

彩色汽车图象牌照定位新方法

张 引 潘云鹤

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310027)

(浙江大学人工智能研究所, 杭州 310027)

摘 要 汽车牌照定位是一个公认的较难解决的图象分割问题. 目前已经实现的分割主要局限于灰度图象, 且定位效果仍易受阴影和光照等条件的影响. 为解决彩色汽车图象牌照定位问题, 提出了彩色图象边缘检测算子 Color-Prewitt 和彩色边缘检测与区域生长相结合的牌照定位算法 ColorLP, 其充分利用了颜色信息和牌照特点. ColorPrewitt 算法简单, 全面作用在颜色空间的 3 个分量上, 在彩色牌照定位的边缘检测中具有传统算子无法比拟的优势. 实验表明, 检测出的牌照区域完整, 且与背景易于进一步剥离, 由此可见, ColorLP 定位牌照区域准确率高, 适用于任意背景、位置和光照下的牌照定位, 且通用性较好.

关键词 彩色边缘检测 区域生长 牌照识别 智能交通系统

中图法分类号: TP391.4 U491.116 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2001)04-0374-04

A New Approach for Vehicle License Plate Locating from Color Image

ZHANG Yin, PAN Yun-he

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

(Institute of Artificial Intelligence, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract It is well known that locating vehicle license plate is a very difficult problem in the fields of image segmentation and ITS (Intelligent Transportation System). At the present time, the study of vehicle license plate locating mainly focuses on gray images so that the result is affected easily by the presence of shadows and illumination. In this paper, a new color edge detector ColorPrewitt and a new approach of vehicle license plate locating ColorLP are presented, which fully exploit color information and other features of vehicle license plate. ColorPrewitt not only is simple, but also has superiority over traditional color edge detectors in dealing with color vehicle license plate images because it doesn't just simply operate on the individual three channels of color space. It shows that the license plate edges detected using ColorPrewitt are clear, integrated and easy to be separated from the background. ColorLP combines ColorPrewitt and region growing image segmentation technology with high locating ratio and good generality, which is applicable to locate license plates in cases of various backgrounds, positions and illumination.

Keywords Color edge detector, Area growth, License plate location, ITS

0 引 言

车辆牌照识别是计算机视觉与模式识别技术在智能交通领域应用的重要研究课题之一, 该技术应用范围非常广泛, 其中包括 (1) 交通流量检测 (2) 交通控制与诱导 (3) 机场、港口等出入口车辆管理 (4) 小区车辆管理 (5) 闯红灯等违章车辆监控; (6) 不停车自动收费 (7) 道口检查站车辆监控 (8) 公共停车场安全防盗管理 (9) 计算出行时间 (10)

车辆安全防盗、查堵指定车辆等.

汽车牌照定位又是汽车牌照识别的难点, 该技术首先是从汽车图象中提取牌照区域——牌照的坐标, 以供下一步识别牌照字符用, 已有的提取牌照方法包括人工神经网络^[1]、数学形态学^[2]、Hough 变换^[3]、信号处理^[4]等方法. 大家知道, 汽车牌照定位的难点不仅仅在于牌照位于图象上任意位置, 而且更由于光照不均匀、摄像机畸变以及图象传输设备 (摄像机、图象板、线路) 的电子噪声等原因, 致使拍

摄的汽车图像模糊,牌照区域不明显,从而给牌照区域提取带来很大的困难。由于灰度图像分割技术已发展得较为成熟,因此目前的工作^[18]主要是针对灰度图像处理,但牌照多具有不同的颜色,其主要分为黄底黑字、蓝底白字、黑底白字等3种,而人类视觉系统又对色彩非常敏感,如人眼能分辨的灰度只有20多级,而能区分的颜色则有35 000多种^[9],而且彩色图像不仅仅令人在视觉感受上比灰度图像舒服,重要的是它能够提供更多的视觉信息,因此我们认为彩色图像比灰度图像更有利于图像分割或目标提取,并适用于各种光照下的牌照定位。由于牌照字符的笔划变化及笔划边缘相对于背景的对比度构成了牌照区域强烈的空间频率变化,因此充分利用牌照区域强烈的空间频率特征,并采用彩色边缘检测和区域生长相结合的方法,即可以较好的完成汽车牌照提取。

1 彩色图像汽车牌照定位算法

检测彩色图像中汽车牌照区域的 ColorLP 算法步骤如下:

- (1) 输入彩色汽车图像 I ;
- (2) 用 ColorPrewitt 计算二值边缘图像 I_e ;
- (3) 选择结构元素 S ,对 I_e 采用形态学方法来生成连通区域图像 I_{area} ;
- (4) 进行轮廓跟踪,通过标记候选牌照区域,得到 n 个候选牌照区域;
- (5) 对候选字符块进行分析与分解,以确定真正的字符块,进而提取牌照区域。

