

基于单程分裂与归并图像分割的集装箱号识别

王志明¹⁾ 张丽²⁾ 王丽君³⁾

¹⁾(北京科技大学信息学院, 北京 100083) ²⁾(清华大学工程物理系, 北京 100084)

³⁾(清华同方威视技术股份有限公司, 北京 100084)

摘要 集装箱号自动识别在海关物流管理等领域有着重要的实用价值。为了快速准确的地进行集装箱号识别, 提出了一种基于图像分割和区域特征分析的集装箱号字符定位和识别方法。该方法首先基于灰度相似性运用改进的单程分裂与归并算法对图像进行自适应阈值分割, 同时统计各个区域的灰度、形状、边缘强度等特征; 然后根据字符区域特征, 利用一定规则来滤除非字符区域; 最后, 对于定位出的字符区域, 再依据区域特征进行二值化, 并采用神经网络与模板匹配相结合的方法进行识别。在包含 1 804 幅图像的集装箱号识别实验中, 整箱号识别正确的为 1 750 幅, 准确率为 97.01%, 这充分说明了算法的有效性。

关键词 图像分割 字符识别 单程分裂与归并 神经网络

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)03-0450-06

Container Code Recognition Based on Single-pass Split-merge Image Segmentation

WANG Zhi-ming¹⁾, ZHANG Li²⁾, WANG Li-jun³⁾

¹⁾(School of Information Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

²⁾(Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084) ³⁾(NUCTECH Company Limited, Beijing 100084)

Abstract Automatic container code recognition (CCR) plays an important role in custom logistics and transport management. This paper proposes an algorithm for container character location and recognition based on image segmentation and region feature analysis. First, an improved single-pass split-merge image segmentation algorithm is used to segment image based on adaptive threshold, and features of every region are obtained simultaneously. Next, character regions are separated from non-character regions by rules. Finally, model match and neural network are used to recognize every character binary region. Experimental results on 1 804 container images show that the overall accuracy can reach 97.01% (1 750 images) with the proposed algorithms.

Keyword image segmentation, character recognition, single pass split and merge, artificial neural network(ANN)

1 引言

随着世界经济交往的日益频繁, 各地海关码头的集装箱通关量不断增长。海关物流管理系统需要记录通关的集装箱号, 由于仅依靠人工输入不仅速度慢, 而且易出错, 因此利用计算机识别系统进行集装箱号的自动识别日益受到重视。通过计算机识别

系统自动识别集装箱号, 不仅可以充分发挥计算机快速、准确、不疲劳等特点, 而且方便集装箱的管理与跟踪, 加速海关通关速度。

自 1990 年以来, 已有许多关于集装箱号识别的研究^[1-10]。集装箱号识别主要包括箱号字符定位和字符识别两部分, 其中箱号定位更为困难。其主要原因是: (1) 箱号排列多样化, 可纵向、可横向, 横向排列时可分为 1 行、2 行、3 行, 甚至 4 行; (2) 由

收稿日期: 2005-10-12; 改回日期: 2006-01-16

第一作者简介: 王志明(1968~), 男, 2003 年获清华大学博士学位, 现为北京科技大学信息工程学院计算机系副教授。主要研究方向为图像处理、模式识别等。E-mail: wangzhiming@tsinghua.org.cn

于字符颜色变化多样,且亮度和对比度变化较大,字符大小也相差很大,以及字符间距变化大,因此通常用于汽车牌号定位的基于纵向边缘、纹理或颜色信息的定位方法很难奏效;(3)箱重、容积等其他标记不仅字符较多,而且对集装箱号定位也易造成干扰;(4)镜头倾斜或箱体凹凸不平会造成字符变形,而锈斑、箱体脏污则易造成字符残缺或遮挡(见图5)。另外,字符识别方面的主要困难是字体多样(3种以上)、字符经常残缺不全,等等。由于以上原因,高速、准确的集装箱号识别仍是一个难题,需要综合运用图像处理与模式识别知识才可能解决。

