

# 一种基于彩色图像分割的车牌检测方法

薄树奎<sup>1</sup> 孙新德<sup>1</sup> 丁 琳<sup>2</sup>

(郑州航空工业管理学院计算机科学与应用系 郑州 450015)<sup>1</sup>

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)<sup>2</sup>

**摘 要** 提出一种彩色图像车牌检测方法, 主要包括三个步骤, 首先对车牌图像执行多尺度区域生长分割, 然后在分割结果中进行车牌区域的粗定位, 最后对粗定位提取的车牌区域作精确定位分析。区域生长分割方法可以产生封闭的区域, 容易提取其形状信息, 而长矩形是车牌目标一个显著特征, 因此可以通过形状信息检测车牌。在图像分割中, 采取多尺度的分割方法, 生成多个不同细节程度的分割结果。在每个分割图像中搜索具有车牌外形特征的图像区域, 初步检测出候选车牌目标。根据车牌字符的大小和笔画特征, 对候选车牌区域进行精确判别分析, 得到最终的车牌检测结果。实验部分验证了车牌检测的有效性。

**关键词** 彩色图像, 车牌检测, 多尺度分割, 区域生长, 形状

中图分类号 TP391 文献标识码 A

## Method of License Plate Detection Based on Color Image Segmentation

BO Shu-kui<sup>1</sup> SUN Xin-de<sup>1</sup> DING Lin<sup>2</sup>

(Department of Computer and Application, Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015, China)<sup>1</sup>

(Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences Beijing 100101, China)<sup>2</sup>

**Abstract** A license plate detection method was proposed. The method includes three steps: multi-scale image segmentation, rough location of license plate, and analysis of extracted image region. As region-growing image segmentation produces closed image regions, the shape information of all the regions is extracted from them. One of the important characteristics of a license plate is its rectangular shape, so this paper used the shape characteristics to detect license plate in the first place. To produce image regions we used multi-scale segmentation method, by which the color image was segmented into multiple resulting images with different detail levels. The search for license plate like image regions in these resulting images was done to detect candidate license plates. Then the candidate image regions were examined according to the stroke features of license plate characters. The validity of the proposed detection method is shown in our experiment.

**Keywords** Color image, License plate detection, Multi-scale segmentation, Region-growing, Shape

随着社会交通的发展, 对车辆的现代化管理日趋自动化, 对车辆的自动监测、识别系统的需求日益增加, 例如, 自动的停车场管理、违规车辆的提取、通行费的收取以及被偷车辆跟踪等等。为了适应当今交通发展, 需要有智能化的交通管理系统(intelligent transport system, ITS), 其中一个重要环节就是基于车辆图像的牌照识别系统(license plate recognition, LPR)。通常, 车牌识别包括两个独立部分, 一个是图像中车牌的定位, 称为车牌检测, 另一个部分是车牌字符的识别, 就是确定车牌号码。车牌检测的准确度无疑对正确识别出车牌号码起着至关重要的作用, 当前一些车牌识别系统正确率不高很大程度上源于车牌检测不准确。

车牌检测方法很多, 常见的有: 基于边缘检测的方法<sup>[1-3]</sup>、基于区域的方法<sup>[4]</sup>、基于数学形态学方法<sup>[5]</sup>、基于矢量量化的方法, 还有基于小波分析的方法以及基于神经网络的方法等

等。Matas<sup>[6]</sup> 提出一种不同的车牌定位方法, 找出图像中所有类似字符的区域, 再以字符特性和连线确定车牌位置。目前大多数车牌检测方法先对图像进行灰度或者二值化处理, 提取图像中的边缘信息, 然后根据形态学方法形成封闭区域。由于基于边缘检测的方法对边缘信息非常敏感, 车牌的漏检和误检率都比较高, 而且基于灰度图像的方法丢失了很多的颜色信息, 也造成了车牌区域检测的错误。基于彩色图像的车牌定位, 目前的研究和应用相对较少, 主要是通过 RGB 或者 HSI 色域空间对车牌进行搜索定位。

