

基于颜色和标志边缘特征的交通标志检测

徐迪红^{1,2} 唐炉亮^{1,2}

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 武汉大学交通研究中心,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘要:首先利用禁令标志明显的红色边界和白色区域分别并行地提取可能的交通标志颜色,然后对其两者融合,其目的是减少漏检率;融合后的影像通过 Canny 算子提取其边界,再根据边界的圆形度参数判断是否为圆形区域。实验结果显示,本算法能够很好地检测和定位禁令标志。

关键词:交通标志;检测;Canny 算子;定位

中图法分类号:TP751; P237.3

交通标志识别的研究始于 20 世纪 80 年代,当时,奔驰等 14 家大型汽车公司组成的民间组织联合资助的 PROMETHEUS (programmer for european traffic with highest efficiency and unprecedented safety) 计划^[1-3],提出了 TSR (traffic signs recognition) 系统。Escalera^[4-5] 首先采用遗传算法(GA)仅仅利用颜色特征对交通标志特征进行了提取,然后利用多层网络对交通标志进行了分类。由于遗传和变异的限制,标志的检测和识别率都比较低。Fang^[6-8] 提出了动态视觉模型,并应用于对交通标志的检测和识别。还有许多研究者尝试利用数学形态学^[9]、模糊理论^[10] 等方法来检测和识别交通标志。

尽管交通标志检测的研究国外已经取得了很多成果,但由于交通标志种类繁多,各国的交通标志差异性明显,因此,研究适合中国的交通标志检测和识别算法仍具有重要的价值。交通标志的检测主要有基于颜色的方法和基于标志边缘的方法,目前多采用两者相结合的方法。本文利用禁令标志明显的白底红边特征在 RGB 颜色空间对颜色进行分割,采用 Canny 算子对禁令标志圆形特征进行边缘分割,然后利用加权线性组合方法进行融合。对于常见的禁令标志、警告标志和指示标志 3 类交通标志,该算法进行简单修改就能适用,因此,本文只选择禁令标志(红色圆形)实验

分析。

1 交通标志区域的局部剪切

交通标志数据来自架设在驾驶员右侧的 CCD 摄像机所采集的来自高速公路和城市交通场景的图像。由于周围环境的复杂性,特别是在城市背景下,和交通标志颜色或标志边缘相类似的广告牌等信息极大地干扰了交通标志的定位,因此,如何从影像中减少干扰信息是成功定位交通标志的一个必须面对的问题。通过观察大量的视频文件发现,交通标志安放的高度一般相对比较固定,其附近一般不会出现和交通标志混淆的其他特征物件,而且交通标志出现在视频中的位置一般从影像的中间开始,形状比较小,随着交通标志的逐渐靠近,其形状越来越大,其位置也逐渐慢慢地向右上方移动。根据如上事实,可事先确定一个区域范围为交通标志可能出现的区域,如图 1(a) 所示。因此,在图像采集后,通过影像的剪切,仅仅采用如图 1(a) 所示位置的图像。通过如此的处理方式,不仅大大减少了影像中干扰交通标志的信息,同样也大大减少了后续环节处理的信息量,明显减少了后续处理的时间开销,为将来交通标志的实时识别提供可能。

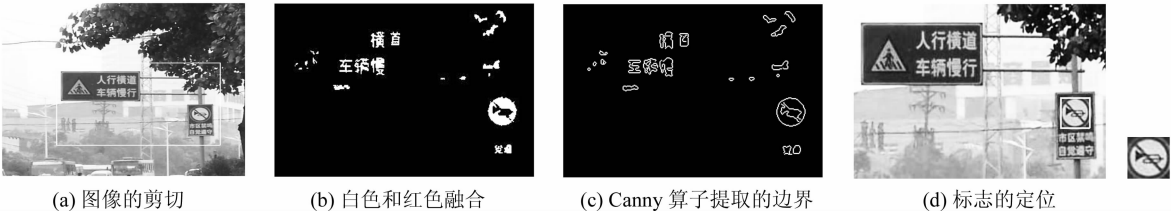


图 1 交通标志的特点检测与定位

Fig. 1 Character Detection and Location of Traffic Signs

2 基于颜色特征的分割

禁令标志具有明显的红色边界和圆形特征。由于所获取的序列影像直接来源于架设在车前的摄像机,所得到的是直接具有 R 、 G 、 B 颜色特征的影像,因此,可以首先利用颜色特征的 RGB 颜色模型来消除不具有禁令标志特征的其他影像。较 HSI 等模型而言,虽然 RGB 颜色模型对光照敏感性较差,但其少的计算量更能满足交通标志检测对时间的要求。

