

## 基于四元数特定颜色对边缘检测的车牌定位

王建, 刘立, 王天慧

(天津大学 电子信息工程学院, 天津 300072)

(jianwang@tju.edu.cn)

**摘要:** 车牌定位是车牌识别系统中的一个关键问题。提出了一种基于四元数特定颜色对边缘检测的车牌定位算法。首先将输入彩色图像用同色调全饱和度四元数形式表示;然后借助四对模板检测特定颜色对边缘,结合形态学膨胀运算提取潜在车牌区域;最后根据车牌形状约束条件定位车牌区域。该方法综合利用了车牌的颜色、边缘和形状特征,具有较好的鲁棒性。对各种情况拍摄的485幅车牌图像应用该算法,查全率达到96.8%,查准率超过93.2%。

**关键词:** 车牌定位;特定颜色对边缘检测;四元数;同色调全饱和度

**中图分类号:** TP391.41 **文献标志码:** A

## License plate location based on quaternion specific color-pair edge detection

WANG Jian, LIU Li, WANG Tian-hui

(School of Electronic and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** License plate location plays an important role in the License Plate Recognition (LPR) system. A license plate location algorithm was presented, which was based on the quaternion specific color-pair edge detection technique. The original color image was first represented by using quaternion Same-Hue-Full-Saturation (SHFS) form. Then, four pairs of masks were used to detect specific color-pair edges. Next, mathematical morphology dilation operation was applied to extract potential license plate regions. Finally, several shape constraint conditions were employed to locate true license plate regions. The proposed method combined the color feature, edge feature and shape feature of license plates, and offered high robustness. The experimental results on 485 car images that are taken under various conditions show that the recall rate is 96.8% and the precision rate is more than 93.2%.

**Key words:** license plate location; specific color-pair edge detection; quaternion; Same-Hue-Full-Saturation (SHFS)

### 0 引言

汽车牌照识别(License Plate Recognition, LPR)技术是智能交通系统的重要组成部分,它广泛应用于无人停车场、不停车收费和交通流量控制等视频监控领域。基于计算机视觉的LPR系统主要由三部分组成<sup>[1]</sup>:车牌定位、车牌字符分割和字符识别。其中,车牌定位是LPR系统的一个关键问题,它的功能是判断车牌区域在汽车图像中的位置。

国内有关车牌定位的研究始于20世纪90年代,大致经历三个发展阶段。早期研究主要针对灰度图像,利用车牌的边缘或纹理特征<sup>[2]</sup>。这类方法实现简单,处理速度快,对光照条件变化不敏感,对于车牌存在倾斜和变形等情况的定位性能良好,不足之处是误检较多。在前一类方法基础上,研究者结合各种数学工具用于车牌定位,其中包括数学形态学<sup>[3]</sup>、遗传算法<sup>[4]</sup>等。在提高定位性能同时,这类方法的计算量也显著增加,处理速度下降。随着计算机性能的提高,彩色图像处理在软硬件实现上成为可能,越来越多的研究转向彩色图像车牌定位。如:陈斌等人<sup>[5]</sup>提出了一种基于颜色信息的车牌号码搜索方法;郭捷等人<sup>[6]</sup>提出了一种基于颜色和纹理分析的方法;李文举等人<sup>[7]</sup>将边缘颜色对用于车牌定位;刘万军等人<sup>[8]</sup>使用细胞神经网络模型用于检测车牌区域的彩色边缘。这类方法综合考虑了车牌的颜色和边缘特征,能够减少误检;不足之处是车牌颜色易受光照条件变化影响,

漏检较多。

上述3类方法都具有一定的实用性。但由于车牌区域的视觉特征差异明显,拍摄环境以及背景内容难以确定。因此,到目前为止,仍没有一种适用于各种情况的车牌定位方法。

本文提出了一种基于四元数特定颜色对边缘检测的车牌定位算法。它包括3个步骤:车牌特定颜色对边缘检测、候选车牌区域提取和车牌区域鉴别。该方法的主要优点在于借助一种改进的基于四元数特定颜色对边缘检测方法,可以有效减少由于拍摄条件或光照条件变化所引起的车牌颜色失真而导致的车牌区域漏检。

