

文章编号 1004-924X(2009)04-0886-09

复杂环境下的车牌定位及目标真实性验证

王 枚^{1,3}, 苏光大², 王国宏¹

(1. 海军航空工程学院 电子信息工程系, 山东 烟台 264001;

(2. 清华大学 电子工程系, 北京 100084; 3. 烟台职业学院 图像处理研究所, 山东 烟台 264670)

摘要:通过融合颜色和边缘特征并进行目标真实性验证研究车牌的定位,提出了融合颜色特征与灰度边缘特征的车牌定位算法,解决了复杂环境下车牌定位困难的问题。车牌具有固定的颜色搭配和丰富的字符边缘,融合二者的定位算法可提取出所有候选目标。利用车牌伴生与互补特性进行目标真实性验证,实现带反馈的定位,提高了定位准确度,适用于复杂环境下目标数量、类型不确定的车牌目标检测。对复杂环境下获取的981幅彩色图像进行实验,实验结果表明,车牌目标定位准确率超过了99%,验证了算法的有效性。

关键词:车牌定位; HSV颜色特征; 边缘检测; 伴生与互补; 目标真实性验证

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Vehicle license plate location and object authenticity confirmation under complex environments

WANG Mei^{1,3}, SU Guang-da², WANG Guo-hong¹

(1. *Department of Electronic Engineering, Naval Aeronautical Engineering Institute, Yantai 264001, China;*

2. Department of Electronic Information, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

3. Laboratory of Image Processing, Yantai Vocational College, Yantai 264670, China)

Abstract: A location method combining of the fusion for color and edge features with the object authenticity confirmation is presented to solve the problem of Vehicle License Plate (VLP) location under complex environments. The algorithm fused by color features and edge features can extract all possible objects because the vehicle license plate is characterized by its fixed color assortments and rich character edges. Then, the object authenticity confirmation by virtue of the features of concomitance and complement is used to realize a feedback location to obtain the multi-object or multi-type object locations under complex environments. An experiment is undertaken with 981 actual RGB color images from various complex environments, and the experimental results show that the object location accuracy is over 99 percent, which proves the proposed object location method is effective and practical.

Key words: license plate location; HSV color feature; edge detection; concomitant and complement; object authenticity confirmation

收稿日期: 2008-06-16; **修订日期:** 2008-08-15.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 60541001); 全国优秀博士学位论文作者专项基金资助项目 (No. 200443); “泰山学者”建设工程专项经费资助项目; 山东省高校优秀青年教师国内访问学者资金资助项目

1 引 言

在大型停车场、不停车收费管理站、各类交通卡口等复杂环境下的车牌自动识别系统中,车牌目标检测定位是一个工程难题。因为复杂环境下获取的车辆图像中,车牌目标有无、车牌数目多少、车牌类型均不能确定,因此,车牌的准确定位在很大程度上影响着最终的目标识别结果。目前车牌定位技术主要有3大类:(1)基于空间信息的灰度图像处理方法。该方法常在灰度边缘检测后使用数学形态学、区域生长法、灰度直方图定位或在 Hough 变换提取车牌边界线后进行定位^[1-4]。使用算法的优点是:对一般边缘特征不复杂的车牌能够快速定位;缺点是:当车辆的前脸边缘异常复杂,车牌图像对比度较小,光照不均匀时,很难准确定位,误识率较高。(2)基于颜色特征的彩色图像处理方法。该方法主要利用背景颜色或彩色边缘颜色进行车牌定位^[5-6]。使用算法的优点是:利用车牌区域颜色特征进行目标检测,符合人的视觉感知,对一般车身颜色与车牌区域颜色明显不同的车辆定位率很高;缺点是:因为彩色图像为三维空间,因此处理速度较灰度图像慢;对于车身颜色与车牌区域颜色接近,车牌褪色等情况,需要附加较多判别,也很难准确定位。(3)融合定位方法^[7-8]。车牌区域包含边缘、颜色、纹理等特征,融合以上特征的定位方法优点是:在不复杂情况下定位快速准确,优于任何一种使用单一特征的定位算法;但在复杂情况下,目标数量、类型不确定时,前期如果有一处出错,后面的融合判决就不正确;若前期阈值设得较低,融合算法可提取全部疑似目标,但非目标也被包含在内,造成“错误报警”较多,也很难准确定位到真正目标。在复杂环境下,本文利用空间边缘信息与颜色空间信息相融合完成目标的前期检测,然后利用车牌区域背景与字符伴生与互补特性进行目标真实性验证,避免“一次决定型”误导,排除错误报警,实现带反馈的目标准确定位,本算法适用于目标数目、类型不确定的复杂环境下的车牌目标定位。通过实测图像实验验证了其定位的准确度和有效性。

