一全, 张晓杰, 吴诗姍. 2 维对称交叉熵图像阈值分割[J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(8): 1393—1401.
WU Yi-quan, ZHANG Xiao-jie, WU Shi-hua. Two-dimensional Symmetric Cross-Entropy Image Thresholding[J]. Journal of Image and Graphics, 2011, 16(8): 1393—1401.
- [3] UILAB F, KANEKO S. Using Orientation Codes for Rotation Invariant Template Matching[J]. Pattern Recognition, 2004, 37(2): 201—209.
- [4] TSAI D M, CHIANG C H. Rotation-invariant Pattern Matching Using Wavelet Decomposition[J]. Pattern Recognition Letters, 2002, 23: 191—201.
- [5] 张恒, 雷志辉, 丁晓华. 一种改进的中值滤波算法[J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(4): 409—411.
ZHANG Heng, LEI Zhi-hui, DING Xiao-hua. An Improved Method of Median Filter[J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(4): 409—411.
- [6] 盛朝阳, 刚铁, 迟大钊. 基于分水岭方法的超声 TOFD 检测图像分割[J]. 机械工程学报, 2011, 47(8): 35—40.
SHENG Chao-yang, GANG Tie, CHI Da-zhao. Segmentation of Ultrasonic TOFD Testing Image Based on Watershed Method[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2011, 47(8): 35—40.
- [7] 钟涛, 张建国, 左俊彦. 一种改进的中值滤波算法及

- 其应用[J]. 云南大学学报自然科学版, 2015, 37(4): 506—508.
- ZHONG Tao, ZHANG Jian-guo, ZUO Jun-yan. School of Mechanical Engineering, An Improved Median Filtering Algorithm and Its Application[J]. Journal of Yunnan University, 2015, 37(4): 506—508.
- [8] 迟大钊, 刚铁, 盛朝阳. 超声渡越时差法检测图像中裂纹端部信号的识别[J]. 机械工程学报, 2007, 43(10): 103—107.
- CHI Da-zhao, GANG Tie, SHENG Zhao-yang. Method for Crack Tip Recognition in an Ultrasonic Time of Flight Diffraction Image[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2007, 43(10): 103—107.
- [9] 雷博, 范久伦. 灰度图像的 2 维交叉熵阈值分割法[J]. 光子学报, 2009, 8(6): 1572—1576.
- LEI Bo, FAN Jiu-lun. Two-dimensional Cross-entropy Thresholding Segmentation Method for Gray-level Images[J]. Acta Photonica Sinica, 2009, 8(6): 1572—1576.
- [10] SUN T, NEUVO Y. Detail-preserving Median Based Filters in Image Processing[J]. Pattern Recognition Lett, 1994, 15(4): 341—347.
- [11] 赵勇, 方宗德, 庞辉. 基于量子粒子群优化算法的最
- 小交叉熵多阈值图像分割[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(4): 1097—1099.
- ZHAO Yong, FANG Zong-de, PANG Hui. Multilevel Minimum Cross Entropy Threshold Selection Based on Quantum Particle Swarm Optimization[J]. Application Research of Computers, 2008, 25(4): 1097—1099.
- [12] 马培培, 胡敏. 粒子群优化的多阈值图像自分割算法[J]. 微计算机信息, 2010, 26(10): 199—203.
- MA Pei-pei, HU Min. Particle Swarm Optimization for Multilevel Thresholding Image Self-segmentation Method[J]. Micro Computer Information, 2010, 26(10): 199—203.
- [13] KULLBACK S. Information Theory and Statistics[M]. New York: John Wiley, 1959.
- [14] LEE Y H, KASSAM S A. Generalized Median Filtering and Related Nonlinear Filtering Techniques[J]. IEEE Transactions on Acoust, Speech, Signal Processing, 1985, 33(3): 672—680.
- [15] SEZGIN M, SANKUR B. Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation[J]. Journal of Electronic Image, 2004, 13(1): 145—150.