### 1 背景知识

我国车牌具有显著的颜色、边缘和形状特征,这些特征是所提算法的依据。

#### 1) 颜色特征。

车牌背景与车牌字符具有固定颜色搭配方式。车牌背景分为蓝、黄、白、黑4类,车牌字符颜色有白、黑、红3种情况。根据背景和字符颜色搭配方式不同,常见车牌分为4种类型:蓝底白字、黄底黑字、黑底白字、白底黑字或红字。其中,蓝底白字车牌(简称蓝色车牌)和黄底黑字车牌(简称黄色车牌)占车牌总数的绝大部分,所提方法主要讨论这两类车牌的定位。

#### 2) 边缘特征。

收稿日期:2010-09-03;修回日期:2010-10-29。 基金项目:国家自然科学基金资助项目(61002030)。

作者简介:王建(1976-),男,山东济南人,讲师,博士,主要研究方向:彩色数字图像处理、计算机视觉; 刘立(1975-),男,湖北荆州人,副教授,博士,主要研究方向:医学图像处理、颜色工程; 王天慧(1980-),男,黑龙江林甸人,讲师,博士,主要研究方向:遥感图像处理。

车牌区域沿水平方向均匀排列着多个字符。车牌字符包括汉字、字母和数字。各类字符具有对比度明显的水平和垂直笔画,因此,车牌区域存在着丰富的水平方向排列的边缘信息。

### 3) 形状特征。

根据国家标准规定,车牌尺寸为 440 mm × 140 mm (黄色车尾车牌除外),字符位于车牌的中间位置,字符总长度为 409 mm,单个字符的宽度为 45 mm,高度为 90 mm,间隔为 12 mm,其中第二、三字符间隔为 34 mm,各字符的笔画宽度为 10 mm。车牌的边框呈现矩形,车牌的宽高比约为 3:1。

影响车牌定位性能的因素主要如下。

1) 背景复杂。车牌图像背景中存在与车牌区域具有类似视觉特征的干扰区域,复杂背景是影响车牌定位性能的主要因素之一。

2) 车牌视觉质量差。由于褪色、磨损、污垢等情况造成的车牌视觉质量下降。

3) 车牌图像质量差。受到拍摄角度、运动模糊、天气因素、光照条件以及图像在采集、传输和压缩过程中引入的噪声等诸多因素的影响,导致图像质量下降。这是影响车牌定位性能的另一个主要因素。

4) 其他特殊情况。如车牌被遮挡、车牌倾斜、多车牌共存等情况。

已有各类方法都不能完全克服上述不利因素。例如,基于灰度图像的方法容易受到复杂背景情况影响,基于彩色图像的方法对光照条件变化敏感。当前车牌定位的发展趋势是融合多类特征和多种定位技术,取各种方法之所长,提高定位性能。

## 2 基于四元数的特定颜色对边缘检测

四元数是一种超复数。用  $Q$  表示一个四元数,它由 1 个实部( $S$ )和 3 个相互正交的虚部( $V$ )构成,如式(1)所示:

$$Q = S[Q] + V[Q] = a + bi + cj + dk \quad (1)$$

其中: $a, b, c$  和  $d$  是标量系数, $i, j$  和  $k$  代表 3 个虚数单位,实部  $S[Q] = a$ ,虚部  $V[Q] = bi + cj + dk$ 。 $Q$  的模定义为  $|Q| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}$ 。对  $Q$  进行标准化处理,如  $Q/|Q|$ ,可得到  $Q$  对应的单位四元数。如果某四元数的实部为 0,即有  $a = 0$ ,则将该四元数称为纯四元数。

在 RGB 颜色空间中,可用  $(f_R(m, n), f_G(m, n), f_B(m, n))$  表示  $(m, n)$  位置的像素对应红(R)、绿(G)和蓝(B)三通道的取值。构造一个纯四元数  $f_q^{(m, n)}$  表示该像素<sup>[9]</sup>,有:

$$f_q^{(m, n)} = f_R(m, n)i + f_G(m, n)j + f_B(m, n)k \quad (2)$$

Sangwine 提出了一种在纯四元数空间表示颜色色调的方法<sup>[9]</sup>。对于 24 位真彩色图像,RGB 空间中连接  $(0, 0, 0)$  和  $(255, 255, 255)$  两点的线段称为“灰轴”,灰轴中点坐标为  $M = (127.5, 127.5, 127.5)$ 。对于某种颜色  $C_1 = (R_1, G_1, B_1)$ ,用  $Q_{C_1}$  表示  $C_1$  与  $M$  的差向量对应的纯四元数,有:

$$Q_{C_1} = (R_1 - 127.5)i + (G_1 - 127.5)j + (B_1 - 127.5)k \quad (3)$$

计算  $Q_{C_1}$  对应的单位纯四元数,用  $\mu_{C_1}$  表示:

$$\mu_{C_1} = Q_{C_1} / |Q_{C_1}| = \frac{(R_1 - 127.5)i + (G_1 - 127.5)j + (B_1 - 127.5)k}{\sqrt{(R_1 - 127.5)^2 + (G_1 - 127.5)^2 + (B_1 - 127.5)^2}} = r_1i + g_1j + b_1k \quad (4)$$

