

XYZ 空间与小波能量特征融合的车牌定位

王学伟 薛迎卫

(北京化工大学 信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘 要: 针对复杂背景情况下的车牌定位问题,给出了一种融合了小波高频能量的方法。首先利用 CIE-xy 色品图进行颜色分割,找到符合车牌底色的候选区域。然后对候选区域进行数学形态学滤波,消除不必要的干扰。接着利用车牌特有的结构特征剔除明显不符合车牌特征的候选区域,提取符合条件的候选区域进行小波变换,由于车牌区域有着丰富的垂直方向纹理信息,因此比较候选区域的垂直高频能量,能量最高者即为初步选定的车牌区域。最后利用区域选择时的垂直方向小波变换系数对选择区域进行重构,并验证选择结果的正确性,如果为非车牌,则进行二次定位。该方法有效的解决了车身颜色与车牌底色相近时定位困难的问题。对各种条件下拍摄的 225 幅含有车牌的图像应用该算法,定位准确率达到 98.2%。

关键词: 车牌定位;小波分析;XYZ 颜色模型;数学形态学

中图分类号: TP391.41

引 言

车牌定位是车牌自动识别系统中的一个至关重要的环节,定位的准确程度直接影响到车牌识别系统的精确度。目前国内外车牌定位的方法很多,如国外 Parisi 等^[1]提出的基于 DFT 变换的定位方法;Rodolfo 等^[2]提出的基于矢量量化的方法;Kim^[3]用神经网络提取车牌等。国内车牌定位方法中比较成熟的可以分为两类:基于车牌边缘检测的算法和基于彩色分割的算法。

边缘检测^[4-5]的方法主要利用了车牌区域内含有多个字符,边缘信息丰富的特征。这类方法速度快、漏检率低,但是当车牌图像背景比较复杂,光照不均,有类似车牌纹理(如垂直纹理散热器等)干扰时,造成误识率较高。彩色分割^[6]方法主要是利用了车牌字符和底色特定的颜色信息实现定位的。这类方法的优点是不受大小限制,精度较高。但当车牌底色与其周围颜色近似、车牌底色褪色时定位效果不理想。由于在具有复杂背景的汽车图像中,非车牌区域可能会具有车牌区域的某一特征,所以许多学者提出了综合利用颜色与纹理特征的算法^[7],定位效果优于其他单一特征的定位方法,但这类方法对车牌颜色和纹理特征的提取是顺序进行的,这

样导致了定位时间和定位复杂度的增加。

本文针对这一情况,提出了在颜色分割的基础上,不需要进行纹理的提取,而是融合小波的高频能量信息对纹理的表征来进行车牌区域的选择。

1 基于 XYZ 颜色模型的颜色分割

XYZ 空间是一个非常重要的颜色模型,在 RGB 系统的基础上,采用坐标变换的方法用理想的三原色代替实际的三原色,从而将 RGB 系统中的光谱三刺激值及色度坐标都变换为正值,其中 X 为理想的红原色, Y 为理想的绿原色, Z 为理想的蓝原色。XYZ 颜色模型把彩色光表示为

$$C = X(X) + Y(Y) + Z(Z) \quad (1)$$

其中, (X) 、 (Y) 、 (Z) 是 XYZ 颜色模型的基色量, X 、 Y 、 Z 为三色比例系数。

对 XYZ 颜色模型的三基色规范化,得到如下色度坐标

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \\ z &= \frac{Z}{X + Y + Z} \end{aligned} \quad (2)$$

如图 1 为 CIE-xy 色品图,图 1 中 x 坐标是红原色的比例, y 坐标是绿原色的比例,代表蓝原色的坐标 z 可由 $x + y + z = 1$ 推出。图 1 中弧线上的各点代表纯光谱色,此弧线称为光谱轨迹。中心点 C 代表

