

# 图像二值化时图像特征的保留

王 强 马利庄

( 浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室 杭州 310027 )

( 浙江大学计算机系 杭州 310027 )

**摘 要** 讨论了在进行图像二值化时如何保留图像的边界特征. 基于图像的边界信息和微分算子, 提出了一个局部阈值和整体阈值相结合的新的自动选择阈值算法. 实验表明, 这个基于边界特征检测算子的算法能很好地保留原图的边界特征, 并能处理低质量的图像.

**关键词** 二值化, 局部阈值, 整体阈值, 自适应, 边界特征

中图法分类号 TP391

## Binary-Conversion of Image with Feature Preserving

WANG Qiang MA Li-Zhuang

( State Key Laboratory of CAD & CG , Zhejiang University , Hangzhou 310027 )

( Department of Computer Science , Zhejiang University , Hangzhou 310027 )

**Abstract** Based on operators for edge feature detection , a new method of adaptive threshold selection is proposed which combines the local threshold with global threshold selection. Our experiments show that the new algorithm keeps the original edge features well and is efficient for processing low-quality images.

**Key words** binary conversion , local threshold , global threshold , adaptive , edge detection

## 1 引 言

图像二值化是图像处理的一项基本技术,也是很多图像处理技术的预处理技术. 在模式识别技术<sup>[1]</sup>、光学字符识别(OCR)<sup>[4]</sup>、医学数据可视化中的切片配准<sup>[6]</sup>、及在如银行验印系统等工程应用中,图像二值化是它们进行数据预处理的重要技术. 在很多图像处理技术中,图像特征对于最终的识别结果起着关键作用. 如在医学数据可视化中的切片配准中,切片图像的边界轮廓特征对于配准是至关重要的. 因此在进行二值化预处理过程中,能否保留原图的主要特征是很关键的.

在上述各系统中,图像来源各不相同,有手写纸张、印刷纸张、医学图像、银行支票等,获取图像的途

径也各不相同,如 CCD、数字相机、扫描仪、X 光、CT、MRI、显微镜等,扫描到计算机里的图像质量也参差不齐,其中 CCD 和数字相机受环境光的影响很大. 同时,图像来源如纸张、支票也可能质量很差. 因此,我们需要一种能处理低质量、甚至单峰直方图的图像的二值化方法,以尽可能地保留我们所需要的信息,特别是原图的特征信息.

在已知的图像二值化算法中,局部阈值法对处理低质量图像较为有效,但是时间开销大,而且在某些情况下会产生一些失真. 因此,需要一种不产生失真、且时间开销又不大的方法来处理低质量图像,并保留足够的特征信息.

在上述应用中,图像二值化时的阈值的选择必须是由计算机自动选取的,因此,自动阈值的选取方法就非常值得研究. 好的阈值自动选取方法既能较

好地保留原图中有用的信息,又能减小时间上的开销.

本文对图像二值化方法进行了讨论,并特别讨论了图像二值化阈值的自动选择,在此基础上,提出了一个新的图像二值化算法.该算法着重于在图像二值化时保留原图的边界特征,且无须人工干预.

## 2 已有的二值化方法

二值化可以看作是一种图像的压缩,压缩后的图像每像素只占 1-bit.在多数情况下,这种压缩是有损压缩,许多图像的细节丢失了.因此,在二值化的过程中,我们应尽量保持图像中与应用有关的细节.

二值化的阈值选取已有很多方法,主要分为 3 类<sup>[1-3]</sup>:

- (1) 整体阈值法;
- (2) 局部阈值法;
- (3) 动态阈值法.

整体阈值二值化方法是指在二值化过程中只使用一个阈值  $\alpha$  的方法;局部阈值法则是由像素灰度值和像素周围点局部灰度特性来确定像素的阈值的.动态阈值法的阈值选择不仅取决于该像素灰度值以及它周围像素的灰度值,而且还和该像素的坐标位置有关.一般来说,整体阈值法对质量较好的图像较为有效(这些图像的直方图有两个峰值),而局部阈值法则能适应较为复杂的情况.