本文提出一种基于彩色图像分割的车牌检测方法, 采用区域生长方法首先对原图像进行多尺度的分割, 然后根据车牌的外形特征, 在分割产生的所有图像区域中, 初步搜索得到车牌候选目标, 最后根据车牌内部的背景和字符等属性特征, 对候选目标进一步确认。区域生长方法是目前最成熟的图像

到稿日期: 2008-05-05 本文受国家自然科学基金资助项目(40771140/D0118), 国家重点基础研究发展规划项目(2007CB714406)资助。

薄树奎(1976—), 男, 讲师, 博士, 主要研究方向为图像处理、模式识别等, E-mail: bsk586@163.com; 孙新德(1966—), 男, 副教授, 主要研究方向为图像处理等; 丁琳(1970—), 男, 博士, 主要研究方向为图像处理、GIS等。

分割技术之一, 分割产生封闭区域, 有利于对车牌区域进行分析和提取, 而且区域生长方法可以很好地控制图像区域边缘, 便于后续的识别处理。

## 1 车牌图像分割

采用结合颜色和图像空间信息的区域生长方法, 对图像进行分割, 产生封闭的图像区域。区域生长分割算法从单个像素开始, 分别与它的邻居进行计算, 以降低最终结果的异质性为准则进行合并, 当一轮合并进行完毕后, 以上一轮生成的分割结果为基础, 继续分别与它的邻居进行计算与合并, 这一过程将一直持续到满足一定的分割阈值参数为止<sup>[7]</sup>。为了保证每次合并的结果是所有可能的合并方案中异质性最小的, 研究者提出了一种局部相互最合适的准则, 这一准则总是在邻近的局部区域严格地进行最小异质性的合并, 就是说, 每一个像素或像素组在合并过程终止前总是和那些与之合并后生成的新的区域异质性最低的邻居进行合并<sup>[7]</sup>。异质性准则包括两个部分: 颜色和形状异质性准则。

对于图像区域颜色异质性的描述是计算各颜色分量标准差的加权和

$$h = \sum_c w_c \times \sigma_c \quad (1)$$

其中,  $w_c$  为颜色分量的权重, 对于 RGB 图像共有  $c=3$  个分量,  $\sigma_c$  为各颜色分量的标准差。

仅仅利用颜色异质性容易导致图像分割结果有很多的分叉或破碎的边缘, 为此, 将形状异质性准则和颜色异质性准则结合起来, 减少形状的紧凑性或平滑性的偏差。形状异质性有两个方面: 紧凑性和平滑性。关于紧凑形状的异质性表示为图像区域边界长和像素数目平方根的比值, 即

$$h = \frac{l}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

另一个描述形状异质性的公式为图像区域的边界长与其包围框的边界长的比值,

$$h = \frac{l}{b} \quad (3)$$

形状异质性的应用可以优化结果图像中区域的形状平滑性, 使图像区域形状更加紧凑, 边界更加平滑。

在区域生长分割中将上面 3 个异质性公式结合起来运用, 形成一个融合了的总异质性值, 度量图像区域的颜色和形状的综合异质性。

在图像区域合并中, 合并前后图像区域总异质性的最大变化阈值决定了区域生长停止的条件, 也就是允许出现的最大的异质性变化值, 当某两个图像区域合并时, 计算该两个区域合并前后的总异质性差值并与阈值比较, 不大于阈值则继续进行区域生长, 否则停止。

总的异质性值由颜色异质性和形状异质性通过下式计算:

$$f = w \times h_{color} + (1-w) \times h_{shape} \quad (4)$$

其中  $w$  是用户定义的颜色权重, 相对于形状而言, 取值为 0 到 1。

其中颜色异质性为:

$$h_{color} = \sum_c w_c (n_{Merge} \times \sigma_c^{Merge} - (n_{Obj1} \times \sigma_c^{Obj1} + n_{Obj2} \times \sigma_c^{Obj2})) \quad (5)$$

而形状异质性准则包含平滑性和紧凑性两个准则,

$$h_{shape} = w_{compact} \times h_{compact} + (1-w_{compact}) \times h_{smooth} \quad (6)$$

