

基于颜色空间和模板匹配的交通标志检测方法

郝博闻¹, 梁宇峰¹, 李文强², 倪钰婷¹, 温斯傲¹, 刘展宁¹

(1 沈阳工业大学 软件学院, 沈阳 110870; 2 沈阳工业大学 化工过程自动化学院, 辽宁 辽阳 111003)

摘要: 交通标志检测技术是交通标志识别系统的重要前提和基础。由于背景的复杂性, 在进行颜色分割时部分区域可能会受到干扰, 为交通标志的检测带来困难。文中利用 HSV 颜色空间和 RGB 颜色空间对不同颜色的交通标志进行粗检测, 标记不同的值实现 ROI 分割。然后利用模板匹配的方法对交通标志进行处理, 使用模板在 ROI 区域上滑动, 得到模板相似度的最大值, 以此来实现检测过程。实验结果表明该方法能获得较好的检测结果。

关键词: 交通标志; 检测; 颜色空间; 模板匹配

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2016)04-0020-04

Traffic sign detection method based on color space and template matching

HAO Bowen¹, LIANG Yufeng¹, LI Wenqiang², NI Yuting¹, WEN Si-ao¹, LIU Zhanning¹

(1 School of Software, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China;

2 College of Chemical Process Automation, Shenyang University of Technology, Liaoyang Liaoning 111003, China)

Abstract: Traffic sign detection technology is the important premise and foundation of traffic sign recognition system. Due to the complexity of the background, some areas may be disturbed during color segmentation. Traffic signs are difficult to detect. In HSV color space and RGB color space, rough detection are carried out on the traffic signs of different colors. ROI segmentation is marked by different values to achieve. Traffic sign is processed using template matching method. The template is used to slide on the ROI region, and the maximum value of template similarity is obtained. Further, detection process is implemented. The experimental results show that the method can get better detection results.

Keywords: traffic sign; detection; color space; template matching

0 引言

随着车辆的增多, 道路交通安全问题日趋严峻, 从而促进了智能交通系统(Intelligent Transportation System, 简称 ITS)的发展。ITS 是指运用信息技术、数据通讯传输技术、电子传感技术、控制技术、计算机技术等对道路交通进行实时、准确、高效的监管和处理。交通标志是管理交通、指示行车方向、保证道路畅通与行车安全的必要设施, 因此大力开发交通标志识别系统已然成为了一个重要的发展方向, 其中交通标志的检测是交通标志识别系统的重要基础。

本文对交通标志检测现状进行了分析, 并在颜色分割的基础上利用模板匹配的方法实现了交通标志的检测。

1 研究现状

自上世纪八十年代开始, 国外就有科研工作者开展交通标志检测技术的研究。Akatsuka 等人采用在 RGB 颜色空间图像下对图像进行阈值分割的方式检测交通标志, 并通过模板匹配的方法对限速标志设计分类^[1]。Broggi 等人提出了一种 RGB 模型改进法来保证分割效果, 通过类似于线性 gamma 矫正的彩色均衡处理来保证 RGB 模型对光源的独立性^[2]。大阪大学开发了利用摄像机拍摄远处的场景图像, 经过颜色、

强度和形状等信息处理和判断得到可能的交通标志区域, 再采用模板匹配法识别此区域的系统。Green 等人在归一化的 RGB 空间中选取 R 和 B 通道的最大值以及结合 RGB 图像提取 MSER 区域并利用 SVM 进行交通标志判断^[3]。Miura 等人通过一个内建函数来计算标准模板图像与候选交通标志图像之间的归一化相关性, 相比直接使用归一化相关性的模板匹配算法, 该算法具有较快的处理速度^[4]。

我国在智能交通领域的研发进展比国外稍晚。2004 年杭州大学蒋刚毅通过利用数学形态学方法提取交通标志的特征, 再利用模板匹配算法来进行检测^[5]。许少秋等人也采用基于模板匹配的算法来对交通标志提供检测识别, 再通过 HSI 颜色空间对图像进行分割。张静等人^[6]将图像从 RGB 颜色空间转换到 HSI 颜色空间来优势提取颜色分割, 同时进一步结合了对 RGB 颜色空间下的非彩色分割。沙莎等人^[7]首先将图像转换到 HSI 颜色空间, 对其饱和度定制实现阈值分割, 再结合 RGB 通道的颜色特征进行颜色聚类, 从而将交通标志从背景图像中分离出来。

2 交通标志检测算法

2.1 颜色空间处理

2.1.1 RGB 颜色空间

RGB 空间是目前具有最大可见广泛应用范围的功能系

收稿日期: 2016-06-22

基金项目: 国家自然科学基金(61540069); 2015 年大学生创新项目(辽教办发[2016]108 号)。

作者简介: 郝博闻(1996-) 男, 本科生, 主要研究方向: 图像处理、算法; 梁宇峰(1993-) 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理; 李文强(1988-) 男, 硕士, 助教, 主要研究方向: 图像处理与机器视觉。