上述提到的应用中,阈值的选择必须由计算机来自动进行.在已有的算法中,有很多是必须由人工进行干预的,不适合上述应用.下面列举一些自动阈值的选择算法.

(1) 非零元素取 1 法<sup>[5]</sup>.

(2) 平均灰度值法.该方法以图像中所有像素的灰度值的平均值为阈值.

(3) 最大方差法<sup>[5]</sup>.该方法取阈值  $\alpha$ ,它把双峰直方图一分为二,并使被分开的两部分之间方差最大.

以上 3 种方法都是整体阈值法,是较为常用的方法.下面的方法则需要人工干预.

(4)  $P$  块法<sup>[5]</sup>.阈值  $\theta$  满足条件:灰度值大于或等于  $\theta$  的像素占全体像素的 100% ( $0 \leq t \leq 1$ ),其中  $t$  由用户给定.

以上算法都没有考虑在二值化过程中保留原有图像的特征.比如一幅在不均匀光照明下的图像中物体轮廓的灰度是变化的,也许是模糊的,但是边界线仍然可以识别出来,用图像的特征检测算法也可以检测出来<sup>[1]</sup>.从下面实验可以看出,现有的算法在很多情况下,二值化结果图会失去原图的许多丰富的细节.

本文提出的新的图像二值化算法是一种局部阈值法.

## 3 基于边界特征的二值化算法

在文字识别、银行印章识别等系统的二值化处理,最理想的结果是以字体轮廓为边界,将在边界内的像素变换为黑像素,边界外的像素变换为白像素.这也是本文提出的新算法的目的.

在此,我们提出一种结合图像边界特征来进行二值化的方法.边界特征在文字识别、印章识别等应用中是非常重要的特征,是识别成功与否的关键.因此,在这些应用中的二值化预处理过程中,我们希望能较好地保留原图的边界特征,并不增加新的边界特征.

我们已知有很多差分算子:

$$(1) \Delta_x f(i, j) = f(i, j) - f(i+1, j), \\ \Delta_y f(i, j) = f(i, j) - f(i, j+1).$$

(2) 中心差分算子

$$\Delta_{2x} f(i, j) = f(i+1, j) - f(i-1, j), \\ \Delta_{2y} f(i, j) = f(i, j+1) - f(i, j-1).$$

(3) Roberts 算子

$$\Delta_+ f(i, j) = f(i+1, j+1) - f(i, j), \\ \Delta_- f(i, j) = f(i, j+1) - f(i+1, j).$$

以下是一些以  $3 \times 3$  掩膜表示的算子:

(4) Prewitt 算子

$$\begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{array} \\ \Delta_x \qquad \qquad \Delta_y$$

(5) Sobel 算子

$$\begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{array} \\ \Delta_x \qquad \qquad \Delta_y$$

还有一些其它的差分算子,如 Kirsch 算子、Robin-

son 算子、Laplacian 算子等。在以下的实验中我们发现,并不是所有的算子都适合二值化的阈值选取,选择算子的标准是二值化结果不出现失真或变形。

算法思想的关键是:用差分算子检测到图像的灰度变化较为剧烈的地方,在这些像素上进行二值化阈值的自适应选择;对于其它边界像素点则采取常规方法进行二值化处理。该算法描述如下:

```
// 输入:灰度或彩色图像 f
// 输出:二值图像 g
Step1. 对 f 进行去噪声等预处理工作;
Step2. 对 f 进行抽取边界特征,得到边界图像 e;
Step3. 对 e 进行常规二值化处理,得到二值图像 b;
Step4. 用整体阈值法确定一个 f 的整体阈值  $T_0$ ;
Step5. // 确定 f 的每个像素  $f(i, j)$  对应的阈值  $T(i, j)$ 
for 每个像素  $f(i, j)$  do
    if  $k(i, j) = 1$  then // 边界像素
        begin
            A = 与求  $k(i, j)$  相关的像素的平均灰度
            for 每个与求  $k(i, j)$  相关的像素  $f(u, v)$ 
                 $T(u, v) = A$ 
            end
        else if  $T(i, j)$  is not set then
             $T(i, j) = T_0$ 
Step6. 根据求出的阈值  $T(i, j)$  输出二值图像 g.
```

