

# 一种基于小波与形态学的车牌图象分割方法

戴青云<sup>1,2)</sup> 余英林<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>华南理工大学通信与电子工程系, 广州 510641 <sup>2)</sup>广东工业大学电子与信息工程系, 广州 510643)

**摘要** 针对汽车车牌号与车身背景的分割问题, 给出了一种基于小波分析和数学形态学的图象分割方法. 该方法是通过小波多尺度分解提取出纹理清晰, 具有不同空间分辨率、不同方向的边缘子图象. 其水平方向低频、垂直方向高频的这一细节分量, 主要代表车牌的目标区域. 然后, 用数学形态学方法对小波分解后的细节图象进行一系列的形态运算, 进一步消除无用信息和噪声, 以找准车牌位置. 用该方法对在不同照明条件下所采集到的一系列车头、车尾图象进行了大量的实验. 实验结果表明, 该方法定位效果好, 分割精度高, 适于对有噪声的车牌图象进行分割.

**关键词** 车牌图象分割 小波变换 数学形态学

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)05-0411-05

## A Kind of Segmentation Method of Vehicle-License-Plate Images Based on Wavelet and Mathematical Morphology

DAI Qing-yun<sup>1,2)</sup>, YU Ying-lin<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(Dept. Of Comm. and Elec. Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641)

<sup>2)</sup>(Dept. Of Elec. and Info. Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643)

**Abstract** In this paper, a kind of practical image segmentation algorithm for segmenting the license plate from its vehicle body background is presented, based on wavelet multiscale analysis and mathematical morphology. By multi-resolution analysis and pyramid decomposition, the edge components with different spatial resolutions and different directions can be acquired, among which, the horizontal low-frequency and vertical high-frequency component has the most distinguished texture feature standing for the object region of the license plate. Then by further morphological operations, the noise in these edge components can be greatly decreased and the locations of the license plates can be also accurately determined. We have completed a series of experiments under different conditions. The experiment results show that the segmentation effects and its orientation accuracy are improved significantly, so the proposed method is very effective for segmenting and locating noisy vehicle license plates.

**Keywords** Vehicle-license-plate image segmentation, Wavelet, Mathematical morphology

## 0 引言

近年来, 图象处理技术已在模式识别领域取得了很大的进展, 但是在实际应用的过程中, 我们经常遇到一个同样的难题, 即怎样才能快速、有效地将感兴趣的目标从复杂的背景中分割出来? 这实际上是一个图象分割所要解决的问题.

所谓图象分割就是要根据目标与背景的先验知

识, 对图象中的目标、背景进行标记、定位, 然后将待识别的目标从背景或其它伪目标中分离出来. 图象分割是图象理解的重要组成部分, 只有有效地完成分割, 才能进一步提取目标特征并识别目标. 传统的图象分割方法主要有基于区域的分割方法、基于边界的分割方法和基于边沿的分割方法 3 种<sup>[1]</sup>. 国内外已有大量学者对此进行了广泛的研究<sup>[2,3]</sup>, 但这些分割方法通用性较差, 因此分割方法有待进一步改进.

本文的目标就是要研究出一种将汽车的车牌号

从复杂的背景中分割出来,以便进一步识别的技术,并将该技术应用于高速公路自动收费系统.由于收费系统一般采用 CCD 工业电视摄像机获取图象数据,且在野外作业,所以所采集到的图象与用扫描仪扫描得到的图象相比,其质量不太理想,主要原因是:

(1) 各类机动车型号不一,且同一种类型车上车牌的位置也不尽相同.

(2) 含有丰富的自然背景及车身背景信息,同时易受照明条件(白天,黑夜)、天气条件(阴、雨、雾、雪)及运动失真和模糊的影响.

(3) 由于在野外环境下使用,车牌会有不同程度的磨损,变形.

(4) 汽车的车速不尽相同,通过收费站时摄像机的角度也有所差异.

所以,要对车牌号码进行自动识别,首要的问题是要将车牌区域从复杂背景中分割出来.为了保证车牌上汉字省名和数字号码的正确识别,所输入的图象必须有足够清晰的分辨率,因此需采用分辨率在  $1024 \times 768$  以上的摄像机采集图象.然而直接在原始图象中搜索车牌是很困难的,所以需要进行一系列预处理,如降低分辨率、提高目标车牌的对比度等.此外,由于原始图象尺寸较大,直接存储所需内存空间大,如能找准车牌位置,并准确分割,则可减少存储容量.图 1 为一幅经一系列预处理后得到的车牌图象.