2 融合颜色与边缘信息的车牌定位算法

根据最新公共安全行业标准 GA36-2007,新标准取消了外籍车号牌(黑牌),我国现在可分为3类车牌——蓝牌(蓝底白字)、黄牌(黄底黑字)、白牌(白底黑字和红字)。而车牌区域(AOLP)具有颜色搭配固定,牌照中字符笔画之间形成频繁的边缘跳变,即车牌区域包含固定的颜色特征和丰富的边缘信息。

2.1 颜色提取算法

AOLP 颜色包含蓝色、黄色、白色、黑色、红色,而图像中的其它颜色与 AOLP 无关。若对整幅原始图像提取 5 类颜色区域,则车牌必在其中。采用颜色量化方式将感兴趣区(AOI)在同一灰度图像 I' 中表示出来。假设 $C(x,y)$ 为原始图像 I 中 (x,y) 点在 HSV 空间的 H,S,V 颜色分量值, $C_i(x,y)$ ($i \in [0,5]$) 为 (x,y) 点上的选中颜色的 H,S,V 的颜色分量值,选中颜色为 AOLP 颜色,按出现概率顺序分为:蓝色($i=5$)、黄色($i=4$)、白色($i=3$)、黑色($i=2$)、红色($i=1$)和其它($i=0$); $g(x,y)$ 为结果灰度图像 I' 中 (x,y) 点上灰度值。对于 $\forall (x,y) \in I, C_r(x,y) \in C(x,y)$, 若 $C_r(x,y) \in [C_i(x,y)(1-T), C_i(x,y)(1+T)]$, 则有:

$$g(x,y) = i \times \theta, \quad i \in [0,5], \quad (1)$$

其中, T 为选中颜色的容许度, $T \in [0,1]$; θ 为灰度量化的幅度(本文取 50); 其结果值域 $g(x,y) \in [0,250]$ 。

对颜色分割后得到的图像 $g(x,y)$ 提取车牌背景颜色区域,进行二值化处理,方法为:

$$N_i(x,y) = \begin{cases} 1 & g(x,y) = i \times \theta (\text{背景}) \\ 0 & g(x,y) \neq i \times \theta (\text{非背景}) \end{cases} \quad i \in [3,5]. \quad (2)$$

本文利用 HSV 模型中的 H 和 S 分量鉴别蓝色、黄色、红色区域,利用 V 分量区分白色和黑色区域。因为在 V 分量很高或很低或者 S 分量很少时, H 无法准确描述颜色,则取约束条件为 $0.15 < V < 0.9$, 且 $S > 0.1$ 。选取一种车身与车牌颜色相同的实测图像进行测试,颜色 AOI 提取结果如图 1 所示,其中坐标图代表图像大小及行列方向,坐标单位为像素(pixel)。为简化图像表示,坐标方向和坐标单位未在图中标注,本文中所有图像表示均采用此种约定。