$w_{compact}$  是用户定义的紧凑性权重值。

同样, 平滑性和紧凑性准则异质性的计算, 也是计算合并前后的相应的变化值。

$$h_{smooth} = n_{Merge} \times \frac{l_{Merge}}{b_{Merge}} - (n_{Obj1} \times \frac{l_{Obj1}}{b_{Obj1}} + n_{Obj2} \times \frac{l_{Obj2}}{b_{Obj2}}) \quad (7)$$

$$h_{compact} = n_{Merge} \times \frac{l_{Merge}}{\sqrt{n_{Merge}}} - (n_{Obj1} \times \frac{l_{Obj1}}{\sqrt{n_{Obj1}}} + n_{Obj2} \times \frac{l_{Obj2}}{\sqrt{n_{Obj2}}}) \quad (8)$$

以上公式中,  $n$  为区域的大小,  $l$  为周长,  $b$  为图像区域包围矩形的周长, 角标 *Merge* 和 *Obj* 分别表示合并后和合并前的图像区域。

区域生长图像分割方法有 3 个参数: 分割尺度值、颜色分量权重和形状紧凑性权重。分割尺度参数控制了区域生长的停止规则, 就是在合并过程中允许出现的最大异质性变化值, 尺度参数的大小可以影响分割结果中图像区域平均面积的大小, 大尺度值对应大的图像区域, 反之则反。颜色和形状的紧凑性权重参数调整各自在计算公式中的权重大小。这些参数信息的获取一方面可以通过经验设置, 另一方面可以由样本数据训练得到。区域生长分割是自底向上的区域合并过程, 在生长过程中可以实现多个尺度的分割, 保留多个分割结果, 大尺度分割是在小尺度基础上实现的, 因此多尺度的分割图像生成在算法时间复杂度上并不会成倍增加。由于待检测图像在光照或者背景上会存在很大的差异, 采用多尺度分割方法产生多个分割结果, 各个分割结果中的图像区域大小有明显差别, 这样总能将车牌区域准确地划分出来, 可以减少车牌漏检机会, 提高检测的稳定性和准确率。

## 2 车牌检测

在图像分割的基础上, 车牌的检测包含两个步骤, 一是在分割后的图像区域中搜索符合车牌外形特征的结果, 也就是粗定位; 二是在前面搜索的车牌候选对象中, 根据车牌内部字符和背景信息进一步确认真正的车牌目标。

### 2.1 车牌粗定位

形状特征是车牌粗定位中的重要依据, 在图像分割结果中每个区域都有本身的形状特征, 依据这些形状信息判断是否与车牌目标相匹配, 实现车牌区域的粗定位。区域生长方法所生成的图像区域都是封闭的, 因此可以经过矢量化生成图像多边形, 提取出它们的形状特征。根据车牌的外形特征, 我们提取的形状特征有: 面积、形状指数、长宽比和矩形符合度。形状信息的提取是在图像区域像素的空间分布统计的基础上进行的, 其中一个基本统计量就是协方差矩阵, 如式(9)所示:

$$S = \begin{bmatrix} Var(X) & Cov(XY) \\ Cov(XY) & Var(Y) \end{bmatrix} \quad (9)$$

其中,  $X$  和  $Y$  分别是该图像区域的边界像素  $(x, y)$  坐标组成的矢量,  $Var(X)$  和  $Var(Y)$  分别是  $X$  和  $Y$  的方差,  $Cov(XY)$  是  $X$  和  $Y$  之间的协方差。

面积  $A$ : 组成图像区域的像素总数, 其中一个像素边缘的长设为 1。

$$\text{长宽比: } \gamma = \frac{eig_1(S)}{eig_2(S)}, \quad eig_1(S) > eig_2(S) \quad (10)$$