由于原图中会因为摄像机的扰动或其它干扰而含有噪声,所以在 Step1 要进行预处理,可采用  $3 \times 3$  或  $N \times N$  均值滤波器或中值滤波器,或者选择更为复杂一些的如自适应平滑化方法<sup>[5]</sup>,当然还可转换为灰度图像。图 1 是通过摄像机镜头获取的图像。图 2 是采用  $3 \times 3$  均值滤波器,经过去噪声处理的结果图。



图 1 原图

对图像进行预处理后,进行 Step2 边界特征抽



图 2 图 1 的预处理结果

取,这是二值化阈值自适应选取的基础。图 3 是图 2 的边界求取结果,这里采用如下的差分算子

$$\nabla f(i, j) = |f(i, j) - f(i + 1, j)| + |f(i, j) - f(i, j + 1)|.$$

Step3 是对边界特征图进行常规二值化,以确定哪些像素点是边界像素点。这时可采用平均灰度值或最大方差法等方法,这一步也可以与 Step5 结合进行。Step5 是算法的关键,根据 Step3 的结果进行二值化阈值的自适应选择,在灰度剧烈变化的地方进行局部阈值计算。Step6 根据计算出的阈值进行二值化输出。图 4 是图 1 的二值化结果图。



图 3 边界特征抽取结果



图 4 最终结果

在这个例子中 像素  $(i, j)$  到  $(i+1, j)$  和  $(i, j+1)$  的灰度变化对  $(i, j)$  处的阈值选择起作用.

总结以上过程 ,算法中可以调整的因素有 :

- (1) 去噪声方法选择 ;
- (2) 微分算子选择 ;
- (3) 边界特征图二值化方法.

其中差分算子的选择对二值化效果影响较大 ,如果选择不适当的差分算子 ,就得不到预期的效果.

### 4 实例及其讨论和比较

在上节中提出了把图像边界特征与其它阈值选取结合起来的算法.图 5—图 8 是用该算法和其它几种自动选取阈值二值化方法对同一幅图像进行处理比较的结果.



图 5 原图



图 6 基于边界信息的二值化



图 8 以最大方差为阈值的二值化

比较以上几幅图可以看出 ,以最大方差为阈值的二值化比以平均灰度值为阈值的效果要好 ,但用



图 8 以平均灰度值为阈值的二值化

本文的方法得到的结果(如图 6 所示)的二值化效果最好.它较好地保持了原图的细节信息(包括眼睛等五官的轮廓和头发的细节).

表 1 是采用自适应选择阈值方法、最大方差法和平均灰度值法对图 5 进行处理所用的 CPU 时间比较.

表 1 用几种方法对图 5 进行二值化所用 CPU 时间比较  
( P166 32M 内存 )

二值化方法	CPU 时间( s )
自适应选择阈值方法	0.041
最大方差法	0.013
平均灰度值法	0.013

从表中可以看出 ,从时间开销方面考虑 ,自适应选择阈值方法已可以实用化了.在实际编程中还可以将算法中 Step2—Step5 结合起来以提高效率.

### 5 结 论

本文提出了一种新的对图像二值化算法 ,该算法能使二值化图像保持原图像的边界特征 ,是一种自适应调整阈值的方法 ,因而能处理某些低质量或污染过的图像.

致 谢 感谢余正生博士的建议 ,同时也感谢万华根博士的鼓励.

### 参 考 文 献

- 1 A Rosenfeld , A C Kak. Digital Picture Processing. Beijing : Science Press , 1983. 57 - 190
- 2 Jing Ren-Jie , et al. Computer Image Processing. Hangzhou : Zhejiang University Press , 1990( in Chinese )  
( 荆仁杰 ,等编. 计算机图像处理. 杭州 :浙江大学出版社 ,1990 )
- 3 J S Weszka. A survey of threshold selection techniques. Computer Graphics and Image Processing , 1978 , 7( 2 ) 259 - 265
- 4 Zhang Xin-Zhong. Chinese OCR Techniques. Beijing : Tsinghua Univer-