在集装箱号定位方面, Lee 在早期采用形态运算去除背景、根据字符大小滤噪、用4-边界检测定位字符和字符分组等步骤来定位集装箱号^[1,2], 后来文献[3,4]又采用量化、阈值化、笔画分析的方法定位箱号; Mullot 利用字符具有明显纵向边缘且纵向灰度变化具有一定频率的特征,通过提取文本行来定位箱号或车牌号^[5]; He 采用计算纵向边缘、二值化、形态运算、投影来定位文本行,进而通过模板匹配方法定位集装箱号^[6,7]; Pan 根据纵向边缘及灰度变化规律来定位集装箱号^[8]。但上述方法均存在一定局限性,如:(1)由于字符大小的变化,致使形态学算子的尺寸和形状不易确定;(2)由于边缘特征噪声较多,致使二值化的阈值难以确定;(3)集装箱号有许多是纵向排列的,不存在文本行;(4)这些方法都需要多次扫描图像,实际上可通过图像分割一步完成,而且抗噪声能力更强。

在集装箱号识别方面, Lee 采用神经网络识别字符,取得较好的效果^[2,4],但本文的实验表明结合模板匹配可得到更好的识别结果; Igual 用经过形态学变换、均衡化和剪裁后的灰度图像作为特征,再利用近似 k -近邻法识别集装箱号字符^[9], Goccia 采用基于区域特征和加权欧氏距离的集装箱号字符识别算法^[10],但就印刷体来说,其性能都不够理想。

本文首先提出了一种改进的单程分裂与归并算法,用于对图像进行分割,并根据图像直方图分布确定相似性阈值,分裂和归并过程中,实时统计并更新区域特征,由于只需对图像进行一趟扫描,因此处理速度快。归并时,应先考虑每个像素的8-邻接区域,这样分割效果才较好;然后,利用字符的诸多自身特征来滤除非文本区域,如高对比度、强边缘性、有限大小及基本固定的高宽比,等等。并利用集装箱号排列的先验知识进行后处理,以显著提高定位

准确率;最后,对于定位的字符,结合模板匹配和神经网络方法进行识别,并利用集装箱号自身的校验位,以达到较高的识别准确率。

2 基于单程分裂与归并的图像分割

如今图像分割的方法已有很多种,如基于阈值的方法、基于边缘的方法、基于区域的方法、基于聚类的方法,等等。单程分裂与归并算法^[11]以其较低的计算复杂度和较高的性能,在对速度有一定要求的图像分割领域已得到广泛的应用,本文对经典的单程分裂与归并算法又进行了以下改进和简化:(1)分裂过程中要考虑当前像素8邻接点中的4个已标号的像素(如图1(a)所示),而不是标准单程分裂与归并算法中的3个邻接点 P_{UL} 、 P_L 、 P_U (下角 UL 代表 Up-Left, L 代表 Left, U 代表 Up),分裂时,不更改已有标号,只确定当前未标号像素的区域号;(2)归并时只考虑8邻接点的5种可能的归并情况。

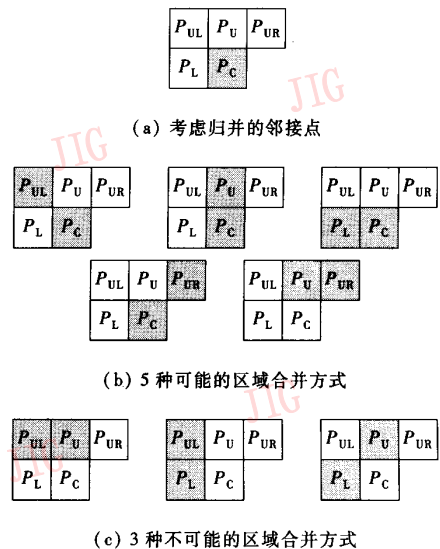


图1 单程分裂与归并算法的区域归并

Fig. 1 Region merge in single-pass split-merge

具体的分割过程如下:

(1)根据图像直方图范围确定相似性阈值,该分割阈值对分割结果有较大的影响,即阈值太大,会将差别较大区域分为一个区域,反之,阈值过小,又会将分割出过多的区域,使得一个完整的区域被分割为多个小的区域,这一问题可以通过统计和分析图像的灰度直方图得到一定的缓解,本文通过下式计算分割阈值:

$$T = \alpha \cdot (\max(f(x,y)) - \min(f(x,y))) \quad (1)$$

式中, $f(x,y)$ 表示坐标为 (x,y) 的图像像素灰度值, T 为分割图像的相似性阈值, 式中的最大和最小值是指像素数达到一定数目时的灰度最大最小值, α ($0 < \alpha < 0.3$) 值根据实验确定, 本文在集装箱号识别中, α 值取 0.15, 同时需要确定一个最小阈值, 以免产生过多区域, 实验中对 256 灰度级图像采用的最小阈值 $T_{\min} = 15$;