收稿日期: 2009-01-08

第一作者: 男,1958 年生,教授

E-mail: wangxw@mail.buct.edu.cn

白色,相当于中午太阳光的颜色。

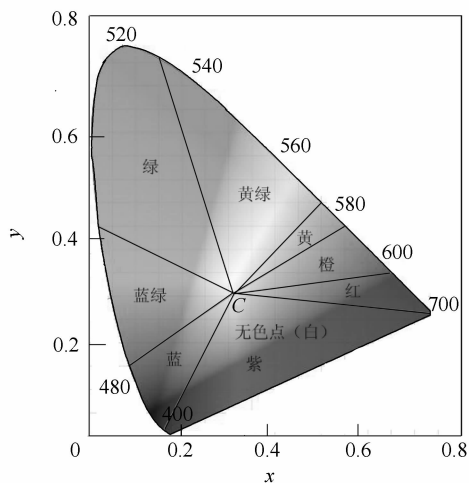


图 1 CIE-xy 色品图

Fig. 1 CIE-xy chromaticity diagram

通过 CIE 色品图可以看到:将光谱轨迹上的点与色品图中心的白光点相连,则可以将色品图划分为不同的颜色区域,如图 1 所示。因此,计算出某颜色的色品坐标 x 、 y 的值,就可以确定它的颜色。而且色品坐标只规定了颜色的色度,其亮度由 Y 的大小表示。因此图像光照不同不影响颜色的判断。以蓝底白字车牌为例,首先将车牌图像由 RGB 颜色空间转化到 XYZ 颜色空间,得到 X 、 Y 、 Z 三刺激值,然后利用归一化公式得到色品坐标 x 、 y 、 z 。将变换后落入蓝色区域的像素点设置为前景白色,其他区域设置为背景黑色,得到二值化的车牌颜色分割图。从 8-bitRGB 到 CIE-XYZ 的转换公式如下

首先将 8-bitRGB 值归一化

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= R_{8bit}/255 \\ G'_{sRGB} &= G_{8bit}/255 \\ B'_{sRGB} &= B_{8bit}/255 \end{aligned} \quad (3)$$

然后再将结果线性化,

如果 $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} \leq 0.03928$, 则

$$\begin{aligned} R_{sRGB} &= R'_{sRGB}/12.92 \\ G_{sRGB} &= G'_{sRGB}/12.92 \\ B_{sRGB} &= B'_{sRGB}/12.92 \end{aligned} \quad (4)$$

否则,如果 $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} > 0.03928$, 则

$$\begin{aligned} R_{sRGB} &= [(R'_{sRGB} + 0.055)/1.055]^{2.4} \\ G_{sRGB} &= [(G'_{sRGB} + 0.055)/1.055]^{2.4} \\ B_{sRGB} &= [(B'_{sRGB} + 0.055)/1.055]^{2.4} \end{aligned} \quad (5)$$

最后将得到的 sRGB 三刺激值转换到 CIE-XYZ 色彩空间

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \quad (6)$$

要定位的车牌图像往往含有丰富的自然背景及车身背景信息,本文选取了 3 幅复杂的车牌图像如图 2 所示:a 车牌倾斜严重;b 车身颜色为蓝色,与车牌底色接近;c 车牌上方散热器反光为蓝色,且水平垂直纹理都非常丰富。



图 2 车牌图像

Fig. 2 Vehicle license plate images

图 3 为相应的颜色分割图,显然利用 CIE-xy 色品坐标能准确的找到车牌的位置,但同时也存在其他蓝色非车牌区域的干扰。

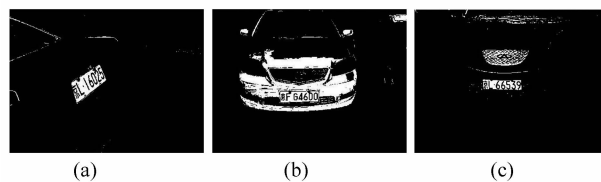


图 3 颜色分割图

Fig. 3 Color segmentation images

2 数学形态学滤波

数学形态学处理不仅可以利用图像各部分间的相互关系来了解图像的结构特征,而且利用形态学基本运算还可以将复杂的形状进行分解,将有意义的形状分量从无用的信息中提取出来。本文利用数学形态学的这些特性对颜色分割图进行处理。