- sity Press ; Nanning : Guangxi Science & Technology Press , 1992( in Chinese )
- ( 张炘中. 汉字识别技术. 北京 :清华大学出版社 ;南宁 :广西科学技术出版社 ,1992 )
- 5 Wang Xu-Fa , Zhuang Zhen-Quan , Wang Dong-Sheng. Image Processing Programming in C. Hefei : Publishing House of University of Science & Technology of China , 1994( in Chinese )
- ( 王煦法 ,庄镇泉 ,王东生. C 语言图像处理程序设计. 合肥 :中国科学技术大学出版社 ,1994 )
- 6 Guo Hong-Hui. Study of basic algorithms for medical visualization[ Ph D Dissertation ]. Hangzhou : Zhejiang University , 1997( in Chinese )
- ( 郭红晖. 医学体数据可视化基础算法研究[ 博士学位论文 ]. 杭州 :浙江大学 ,1997 )

# 图像二值化时图像特征的保留

作者: 王强, 马利庄, [WANG Qiang](#), [MA Li-Zhuang](#)  
作者单位: 王强, [WANG Qiang](#)(浙江大学CAD & CG国家重点实验室, 杭州, 310027), 马利庄, [MA Li-Zhuang](#)(浙江大学计算机系, 杭州, 310027)  
刊名: [计算机辅助设计与图形学学报](#) [ISTIC EI PKU](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF COMPUTER-AIDED DESIGN & COMPUTER GRAPHICS](#)  
年, 卷(期): 2000, 12(10)  
被引用次数: 67次

## 参考文献(6条)

1. [A Rosenfeld;A C Kak](#) [Digital Picture Processing](#) 1983
2. 荆仁杰 [计算机图像处理](#) 1990
3. [J S Weszka](#) [A survey of threshold selection techniques](#) 1978(02)
4. 张火斤中 [汉字识别技术](#) 1992
5. 王煦法;庄镇泉;王东生 [C语言图像处理程序设计](#) 1994
6. 郭红晖 [医学体数据可视化基础算法研究](#)[学位论文] 1997

## 本文读者也读过(4条)

1. 吴锐, 黄剑华, 唐隆龙, 刘家锋 [基于灰度直方图和谱聚类的文本图像二值化方法](#)[期刊论文]-[电子与信息学报](#) 2009, 31(10)
2. 吴冰, 秦志远 [自动确定图像二值化最佳阈值的新方法](#)[期刊论文]-[测绘学院学报](#)2001, 18(4)
3. 赵雪松, 陈淑珍, [ZHAO Xue-song](#), [CHEN Shu-Zhen](#) [综合全局二值化与边缘检测的图像分割方法](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#)2001, 13(2)
4. 高永英, 张利, 吴国威, [Gao Yongying](#), [Zhang Li](#), [Wu Guowei](#) [一种基于灰度期望值的图象二值化算法](#)[期刊论文]-[中国图象图形学报](#)1999, 4(6)