(2) 对每一个新的像素 P_c , 需要先与其左上、上方、右上及左边 4 个经过处理已确定区域号的像素所在区域进行相似性比较 (如图 1(a) 所示), 然后选择一个最为相似的, 记为当前像素的区域号 (当这些邻接点处于图像之外时, 则不予考虑), 如果与其 4 个邻接点都相差较大, 则创建新的区域;

(3) 对当前像素及其 4 个邻接像素所构成的 5 个像素的区域, 应考察其相似归并的可能性, 经过分析可以得知, 由于受处理顺序的影响, 在两两相邻像素组合的所有 8 种可能性中 (如图 1 所示), 只有前 5 种可能性存在 (第 5 种由于上一步合并, 而可能更新了上方点 P_0 的特征), 后 3 种可能性不存在, 因为它们已被其左边或其上边像素的归并方式所覆盖, 当存在归并的可能性时, 则将两个区域归并, 并更新相应的区域特征;

(4) 基于规则删除大块区域, 若发现产生过多的细小区域, 则适当增大分割阈值进行再分割, 由于已删除了大块区域, 因此二次分割处理的时间会远远小于第 1 次分割。

当然, 上述第 (4) 步仅限于定位字符时使用, 分割过程中同时统计区域的像素个数、灰度均值、包围矩形框等特征。用于集装箱号字符定位的图像分割流程如图 2 所示。

3 基于规则的区域过滤

对于图像分割得到的区域, 可分为以下两步来滤除噪声区域: 第 1 步滤除非字符区域; 第 2 步滤除非箱号字符区。

3.1 滤除非字符区

在集装箱号图像中, 字符是人为印刷或写上的, 与其他图像区域相比, 有其自身的特点, 如通常字符与其背景之间有较高的对比度、字符前景有较强的边缘、字符具有一定大小、基本固定的高宽比, 等等, 而利用字符这些特征则可以有效地滤除非字符

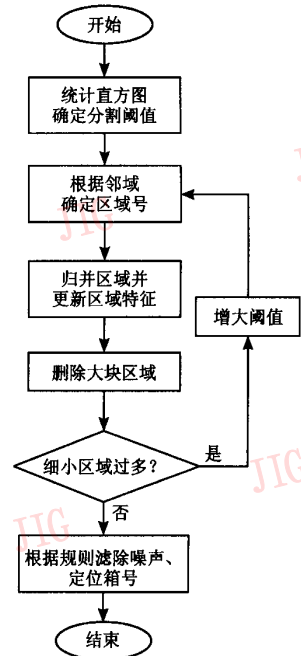


图 2 基于图像分割定位集装箱号流程图

Fig. 2 Locate container code by image segmentation

区域。

通过大量的实验和总结发现, 以下一些特征和规则对字符识别有较大的帮助:

(1) 尺寸特征 字符是为了作为某种标记让人看, 一般具有一定的尺寸限制, 这一点在许多具体应用中很容易确定;

(2) 形状特征 字符具有基本确定的高宽比, 同时, 在一定形状下, 其边缘比率大于某一阈值的线状区域, 或边缘比率小于某一阈值的块状区域一般不是字符;

(3) 区域对比度特征 为了便于阅读, 字符通常具有一定的对比度, 包含区域的矩形框内平均方差大于某一阈值;

(4) 边缘强度特征 由于字符通常具有明显的边缘, 因此可通过统计字符区域内外边缘的灰度值差来识别, 边缘强度大于某一阈值;

(5) 笔画特征 字符最大笔画有一定限制 (与字符高度相关), 这种最大笔画可以通过腐蚀或最近边缘点距离等方法得到, 且笔画宽度阈值可根据区域的高度来设定。

3.2 滤除非箱号字符

对于上一步得到的字符, 由于有许多并不是集装箱号, 因此需要进一步过滤。结合具体集装箱号

识别应用背景可以得到以下更多有效的滤噪规则:

(1) 字符高度一致性 箱号字符通常具有相同的高度,通过统计所有区域的高度直方图,即可滤除数目小于某一阈值的区域;

(2) 字符灰度一致性 箱号字符通常具有相同的灰度,通过统计所有区域的灰度直方图,即可滤除数目小于某一阈值的区域;

(3) 排列位置特征 字符排列为横向1~4行,纵向1列,因此通过这一特征还可以找回个别在分割过程中遗漏的字符;

(4) 字符“U”位置固定 由于箱号第4个字符固定为“U”,因此可利用这一字符“U”识别的概率来判断定位的正确性。

由于集装箱图像拍摄过程中,箱体停放距离变化较大,进而造成箱号字符大小差别很大(一倍以上),因此,在实际定位中可采用多分辨率定位策略,其算法的基本参数设置适用于较小的字符,当首次定位失败时,将图像高宽缩小到原来的1/2重新定位,以有效解决字符大小变化较大的问题。

图3是对集装箱号字符定位的过程示意图。

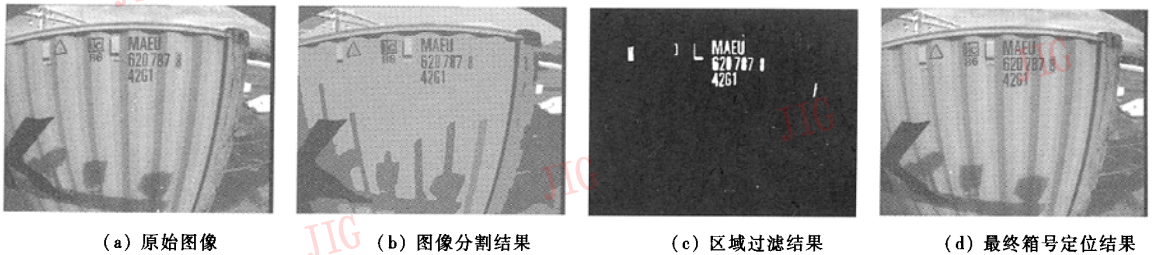


图3 典型的集装箱号定位过程

Fig. 3 Typical container code location process

4 箱号字符识别

由于图像中的字符亮度可能高于背景也可能低于背景,因此对于定位出的字符需要根据其区域及周围灰度确定其前景和背景,以便进行正确的二值化,然后利用一定的识别算法来进行字符识别。

4.1 字符区域二值化

对于字符的二值化,本文采用图像分割所得区域的外边缘灰度均值和内边缘灰度均值的中值作为初始的二值化阈值。对于光照造成的灰度缓变,阈值可根据区域边缘的灰度变化动态变化,以达到最好的二值化效果。典型的二值化效果如图4所示。

4.2 神经网络与模板匹配相结合的字符识别

由于字符大小相差较多,因此首先要对字符进



(a) 原始图像

(b) 二值化结果

图4 字符二值化

Fig. 4 Thresholding

行归一化,即按高度归一、水平等比缩放、中心对准的策略将所有字符归一化到标准大小(实验中为 32×32 pixels)。

对单一字体、无噪声的标准印刷体字符的识别,模板匹配可以达到99%以上的识别率,但实际应用中,由于集装箱号有多种字体(3种以上),加上拍摄角度、物体距离、光照变化的因素的影响,会造成字符一定程度的变形和噪声干扰,其对模板匹配识别方法构成了严峻的挑战,因此,本文采用神经网络与模板匹配相结合的识别方法。

神经网络是采用标准的前馈神经网络,运用BP算法进行学习。输入节点数为 $32 \times 32 = 1024$,隐层节点数为26,对于英文字母与阿拉伯数字采用不同网络进行识别,输出节点数分别26和10。训练集包括28556个从集装箱图像中收集的英文字母和数字,在神经网络训练过程中,通过对各字符样本数进行均衡处理、利用验证集在适当时候停止训练等技术,以提高网络识别的鲁棒性和准确率。

在模板匹配方法中,采用了容错能力较强的灰度模板(即字符主体为白色,背景为黑色,而边缘为中间灰度),且对不同字体采用不同模板(共用了3种),匹配之前还加入形状规则判断,如水平、垂直