图 1 增强后的车牌图象

阈值分割、边缘提取是最常用的图象分割方法.但由于大量噪声的存在,用这些通用的方法很难取得好的分割效果<sup>[4,5]</sup>.图 2 为用经典边缘提取方法得到的边缘提取图象.图 3、图 4 分别给出了其沿水平和垂直方向的灰度投影图.

可见,要从这些图象中直接提取车牌的位置信息是相当困难的.必须寻找一种新的方法才能解决这个问题.本文结合车牌图象的特点,尝试利用小波变换的多分辨率特性、方向特性及其它特性对车牌图象进行系列分析,以便找到一种较好的分割方法.多分辨率分析方法的主要思路是在不同的分辨率层



图 2 边缘提取图象

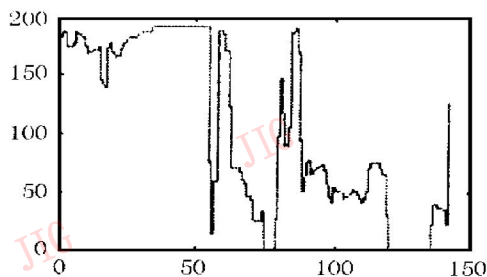


图 3 图 2 在垂直方向的灰度投影图

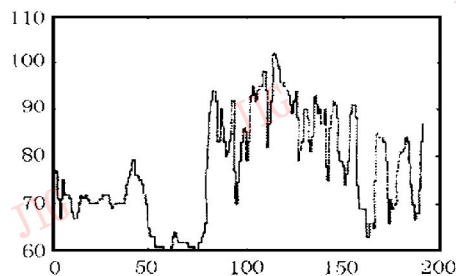


图 4 图 2 在水平方向的灰度投影图

次上对图象进行分割,即在低分辨率图象上进行粗分割,由于计算量小,适用于寻找目标的大致轮廓,而在较高分辨率图象上实现精细分割,而且粗分割结果对精细分割具有一定的指导作用,故可以大大减少计算量和提高目标的定位精度.

## 1 小波变换的基本概念<sup>[6]</sup>

小波基是一个由单一的函数  $\psi$  经伸缩、平移而产生的簇函数

$$\psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \psi \left| \frac{t-b}{a} \right| \quad (1)$$

其中,  $a$  代表伸缩因子;  $b$  代表平移因子;  $\psi(t)$  称为母小波.  $\psi(t)$  经过平移及伸缩变换后,得到  $\psi \left| \frac{t-b}{a} \right|$ , 即可以生成不同的频率成分.小波函数  $\psi(t)$  可视为一个带通滤波器的冲击响应.

在实际应用中,我们常将其离散化,令  $a = a_0^m$ ,  $b = n b_0 a_0^m$ , 其中,  $m, n$  为实数.在二进制伸缩的条件下,令  $a_0 = 2, b_0 = 1$ , 则  $\{\psi_{m,n}\}$  可表示为

$$\Psi_{m,n}(x) = 2^{-\frac{m}{2}} \Psi(2^{-m}x - n) \quad (2)$$

小波的伸缩意味着高频小波对应于  $a < 1$ , 窄信号(短时信号); 低频小波对应于  $a > 1$  宽信号(长时信号), 即, 在低频端采用长的时间窗, 在高频端采用短的时间窗。

小波变换的基本思想是将原始信号通过伸缩及平移后, 分解为一系列具有不同空间分辨率、不同频率特性和方向特性的子带信号, 这些子带信号具有良好的时域、频率等局部特性. 这些特征可用来表示原始信号的局部特征, 进而实现对信号时间、频率的局部化分析, 以克服 Fourier 分析在处理非平稳的复杂图象时所存在的局限性. 用小波变换还可以进行图象增强、特征提取、边缘检测、图象分割、纹理分析、图象压缩、模式识别等方面的处理。

## 2 Mallat 塔式分解

将小波变换推广到二维的情形, 即通过多分辨率分析和 Mallat 塔式分解方法, 可以得到原始图象在不同尺度、不同方向上的模糊分量和细节分量<sup>[7]</sup>.

