

doi:10.3788/gzxb20134203.0354

基于小波包和 Niblack 法的枪号图像二值化算法

申森¹, 李艾华¹, 姚良¹, 马治明²

(1 西安第二炮兵工程大学 五系, 西安 710025)

(2 中国人民解放军 96111 部队, 陕西 韩城 715400)

摘 要: 针对枪号图像字符易磨损、对比度太大或太小的特点, 提出了小波包滤波器浮动阈值和 Niblack 法相结合的二值化算法. 首先采用小波包滤波器对图像滤波, 把得到的低通图像作为浮动阈值, 并对图像进行二值化, 得到第一幅待融合图像; 然后采用 Niblack 法对图像进行二值化, 得到第二幅待融合图像; 最后把两幅图像按照灰度最小的方法进行融合, 得到最终的二值化图像. 实验结果表明该综合算法在二值化效果、适用范围等方面均有良好的表现, 具有一定的推广价值.

关键词: 二值化; 小波包滤波器; Niblack 法; 图像融合

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2013)03-0354-5

Gun Code Binary Image Algorithm Based on Wavelet Packet and Niblack Method

SHEN Sen¹, LI Ai-hua¹, YAO Liang¹, MA Zhi-ming²

(1 5th Dep., Second Artillery Engineering University, Xi'an 710025, China)

(2 Troops No. 96111 of Chinese People's Liberation Army, Hancheng, Shaanxi 715400, China)

Abstract: Aiming at the characteristics of the gun code image that characters are easy to wear and contrast gradient is too large or too small, a binarization method based on wavelet packet filter floating threshold and Niblack method is proposed. Firstly, the image is filtered using wavelet packet filter and binarized with the low pass image after filtering. Then, the image is binarized with the Niblack method to obtain the second fusing image. Finally, two fusing images are merged based on the minimum principle of image gray values to get the final binarization image. Experimental results show that the method has a good performance in binarization effect and adaptation range and can imply in many situation.

Key words: Binarization; Wavelet packet filter; Niblack method; Image fusion

0 引言

枪号识别系统是枪械智能化管理系统的重要组成部分, 通过自动识别枪号实现了枪械出入库和维修保养信息登记的自动化, 极大提高了枪械装备的智能化管理水平. 枪号是凹凸字模对压形成的字体, 属于机械压印字符, 字符容易产生断点、毛刺; 枪械使用环境复杂, 字符容易磨损, 对比度下降; 采集过程易产生光照不均现象, 造成识别困难.

目前国内对枪号识别研究比较少, 采用的方法也比较单一. 李丙涛^[1]等人采用 Otsu 法对枪号进行

二值化, 该方法实现简单、执行速度快, 但容易产生大块噪音和字符断裂等现象. 叶俊勇等^[2]提出采用小波滤波器对枪号图像进行滤波后得到的低通图像作为浮动阈值对枪号图像进行二值化, 该方法有效地克服了图像对比度低的缺点, 但容易出现把背景误判为目标, 字符粘连等现象, 运行速度较慢. 在类似的机械压印字符识别领域内, 李建美^[3]等人提出了一种基于图像分层的标牌压印字符二值化方法, 该算法有效地克服了图像光照不均的缺点, 但是分层阈值的选择依靠经验, 自适应性差, 运行速度较慢. 李国平^[4]等人采用 Canny 算子对图像进行边缘

第一作者: 申森(1989-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为图像处理研究和模式识别 Email: shenmumumu@126.com

导 师: 李艾华(1966-), 男, 教授, 博导, 主要研究方向为机电设备检测与诊断、测控技术与仪器. Email: b-00503@163.com

收稿日期: 2012-07-30; 录用日期: 2012-09-14

检测后填充的二值化算法,该算法实现简单,很好地去除了噪音,但容易产生字符内部膨胀闭合。

二值化算法的优劣主要是从二值化效果和二值化速度两个方面进行评价. 本文通过对现有的小波包滤波器浮动阈值算法和 Niblack 法的优缺点进行分析,将小波包滤波器浮动阈值算法和 Niblack 法优势相结合,提出一种新的枪号图像二值化算法。