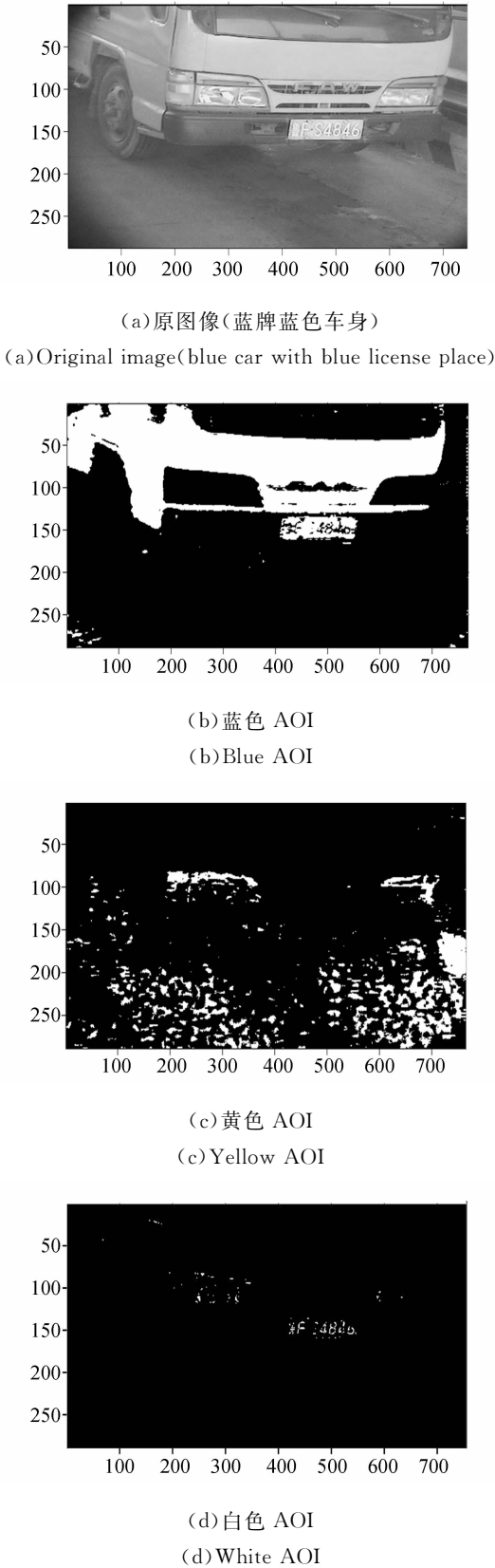


图 1 HSV 空间提取的车牌 AOI 结果

Fig.1 Extraction results of VLP color AOI in HSV space

2.2 AADI 牌照边缘检测算法

AOLP 中存在 7 个字符,水平方向梯度值变化频率较高,利用差分方法提取边缘,一方面可简化计算,另一方面可避免横向车身装饰边缘噪声的影响^[10]。同时选取边缘的绝对累积差分图像

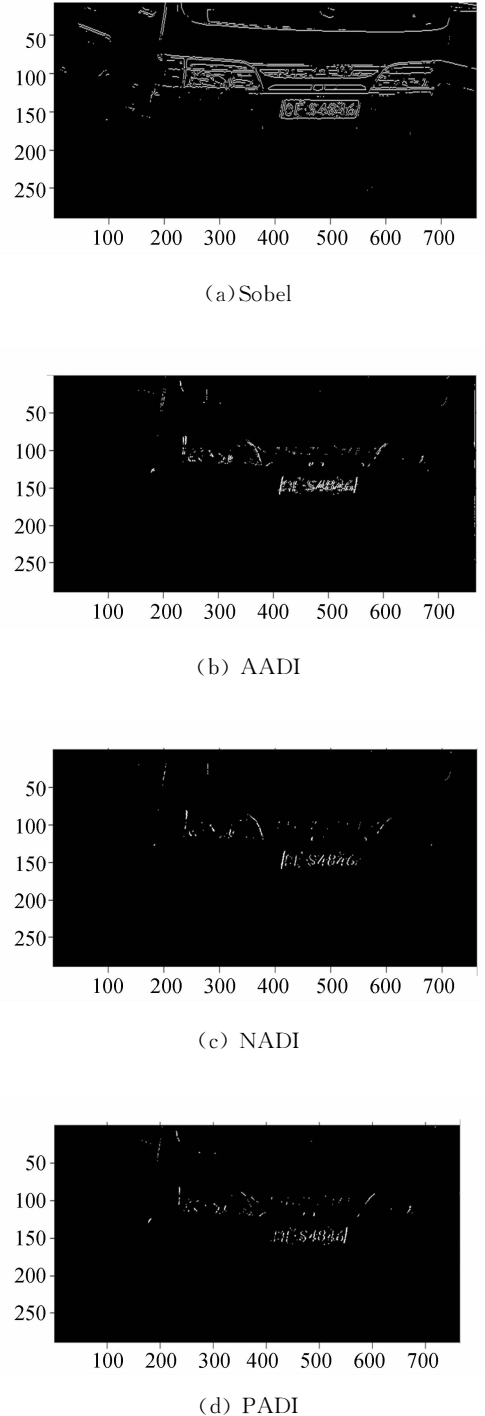


图 2 提取的 Sobel、AADI、NADI、PADI 结果

Fig.2 Edge results of sobel, AADI, NADI, PADI

(AADI)保证提取的边缘尽量完整,防止融合结果为空。表示为:取水平差分边缘算子 $E=\{-1,-1,0,+1,+1\}$,首先将原始彩色图像 I 转化为灰度图像 I'' ,对于任意 $(x,y-2),(x,y-1),(x,y),(x,y+1),(x,y+2)\in I''$,其各点对应的灰度值为 $f(x,y-2),f(x,y-1),f(x,y),f(x,y+1),f(x,y+2)$,则 E 算子的 AADI 表示为:

$$f(x,y) = |-f(x,y-2) - f(x,y-1) + f(x,y+1) + f(x,y+2)|. \quad (3)$$

利用式(3)对整幅图像进行运算,得到差分结果 $f(x,y)$,然后按式(4)定义得到二值化图像 $F(x,y)$ 。

$$F(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) < T(\text{非边缘}) \\ 1 & f(x,y) \geq T(\text{边缘}) \end{cases}, \quad (4)$$

其中, T 为二值化阈值,采用经典的 O_{tsu} 方法自适应地选取。图2是图1图像的 AADI 结果, E 与常用的 Sobel 算子相比,去除了大量水平边缘并能保留车牌特征; E 算子的 AADI 提取的边缘为正向累积差分 PADI 和负向累积差分 NADI 之和,为较完整的车牌纵向边缘。