$ei g_1$  和  $ei g_2$  分别是协方差矩阵的特征值。

矩形符合度  $r$ :  $r$  的计算分两个步骤, 首先根据图像区域的长宽比建立一个与它等面积的矩形, 然后计算矩形与图像区域重合面积与矩形面积的比值, 最大值为 1, 表示完全符合。

$$\text{形状指数: } s = \frac{e}{4 \times \sqrt{A}} \quad (11)$$

$e$  为图像区域的边界长, 形状指数越大说明区域越破碎。

在分割结果图像中, 采用筛选法对车牌区域粗定位, 根据计算复杂性, 首先筛选出形状指数符合车牌外形的候选区域, 即车牌应该有较好的边缘特征, 然后根据实际车牌的长宽比进一步筛选出符合要求的图像区域, 最后选择具有较好的矩形符合度的目标区域作为车牌粗定位结果。

## 2.2 车牌精确定位

车牌粗定位初选出符合车牌外形的图像区域目标, 此外, 还要对检测出的区域进行内容分析, 进一步确认是否为车牌目标。我国大陆车牌上面的字符包括汉字、字母和数字, 车牌内各种字符一般至少有 7 个, 大小相等, 与车牌外形大小成比例, 而且字符的笔画粗细相同。由于字符和背景颜色有较弱的对比, 进行图像二值化可以很容易将背景和前景字符分开, 车牌区域中背景像素数目大于前景字符所有的像素数目, 计算二类像素数目就可以判断出背景和前景字符部分。车牌的精确检测就是依据车牌字符的特征, 在二值图像中实现的, 对于模糊或者污浊的车牌图像还需要进行孤立点的去除等处理。

候选车牌区域内容分析主要是检测区域内的类似字符笔画的目标特征, 对二值图像区域进行平行于长边的像素扫描, 根据车牌内字符的笔画粗细特征, 搜索该区域中的字符笔画。扫描过程结合所操作的图像区域大小, 按比例计算得到车牌字符笔画宽度信息, 我国大陆车牌字符的笔画宽度大约为车牌长度的 2.5% 左右, 对于一个长度为 100 像素数的车牌图像, 字符笔画宽度在 2~3 个像素。经过直线扫描可以计算出具有这样宽度的笔画数目, 以此来判断候选图像区域内有没有车牌前景字符存在。这里对笔画的搜索是针对字符的纵向笔画执行的, 包括竖直的和斜向的, 主要是因为这样的笔画在扫描直线上容易识别, 根据实际车牌的字符数目和结构特征, 一条扫描线上至少有 6 个纵向笔画(除汉字外, 每个字符都有至少一个纵向笔画)。为了避免字符中间的横向笔画, 扫描线应该在字符中间的上下两侧, 这样两次扫描结果至少有 12 个纵向笔画, 如图 1 所示。



图 1 二值图像区域扫描示例

车牌区域的精确定位是在粗定位的基础上采取的一种快速检测方法, 只需要两条扫描直线, 如果扫描结果检测出的笔画数目在合适的范围内, 即大于 12 而且小于 40(设定的最大值), 就判断为车牌目标, 输出结果为原图像中对应的图像分割区域, 作为后续字符分割和识别的输入数据。

## 3 实验结果

车牌检测分为 3 个步骤, 即图像分割、车牌粗定位和精确

定位。针对车牌图像的特点, 在图像分割中, 一般都把分割尺度参数设置为较大值, 如 100~200, 这是因为车牌的背景和字符的颜色有很大的差异, 要想将它们合并到一起成为一个单独的图像区域, 需要较大的异质性差值。颜色分量权重和形状紧凑性权重参数值设置为 0.5, 这里将颜色和形状对等计算, 是充分考虑了车牌图像的空间完整性和紧凑性。为了适应不同大小和颜色差异的车牌图像, 避免漏检, 采用多尺度的分割方法, 设置的尺度参数是在 100 和 200 之间选择的多个数值, 对原图像分别以尺度参数 100, 150 和 200 进行分割, 得到 3 个分割结果。多尺度分割实验如图 2 所示, 分割图像中蓝色为分割线, 红线为车牌区域。由图 2 可以看出, 设置的多个尺度满足车牌目标的检测要求, 最小和最大尺度保证车牌目标的有效检测范围, 避免过分割和欠分割引起的车牌区域漏检。