1 小波包滤波器二值化算法和 Niblack 算法分析

1.1 小波包滤波器浮动阈值算法

小波分析的基本思想是用一族函数去表示或逼近一族信号或函数,这一函数族称为小波函数系(小波基),它是通过基本小波函数的不同尺度的伸缩和平移形成的. 小波变换的实质是将信号投影到一系列小波基上. 小波变换的定义如下:

假设母小波函数为 $\Psi(x)$, 将母小波经过伸缩和平移后,就可以得到一个小波序列

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-1} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

式中, $a, b \in R$, 且 $a \neq 0$. 称 a 为伸缩因子, b 为平移因子. 定义

$$(W_{\psi}f)(a,b) = \langle f, \psi_{a,b} \rangle = |a|^{-1/2} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (2)$$

式(2)为关于基小波 Ψ 的连续小波变换,其中 \bar{X} 表示对 X 的共轭运算. 小波包变换是基于小波变换的进一步发展,能够为信号提供一种更精细的分析方法,它将频带进行多层次划分,对多分辨率分析没有细分的高频部分进一步分解. 关于小波包的理解,经

常用小波包分解树来表示,典型的小波包分解树如图 1.

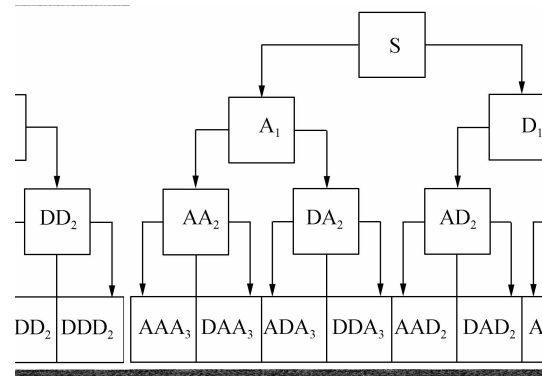


图 1 小波包分解树

Fig. 1 Wavelet packet decomposition tree

其中, A 表示低频, D 表示高频,末尾的序号数表示小波分解的层数,分解级数越大,小波包系数对应的空间分辨率就越低,利用这一点,可以在不同的空间分辨率上进行分析。

在枪号图像中,字符对应于图像的高频部分,背景对应于低频部分. 图像可以通过小波包滤波器分解成一系列低频和高频分量,因此把小波包分解后产生的低频系数重构以后产生的低频图像作为自适应阈值,通过和原图像一一对比,可以实现图像的二值化,产生第一幅待融合图像. 在 100 张实验结果中选取 3 张光照均匀度、对比度和字符磨损度各不相同的字符,结果如图 2. 从图中可以看出,小波滤波器浮动阈值法在枪号图像质量较好的情况下,二值化效果较好;在字符磨损和光照不均的情况下,二值化后出现噪音颗粒、字符断裂和字符粘连等现象. 因此单独采用该算法二值化适应性较差,需要对该算法进行改进或者结合其他算法来实现图像二值化。