首先,对颜色分割后的二值图像在水平方向上作闭运算,以在水平方向连接字符间的空隙。然后填充空洞,这样达到使车牌区域连通的效果。车牌上下区域经常会有干扰存在如图 3(c)所示,所以接着对车牌在垂直方向进行开运算,这样既消除了车牌区域与它上方或下方干扰区域的粘连,又消除了狭长的水平线的干扰。最后去除掉面积很小的孤立点。得到增强后的颜色分割图,如图 4 所示。

由图 4 可以看出,经形态学处理后,图像被分成几个明显的候选区域,接下来就是要从这些区域中

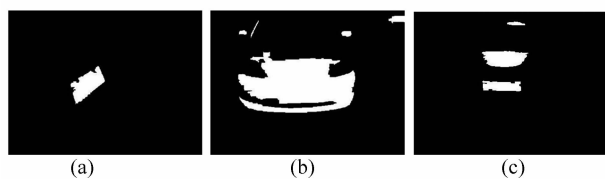


图 4 形态学处理后的车牌图像

Fig. 4 The results after using mathematical morphology operators

确定车牌区域。

搜索全图得到各个连通区域的最小外接矩形,并计算这个外接矩形的长、宽。以及连通区域的面积。然后根据车牌的几何拓扑信息对候选车牌区域进行初步的选择,包括长宽比和面积大小限制。但仅靠几何拓扑信息不能完全排除非车牌区域。接下来应用小波高频能量信息进行最后的选择。

3 小波高频能量在车牌定位中的应用

基于小波多分辨率图像变换的基本思想是:在选定合适正交小波基的基础上,对图像进行二维离散小波变换。经过一次小波变换,得到 4 个 $1/4$ 大小的子图像—— W_φ , W_ψ^H , W_ψ^V 和 W_ψ^D 。然后 W_ψ^V 作为下一次变换的输入,进行下一级的小波变换。图 5 所示为小波分解示意图。

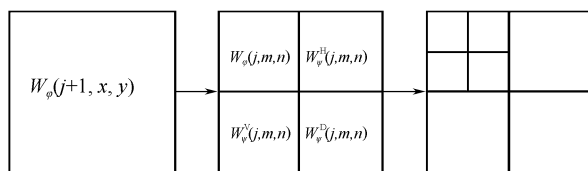


图 5 二维小波分解示意图

Fig. 5 Two-dimensional wavelet decomposition

在数字图像处理中,能量是描述纹理特征的统计,因而经小波分解后各频带的能量能很好的体现各自频带的特征。各通道的能量可用下式计算

$$E = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [W(x, y)]^2 \quad (7)$$

其中, $M \times N$ 为子图的大小, $W(x, y)$ 为各通道的小波分解系数。

由于车牌字符与底色在灰度上具有明显的差异,含有丰富的垂直边缘信息。即垂直高频能量较高,故比较各候选区域垂直频带即 W_ψ^V 的高频能量进行车牌区域的最后定位选择。

本文选用具有紧支集的正交小波基 db4 小波,

它的边缘定位精度好于二次样条小波。而且 db4 小波变换计算速度较快,能够很好的完成局部线段与整体结构的检测。因此利用 db4 小波基对提取出来的候选区域进行 2 层的小波分解,并选用第二次分解的垂直频带能量作为选择的能量值。

图 6 所示为图 4 各候选区域经过小波高频能量选择后的结果。其中 a、c 正确定位出了车牌区域。实验证明,除了少数车身颜色与车牌底色近似的情况,小波高频能量选择方法对各种复杂背景情况下的车牌图像都能准确地定位出车牌区域。



图 6 小波选择结果

Fig. 6 Results after wavelet selection

对于车身颜色与车牌底色近似的情况,定位结果虽然包含了车牌,但范围比较大,故可以提取选定的车牌区域的小波变换垂直方向系数,进行单支重构,然后利用 Otsu 方法对重构后的图像进行二值化。如果定位结果是正确的车牌区域,则其二值化图形垂直方向纹理较密,膨胀后连通域面积占整个区域面积的比值很大,当值较小时则需要二次定位。经过实验设定这个阈值为 0.2。