1.1 彩色边缘检测算子设计

传统的彩色图像边缘检测方法往往是通过颜色空间各个分量的作用而得到检测结果,由于由亮度与色度等反映的图像边缘并非一直重合,因此往往会出现多边缘和宽边缘情况,这将影响边缘检测效果,在汽车牌照定位中,牌照字符相当于一种场景字符,由于汽车图像具有特殊的横向纹理特性,而牌照字符具有纵向纹理特性,因此为了将牌照图像与汽车和背景图像分离,必须增强图像的纵向边缘,为此提出一种彩色 Prewitt 边缘检测算子 ColorPrewitt,现描述如下:

- (1) 输入彩色图像 I ,其中像素点 (i, j) 的彩色分量为 $K(i, j, k)$, $k=1, 2, 3$;
- (2) I 经 P_c 处理后得到一灰度边缘图像 I_1 ,其

彩色 Prewitt 梯度算子 P_c 定义如下:

$$P_c(i, j) = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

$$\Delta_1 = e(i-1, j-1; i-1, j+1)$$

$$\Delta_2 = e(i, j-1; i, j+1)$$

$$\Delta_3 = e(i+1, j-1; i+1, j+1)$$

其中, $e(i_1, j_1; i_2, j_2)$ 定义为像素点 (i_1, j_1) 与 (i_2, j_2) 之间的彩色值欧氏距离:

$$e(i_1, j_1; i_2, j_2) = \sqrt{\{[K(i_1, j_1, 1) - K(i_2, j_2, 1)]^2 + [K(i_1, j_1, 2) - K(i_2, j_2, 2)]^2 + [K(i_1, j_1, 3) - K(i_2, j_2, 3)]^2\}^{1/2}}$$

(3) 对 I_1 采用 LOG 算子做二次边缘提取,得到 I_1 的二值边缘图像 I_2 ;

(4) 计算 I_2 图像密度

$$D(I_2) = \frac{\# \{I_2(i, j) = 1 \mid (i, j) \in I_1\}}{\#(I_1)}$$

其中, $\#(\cdot)$ 为像素总数求和算子;

(5) 计算灰度边缘图像 I_1 的灰度直方图 $H(i)$, $i=0, \dots, 255$. 在灰度直方图上,根据 $D(I_2)$ 确定灰度边缘图像 I_1 的二值化图像阈值 T ,使得

$$d = \sum_{k=T+1}^{255} H(k) \approx \lambda \cdot D(I_2)$$

其中, λ 为密度因子, $1.2 < \lambda < 1.5$;

(6) 根据 T 对灰度边缘图像 I_1 做二值化处理,得到二值边缘图像 I_e , I_e 即为彩色图像 I 的二值边缘提取图像。

图 1(b) 为用 ColorPrewitt 算子获得的汽车图像边缘检测图,从图上可见,牌照区域得到了增强,且牌照区域完整,与背景易于分割,能满足后续工作提取牌照区域的要求。提取出的边缘图像滤除掉背景中细节少、变化缓慢的区域,而突出细节丰富、边缘变化剧烈的牌照区域和背景区域。

1.2 候选牌照区域生成

由于用 ColorPrewitt 算子检测获得的二值边缘图像 I_e ,其反映的是牌照区域各字符的边缘骨架及背景图像中细节丰富区域的变化边缘,而从这些边缘变化中却很难发现各部分图像之间的关系,为此本文采用形态学膨胀技术来生成连通区域图像,并采用区域生长方法来标记候选牌照,其中候选牌照的轮廓提取是采用围线跟踪算法。如图 1(c) 和图 1(d) 所示,其中用数学形态学方法确定候选牌照区时,结