Sangwine 使用  $\mu_{C_1}$  表示  $C_1$  的色调<sup>[9]</sup>。但采用上述过程,会

导致两种同色调颜色对应不同的单位纯四元数。例如,对于  $B_1(0, 0, 255)$  和  $B_2(0, 0, 128)$ ,它们的色调均为蓝色,只是饱和度不同。根据式(3)和式(4),有  $Q_{B_1} = -127.5i - 127.5j + 127.5k$ ,  $\mu_{B_1} = -0.577i - 0.577j + 0.577k$ ,  $Q_{B_2} = -127.5i - 127.5j + 0.5k$ ,  $\mu_{B_2} = -0.707i - 0.707j + 0.003k$ 。显然  $\mu_{B_1} \neq \mu_{B_2}$ ,因此使用上述颜色表示方式检测特定颜色对边缘时会导致检测到的边缘信息不完整。

针对上述方法的不足,提出一种新的基于四元数的色调表示方式<sup>[10]</sup>。在 RGB 立方体中,某颜色点  $C$  与灰轴确定的三角形与 RGB 立方体相交于一个三角形平面,根据 HSV 颜色空间中色调的定义,该平面内各点的色调相同,如图 1 所示。该三角形平面必定与 RGB 立方体的 6 条全饱和度边(图 1 中 I ~ VI 所示)交于一点,该点的饱和度为 1,且该点的色调值与  $C$  点相同。本文将该点称为  $C$  对应的“同色调全饱和度”(Same-Hue-Full-Saturation, SHFS)点,记为  $C_{SHFS}$ 。如上例中  $B_2$  对应的 SHFS 点为  $B_1$ 。

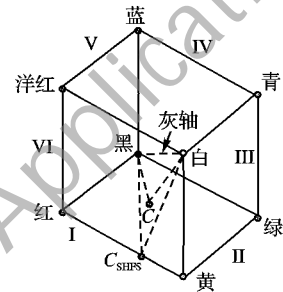


图1 SHFS点示例

对于两种特定颜色  $C_1$  和  $C_2$ ,定义以下模板组检测  $C_1$  和  $C_2$  之间的边缘:

$$M_{C_1}^L = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} \mu_{C_1} & \mu_{C_1} & \mu_{C_1} \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, M_{C_1}^R = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ \mu_{C_1} & \mu_{C_1} & \mu_{C_1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$M_{C_2}^L = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} \mu_{C_2} & \mu_{C_2} & \mu_{C_2} \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, M_{C_2}^R = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ \mu_{C_2} & \mu_{C_2} & \mu_{C_2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$M_{C_1}^L = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} \mu_{C_1} & 0 & 1 \\ \mu_{C_1} & 0 & 1 \\ \mu_{C_1} & 0 & 1 \end{bmatrix}, M_{C_1}^R = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \mu_{C_1} \\ 1 & 0 & \mu_{C_1} \\ 1 & 0 & \mu_{C_1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$M_{C_2}^L = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} \mu_{C_2} & 0 & 1 \\ \mu_{C_2} & 0 & 1 \\ \mu_{C_2} & 0 & 1 \end{bmatrix}, M_{C_2}^R = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \mu_{C_2} \\ 1 & 0 & \mu_{C_2} \\ 1 & 0 & \mu_{C_2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中:上标  $L$  和  $R$  表示“左模板”和“右模板”, $\mu_{C_1}$  和  $\mu_{C_2}$  表示  $C_1$  和  $C_2$  对应的 SHFS 颜色值的纯四元数形式。使用式(5)和式(6)定义的模板对检测  $C_1$  与  $C_2$  之间的水平边缘,如图 2(a) 和(b) 所示;使用式(7)和式(8)定义的模板对检测  $C_1$  与  $C_2$  之间的垂直边缘,如图 2(c) 和(d) 所示。