2.3 融合颜色与边缘的车牌定位算法

车牌区域既包含固定的颜色特征,也具有字符跳变边缘特征,采用“与”关系获取目标,可以大大缩小目标范围。按照车牌出现概率依次提取车牌背景颜色 AOI 区域二值图像 N_5 (蓝色), N_4 (黄色), N_3 (白色) 分别与边缘信息融合,融合过程为:

(1) $i=6$;

(2) 按照公式(3)和(4),通过 E 算子 ADDI 得到边缘二值图像 F ;

(3) $i=i-1$,若 $i < 3$,3种车牌检测完毕,退出检测过程。

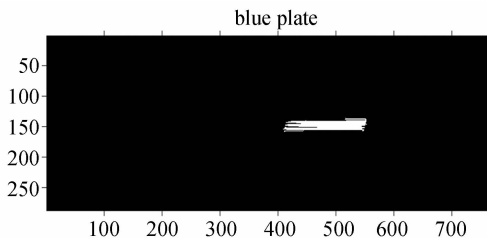
(4) 否则,按照公式(1)和(2)选取车牌背景颜色 AOI 二值图像 N_i ,将其与边缘融合,结果图像 $C_i = N_i \& F$;

(5) 将 C_i 进行数学形态学闭合,得到 n 个候选车牌区域;

(6) 若 $n < 1$,返回(3);

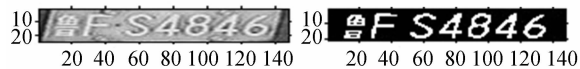
(7) 若 $n \geq 1$,附加判别条件逐一进行验证,确定是否为车牌区域,并判为 i 类车牌;返回(3);

图1,图2融合定位及字符分割结果见图3。



(a)“与”融合定位结果

(a) Location result by “and” fusion



(b) 车牌目标定位、分割及二值化处理结果(蓝牌)

(b) Results of location, segmentation and binary for VLP

图3 颜色与边缘融合后提取的车牌目标及二值化结果
Fig.3 Results of VLP location, segmentation, binary by fusing color and edge features

3 车牌目标真实性验证方法

以上融合定位算法是将符合人的视觉感受的颜色特征和车牌字符跳变的边缘特征进行融合定位得到的,若不进行目标真实性验证,整个过程属于“一次决定型”,若其中一处有错误,将导致后续工作均是错误的。算法中若阈值设的较低,可以将所有车牌目标提取出来,同时一些非目标区域也被提取,常称为错误报警。为排除错误报警,定位候选车牌后,应进行目标真实性验证,确保融合定位的准确性(算法步骤7)。

3.1 伴生与互补特性

车牌区域具有这样的特征:背景区域 A (蓝色、黄色、白色)与字符区域 B (白色、黑色、黑色有时有红色字符)是相伴而存在的,并且每种颜色在整个车牌区域中各占有一定比例,且 $A \cup B = 1$,即车牌区域的伴生特性;并且在车牌区域只有这几种颜色对存在,各颜色区域是相互跳变的,背景颜色区和字符颜色区非此即彼, $A \cap B = \Phi$,换言之,背景颜色区域的负片与字符颜色区域相关度极高,理想情况下是重合的, $\bar{A} \cap B = B$,定义为车牌区域的互补特性。这种颜色特征是其它区域不具备的,称为车牌区域字符与背景的伴生与互补特性。

3.2 伴生与互补特性验证方法

(1) 背景占有率。对融合后得到的候选区域进行数学形态学闭运算, 得到大小为 $L \times W$ 连通区 I_i , 由变量 i 决定背景颜色, 对每个连通区域的背景像素点进行统计, 设个数为 n_i , N_i 为背景二值图像, 则有:

$$n_i = \sum_{(x,y) \in I_i} N_i(x,y),$$

$$N_i(x,y) = \begin{cases} 1 & g(x,y) = i \times \theta(\text{背景}) \\ 0 & g(x,y) \neq i \times \theta(\text{非背景}) \end{cases},$$

$$(i = 1, 2, 3). \quad (5)$$

计算连通区域中背景所占比率 $r_i^{(b)}$,

$$r_i^{(b)} = n_i / (L \times W) = \sum_{(x,y) \in I_i} N_i(x,y) / (L \times W),$$

$$(i = 1, 2, 3). \quad (6)$$

(2) 字符占有率。统计连通区 I_i 中的字符像素点, 设统计个数为 m_i , M_i 为字符二值图像, 则有:

$$m_i = \sum_{(x,y) \in I_i} M_i(x,y),$$

$$M_i(x,y) = \begin{cases} 1 & g(x,y) = (i-2) \times \theta(\text{字符}) \\ 0 & g(x,y) \neq (i-2) \times \theta(\text{非字符}) \end{cases},$$