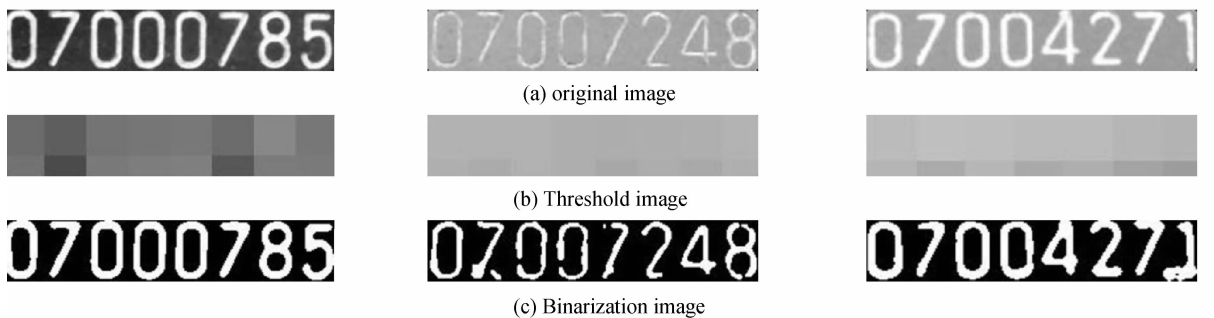


图 2 小波包滤波器浮动阈值法二值化结果

Fig. 2 Binarization result by wavelet packet filter floating threshold

1.2 Niblack 法

Niblack 法是一种常见的比较有效的局部阈值算法. 基本思想是对图像的每一个点,在它的 $R \times R$ 邻域内,计算邻域里的像素点的均值和方差,然后用式(3)计算阈值进行二值化。

$$T(x,y) = m(x,y) + K \times s(x,y) \quad (3)$$

式中 $T(x,y)$ 为该点的阈值, $m(x,y)$ 为该点 $R \times R$ 邻域内的像素灰度均值, $s(x,y)$ 为该点 $R \times R$ 邻域内的像素灰度标准方差, K 为修正系数,用来调整决定多大的字符目标边界被作为给定目标的一部分. 当 K 的取值不断增大,噪音几乎完全消除,但是字符笔画越来越细,越来越模糊不清。

选取合适的邻域大小和 K 值对算法的效果是非常关键的,在本文中枪号图像基本大小都是一致的,因此根据实际经验选用 40×40 大小的邻域,在这一固定邻域的情况下,不同 K 值的二值化效果如图 3 所示.从图中可以看出:随着 K 值的增大,噪音越来越少,字符越来越细,甚至出现了字符断裂,但是 K 值的选择跟图像的质量有很大关系,第一张照片中 $K=0$ 时,图像有较多噪音, $K=0.5$ 时,字符已

经有部分断裂,因此 K 值在 $0 \sim 0.5$ 之间二值化效果最佳;第二张照片图像质量较好, $K=-0.5$ 时,二值化效果已经很好, K 值继续增加后仅仅是字符笔画变细;第三张照片, $K=0$ 时,二值化效果较好.结果说明 K 值的选择和图像本身的灰度分布有关,需要靠人工经验来选择,因此限制了该算法的应用范围.在本文中,采用 K 值为 -0.1 的 Niblack 算法,保留了字符特征的同时,尽量减少噪音.