构元素 S 的选择,对于候选牌照区域的形成与牌照区域提取至关重要,若采用圆、矩形等具有垂直方向膨胀能力的结构元素,则膨胀后得到的牌照区域极

易出现与其他纹理粘连的现象,从而给进一步牌照区域提取带来困难,因此在 ColorLP 算法中,采用的结构元素 S 为具有水平方向膨胀能力的水平线段。

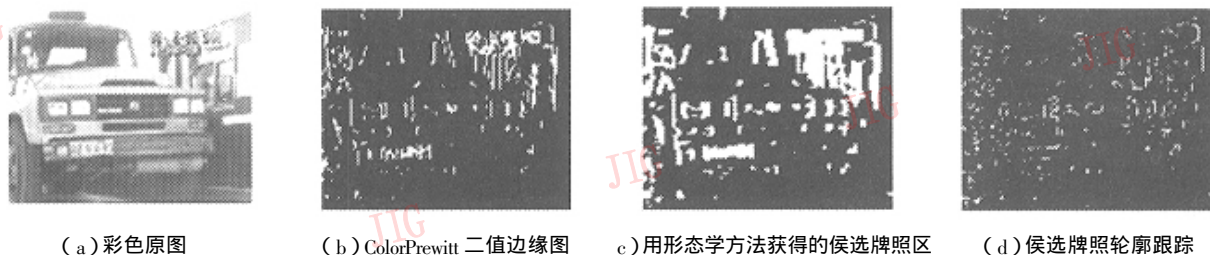


图1 彩色汽车牌照候选区检测结果

1.3 牌照区域定位

通过上述方法提取的候选牌照区域,由于有的是噪声边缘或纹理丰富的汽车图象及背景边缘图象经形态学膨胀后形成的虚假块,也有可能是牌照与附近的一些汽车纹理轮廓发生了粘连的区域,所有这些区域均构成了候选牌照区,因此为提取正确文本区域,必须设法去除虚假候选牌照区,从粘连的候选牌照区和复合块中分离出真正的牌照区。在实际场景中,牌照字符往往有一定的尺寸和笔划边缘限定,既不会太大,大到整幅图象范围,也不会太小,因此可根据人眼视觉要求,对彩色图象中可辨别的字符规格一般在 78 个像素点以上这一特点,通过大小、长宽比例等几何特征来分析候选牌照区,进而从图象中删除虚假牌照区。另外,复合块也可经 X - Y 投影分析后分成若干子块,然后为确定真正的牌照区,再对子块和单块进行空间频率分析,即通过分析文本块密度和空间频率特性来判定真正的牌照区。本文从字符空间频率特征出发,制定了字符块判定标准如下:

(1) 候选牌照字符边缘密度 D_E 为字符块中边缘像素点总和与总面积之比;

(2) 候选牌照字符密度 D_B 为形态学膨胀后候选区域白点密度;

(3) 空间频率变化差分密度 D_{VS} ,其记录了边缘变化强度,即记录了每个字符块区域中边缘变化的总次数与区域面积的比例关系。

实验中, $D_E > 0.2$; $D_B > 0.7$; $r < D_B/D_{SV} < 2r$, 其中, r 为形态学膨胀中结构元素 S 的膨胀半径。

图 2(a) 为图 1 候选牌照分析结果,此时虚假牌照已被滤除,图 2(b) 为从图 1(a) 彩色汽车图象中提取出的牌照图象。

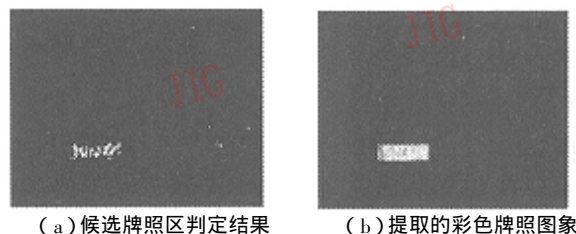


图2

2 实验

实验用的摄像机分辨率为 512×512 ,实验处理的车辆可以是静止的或车速在 20km/h 以下的运动车辆。测试结果表明,牌照区域定位准确,在 87 幅中国牌照识别中仅有 3 幅彩色图象的牌照未能精确定位;而对 8 幅质量不佳的国外牌照进行的测试,均能精确定位。由于本文算法的特点是充分利用颜色的各分量信息,即全面作用于颜色空间,而非传统的单分量检测算法,故对于车牌底色和车牌字在色彩上比较接近的场合和对有反光的情况也能适用。图 3 为部分实验结果,图 3(a) 牌照为淡蓝色底和白字,图 3(b) 中的牌照为深蓝色底和白字。

图象分割问题是一个“病态”问题,大家知道,图象分割的目的是为了进一步地进行图象理解,而图象理解又需要图象分割提供的分析结果,因此又形成了一个“因果嵌套”过程,如图 3(d) 所示,由于汽车头特殊的纹理或汽车上的铭牌等原因,最后得到两个候选牌照区域,由此可见,在这种情况下,要进行牌照识别,光靠上面的判定方法还不够,还需要对这两个区域作进一步的分析,即采用“识别-反馈”法,将字符识别结果再反馈给牌照定位算法,以确定真正的牌照区域。