$$(i = 1, 2). \quad (7)$$

计算字符在连通区域中所占比率 $r_i^{(c)}$,

$$r_i^{(c)} = m_i / (L \times W) = \sum_{(x,y) \in I_i} M_i(x,y) / (L \times W),$$

$$(i = 1, 2, 3). \quad (8)$$

注意, 白牌车字符为黑色与红色的组合, 即

$$m_i = \sum_{(x,y) \in I_i} M_i(x,y),$$

$$\begin{cases} R_i^{(c)} = 1 - \frac{[\min(c) + \max(c)] - 2r_i^{(c)}}{\max(c) - \min(c)} = \frac{r_i^{(c)} - \min(c)}{\frac{1}{2}[\max(c) - \min(c)]} \\ R_i^{(b)} = 1 - \frac{[\min(b) + \max(c)] - 2r_i^{(b)}}{\max(b) - \min(b)} = \frac{r_i^{(b)} - \min(b)}{\frac{1}{2}[\max(b) - \min(b)]} \end{cases},$$

if $r_i^{(c)} < \frac{1}{2}[\max(c) - \min(c)], r_i^{(b)} < \frac{1}{2}[\max(b) - \min(b)]$ 为越大越优型; (10)

$$\begin{cases} R_i^{(c)} = 1 - \frac{2r_i^{(c)} - [\min(c) + \max(c)]}{\max(c) - \min(c)} = \frac{\min(c) - r_i^{(c)}}{\frac{1}{2}[\max(c) - \min(c)]} \\ R_i^{(b)} = 1 - \frac{2r_i^{(b)} - [\min(b) + \max(c)]}{\max(b) - \min(b)} = \frac{\min(b) - r_i^{(b)}}{\frac{1}{2}[\max(b) - \min(b)]} \end{cases},$$

if $r_i^{(c)} \geq \frac{1}{2}[\max(c) - \min(c)], r_i^{(b)} \geq \frac{1}{2}[\max(b) - \min(b)]$ 为越小越优型, $(i = 1, 2, 3)$.

$$M_i(x,y) =$$

$$\begin{cases} 1 & g(x,y) = (i-2) \times \theta \text{ 或 } g(x,y) = (i-1) \times \theta \\ 0 & g(x,y) \neq (i-2) \times \theta \end{cases}$$

$$(i = 3). \quad (9)$$

若候选区域 I_i 是车牌目标, 则连通区域中字符和背景占有率有一定比例限制, 各自处于一定范围内, 即 $r_i^{(b)} \in [\min(b), \max(b)], r_i^{(c)} \in [\min(c), \max(c)], \min(b), \max(b), \min(c), \max(c)$ 分别为背景与字符最小、最大占有率。 $\min(b), \max(b), \min(c), \max(c)$ 的选取方法: 在每类颜色选取 50 个车辆牌照, 包括全部像素点数最少的汉字和字母及数字的车牌, 也包括像素点数最多的汉字和字母及数字的车牌, 计算不同车牌中背景和字符的占有率, 画出直方图, 借助直方图观测值 $H(b), H(c)$, 若 $H(b) \in [\min(b), \max(b)], H(c) \in [\min(c), \max(c)]$ 则有 $\min(b) \leq r_i^{(b)} \leq \max(b), \min(c) \leq r_i^{(c)} \leq \max(c), (i = 1, 2, 3)$ 。经实验得知, 字符所占比例不超过 37%, 且小于背景最小占有率。即, $r_i^{(b)} \in [\min(b), \max(b)], r_i^{(c)} \in [\min(c), \max(c)], (i = 1, 2, 3)$, 且 $\min(b) > \max(c)$ 。现将背景与字符占有率进行归一化处理, 因字符、背景占有率应各自处于一定范围内为佳, 以范围中间为界, 小于中间值时, 属于越大越优型; 大于中间值时属于越小越优型, 若超出该范围, 归一化结果快速减少, 并可能成为负值; 趋于中间范围时, 归一化结果为 1。设 $R_i^{(b)}, R_i^{(c)}$ 表示 $r_i^{(b)}, r_i^{(c)}$ 归一化结果, 则有,

(3)字符与背景的伴生特性。同一图像的字符与背景是相伴而存在的,二者占有率之和 $R_i^{(1)}$ 应介于 $0 \sim 1$ 之间,若为车牌目标 $R_i^{(1)}$ 理论上为 1,实际应用中,由于噪声点影响, $R_i^{(1)}$ 应接近 1,则检测区域字符与背景区域的伴生特性表示为:

$$R_i^{(1)} = r_i^{(b)} + r_i^{(c)} = \frac{m_i}{L \times W} + \frac{n_i}{L \times W} = \frac{m_i + n_i}{L \times W} \quad (i=1,2,3). \quad (11)$$