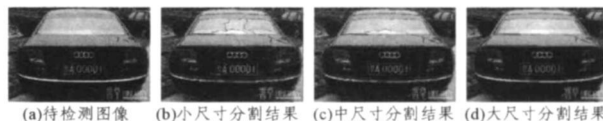


图 2 车牌图像的多尺度分割

对多尺度分割的结果分别执行车牌的粗定位筛选, 首先提取形状指数小于 1.5 的图像区域, 这样的区域具有比较规整的边缘, 然后计算所提取的区域的长宽比, 根据我国大陆车牌的特点, 考虑车牌图像可能有倾斜以及边缘的分割误差, 长宽比范围值在 2.3~3.3。一般情况下, 车牌都有明显的边缘, 具有较高的矩形符合度, 这里设置矩形符合度大于 0.9, 满足这些条件的图像区域则进入精确定位步骤, 否则输出为空。图 2 中的红色矩形区域就是粗定位结果, (c) 和 (d) 检测出的是同一个区域, 因此在定位过程中要将重复区域去掉。车牌的精确定位中字符笔画的宽度是根据待检测图像区域自动获取, 为区域长度的 2%~3%, 并取整数值, 这样的笔画数目在 12~40, 则认为是车牌目标, 输出原图像中的对应区域作为检测结果。

本文用于车牌目标检测的所有实验图像均来自互联网, 这里主要选取了几种不同背景颜色的车牌, 车牌检测结果如图 3 所示, 图中的蓝色线条是分割线, 红色为检测出的车牌区域。从实验中可以看出, 基于区域分割的车牌检测方法能够适合各种不同背景和字符颜色的车牌图像, 而且对倾斜车牌和模糊图像也能有较好的效果。



图 3 多种图像车牌检测

结束语 车牌检测在车牌识别系统中是最为关键的一个

(下转第 276 页)

$\times 15, 20 \times 20, 25 \times 25$  的神经元阵列作为特征映射聚类图并使用引力场聚类模式区域划分, 并进行模式识别;  $20 \times 20$  的使用到典型故障模式的最小欧氏距离(Euclidean Distance)划分聚类区域的故障模式识别进行对比, 如图 5 所示。两种方法分别计算 20 次计算正确识别率的平均值, 识别率如图 6 所示, 其中横坐标为噪声方差, 纵坐标为故障正确识别率。

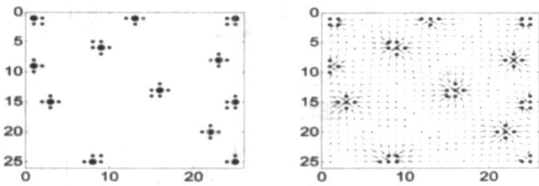


图 2 种子区域及典型故障模式分布图

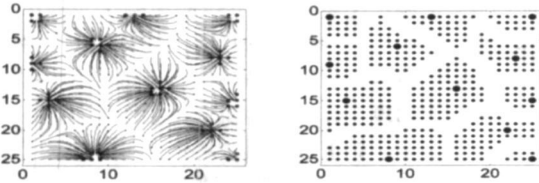


图 4 引力场模式区域划分图 图 5 最小欧氏距离模式区域划分

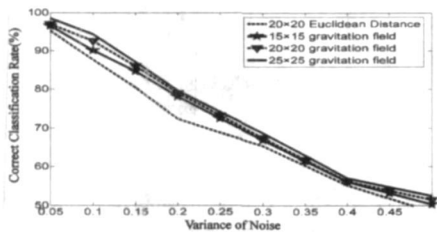


图 6 分类正确率对比图

实验结果表明:

- (1) 增加 SOM 竞争层神经元阵列大小能使系统的故障识别率增加。
- (2) 引力场区域模式划分方法与种子区域大小、种子区域的空间分布位置相关。
- (3) 引力场模式聚类区域划分方法考虑了故障模式的类内、类间方差对模式区域划分的影响, 且区域划分边界点较