根据四元数的二维卷积运算,计算上述 4 对模板与目标彩色图像的卷积结果,如式(9)所示:

$$W(s, t) = [L * Q_{SHFS} * R](s, t) = \sum_{x=-1}^1 \sum_{y=-1}^1 l(x, y) Q_{SHFS}(s-x, t-y) r(x, y) \quad (9)$$

其中  $Q_{\text{SHFS}}$  表示原图像对应的“同色调全饱和度”的单位纯四元数图像。

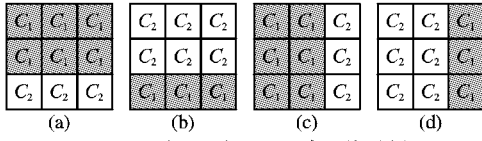


图2  $C_1$  与  $C_2$  水平和垂直边缘示例

借鉴文献[10]给出的判断准则检测边缘点,将卷积结果中满足条件  $S/(\|S\| + \|V\|) < -0.75$  的点判为边缘点。对于图像中某像素,它对应的4种边缘卷积结果中只要有一个满足上述条件,则将该像素点判为特定颜色对  $C_1$  与  $C_2$  之间的边缘点。

### 3 车牌定位

图3所示为所提车牌定位算法的框图。

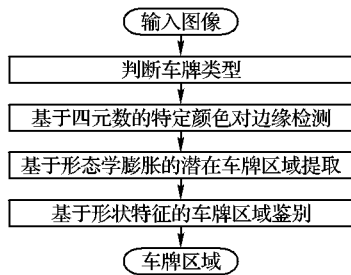


图3 所提车牌定位算法框图

首先借助人工方式,判断车牌类型。对于蓝色车牌,选取蓝-白作为特定颜色对,对于黄色车牌,选取黄-黑作为特定颜色对。以蓝色车牌为例,可选取蓝色  $C_B = (0, 0, 255)$  和白色  $C_W = (255, 255, 255)$ , 则有  $\mu_B = 0i + 0j + 1k$ ,  $\mu_W = 0.577i + 0.577j + 0.577k$ 。将输入车牌图像转换为纯四元数空间下的SHFS形式,使用  $\mu_B$  和  $\mu_W$  构造的模板组检测原图像中的蓝-白边缘。图4为某幅蓝色车牌图像(图中车牌为蓝色车牌情况),及其对应的蓝-白特定颜色对边缘检测结果。

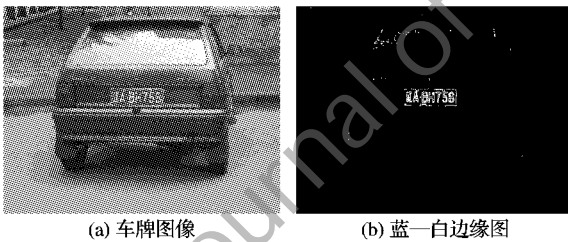


图4 蓝-白边缘检测示意图

用  $E$  表示检测到的特定颜色对边缘图。对于蓝色车牌,  $E$  为蓝-白边缘图;对于黄色车牌,  $E$  为黄-黑边缘图。 $E$  中边缘点密集的区域对应于潜在车牌区域。使用形态学膨胀处理从  $E$  中提取潜在车牌区域。膨胀运算所用结构算子的形状很重要。考虑到车牌区域内水平方向的边缘比垂直方向更密集,在选择膨胀结构算子时,应优先考虑连通水平方向上邻近的边缘点。所提方法选用  $3 \times n$  水平结构算子用于膨胀运算,  $n$  的取值由汽车图像分辨率决定。用  $W$  和  $H$  表示车牌图像的宽和高。通过观察发现,绝大多数可识别车牌的宽度都大于  $W$  的  $1/10$ , 同时车牌区域内相邻两字符之间的距离小于车牌宽度的  $1/10$ 。因此可取  $n = \lceil W/100 \rceil$ , 其中  $\lceil \cdot \rceil$  表示“对上取整”。

将膨胀处理结果称为“潜在车牌区域图”,用  $P$  表示。图5所示为车牌定位过程示意图。图5(c)中每个白色连通区域对应于一个潜在车牌区域,其中既包括真实车牌区域,也含有干

扰区域。

选用4种形状特征用于车牌区域鉴别,去除干扰区域。它们是:面积、相对宽度和高度、宽高比和矩形性。用  $\Omega_i$  表示  $P$  中某个潜在车牌区域,下标  $i$  表示该区域的序号。4种形状特征定义如下。