(4)字符与背景的互补特性。求背景二值图像负片 \bar{N}_i 与字符二值图像 M_i 的相似度 $R_i^{(2)}$ 。图像匹配可使用序贯相似性检测算法(简称 SSDA),对于二值图像,SSDA 可简化为两图像异或,由此得到:

$$D_i = \sum_{x,y \in I_i} M_i(x,y) \oplus \bar{N}_i(x,y) \quad (i=1,2,3), \quad (12)$$

D_i 表示两图像中不同像素点的总数, D_i 越小,则字符与背景负片越相似。两图像相似度定义为:

$$R_i^{(2)} = 1 - \frac{D_i}{L \times W} \quad (i=1,2,3), \quad (13)$$

若背景负片与字符区域不同点较少,则 D_i 较小,后项接近 0,则上式结果趋于 1;反之,背景负片与字符区域不同点较多,最大等于整个区域 $L \times W$,后项分式结果为 1,导致相关结果为 0,即 $R_i^{(2)} \in [0,1]$ 。

(5)字符与背景相关度定义。结合伴生与互补特性,且要求检测区域字符与背景面积占有率满足一定范围要求,定义背景与字符的相关度函数 $\text{corr}_i(M_i, N_i)$ 为

$$\text{corr}_i(M_i, N_i) = \omega_1 R_i^{(1)} + \omega_2 R_i^{(2)} + \omega_3 R_i^{(b)} + \omega_4 R_i^{(c)} \quad (i=1,2,3), \quad (14)$$

其中, $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ 为相关参数的权重,且 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1$ 。上式整理为:

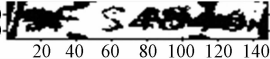

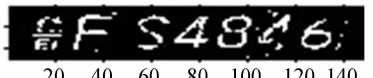
$$\text{corr}_i(M_i, N_i) = \omega_i \frac{m_i + n_i}{L \times W} + \omega_2 \left(1 - \frac{D_i}{L \times W}\right) + \omega_3 R_i^{(b)} + \omega_4 R_i^{(c)} \quad (i=1,2,3). \quad (15)$$

相关度函数后项为字符与面积占有率的基本要求,若 $r_i^{(b)}, r_i^{(c)}$ 不处于各自范围内,归一化结果会快速偏离 1,甚至出现负值,导致 corr_i 结果较小,可直接判为非目标;否则, $r_i^{(b)}, r_i^{(c)}$ 处于各自要求范围,归一化结果应接近 1,由前两项可以看出,背景负片与字符区域不同点越少, D_i 越小,而 $m_i + n_i$ 接近整个区域面积 $L \times W$,则分式结果接近 1,最终 corr_i 接近 1;反之,背景负片与字符区域

不同点越多,说明互补特性不满足,前项和后项分式结果均偏离 1,导致相关结果很快偏离 1;另外,若伴生特性不满足, $R_i^{(b)}, R_i^{(c)}, m_i + n_i$ 均与整个区域面积相差较大,也将导致相关结果很低。

表 1 伴生与互补特性验证结果

Tab. 1 Results of concomitant and complement confirmation

(a)背景区域及占有率		(b)字符区域及占有率	
10 20		10 20	
20	40 60 80 100 120 140	20	40 60 80 100 120 140
$r_1^{(b)} = 0.541\ 1$		$r_1^{(c)} = 0.274\ 9, R_1^{(1)} = 0.816\ 1$	
(c)“与”融合及相似度值			
10 20			
20	40 60 80 100 120 140		
$R_1^{(2)} = 0.872\ 7, \text{Corr}_1 = 0.899\ 3$			

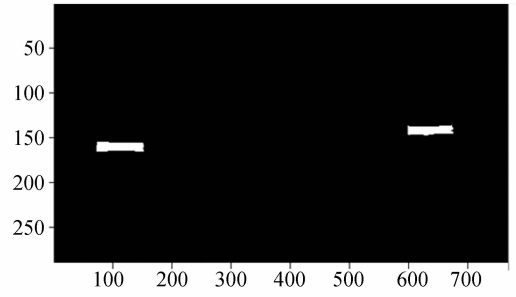
如上所述,当相关度函数 corr_i 很大(大于某个阈值 ϵ)时,有理由认定检测区域为真实目标,且判定目标为第 i 类结果;否则将其排除,转去提取下一候选区域,重复上述验证过程。表 1 给出整个目标真实性验证过程。为简化计算复杂度,本文中 $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ 取 $1/4$ 。