这些分量所对应的尺度和方向上的特性, 对增强车牌图象、提取车牌边缘以及寻找车牌目标在原始图象中的位置信息等方面都具有特殊的意义。

图 5、图 6 分别给出了车牌图象通过一级分解和 3 级分解后的结果图象。



图 5 一级小波分解



图 6 3 级小波分解

由于传统的边缘检测方法检测到的边缘含有很多无用信息, 所以要想从这些复杂的信息中准确地找准车牌的位置, 非常不容易, 这也正是目前车牌识别中所面临的最大问题. 通过对车牌图象进行一级、二级小波分解, 发现小波分解后的细节分量中有能较好地体现出车牌位置的信息, 特别是其水平方向低频、垂直方向高频细节分量能提供更准确的车牌位置信息. 车牌图象经一级小波分解后, 各分量的二值化结果如图 7 所示. 从图中可以看出, 小波分解后

的边缘图象噪声已大大减小, 而且车牌的纹理已清晰可见, 二值化后的混合边缘沿水平方向和垂直方向的灰度投影图分别如图 8、图 9 所示。



(c) 混合边缘 (b) 垂直边缘 (a) 水平边缘  
图 7

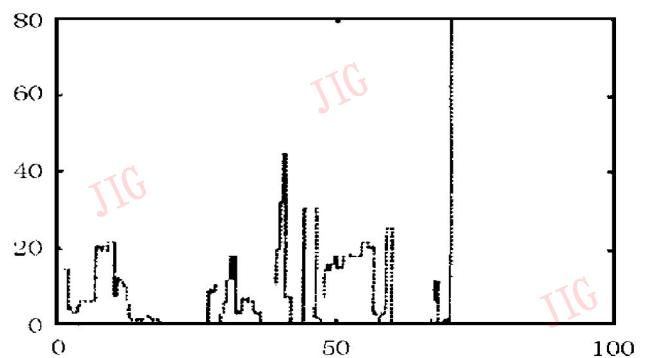


图 8 混合边缘在垂直方向的灰度投影图

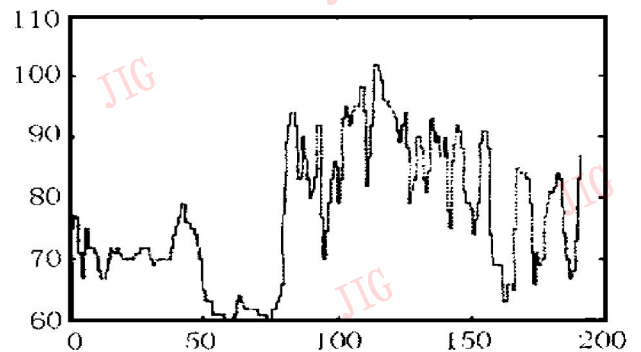


图 9 混合边缘在水平方向的灰度投影图

由上图可知, 图象中存在的噪声对准确识别车牌位置仍然有很大的影响. 为了充分利用通过小波分解后得到的标示车牌位置的纹理信息, 来确定车牌的准确位置, 下面我们采用数学形态学的方法来进行进一步的处理。

## 3 数学形态学<sup>[8]</sup>

数学形态学是一种非线性滤波方法, 可以用于抑制噪声、特征提取、边缘检测、图象分割等图象处理问题. 数学形态学首先被用来处理二值图象, 后来也被用来处理灰度图象, 现在又有学者开始用软数学形态学和模糊形态学来解决计算机视觉方面的问题。

数学形态学的特点是能将复杂的形状进行分解, 并将有意义的形状分量从无用的信息中提取出来. 本

文充分利用数学形态学这一特性来对小波分解出的细节分量进行处理, 并得到了很理想的实验结果.

选用二值化的细节分量图(图 7(c)) 进行实验. 数学形态学中二值图象的形态变换是针对集合的处理. 其形态算子的实质是表达物体或形状的集合与结构元素间的相互作用, 因此结构元素的形态就决定了这种运算所提取的信号的形状信息. 形态学图象处理是在图象中移动一个结构元素, 然后将结构元素与二值图象进行交、并等集合运算. 其基本的形态运算是腐蚀和膨胀.