1) 面积。 $\Omega_i$  的面积定义为  $\Omega_i$  内像素的总数,用  $AREA_i$  表示。

2) 上下左右边界。用  $TOP_i$ 、 $BOT_i$ 、 $LET_i$  和  $RGT_i$  分别表示  $\Omega_i$  的上、下、左、右边界,它们对应于  $\Omega_i$  内各像素坐标值  $(x_i, y_i)$  中  $x_i$  的最小值和最大值、 $y_i$  的最小值和最大值。

3) 宽度和高度。定义  $\Omega_i$  的宽度为  $WID_i = |RGT_i - LET_i|$ , 高度为  $HET_i = |BOT_i - TOP_i|$ 。

4) 宽高比。定义  $\Omega_i$  的宽高比为  $WHR_i = WID_i/HET_i$ 。

5) 外接矩形。定义  $\Omega_i$  的外接矩形为由  $(TOP_i, LET_i)$  和  $(BOT_i, RGT_i)$  两点作为对角线所确定的矩形,用  $MER_i$  表示。

6) 矩形性。 $\Omega_i$  的矩形性定义为  $RECT_i = AREA_i/(WID_i \times HET_i)$ , 即  $\Omega_i$  的面积与其  $MER_i$  面积的比值。矩形性反映了车牌区域的形状与矩形的近似程度。

使用上述特征规定4个形状约束条件。对于  $\Omega_i$ , 只有它满足所有约束条件时,才被判为车牌区域;否则,作为干扰区域而被去除。

条件1  $AREA_i > Th_1 \cdot (W \times H)$ 。

条件1描述的是对车牌区域面积的约束。车牌区域面积不能太小,否则不能正确识别车牌字符。通过观察发现,有效车牌区域的宽度与  $W$  的比值在  $1/20$  至  $1/4$  之间,车牌区域的高度与  $H$  的比值在  $1/50$  到  $1/10$  之间。阈值  $Th_1$  用来约束  $\Omega_i$  的面积占整幅图像面积的比例关系。 $Th_1$  的取值不宜过小,否则容易产生漏检。参考上述两比值下限,所提方法取  $Th_1 = 0.001$ 。

条件2  $0.05 < WID_i/W < 0.25$  且  $0.02 < HET_i/H < 0.1$ 。

条件2描述的是  $\Omega_i$  的宽度和高度与  $W$  及  $H$  的相对大小约束。上下限的设定参照条件1中的分析。与条件1相比,条件2的约束更为严格。

条件3  $Th_2 < WHR_i < Th_3$ 。

条件3描述的是对  $\Omega_i$  宽高比的约束。正常情况下,车牌宽高比约为3。考虑到车牌区域可能存在遮蔽、倾斜及投影变形等情况,应放宽对宽高比的约束。所提方法选取  $Th_2 = 2$ ,  $Th_3 = 6$ 。

条件4  $RECT_i > Th_4$ 。

条件4是对车牌形状的约束。理想情况下车牌的形状为矩形。尽管受到投影变形、遮蔽或缺损等因素的影响,导致检测到的车牌区域的  $RECT_i$  小于1,但是总的来说,车牌区域的形状仍接近于矩形。为减少漏检,阈值  $Th_4$  的取值不能太大,通常可取  $Th_4 \in [0.6, 0.8]$ , 所提方法取  $Th_4 = 0.6$ 。

经过上述车牌区域鉴别过程处理后,剩余连通区域被判为候选车牌。考虑到车牌可能存在倾斜或缺损情况,为得到完整的车牌区域,所提算法对候选车牌区域的边界进行扩展处理。具体的做法是根据各候选车牌区域的  $MER_i$ , 确定其上、下、左、右边界。对于左、右边界,分别向外扩  $\lceil WID_i/20 \rceil$  个像素;对于上、下边界,分别向外扩  $\lceil HET_i/10 \rceil$  个像素,其中  $\lceil \cdot \rceil$  表示“对上取整”运算。用  $MER'_i$  表示边界外扩结果,根据  $MER'_i$  从输入图像中提取出车牌区域。图5(d)所示为候选车牌区域图,图5(e)是边界外扩结果,图5(f)为最终的车牌定位结果。

4 实验结果

实验所用素材来自项目合作单位提供的公路收费站实拍车牌图像,共 485 幅,含有 528 个完整车牌。其中:白天图像 326 幅,夜间图像 159 幅,蓝色车牌 282 幅,黄色车牌 246 幅。图像分辨率为 1024×768 像素。用 Matlab 实现算法仿真,使用了 Sangwine 提供的四元数工具包(QTFM)<sup>[11]</sup>。