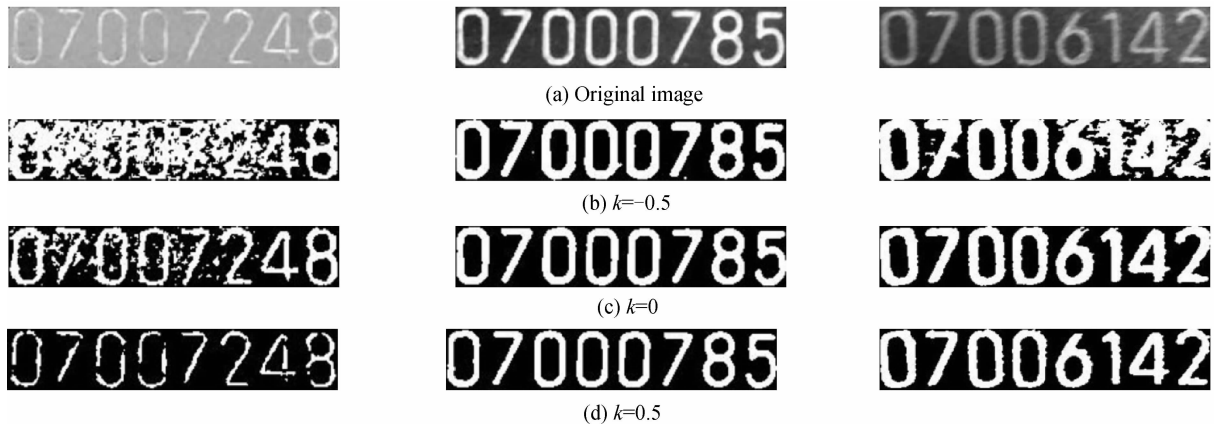


图 3 不同 K 值下 Niblack 二值化结果

Fig. 3 Binarization by Niblack method in different K

2 本文算法

本文算法主要包括三个步骤:小波包滤波器浮动阈值法对图像二值化;Niblack 法对图像进行二值化;对前面两步产生的二值化图像进行图像融合.具体步骤如图 4 所示.

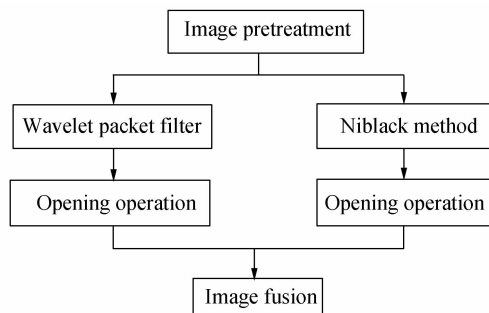


图 4 综合算法步骤

Fig. 4 Step of synthesis algorithm

1) 图像预处理. 首先对原灰度图像进行中值滤波,去除原图像中的噪音杂点,为后续二值化作准备;

2) 采用小波包滤波器浮动阈值法对图像进行二值化,然后对二值图像进行开运算,去除图像中和字符非粘连的噪音颗粒;

3) 采用 K 值为 -0.1 的 Niblack 法对图像进行二值化,然后对二值图像进行开运算,去除图像中和字符非粘连的噪音颗粒;

4) 采用灰度最小的方法^[5-6]对前面两幅待融合

图像进行融合,即对前面两幅待融合图像进行“与”运算,完成二值化.

3 实验结果及分析

为了验证本文算法的正确性,做了一系列实验.实验在主频为 2.16 GHz、内存为 2 G 的双核处理器计算机上进行,操作系统为 Windows XP,软件为 MATLAB2009a.

实验结果如图 5 所示:图 5(a)为随机采集的三张枪号图像,它们的亮度、对比度等各不相同.图 5(b)为经过 Otsu 全局阈值法二值化后的图像,可以看出在对比度低的情况下,二值化后图像呈现断点、毛刺,在光照不均的情况下出现了部分模糊的情况.图 5(c)为经过 Bernsen 局部阈值法二值化后的图像,虽然较好地保存了字符的笔画特征,但背景二值化效果很差,出现大量的背景噪音.图 5(d)为经过小波滤波器浮动阈值算法二值化后的图像,可以看出:小波滤波器算法较好地克服了比度低和光照不均的影响,但是也产生了一些噪音点和字符粘连现象.图 5(e)为经过 Niblack 二值化后的图像,较好地保留了字符特征,但是出现过多噪音杂点,效果不是很理想.本文的综合算法效果如图 5(f)所示:克服了图像光照不均匀和对比度低的缺点,没有出现字符粘连和噪音现象,二值化效果理想,为后续的字符分割、识别做好了充分的准备.