## 引证文献(63条)

1. 赵凡 [一种基于边缘检测的视网膜图像的分割方法](#)[期刊论文]-[陕西工学院学报\(自然科学版\)](#) 2003(2)
2. 王恒迪, 涂承媛 [基于MATLAB的心电信号二值化算法](#)[期刊论文]-[北京工业大学学报](#) 2002(4)
3. 胡小兵 [基于面积特征的物体测评方法研究与实现](#)[期刊论文]-[计算技术与自动化](#) 2002(4)
4. 陈元琰, 姜颖军 [基于计算机视觉的玻璃瓶裂纹在线检测系统](#)[期刊论文]-[计算机应用](#) 2001(11)
5. 陈元琰, 姜颖军, 王强 [玻璃瓶口裂纹检测的简易判断法](#)[期刊论文]-[广西师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2001(3)
6. 张松林, 潘传红, 胡刚 [脱机手写签名鉴别中的预处理技术研究](#)[期刊论文]-[计算机安全](#) 2010(6)
7. 谢可军, 文乐元 [基于图象处理方法的牧草根系分形维数估算](#)[期刊论文]-[草业与畜牧](#) 2008(4)
8. 朱浩悦, 耿国华, 周明全 [车牌识别中二值化方法的研究](#)[期刊论文]-[计算机应用与软件](#) 2007(2)
9. 卢焕达, 周丽娟 [基于图像处理方法的根系分形维数估计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2006(12)
10. 王勇智 [数字图象的二值化处理技术探究](#)[期刊论文]-[湖南理工学院学报\(自然科学版\)](#) 2005(1)
11. 朱从锋, 王伯雄, 陈华成, 刘振江, 丁洁, 罗秀芝 [图像微观特征识别方法](#)[期刊论文]-[清华大学学报\(自然科学版\)](#) 2003(8)
12. 徐全生, 于霞, 梁乐彬 [汽车牌照图像的预处理研究](#)[期刊论文]-[沈阳工业大学学报](#) 2002(2)
13. 张彦梅, 宋扬 [模板匹配方法在高速目标跟踪中的应用](#)[期刊论文]-[北京理工大学学报](#) 2006(11)
14. 宋金英, 黄丽华, 刘树锋 [基于像素类型的阶跃型边缘提取算法](#)[期刊论文]-[河北农业大学学报](#) 2005(1)
15. 邓菁, 郑永果 [基于形态学的图像二值化方法](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2002(11)

16. [刘笃喜, 温立民, 朱名铨](#) [飞机发动机叶片裂纹自适应检测算法的研究](#)[期刊论文]-[测控技术](#) 2007(6)
17. [赵永志, 彭国华](#) [一种有效的图像二值化方法](#)[期刊论文]-[科学技术与工程](#) 2007(1)
18. [王建平, 秦枫](#) [灰度文本图像自适应二值化滤波算法设计及应用](#)[期刊论文]-[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2004(5)
19. [王建文, 杜春梅](#) [激光三维扫描图像处理改进算法](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2010(17)
20. [覃伟, 裴颂文, 张世乐, 吴百锋](#) [基于图像边缘形态学分析的轴承质检方法](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2010(21)
21. [杨玲](#) [字符图像混合二值化方法研究](#)[期刊论文]-[辽宁省交通高等专科学校学报](#) 2006(4)
22. [刘智娟, 刘智, 罗代升](#) [光栅投影三维物体重建中的二值化方法研究](#)[期刊论文]-[四川大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(5)
23. [崔金魁, 于新刚](#) [网格特征在车牌识别中的应用](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2011(8)
24. [王晓, 田正宏, 徐明波](#) [透水模板布的分形特征](#)[期刊论文]-[水利水电科技进展](#) 2009(6)
25. [谢永, 章义来, 黄华](#) [墙地砖表面缺陷自动检测集成系统的研究](#)[期刊论文]-[中国陶瓷](#) 2008(4)
26. [陈强, 朱立新, 夏德深](#) [结合Canny算子的图像二值化](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2005(6)
27. [罗钧, 卢艳, 蒋均祝, 廖宏华](#) [图像分割技术及其在模拟指针式仪表自动检定系统中的应用](#)[期刊论文]-[仪器仪表学报](#) 2004(z3)
28. [方敏, 叶锋](#) [基于自组织特征映射网的灰度图像二值化方法](#)[期刊论文]-[合肥工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2001(6)
29. [胡俊峰, 朱启标, 钱建生](#) [医学影像实时采集与网上传输系统的研究](#)[期刊论文]-[医疗卫生装备](#) 2004(11)
30. [高凌霄, 李顺群](#) [灰度阈值对粘土合成微结构参数的影响](#)[期刊论文]-[水文地质工程地质](#) 2011(5)
31. [任洪娥, 阿伦, 徐海涛, 高洁](#) [基于数字图像处理技术实现人造板孔穴评价的研究](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2008(3)
32. [季松](#) [沈阳故宫停车场车辆牌照自动识别算法研究](#)[学位论文]硕士 2005
33. [汪哲恒, 李翠华](#) [基于目标特征的图像预处理技术](#)[期刊论文]-[厦门大学学报\(自然科学版\)](#) 2004(4)
34. [方敏, 叶锋, 刘泓](#) [基于自组织特征映射网的彩色图像二值化方法](#)[期刊论文]-[信号处理](#) 2003(1)
35. [唐菊](#) [车牌精确定位与实现](#)[期刊论文]-[自动化与仪器仪表](#) 2011(4)
36. [王树梅, 张晨](#) [一种基于多阈值的灰度图像去噪算法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2011(11)
37. [张登荣, 郭兆胜, 沈国状](#) [一种遥感数字图像匹配的合成算法](#)[期刊论文]-[浙江大学学报\(理学版\)](#) 2005(6)
38. [龙钧宇, 金连文](#) [一种基于全局均值和局部方差的图像二值化方法](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2004(2)
39. [雷亮, 陈丽, 徐初东, 赖天树, 林位株](#) [相干控制中基倍频光等相面的测控方法](#)[期刊论文]-[红外与毫米波学报](#) 2009(4)
40. [胡昕, 洪宝宁, 孙秋, 王伟](#) [岩土材料微结构图像预处理方法](#)[期刊论文]-[河海大学学报\(自然科学版\)](#) 2009(1)
41. [雷亮, 陈丽, 胡正发, 周金运, 胡义华](#) [基频倍频光波前面的相位控制技术](#)[期刊论文]-[中国激光](#) 2009(8)
42. [李学华](#) [基于图像识别的圆形钢管计数方法研究](#)[学位论文]硕士 2005
43. [Chen Gang, XU Lian-feng, Shao Jian-bin, Yang Yong-quan, DAI Guang-qing](#) [DIGITAL IMAGE MEASUREMENT OF BUBBLE MOTION IN AERATED WATER FLOWS](#)[期刊论文]-[水动力学研究与进展B辑](#) 2002(3)
44. [雷亮, 林春梅, 刘鲁宁, 林位株](#) [光学相干控制中脉冲光束等相面的实时测控](#)[期刊论文]-[光子学报](#) 2006(3)
45. [甄荣](#) [车牌识别技术的研究](#)[学位论文]硕士 2006
46. [魏诚](#) [车牌图像二值化效果的改进算法研究](#)[学位论文]硕士 2006
47. [李林](#) [基于机器视觉测量技术的红外干扰烟幕测试系统的研究与设计](#)[学位论文]硕士 2005
48. [朱浩悦](#) [脱机中文签名鉴别系统关键技术研究](#)[学位论文]硕士 2006