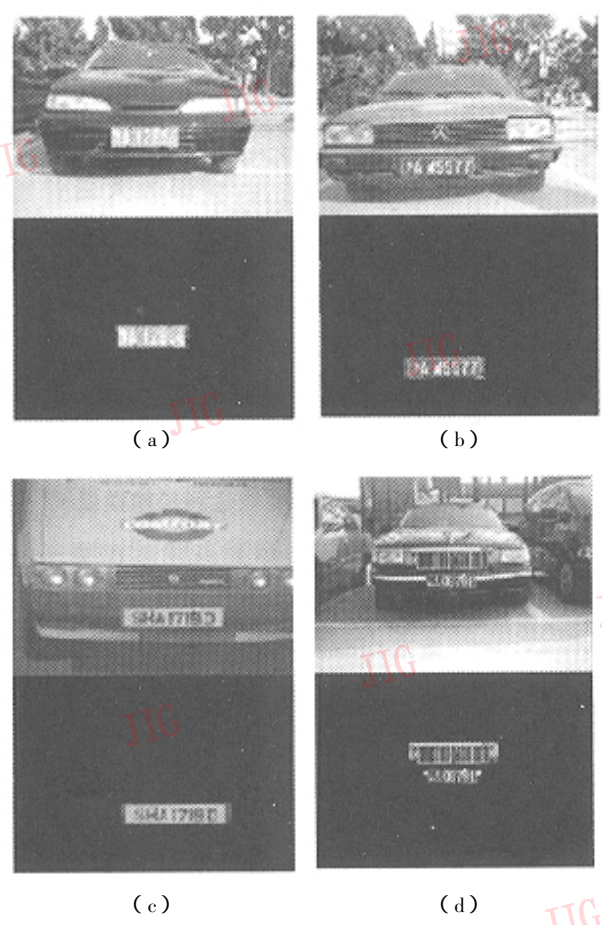


图 3 彩色汽车图像及用 ColorLP 算子进行牌照定位的结果

3 结 论

牌照定位是公认难度较大的图像分割问题. 本文针对牌照图像特点提出了面向彩色车辆牌照定位的彩色图边缘检测 ColorPrewitt 算子及相应的牌照定位算法 ColorLP. 由于这种彩色图像边缘检测算子 ColorPrewitt 可直接用于红绿蓝(RGB)颜色空间上, 以增强纵向纹理特征, 因此有利于利用牌照上字符的空间频率特性来进行牌照定位, 不仅检测出牌照区域完整, 易于与背景进一步剥离, 而且算法简单、适用性强. 另外与传统的彩色图像边缘检测算子相比, 由于该算子全面作用在颜色空间的 3 个分量上, 因此在彩色车辆牌照定位的彩色图像边缘检测中, 具有传统算子无法比拟的优势. 它还适于电子警察、停车场、收费站或道口检查站的车辆监控等方面的应用. 目前大多数国家的牌照识别技术均是针对本国的车辆牌照识别而开发的, 而本文算法则对不同国家的牌照定位具有较好的通用性.

致 谢 感谢王潮博士对本文工作的大力支

持.

参 考 文 献

- 1 Raus M, Kreft L. Reading car license plates by the use of artificial neural networks. In : Proceedings of the 1995 IEEE 38th Midwest Symposium on Circuits and Systems ,NJ ,USA : IEEE. 1995 ,Part 1 (of 2) : 538541 .
- 2 Poon *et al.* Robust vision system for vehicle license plate recognition using gray-scale morphology. In : Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Industrial Electronics ,NJ ,USA : IEEE. 1995 ,Part 1 (of 2) : 394399 .
- 3 Kamat V ,Ganesan S. An efficient implementation of the Hough transform for detecting vehicle license plates using DSP 'S. In : Proceedings of Real-Time Technology and Applications Symposium ,CA ,USA : IEEE Computer Society Press. 1995 : 5859 .
- 4 Byoung T C *et al.* A method to extract vehicle number plates by applying signal processing techniques. Journal of the Korean Institute of Telematics and Electronics ,1995 ,30B(7) : 92101 .
- 5 Auty G *et al.* Image acquisition system for traffic monitoring applications. SPIE ,1995 ,2416 : 119133 .
- 6 Comelli P *et al.* Optical recognition of motor vehicle license plates. IEEE Transactions on Vehicular Technology ,1995 ,44(4) : 790799 .
- 7 Kanayama K *et al.* Masanobu development of vehicle-license number recognition system using real-time image processing and its application to travel-time measurement. In : 41st IEEE Vehicular Technology Conference ,NJ ,USA : IEEE Service Center. 1991 : 798804 .
- 8 Hwang *et al.* PC-based car license plate reader. SPIE 1993 ,1823 : 272-283 .
- 9 孟章荣. 各种颜色模型选用需求分析. 中国图象图形学报. 1996 , 1(3) : 238241 .

张 引 1970 年生,先后于 1992 年和 1995 年取得兰州大学计算机系学士与硕士学位,1999 年获得浙江大学计算机系计算机应用专业博士学位. 现任教于浙江大学计算机系,讲师. 现主要研究领域为计算机图形/图象处理、多媒体信息处理、GIS 等.

潘云鹤 1946 生,浙江杭州人. 中国工程院院士、浙江大学计算机系教授、博士生导师、浙江大学校长. 现主要研究领域为智能 CAD、计算机美术、人工智能、形象思维、多媒体信息处理等.