按定义, 二值图象上目标边界点是指位于目标内部, 且至少有一个邻点位于目标之外的象素. 用  $B(x)$  代表结构元素, 对工作空间  $E$  中的每一点  $x$ , 腐蚀和膨胀的定义分别为:

腐蚀:

$$X = E \ominus B = \{x: B(x) \subset E\} \quad (3)$$

膨胀:

$$Y = E \oplus B = \{y: B(y) \cap E \neq \emptyset\} \quad (4)$$

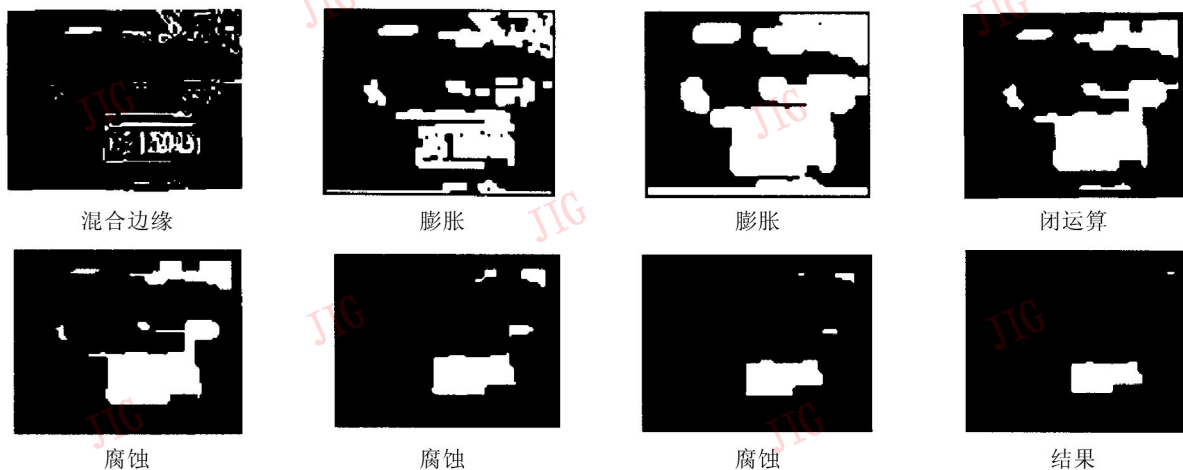


图 10 形态运算的过程及处理结果

从图 10 可以看出, 通过对小波分解得到的细节图象进行一系列膨胀和腐蚀运算, 可以有效地消除细小的物体, 增强目标区域内连通性, 从而在结果图象中只留下了车牌这一待寻的目标.

经过形态运算后的结果图象沿水平、垂直方向的灰度投影结果如图 11, 图 12 所示. 从图 11、图 12 可以验证图 10 所得出的结论.

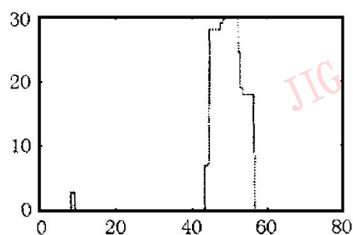


图 11 图 10 结果图象的垂直方向灰度投影图

简单的腐蚀是一种消除边界点的过程, 结果是使目标缩小, 孔洞增大, 因而可有效地消除孤立噪声点; 膨胀是将与目标物体接触的所有背景点合并到物体中的过程, 结果是使目标增大, 孔洞缩小, 可填补目标物体中的空洞, 形成连通域.

一般情况下, 腐蚀与膨胀是不可恢复的运算, 但通过腐蚀与膨胀可以构成开运算和闭运算.

开运算和闭运算的定义如下:

形态开:

$$E \circ B = (E \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

形态闭:

$$E \bullet B = E \oplus (E \ominus B) \quad (6)$$

先腐蚀后膨胀的过程称为开运算, 它具有消除细小物体, 并在纤细处分离物体和平滑较大物体边界的作用; 先膨胀后腐蚀的过程称为闭运算, 它具有填充物体内部细小空洞, 连接邻近物体和平滑边界的作用. 通过对经小波分解得到的含有车牌位置信息的细节图象进行一系列形态运算, 结果如图 10 所示.

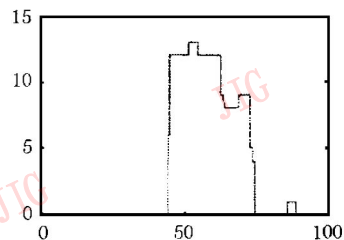


图 12 图 10 结果图象的水平方向灰度投影图

图 11、图 12 中峰值所对应的位置, 即分别代表了车牌的位置, 并可以通过编程求出不同分割精度下代表车牌位置的坐标, 由于我们是对小波一级分解后的细节图象进行上述处理的, 因此只需将这些坐标值乘以 2, 即可以得到车牌在原始图象中的位置.