由于来自摄像机的序列影像是采用 RGB 颜色空间,因此,每一帧影像分别对应三个不同的矩阵,分别记为 R 、 G 和 B ,每一像素 p_{ij} 其相应的 RGB 分量值分别为 R_{ij} 、 G_{ij} 、 B_{ij} ,则满足如下条件的为可疑交通标志的红色:

1) $(R_{ij} + G_{ij} + B_{ij})/3 > 0.2$
2) $R_{ij} - B_{ij} > 0.08$
3) $2G_{ij} - R_{ij} - B_{ij} < 0$

(1)

其中,条件 1) 表示某点像素整体颜色的明暗,颜色的明暗将明显影响后续颜色的辨别;条件 2)、条件 3) 表示某像素中主要为红色。通过大量的实验发现,明暗程度的参数选取为 0.2,条件 2) 的参数为 0.08。对于不满足如上条件的像素同时将相对应的位置设为 0,即将非红色边界全部置为白色。这样就将明显不具有交通标志特征的区域从影像中去除掉。

将彩色影像转化为灰色影像 E :

$E_{ij} = 0.49R_{ij} + 0.29G_{ij} + 0.22B_{ij}$

(2)

式中, E_{ij} 表示影像 E 在像素 p_{ij} 的灰度值。

对于预处理影像,在进行红色分割时,对标志所含白色区域进行分割,分割的规则如下:

$|R_{ij} - G_{ij}| \leq 0.2 \text{ and } |G_{ij} - B_{ij}| \leq 0.2$
 $\text{and } |B_{ij} - R_{ij}| \leq 0.2$

(3)

满足如上条件的像素认为是白色区域。由于背景色中出现白色的可能性非常大(如天空等背景),交通标志中的白色一般是包含在红色圆形区域以

内,因此,作为独立的白色区域,其面积相对背景色中的白色来说应该比较小。因此,在提取白色区域后,分别对每个小块求其面积,面积太大或太小的认为其不是交通标志区域。对于白色区域同样采用式(2)将其转化为灰色影像,记为 A 。

在红色边界和白色区域提取后,利用式(4)将其结果融合,其结果如图 1(b)所示:

$X(i, j) = \lambda A(i, j) + (1 - \lambda)E(i, j)$

(4)

式中, $A(i, j)$ 为提取白色区域后的结果; $E(i, j)$ 为提取红色边界后的结果。系数 λ 根据下面的条件确定:

$$\lambda = \begin{cases} 1, E(i, j) = 0 \\ 0, A(i, j) = 0 \\ 1/2, E(i, j), A(i, j) \neq 0 \end{cases}$$

红色边界和白色区域的融合虽然能减少漏检率,但其缺点明显,即许多非交通标志的区域也检测为可能的交通标志区域。因此,必须利用交通标志边缘进一步确定交通标志。

3 基于标志边缘的分割

目前,用于边缘检测的算子较多,如 Roberts 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子、Laplace 算子和 Canny 算子等,但由于前面几种算子对噪声的高敏感性,因此,在处理实际问题时不可避免地夹杂着噪声。Canny^[11] 算子在提取边界的同时,能比较好地抑制噪声,在两者之间能取得较好的平衡,是目前比较有效的边缘检测算子。该算子主要通过评价 3 个指标的优劣达到边界检测的目的,克服了其他普通边缘检测算子的缺点,有效地消除了噪声对边缘的干扰,保证了边缘检测的准确性。经过 Canny 算子作用后,得到影像的边界图像,如图 1(c)所示。然后对其进行二值化,即边界为 1,其他的位置为 0。颜色分割后的影像虽然消除了很多非交通标志颜色的区域,但同样也有可能存在一些颜色和面积相似的非目标区域。交通禁令标志几乎全部都是圆形,而非目标区域的标志

边缘一般都不规则,或与圆形差别很大,因此,可利用圆形度来刻画:

$$f = C^2/S \tag{5}$$

式中, C 表示区域的周长; S 表示区域的面积。针对圆形, f 应该为 4π ,考虑到量化中的误差,选择 f 的范围为: $10 < f < 14.5$ 。满足如上要求的则认为是感兴趣的交通标志区域。

4 实验结果和分析

为了验证上述算法的可行性,本文利用 CCD 摄像机在高速公路和城市中分别采集了部分真实场景的交通标志,并采用 MATLAB 语言编程对算法进行了验证。

1) 影像的局部剪切。首先将采集到的影像重采样为 360×270 ,然后根据交通标志在影像中的大致位置剪切出含交通标志的区域。本文中交通标志一般出现在影像的 $[70, 320; 50, 220]$ 这一位置,其中 70、320 为像素的横坐标,50、220 为像素的纵坐标。