穿越次数、上下左右 4 个角的第 1 个前景点位置等信息,通过滤除不可能的字符,以提高模板匹配的速度和准确性。

在识别过程中,当神经网络的输出可信度很高时(实验中取概率大于 0.9),则采用神经网络的识别结果;而对神经网络分类模糊的字符(输出可信度较小),则参考模板匹配结果进行校验,即去除神经网络识别结果中根据模板匹配的形状规则判断为不可能的字符,最后采用两种方法中识别概率较高的结果。

4.3 箱号校验

集装箱号包括 4 个大写英文字母,7 个数字,其中最后一位数字为校验位,即前 10 位字符通过某种加权求和取余来得到第 11 位数字值。实验表明利用集装箱号的位校规则,可大幅度提高识别准确率。

在单字符识别中,神经网络或模板匹配给出了

待识别字符与所有字符或数字的相似程度(匹配概率),有时正确的类别号可能并不是概率最高的第 1 位,通过校验可改正这样的单字符识别错误。当校验不匹配时,可依据最小概率、总概率之和等信息从单字符的候选识别结果中找出正确的箱号。

5 实验结果

本文的试验样本来自海关现场采集的 1 774 张图像和从网上(<http://www.htsol.com/>)下载的以色列 HL_TECH 公司的 30 张演示图像,总计 1804 个样本。图像大小为 768 × 576 pixels,包括各种光照条件下的图像,如:白天的、夜晚的、带反光的、箱体不干净的、字符有缺损的等等,字符高度从 30 到 110 pixels 不等。典型的集装箱号图像如图 5 所示,除下排右侧为拒识样本外,其余均为正确识别样本。

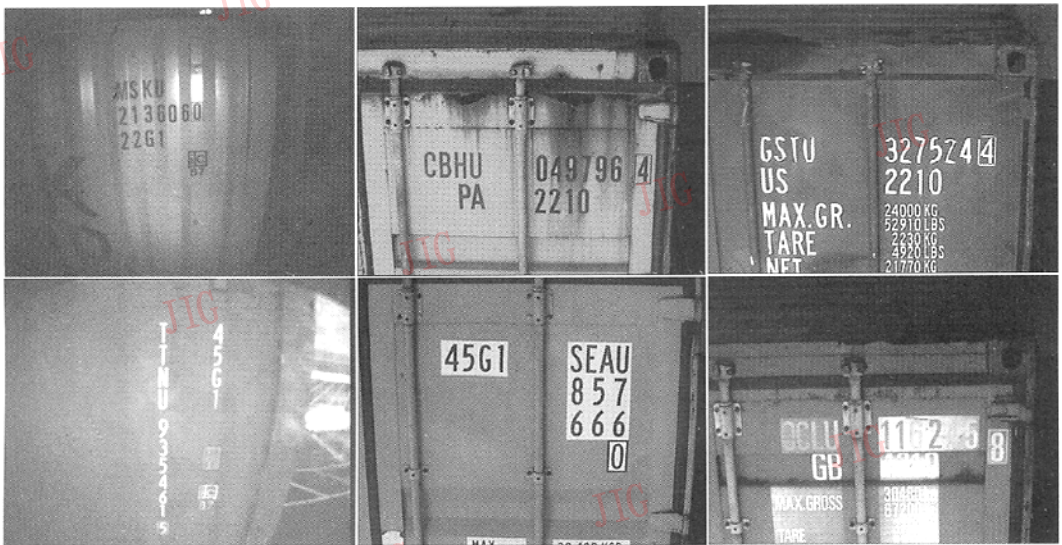


图 5 典型的集装箱号图像

Fig.5 Typical container code images

实验结果如表 1 和表 2 所示。表 1 为单字符定位与识别实验结果,在 1 804 幅图像的 19 844 个箱号字符中,定位成功 19 519 个,准确率为 98.36%,识别正确的字符为 19 487 个,识别准确率为 98.20%,仅考虑定位正确字符时,识别准确率为 99.84%。之所以能达到如此高的识别准确率,是由于集装箱号所含的校验位纠正了许多识别错误,所以准确率高于孤立的单字符识别。