所提算法中涉及的各种经验值及阈值( $Th_1 \sim Th_4$ )主要通过大量观察,并结合实验结果来确定。使用查全率(Recall)和查准率(Precision)作为衡量所提算法性能的指标。查全率定义为正确定位出的车牌数与车牌总数真值的比值。查准率定义为正确定位出的车牌数与实际检测到的车牌数的比值。

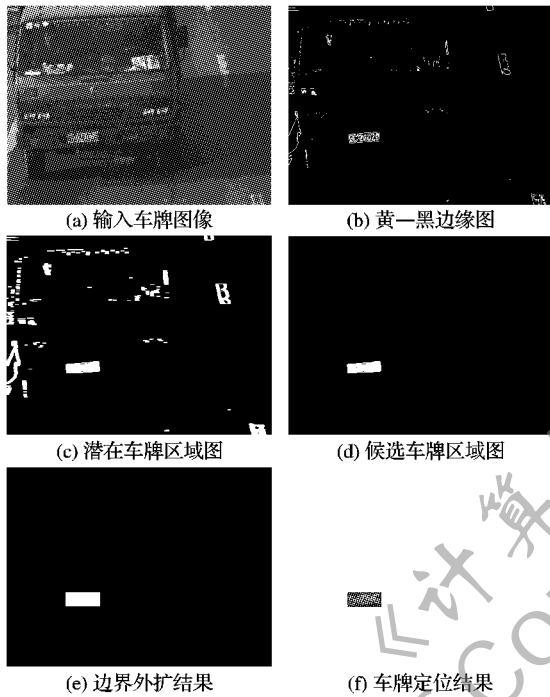


图 5 车牌定位过程

4.1 本文方法实验结果与分析

表 1 给出了所提方法定位结果, $N$  表示车牌总数, $N_c$  表示正确定位出的车牌数, $N_f$  表示错误定位出的车牌数,漏检的车牌数为  $N_m = N - N_c$ 。

由实验结果可以看出,所提算法是切实可行的。蓝色车牌的查全率略高于黄色车牌,主要原因是黄色车牌的视觉质量通常比蓝色车牌差,黄色车牌的查准率略高于蓝色车牌,主要原因是背景中出现类似蓝色车牌区域(如蓝色车身图案)的情况更多一些。

表 1 实验结果

车牌类型	$N$	$N_c$	$N_f$	$N_m$	Recall/%	Precision/%
蓝色车牌	282	276	25	6	97.9	91.7
黄色车牌	246	235	12	11	95.5	95.1
总计	528	511	37	17	96.8	93.2

图 6~9 给出了部分车牌定位结果,其中:图 6 是多车牌共存情况,图 7 是复杂背景干扰情况,图 8 是夜间光照条件较差情况,图 9 是车牌区域存在污渍情况。可见所提算法能够处理多种复杂情况,具有良好的强健性。图 10 给出了部分误检。造成误检的主要原因是背景中存在与车牌视觉特征类似的区域,如图 10 中的车身图案。图 11 给出了部分漏检结果。

在强光照条件下,拍摄到的车牌图像颜色严重失真,导致车牌字符与背景对比度低,彩色边缘信息不明显,这是造成漏检的主要原因。

4.2 对比实验结果与分析

选用两种代表性的方法与本文所提算法进行性能比较:方法 1 使用了灰度图像的边缘和纹理特征<sup>[3]</sup>;方法 2 综合考虑了颜色和边缘特征<sup>[8]</sup>。表 2 所示为三种方法的性能对比结果。

表 2 不同方法性能对比

方法	Recall/%	Precision/%
方法 1	97.3	84.5
方法 2	79.1	91.7
本文方法	96.8	93.2



图 6 多车牌共存情况(蓝色车牌)

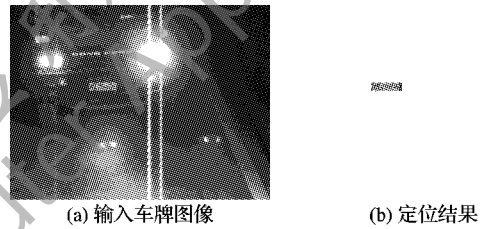


图 7 复杂背景干扰情况(黄色车牌)