少。比欧氏最小距离模式分类方法的故障模式正确识别率高, 且低噪声情况下的故障模式正确率比高噪声情况下提高大。

(4) 本系统是自学学习的, 其活化过程是单向的前馈方式, 而非多遍反馈, 可以并行处理, 能够快速识别故障。

**结束语** 本文建立了远程故障检测系统模型, 使用某型飞机起落架刹车系统典型故障数据进行实例诊断。模型使用均值降噪、PCA 降维, SOM 神经网络发挥其联想记忆和并行处理功能, 将输入网络的数据进行特征映射聚类, 对特征映射聚类图使用引力场区域划分法进行模式区域划分并进行模式分类, 较好地实现了远程故障的在线检测, 计算结果符合实际情况; 同时也表明基于 SOM 特征映射图的引力场划分方法是很有潜力的远程模式识别方法。

## 参考文献

- [1] Fong A C M, Hui S C. An intelligent online machine fault diagnosis system [J]. Computing & Control Engineering Journal, 2007, 10: 217-223
- [2] Hui S C, Fong A C M, Jha G. A web-based intelligent Fault Diagnosis system for customer service support. Engineer Ring Applications of Artificial Intelligence, 2001, 14: 537-548
- [3] Marzi R, John P. Supporting Fault Diagnosis through a multi-agent-architecture. Mathematics and computers in simulation, 2002, 60: 217-224
- [4] Hossack J A, Menal J, McArthur S D J, et al. A Multi-Agent Architecture for Protection Engineering Diagnostic Assistance. IEEE Transactions on Power Systems, 2003, 18(2)
- [5] Liu Yun-feng, Miao dong, Peng Yun-hui, et al. Remote fault diagnosis based on virtual instrument technology // Proceedings 2006 10th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. 2006: 969-973
- [6] Oja E. A simplified neuron model as a principal component analyzer. J. Math. Biol. 1982, 15: 267-273
- [7] 章毅, 王平安, 周明天. 用神经网络计算矩阵特征值与特征向量 [J]. 计算机学报, 2000, 23(1): 71-76
- [8] Kohonen T. The Self-Organizing Map // Proceedings of IEEE. 1990, 78(9): 1464-1481
- [9] 李伟, 钟飞, 何涛, 等. 基于无监督神经网络的故障模式识别 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14(6): 742-744
- [10] Gonzalez, Woods R. Digital Image Processing. Addison Wesley, Reading MA, 1992

(上接第 263 页)

步骤, 本文在彩色图像基础上采用多尺度的区域生长方法进行图像分割, 充分利用了丰富的颜色信息和图像的空间信息。多尺度的运用可以很好地避免车牌目标的漏检, 使得车牌检测准确率高, 对分割区域形状的控制使得提取的车牌区域规范、整齐, 有利于后续的字符识别。实验表明基于区域分割的车牌检测对于倾斜的或侧面车牌图像, 也有较好的检测效果。

## 参考文献

- [1] Shapiro V, Gluhchev G, Dimov D. Towards a Multinational Car License Plate Recognition System [J]. Machine Vision and Applications, 2006, 17(3): 173-183
- [2] 吴舟舟, 李树广. 基于分级边缘间距的实时车牌检测 [J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(2): 315-321
- [3] 曾丽华, 李超, 熊璋. 基于边缘与颜色信息的车牌精确定位算法

[J]. 北京航空航天大学学报, 2007, 33(9): 1112-1116

- [4] Jia X H W, Zhang H, Piccardi M. Mean Shift for Accurate License Plate Localization [A] // Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems [C]. Vienna, Austria, 2005: 566-571
- [5] 李刚, 曾锐利, 林凌, 等. 基于数学形态学的车牌定位算法 [J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(7): 1323-1327
- [6] Matas J, Zimmermann K. Unconstrained License Plate and Text Localization and Recognition [A] // Proceedings of the IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems [C]. Vienna, Austria, 2005: 572-577
- [7] Baatz M, Shpe A. Multiresolution Segmentation, An Optimization Approach for High Quality Multi-scale Image Segmentation [A] // Strobl, Blaschke & Greisebener, eds. Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999 [C]. Karlsruhe. Herbert Wichmann Verlag, 2000: 12-23