表 2 为整箱号(11 个字符)定位与识别实验结

果,在 1 804 个样本中,定位正确 1 758 个,准确率为 97.45%,整箱号识别正确数为 1 750 个,准确率为 97.01%。

表 1 单字符定位及识别结果

Tab.1 Results on isolated character location and recognition

| 字符数 | 定位正确 | 识别正确 | 定位正确字符的识别率 |
|--------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| 19 844 | 19 519 (98.36%) | 19 487 (98.20%) | 19 487/19 519 (99.84%) |

表2 整箱号定位及识别结果

Tab.2 Results on overall container code location and recognition

| 图片数 | 定位正确 | 整箱号识别正确 |
|------|--------------|--------------|
| 1804 | 1758(97.45%) | 1750(97.01%) |

算法在 P4 1.7GHz 的 PC 机上的平均定位和识别总时间仅为 143ms,这充分说明了本文提出的集装箱号字符定位和识别算法的有效性。

6 结论

本文讨论了集装箱号识别系统中箱号字符定位和识别技术,并提出了一种改进的单程分裂与归并图像分割算法,该算法通过对图像进行一趟扫描,即可得到图像中所有像素点的区域号及每个区域的特征,可见,算法具有较好的性能和较小的计算复杂度。结合对字符区域特征的分析 and 集装箱号排列规则,即可较为准确地定位和识别出各种排列方向下的集装箱号字符。在包括 1804 幅图像的集装箱号识别实验中,整箱号识别准确率达到 97.01%。本系统已成功应用于深圳海关大鹏码头,并得到了用户的好评。另外,本文提出的定位图像中字符方法,若稍加修改还可用于其他类似场合,如集装箱箱重识别、火车机车号识别,等等。

下一步的研究包括:(1)如何利用色度信息进行更为准确的彩色图像分割,以克服某些图像中文字与背景灰度较为接近的局限性;(2)以神经网络或支持向量机等模式识别算法代替规则滤除噪声区域。最后,尝试将本文的图像中字符定位方法应用于其他相关的实际应用。

参考文献 (References)

- Lee C M, Gao F. Segmentation algorithm in container ID number recognition system[A]. In: Proceedings of International Conference of Automation, Robotic and Computer Vision (ICARCV'90)[C], Singapore, 1990: 969~972.
- Lui H C, Lee C M, Gao F. Neural networks application to container

- number recognition [A]. In: Proceedings of IEEE 14th Annual International Computer Software & Applications Conference (COMPSAC'90)[C], Chicago, Illinois, America, 1990: 190~195.
- Lee C M, Kankanalli A. Automatic extraction of characters in complex scenes[J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1995, 9(1): 67~82.
- Lee C M, Wong W K, Fong H S. Automatic character recognition for moving and stationary vehicles and containers in real-life images[A]. In: Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN'99)[C], Washington, D C, America, 1999: 2824~2828.
- Mullot R, Olivier C, Bourdon J L, et al. Automatic extraction methods of container identity number and registration plates of cars [A]. In: Proceedings of International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation[C], Kobe, Japan, 1991: 1739~1744.
- He Zhiwei, Liu Jilin, Ma Hongqing, et al. A new localization method for container auto-recognition system[A]. In: Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks & Signal Processing [C], Nanjing, China, 2003: 1170~1172.
- He Zhiwei, Liu Jilin, Ma Hongqing, et al. A new automatic extraction method of container identity codes[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2005, 6(1): 72~78.
- Pan Wei, Wang Yangsheng, Yang Hongji. Robust container code recognition system[A]. In: Proceedings of Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation[C], Hangzhou, China, 2004: 4061~4065.
- Igual I S, Garcia G A, Jiménez A P. Preprocessing and recognition of characters in container codes [A]. In: Proceedings of 16th International Conference on Pattern Recognition [C], Quebec, Canada, 2002: 143~146.
- Goccia M, Bruzzo M, Scagliola C, et al. Recognition of container code characters through gray-level feature extraction and gradient-based classifier optimization [A]. In: Proceedings of Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition Volume II(ICDAR2003)[C], Edinburgh, Scotland, 2003: 973~977.
- Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. Image Processing: analysis and machine vision(2nd Edition)[M], Boston, MA, USA: Thomson Brooks Cole, 1998. [Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. 艾海舟, 武勃等译. 图像处理、分析与机器视觉(第二版)[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003年9月.]