2) 基于颜色的分割。对预处理的图像,同时分别利用式(1)和式(3)提取可疑的红色和白色区

域,然后再利用式(4)融合图像。

3) 通过 Canny 算子提取边界,最后可通过式(5)计算判定交通标志。实验结果表明,这种算法对圆形交通标志的准确定位程度非常高。图 2、图 3 给出了部分实验结果。由于观测角度的不同,图 2 显示的交通标志出现明显的变形,但是本



图 2 交通标志的定位和分割

Fig. 2 Location and Segmentation of Traffic Signs

文的算法仍然准确地将其定位。图 3 显示了在一帧影像中同时检测两个禁令标志的例子,说明算法具有很大的适应性。尽管仅仅只对部分禁令标志进行了检测,但是由于所有禁令标志几乎都具有相同的颜色和形状特征,因此本文的方法能适应几乎所有禁令标志的检测和定位。



图 3 交通标志的定位和分割

Fig. 3 Location and Segmentation of Traffic Signs

参 考 文 献

[1] Priese L, Lakmann R, Rehrmann V. Ideogram Identification in a Real Time Traffic Sign Recognition System[C]. Intelligent Vehicles Symposium' 95, Detroit, 1995

[2] Rehrmann V, Lakmann R, Priese L. A Parallel System for Real time Traffic Sign Recognition[C]. International Workshop on Advanced Parallel Processing Technologies'95 (APPT), Peking, 1995

[3] Zheng Y, Ritter W, Janssen R. An Adaptive System for Traffic Sign Recognition[C]. Intelligent Vehicles Symposium, Paris, 1994

[4] de la Escalera A, Armingol J M, Mata M. Traffic Sign Recognition and Analysis for Intelligent Vehicles[J]. Image Vision Comput, 2003, 21: 247-258

[5] Escalera A, Armingol J, Pastor J, et al. Visual Sign Information Extraction and Identification by Deformable Models for Intelligent Vehicles [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(2):57-68

[6] Fang C Y, Fuh C S, Chen S W. Detection and Tracking of Road Signs[J]. Pattern Recognit. Image Anal., 2001(11): 304-308

[7] Fang C Y, Chen S W, Fuh C S. Road-sign Detection and Tracking [J]. IEEE Trans. Vehicular Technology, 2003, 52(5):1 329-1 341

[8] Fang C Y. An Automatic Road Sign Recognition System Based on a Computational Model of Human Recognition Processing[C]. Computer Vision and Image Understanding, 2004, 96: 237-268

[9] Jiang G Y, Choi T Y, Zheng Y. Morphological Traffic Sign Recognitions[C]. The 3th International

Conference on Signal Processing, Lausanne, Switzerland, 1996

[10] Li W, Jiang X, Wang Y. Road Recognition for Vision Navigation of an Autonomous Vehicle by Fuzzy Reasoning[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998

[11] Canny J. A Computational Approach to Edge Detection[J]. IEEE Trans on Patt. and Mach Intelligence, 1986, PAMI-8(6): 679-698

第一作者简介:徐迪红,博士生。主要从事图像理解、模式识别等方面的理论与技术研究。

E-mail: xudihong@yahoo.com.cn

Traffic Sign Detection Based on Color and Boundary Feature

XU Dihong^{1, 2} TANG Luliang^{1, 2}

(1 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Traffic Research Center, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper mainly presents an off-line traffic sign detection approach. Because their color and shapes feature are very different from natural environments, the algorithm described in this paper takes advantage of these features. It has two main parts. The first one uses the feature of red boundary and white region to segment the image, and then fuse their segmentation image. The second one uses Canny operator to analysis the boundary shape and locate the traffic signs. Some results from natural scenes are shown.

Key words: traffic sign; detection; canny operator; image segmentation

About the first author: XU Dihong, Ph. D candidate, main research fields are focused on image understanding and pattern recognition.
E-mail: xudihong@yahoo.com.cn

(上接第 432 页)

A Pyramid-based Cracks Statistical Modal for Massive Pavement Images

LIU Xianglong^{1, 2} LI Qingquan^{2, 3}

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Transportation Research Center, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper proposed a pyramid-based cracks statistical method for pavement images on the basis of the consistence of pavement texture structure. After the enhancement process, it executed image segmentation based on multi-scale space algorithm, then the weighted pyramid-based cracks statistical was implemented on each segmented image, in the end picked up the cracked pavement images and achieved the objective of improving detection efficiency. Several experiments were executed aim at road sections with different pavement texture structure with this model, and the results demonstrated that it can pick up the cracked ones from massive pavement images correctly and effectively.

Key words: pyramid data structure; pavement cracks; cracks detection; massive data

About the first author: LIU Xianglong, Ph. D candidate, majors in image processing, pattern recognition, machine vision and 3S integration.
E-mail: liuxianglong@live.cn