4 车牌定位识别实验结果与分析

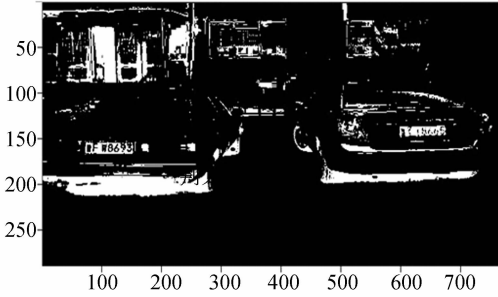
本文实测彩色 RGB 图像全部来自山东烟台滨海停车场、同三高速收费站及潮水卡口,图像中车牌目标数量、类型均不确定。为不失一般性,获取原图像为背景复杂的停车场一角,如图 4(a)所示,定位过程见图 4。首先在 HSV 空间提取颜色 AOI 区域,见图 4(b);接着使用差分算子 E 的 AADI 提取边缘,见图 4(c);然后从颜色 AOI 中分别提取蓝、黄和白色区域见图 4(d)、4(g)、4(n),融合颜色和边缘提取所有疑似目标,即蓝、黄、白牌疑似目标分别见图 4(e)、4(h)、4(o);最后对提取的疑似目标进行伴生与互补特性验证,结果见图 4(f)、4(m)、4(p)。算法对图像中包含多个目标或不存在目标等情况自适应地进行检测,通过伴生与互补验证可将其中的非车牌区排除,既能提取包含的不同类型的所有目标,又能将



(a)原图像
(a)Original image



(e)融合定位蓝牌
(e)Fusion location of blue license plate

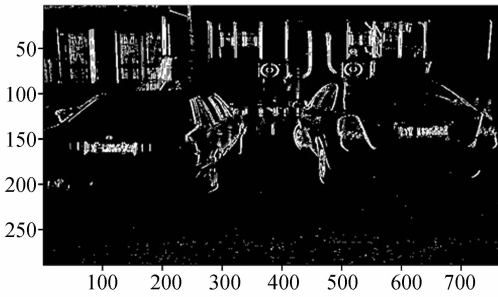


(b)彩色 AOI
(b)Color AOI

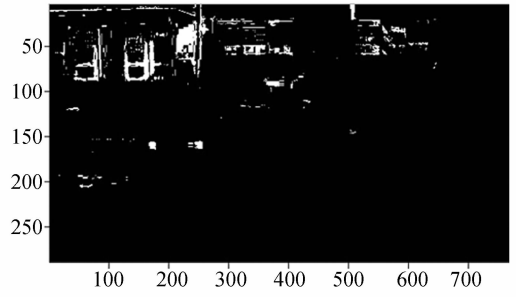


判为蓝牌

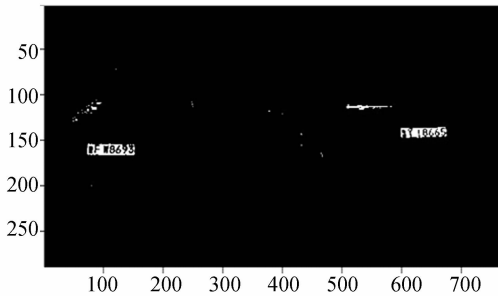
(f)伴生与互补检验
(f)Concomitant and complement check