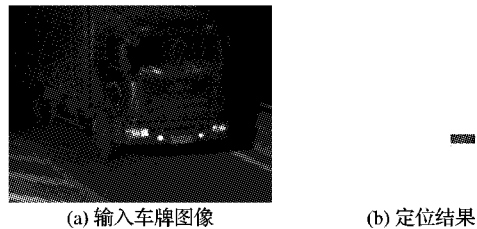


图 8 夜间光照条件较差情况(黄色车牌)

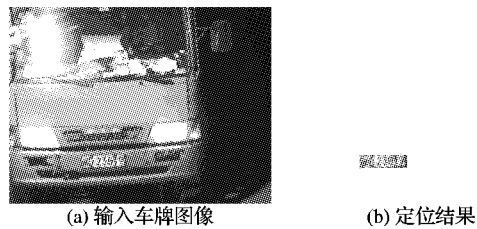


图 9 车牌存在污渍情况(黄色车牌)

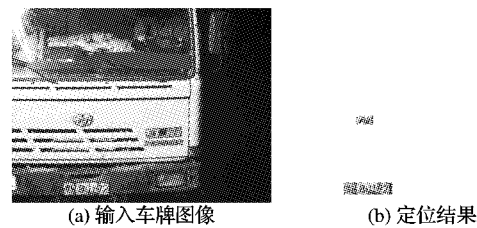


图 10 车牌误检(黄色车牌)

由表 2 可见,在查全率方面,所提算法略低于方法 1,但明显高于方法 2;查准率方面,所提方法最高,其次是方法 2,方法 1 最低。通过对比观察实验结果发现,方法 1 使用灰度图的垂直边缘密度检测潜在车牌区域,对光照条件变化不敏

(下转第 759 页)

结构元素、大延展度的噪声用大尺度结构元素进行滤波,在有效抑制噪声的同时保护了图像的细节。实验结果表明该算法既能保持图像原有细节又能抑制图像的噪声。本文算法中的尺度及结构元素的选取根据所处理的图像的不同,通常根据经验而进行人为的设置,这在一定程度上受主观因素的影响。如果能根据图像本身的特性自适应地选择尺度及结构元素,图像的处理效果应该更好。这是下一步工作所要解决的问题。

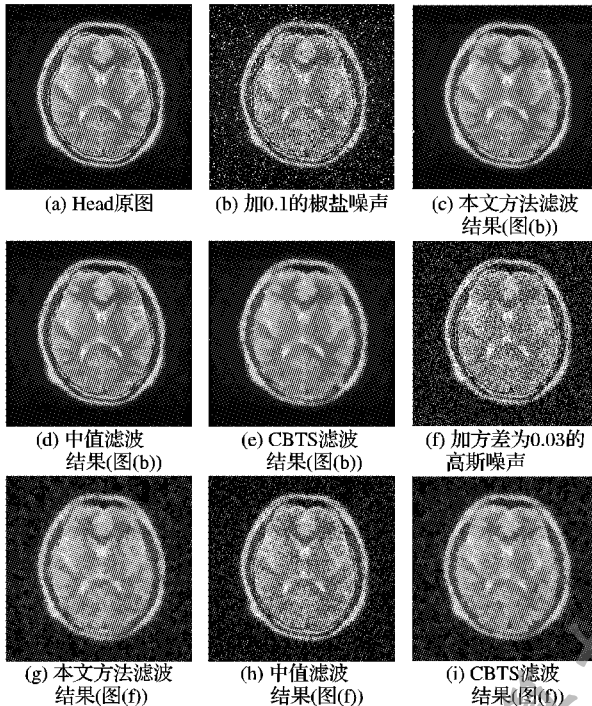


图2 Head 图像实验结果

(上接第 732 页)

感,漏检较少。但方法 1 没有考虑车牌颜色信息,导致部分背景区域(如背景文字)被误判为车牌,误检较多。方法 2 首先在 RGB 颜色空间检测彩色边缘,然后在 HSI 空间使用神经网络检测特定彩色边缘对。但当像素的强度值接近于 1 或接近于 255 时,对应的 H 分量不能正确反映色调信息。本文还发现,使用方法 2 处理夜间图像或低对比度图像时,漏检较多。

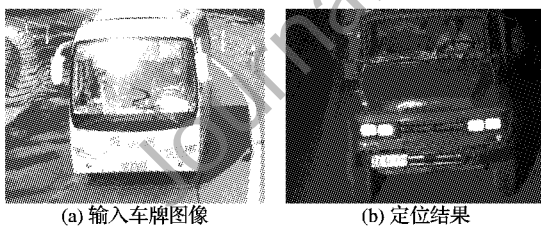


图 11 车牌漏检(黄色车牌)