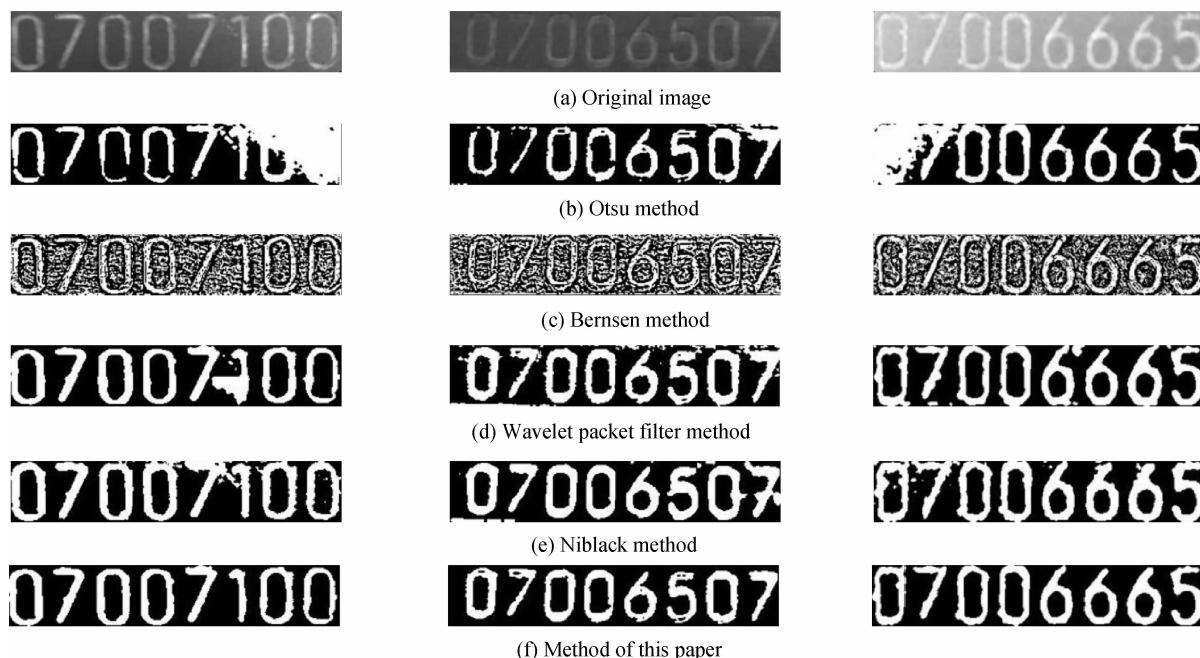


图 5 不同二值化算法效果对比
Fig. 5 Comparison of different Binarization effect

目前已经有很多种评价二值化算法的方法^[7], 它们主要从错分率、轮廓保留率等方面来刻画二值化算法的好坏, 而本文中的枪号二值化的目的是方便字符的识别, 好的二值化方法应该能够实现字符清晰、减少粘连和字符断裂. 因此本文主要采用粘连度、字符断裂度和噪音颗粒个数和算法运行时间来评价算法的优劣性^[8]. 粘连度是指粘连的字符数占

总字符个数的比例, 字符断裂度是指字符断裂的个数占总字符的比值, 噪音颗粒个数是指图像中没有与字符粘连孤立存在的噪音个数. 本文采集了 200 张枪号图像进行二值化, 分别计算出平均粘连度、平均字符断裂度、平均噪音颗粒数和平均消耗时间, 结果如表 1 所示.

表 1 不同二值化算法评价结果
Table 1 Evaluation results of different binarization effect

	Average degree of adhesion	Average degree of character fracture	Average number of noises	Average consuming time/s
Otsu method	0.28	0.12	3.24	0.054
Bernsen method	0.04	0.01	123.64	0.048
Wavelet packet filter method	0.18	0.16	4.26	0.586
Niblack method	0.15	0.18	9.24	0.643
Method of this paper	0.02	0.01	0.34	1.286

从表中可以看出, 本文提出的算法在平均粘连度、平均字符断裂度和平均噪音颗粒数指标方面都要优于其他方法, 但是由于采用小波包滤波器自适应阈值和 Niblack 法相结合的图像融合方法, 因此本文算法消耗时间都要多于其他算法.

4 结论

本文提出了基于小波包滤波器和 Niblack 法的枪号图像二值化算法. 该算法有效地克服了枪号图像质量差的缺点, 二值化效果要优于 Otsu 等常用算法, 很好地实现枪号图像的二值化, 而且在同类的机械工件字符识别、金属标牌压印字符识别领域都有一定的应用价值.