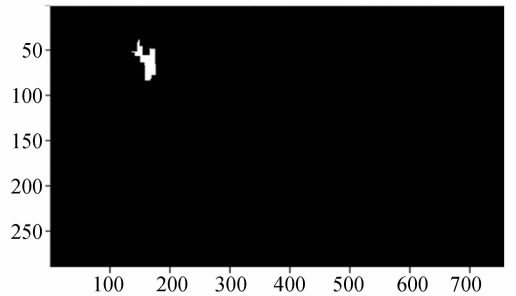
(c)AADI 边缘
(c)AADI edge



(g)黄色 AOI
(g)Yellow AOI



(d)蓝色 AOI
(d)Blue AOI



(h)融合定位黄牌
(h)Fusion location of yellow license plate



无白牌

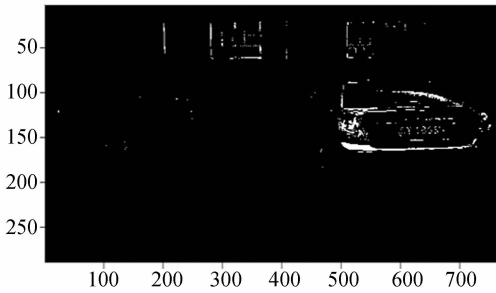
判为非黄牌

(m) 伴生与互补检验

(p) 结论

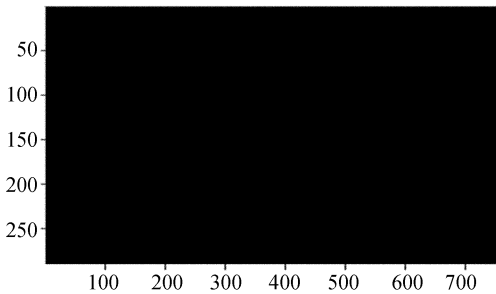
(m) Concomitant and complement check

(p) Conclusion



(n) 白色 AOI

(n) White AOI



(o) 融合定位白牌

(o) Fusion location of white license plate

图 4 复杂背景多目标定位过程

Fig. 4 Multi-object location process under complex environments

车牌被遮挡后只存在小部分区域,不具备后续识别条件。本文算法能检测到目标,但在真实性验证中目标被排除掉,不进入目标识别阶段。本算法在 1.8 GHz \ 224 MB 内存的单机上使用 MATLAB 编制的算法,定位花费时间在 5 s 之内,改为 VC 程序在实际工程中使用完全能够达到快速定位的使用要求。

5 结 论

提出了融合颜色特征与灰度边缘特征的车牌定位方法,并对检测目标进行伴生与互补真实性验证,可实现带反馈的判别,提高了算法的鲁棒性,适用于复杂环境下车牌目标数量、类型不确定情况下的定位。通过对各类复杂环境下获取的 981 幅实测车辆图像进行测试可知,该方法目标定位准确度超过 99%,证明该方法具有很好的定位准确度和工程实用性。而且在系统要求检测不同类型的车辆等情况时,可根据车牌的颜色特征,提供有效的数据分类支持。

非目标通过验证排除,提高定位算法的鲁棒性。实验中选取各类复杂环境下的图像 981 幅,准确定位 975 幅,准确率为 99.4%,例外的 6 例中有 3 例不具备检测条件,无法分辨真实颜色;另 3 例中

参考文献:

- [1] NOMURA S, YAMANAKA K, KATAI O, *et al.*. A novel adaptive morphological approach for degraded character image segmentation[J]. *Pattern Recognition*, 2005, 38(11): 1961-1975.
- [2] 刘桂雄,申柏华,冯云庆,等. 基于改进的 Hough 变

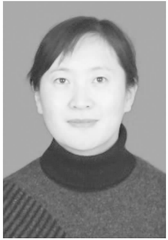
换的图像分割方法[J]. *光学精密工程*, 2002, 10(3): 257-260.

LIU G X, SHEN B H, FENG Y Q, *et al.*. Study of image segmentation based on improved Hough transform[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2002, 10(3): 257-260. (in Chinese)

- [3] NIKOLAOE E A, IOANNIS E A, VASSILIS L,

- et al.*. A license plate recognition algorithm for intelligent transportation system applications [J]. *IEEE Transaction on Intelligent Transportation System*, 2006, 7(3):377-392.
- [4] ZHENG D N, ZHAO Y N, WANG J X. An efficient method of license plate location[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2005, 26(15):2431-2438.
- [5] 赖作镁,王敬儒,张启衡.背景运动补偿和假设检验的目标检测算法[J]. *光学 精密工程*, 2007, 15(1):112-116.
- LAI Z M, WANG J R, ZHANG Q H. Object detection algorithm based on background compensation and hypothesis test[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(1):112-116. (in Chinese)
- [6] 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.
- LI W J, LIANG D Q, ZHANG Q, *et al.*. A novel approach for vehicle license plate based on edge color pair[J]. *Chinese Journal of Computer*, 2004, 27(2):204-208. (in Chinese)
- [7] 林玉池,崔彦平,黄银国.复杂背景下边缘提取与目标识别方法研究[J]. *光学 精密工程*, 2006, 14(3):509-514.
- LIN Y CH, CUI Y P, HUANG Y G. Study on edge detection and target recognition in complex background[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(3):509-514. (in Chinese)
- [8] BAI J, TIAN R I, LIU N. Research of vehicle license plate location algorithm based on color features and plate processions[J]. *Proceeding of ICM-LC 2006*, 1077-1085.
- [9] 孔潇,刘党辉,沈兰荪.基于模糊聚类的肤色分割[J]. *电子与信息学报*. 2005, 27(11):1778-1781.
- KONG X, LIU D H, SHEN L S. Skin extraction based on fuzzy cluster[J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2005, 27(11):1778-1781. (in Chinese)
- [10] BAI H L, ZHU J M, LIU CH P. A fast license plate extraction method on complex background [C]. *Intelligent Transportation System Proceedings*, 2003(2):985-987.

作者简介:



王 枚(1968—),女,山东蓬莱人,副教授,主要从事图像处理及模式识别研究。E-mail: wangmei336@163.com



王国宏(1963—),男,山西人,教授,博士生导师,主要从事多传感器信息融合和模式识别方面的研究。E-mail: wangguohong@vip.sina.com

导师简介:



苏光大(1948—),男,重庆市人,教授,主要从事图像处理及生物识别方面的研究。E-mail: susu@tsinghua.edu.cn