图 6(b) 经过上述计算后其阈值小于 0.2,因此需要二次定位。如图 7(a) 是图 6(b) 的垂直方向子图经过二值化与形态学滤波后的图像,显然此图像仍具有若干候选区域,把这个图像作为输入,重复上面的候选区域选择算法,就能准确地定位出车牌的位置了,如图 7(b) 所示。

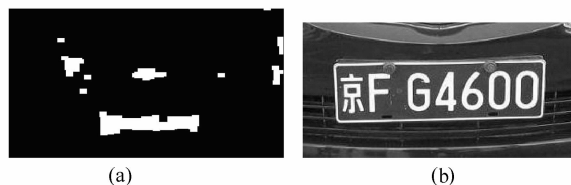


图 7 垂直边缘二值化图(a)及二次定位结果(b)

Fig. 7 Binary image of the vertical edge (a) and the result after the second location (b)

车身颜色与车牌颜色相近情况很少,且二次定位所用的数据是提取的前面步骤中的小波分解系数,故基本不增加总体算法的复杂度。

4 结论

本文提出了一种基于 CIE-XYZ 颜色空间并融合了小波高频能量特征的车牌定位方法。在颜色分割的基础上,避免了对具体纹理的提取与分析,而是利用小波能量对纹理的描述,来实现车牌区域的定位,并很好的解决了车身颜色与车牌底色相近时的定位问题。实验选取了 225 幅图像进行测试,测试的图像包括了不同光照,各种复杂背景情况以及车牌严重倾斜等情况。应用该方法定位准确率达到了 98.2%,优于传统车牌定位方法。

参考文献:

- [1] Parisi R, Claudio E D D, Lucarelli G, et al. Car plate recognition by neural networks and image processing[C] // Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems, USA: IEEE, 1998: 195 - 198.
- [2] Zunino R, Rovetta S. Vector quantization for license-plate location and image coding[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2000, 47(1): 159 - 167.
- [3] Kim K K, Kim K I, Kim J B, et al. Learning-based approach for license plate recognition[C] // Proceedings of IEEE Signal Processing Society Workshop on Neural Network for Signal Processing X, Sydney, Australia: IEEE, 2000: 614 - 623.
- [4] Kim D S, Chien S I. Automatic car license plate extraction using modified generalized symmetry transform and image warping[C] // Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Pusan, Korea: IEEE, 2001: 2022 - 2027.
- [5] 沈勇武, 章专. 基于特征颜色边缘检测的车牌定位方法[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(12): 2673 - 2677.
Shen Y W, Zhang Z. Approach for vehicle license plate location based on edge detection with feature color[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2008, 29(12): 2673 - 2677. (in Chinese)
- [6] Chang S L, Chen L S, Chung Y C, et al. Automatic license plate recognition[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(1): 42 - 53.
- [7] 郭捷, 施鹏飞. 基于颜色和纹理分析的车牌定位方法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(5): 472 - 476.
Guo J, Shi P F. Color and texture analysis based vehicle license plate location[J]. Journal of Image and Graphics, 2002, 7(5): 472 - 476. (in Chinese)

Vehicle license plate location based on feature fusion of XYZ color spaces and wavelet energy

WANG XueWei XUE YingWei

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: A new method to tackle the problem of complex backgrounds in license plate location, which is based on wavelet high frequency energy, is described. Color segmentation was first implemented by using an xy chromaticity diagram to identify the candidate regions. Secondly mathematical morphology was used to remove some of the interference regions. Thirdly, those regions which were clearly inconsistent with the characteristics of license plates were deleted and acceptable regions were subjected to a wavelet transform. As the license plate contains abundant vertical high frequency information, the vertical high frequency energy within the candidate regions was compared and the region which contained the highest vertical high frequency energy was selected as the preliminary license plate region. The selection result was checked, and images with anomalous features were repositioned. This method successfully solves the problems which arise when the color of a car and its license plate are the same. To test the method, 225 images taken from various scenes and under different conditions were processed, with an accuracy of 98.2%.

Key words: license plate location; wavelet analysis; XYZ color model; mathematical morphology