由于本文提出的算法应用了小波滤波器的分解与重构, 增加了一些计算量, 执行时间有所延长; 但大幅增加了二值化效果, 避免了因二值化效果不好造成的重复识别, 从整个识别过程来看, 减少了算法时间, 从整体上提高了算法的执行效率. 在实际应用中算法采用的 VC 编程实际执行时间小于仿真结果, 满足了实时性的要求, 取得了良好的效果.

参考文献

- [1] LI Bing-tao, JI Gang. Application of recognition algorithm for printed numerals in number recognition of firearms [J]. *Computer Science*, 2009, 36(4): 282-283.
李丙涛, 纪纲. 印刷体数字识别算法在枪械编号识别中的应用 [J]. *计算机科学*, 2009, 36(4): 282-283.
- [2] YE Jun-yong, WANG Tong-qing, YANG Bo, et al. A floating threshold algorithm based on wavelet filter [J]. *Opto-*

- Electronic Engineering*, 2002, **29**(5): 52-55.
叶俊勇,汪同庆,杨波,等. 基于小波滤波器的浮动阈值算法[J]. 光电工程, 2002, **29**(5): 52-55.
- [3] LI Jian-mei, LU Chang-hou, LI Xue-yong. A novel segmentation method for characters pressed on label based on layered images[J]. *Journal of Optoelectronics • Laser*, 2008, **19**(6): 818-822.
李建美,路长厚,李学勇. 一种基于图像分层的标牌压印字符分割方法[J]. 光电子·激光, 2008, **19**(6): 818-822.
- [4] LI Guo-ping, LU Chang-hou, LI Jian-mei. Characters edge detection and segmentation method based on Canny operator [J]. *Machine Tool & Hydraulics*, 2007, **35**(12): 42-44, 15.
李国平,路长厚,李健美. 基于 Canny 算子字符边缘检测与分割方法研究[J]. 机床与液压, 2007, **35**(12): 42-44, 15.
- [5] PAN Mei-sen, RONG Qiu-sheng. Image fusion binarization method based on SOFM neural network [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2007, **15**(3): 401-406.
潘梅森,荣秋生. 基于 SOFM 神经网络的图像融合二值化方法[J]. 光学精密工程, 2007, **15**(3): 401-406.
- [6] CHENG Ying-lei, CHAO Rong-chun, LI Wei-hua, *et al.* Overview of methods of data fusion for images based on Pixel-level[J]. *Application Research of Computers*, 2004, **23**(5): 169-172.
程英蕾,赵荣椿,李卫华,等. 基于像素级的图像融合方法研究[J]. 计算机应用研究, 2004, **23**(5): 169-172.
- [7] MA Yi-de, SU Mao-jun, CHEN Rui. Image binarization based on PCNN and corresponding segmentation evaluation method [J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2009, **37**(5): 49- 53.
马义德,苏茂君,陈锐. 基于 PCNN 的图像二值化及分割评价方法[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, **37**(5): 49-53.
- [8] LIU Min, HUANG Zhang-can. Novel license plate binarization method based on regional contraction and classification [J]. *Computer Engineering and Application*, 2010, **46**(34): 161-163.
刘敏,黄樟灿. 一种区域收缩及分类的车牌二值化方法[J]. 计算机工程与应用, 2010, **46**(34): 161-16.

• 下期预告 •

超光滑加工技术中光学元件表面材料的均匀去除

陈华男,王君林,刘健

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 应用光学国家重点实验室, 长春 130033)

摘 要:超光滑加工通常是在保证光学元件面型精度不劣化前提下提升其中高频精度. 均匀去除是保证超光滑加工过程中光学元件面型精度不劣化的重要途径. 本文以四轴三联动小磨头超光滑加工机床为基础, 结合 Preston 假设, 研究了四轴三联动超光滑加工机床对光学元件的材料去除特性, 发现当机床取某些特定的参量时, 通过等值的驻留时间规划即可实现光学元件表面材料的均匀去除. 最后, 对这些特定的参量进行了对比实验. 实验结果验证了理论分析的正确性.

关键词:小磨头; 超光滑加工; 均匀去除; 等值驻留时间