49. [朱永权](#) [档案管理数字化系统的研究](#)[学位论文]硕士 2003
50. [吕作超](#) [荧光磁粉探伤缺陷识别系统图像处理技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
51. [姚园](#) [数字化信息卡文档图像预处理系统的设计与核心算法](#)[学位论文]硕士 2004
52. [周宇泉](#) [加载过程中粘性土微细结构变化规律的定量试验研究](#)[学位论文]硕士 2005
53. [王保丰](#) [计算机视觉工业测量系统的建立与标定](#)[学位论文]硕士 2004
54. [许波](#) [车牌抓拍系统DSP软件设计](#)[学位论文]硕士 2006
55. [龚小兵](#) [基于BP神经网络的车辆牌照自动识别系统的研究](#)[学位论文]硕士 2006
56. [王琴](#) [车辆牌照提取与识别算法的研究](#)[学位论文]硕士 2005
57. [秦威](#) [基于CCD技术的平面机构运动研究](#)[学位论文]硕士 2006
58. [刘智娟](#) [光栅投影三维物体重建及图像压缩](#)[学位论文]硕士 2006
59. [孙自强](#) [图像轮廓线压缩方法的研究](#)[学位论文]硕士 2004
60. [田辉平](#) [水下图像测量过程中构像信息的获取](#)[学位论文]硕士 2005
61. [白闻多](#) [空中动态目标识别技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
62. [沈晗](#) [非均匀光照文本图像的分割](#)[学位论文]硕士 2006
63. [王洪](#) [机器视觉元件辅助贴放技术研究](#)[学位论文]博士 2002

引用本文格式: [王强](#), [马利庄](#), [WANG Qiang](#), [MA Li-Zhuang](#) [图像二值化时图像特征的保留](#)[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2000(10)