## 5 结语

本文提出了一种基于四元数特定颜色对边缘检测的车牌定位方法。该方法综合利用了车牌的颜色、边缘和形状特征。使用一种改进的基于四元数的特定颜色对边缘检测技术,并结合形态学膨胀运算,提取潜在车牌区域;然后利用形状特征约束去除干扰区域。实验结果表明,该方法对背景复杂、车牌图像质量差等情况的白天和夜间车牌图像均能有效处理,具有良好的鲁棒性。与同类方法相比,所提算法对车牌颜色变化情况更不敏感。

### 参考文献:

[1] ANAGNOSTOPOULOS C N E, ANAGNOSTOPOULOS I E, LOU-

表 1 PSNR 比较结果

噪声类型	参数	值	PSNR			
			含噪图像	中值滤波	CBTS 滤波	本文算法
椒盐噪声	密度	0.01	31.6	43.3	43.5	43.5
椒盐噪声	密度	0.05	24.7	41.1	41.8	42.2
椒盐噪声	密度	0.30	16.9	29.8	32.1	34.3
高斯噪声	方差	0.03	21.5	28.7	30.3	32.3

### 参考文献:

- [1] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理 [M]. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [2] TUKEY J W. Nonlinear (Nonsuperposable) methods for smoothing data [C]// Proceedings of the Electronics and Aerospace Systems Conference. Washington, DC: [s. n.], 1974: 673-681.
- [3] 张恒, 雷志辉, 丁晓华. 一种改进的中值滤波算法 [J]. 中国图象图形学报, 2004, 9(4): 408-411.
- [4] 王晓凯, 李锋. 改进的自适应中值滤波 [J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(3): 175-176.
- [5] 陈虎, 周朝辉, 王守尊. 基于数学形态学的图像去噪方法研究 [J]. 工程图学学报, 2004, 25(2): 116-119.
- [6] 王小鹏, 郑玉甫. 一种图像噪声的形态学多尺度去除方法 [J]. 计算机工程, 2006, 32(4): 208-210.
- [7] 肖启芝, 许凯, 关泽群, 等. 一种形态学滤波结构元的选择方法 [J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(21): 49-51.
- [8] 龚伟, 石青云, 程民德. 数字空间中的数学形态学——理论及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [9] MUMFORD D, SHAH J. Optimal approximation by piece-wise smooth functions and associated variational problems [J]. Communications on Pure and Applied Mathematics, 1989, 42(5): 577-685.
- [10] 胡学刚, 吴勇. 基于轮廓结构元素和阈值分割的形态学去噪 [J]. 计算机工程, 2009, 35(23): 212-213.

MOS V, et al. A license plate-recognition algorithm for intelligent transportation system applications [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2006, 7(3): 377-392.

- [2] GAO D S, ZHOU J. Car license plates detection from complex scene [C]// Proceedings of Internal Conference on Image Processing. Beijing, China: [s. n.], 2000: 1409-1414.
- [3] BAI H L, LIU C P. A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology [C]// Proceedings of International Conference on Pattern Recognition. Cambridge, UK: [s. n.], 2004: 821-834.
- [4] 张玲, 刘勇, 何伟. 自适应遗传算法在车牌定位中的应用 [J]. 计算机应用, 2008, 28(1): 184-186.
- [5] 陈斌, 游志胜. 车牌号码颜色提取搜索方法 [J]. 计算机应用, 2001, 21(4): 74-75.
- [6] 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.
- [7] 李文举, 梁德群, 张旗, 等. 基于边缘颜色对的车牌定位新方法 [J]. 计算机学报, 2004, 27(2): 204-208.
- [8] 刘万军, 姜庆玲, 张闯. 基于 CNN 彩色图像边缘检测的车牌定位方法 [J]. 自动化学报, 2009, 35(12): 1503-1512.
- [9] EVANS C, ELL T, SANGWINE S. Colour-sensitive edge detection using hypercomplex filters [C]// Proceedings of European Signal Processing Conference. Tampere, Finland: [s. n.], 2000: 107-110.
- [10] WANG J, LIU L. Specific color-pair edge detection using quaternion convolution [C]// Proceedings of International Congress on Image and Signal Processing. Yantai: China: [s. n.], 2010: 1138-1141.
- [11] SANGWINE S, LE BIHAN N. Quaternion toolbox for Matlab [EB/OL]. [2010-08-20]. <https://sourceforge.net/projects/qtfm/>.