对原始车牌灰度图象及二值图象进行上述分割的结果如图 13、图 14 所示.



图 13 灰度图象的分割结果



图 14 二值化图象的分割结果

我们用该方法对在不同照明条件下所采集到的一系列车头、车尾图象进行了大量的实验. 实验结果如表 1 所示.

表 1 实验结果分析

类型	条件	数量 (个)	误分割 (个)	正确分割 (个)	准确率 (%)	总准确率 (%)
车头	白天	50	0	50	100	97.33
	晚上	25	1	24	96	
车尾	白天	50	1	49	98	
	晚上	25	2	23	92	

因为印刷在车牌上的汉字省名或车牌号码一般都是标准的印刷体字符,且相互之间少有粘连,一旦找准车牌的位置,即可采用与印刷体汉字识别相似的方法对车牌进行识别.

## 4 结 论

本文针对车牌图象的特点,提出了一种基于小波分析和数学形态学的图象分割新方法,该方法能快速、有效地从复杂背景中将待识别的车牌图象自动分割出来,取得了非常理想的实验结果.

对车牌图象进行小波变换是该方法的关键.通过小波分解,可以提取出标示车牌位置、体现车牌不同方向纹理的较低分辨率的细节图象.小波多分辨率分析的主要思路是在不同的分辨率层次上对图象进行分割,即在低分辨率图象上进行粗分割,由于计算量小,适用于寻找目标的大致轮廓;而在高分辨率图象上实现精细分割,而且由于粗分割结果对精细分割具有一定的指导作用,这样可以大大减少计算量.

车牌图象中水平边缘细节比较丰富,但与车牌无关的背景信号也很多,而垂直边缘细节信号则主要代表车牌的目标区域,纹理清晰.据此,我们用数学形态学方法对小波分解后的细节图象进行一系列的膨胀、腐蚀运算.其中膨胀运算可填充小波分解后车牌图象中的空洞,增加车牌目标的连通性,而腐蚀

运算则可消除细小物体和在纤细处分离物体,从而起到消除噪声和其它无用细节信号的作用,因而可进一步找准车牌位置.我们用该方法对在不同照明条件下所采集到的一系列车头、车尾图象进行了大量的实验.实验结果表明,该方法定位效果好,分割精度高,非常适于对有噪声的车牌图象进行分割.

由于结构元素的尺寸与形状对实验结果有较大的影响,有时,对不同的背景或不同的目标图象需采用不同的结构元素,或施以不同的形态变换才能取得满意的实验结果.为了进一步提高运行速度,改善实验效果,我们将尝试采用自适应形态学方法来对该方法进行进一步的改进.

## 参 考 文 献

- 1 Castleman Kenneth R. Digital image processing. Prentice-Hall Inte., Inc. 1998.
- 2 Yi Lu. Machine printed character segmentation— An Overview. Pattern Recognition., 1995, 28(1): 67~ 80.
- 3 Sahoo P K, Wong A K C. A survey of thresholding techniques. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1998, 41: 233 ~ 260.
- 4 张西宁, 郑南宁. 汽车牌照自动识别中的目标与背景的快速分割. 信息与控制, 1988, (2): 27~ 31.
- 5 王少杰, 朱志刚, 石定机, 俞志和. 货运列车车型车号自动分割和识别算法. 模式识别与人工智能, 1988, (3): 328~ 334.
- 6 Stephane, Mallat, Sifen Zhong. Characterization of signals from multiscale edges. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Matching Intelligence, 1992, 14: 710~ 1034.
- 7 Mallat S. A theory for multiscale signal decomposition: The wavelet representation. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intel., July, 1989, 11.
- 8 Jean Serra *et al.* Introduction to mathematical morphology. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1986, 35: 283~ 305.



**戴青云** 1991年毕业于华中理工大学,获硕士学位.现为广东工业大学电子与信息工程系副教授,华南理工大学通信与电子系统专业在职博士生.主要研究方向为图象分析、模式识别.

**余英林** 华南理工大学通信与电子工程系教授、博士生导师.主要研究兴趣:信息处理、图象处理、模式识别、神经网络.曾主持完成多项国家自然科学基金,部委基金及广东省自然科学基金项目.多次获省部级以上科研成果奖,发表学术论文 50 余篇.