统。具体分为红(Red)、绿(Green)、蓝(Blue)3个颜色通道,通过3个通道值的变化及叠加,产生各种各样几乎可以囊括人类所能感知到的全部颜色。建立在笛卡尔坐标系中的RGB颜色模型空间,是一个正方体,如图1所示。一般应用时,将其归一化为单位立方体,使得所有的 R 、 G 、 B 值均可定位在区间 $[0, 1]$ 之中,成为一个规格化的RGB彩色空间。

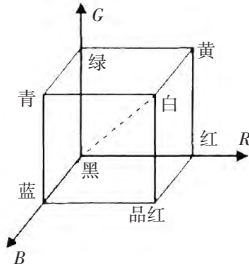


图1 RGB颜色空间

Fig. 1 RGB color space

基于RGB颜色空间模型的标志图像检测算法主要原理为:首先按照交通标志的颜色特点,设定分割像素点的RGB阈值,然后对图像中的像素点选取逐行扫描模式,判断图像中的该像素点是否属于预先设定的RGB阈值范围内,如果属于,则将该像素点保留下来,反之则设为零,该像素点为背景。

若 k_1 为图像中的交通标志, k_2 为图像的背景, f_r 、 f_g 、 f_b 分别为图像中各像素点的 R 、 G 、 B 通道值,运用(1)(2)两式对图像进行处理。具体如下:

$$g(x, y) = k_1 \begin{cases} R_a \leq f_r \leq R_b \\ G_a \leq f_g \leq G_b \\ B_a \leq f_b \leq B_b \end{cases} \quad (1)$$

$$g(x, y) = k_2 \quad \text{其它} \quad (2)$$

对RGB空间的处理,首先获取图像的 R 、 G 、 B 的像素值,之后通过实验来确定交通标志图像中的红、黄、蓝三种颜色的 $R-B$ 、 $B-R$ 、 $R-G$ 、 $G-R$ 、 $B-G$ 和 $G-B$ 的分割阈值的范围,再将符合分割阈值范围的区域进行保留,不满足的区域则将其设为白色,最后合成RGB颜色像素,分割后的图像如图2所示。

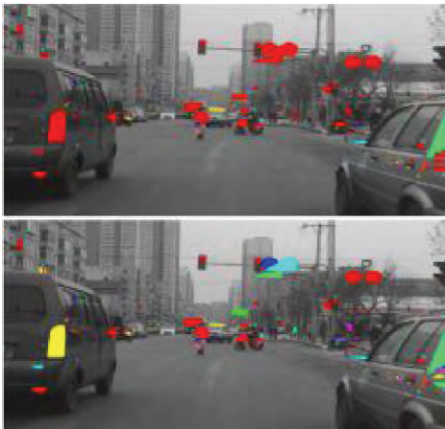


图2 经过RGB颜色空间变换后的图像

Fig. 2 RGB color space converted image

2.1.2 HSV颜色空间

HSV (Hue, Saturation, Value) 颜色空间模型中包含的3个独立属性是:亮度、色调和饱和度,其中, H 是图像的色度也称色调, V 是色彩的亮度, S 是色彩的饱和度。HSV颜色空间的模型对应于圆柱坐标系中的一个圆锥形。如图3所示。圆锥的顶面对应 $V = 1$ 。色彩 H 由绕 V 轴的旋转角决定。每一种颜色和其补色之间相差 180° 。红色对应角度 0° ,绿色对应角度 120° ,蓝色对应角度 240° 。

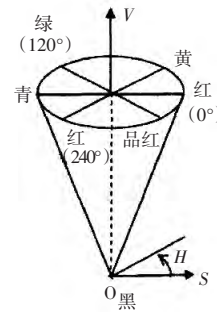


图3 HSV色彩空间

Fig. 3 HSV color space

HSV颜色模型是建立在柱坐标系中的。将RGB颜色空间转化为HSV颜色空间的算法为:利用方程式展开将RGB空间转换为HSV空间,即把笛卡尔坐标系中的RGB值映射至柱坐标系。转换后对图像中的像素点选取逐行扫描模式,判断图像中的该像素点是否属于预先设定的HSV阈值范围内,如果属于,则将该像素点保留下来。算法中涉及处理的公式如下:

H通道:

$$H = \begin{cases} \frac{1}{6} \frac{G - B}{\max - \min} & \text{if } R = \max \\ \frac{1}{6} \left(2 + \frac{B - R}{\max - \min} \right) & \text{if } G = \max \\ \frac{1}{6} \left(4 + \frac{R - G}{\max - \min} \right) & \text{if } B = \max \end{cases} \quad (3)$$

S通道:

$$S = \frac{\max - \min}{\max} \quad (4)$$

V通道:

$$V = \max(R, G, B) \quad (5)$$

对于HSV空间的处理,首先获取图像的 R 、 G 、 B 的像素值,再将图像的RGB颜色转化为HSV的颜色值,之后通过实验来确定交通标志图像中的红、黄、蓝3种颜色 H 、 S 、 V 的分割阈值范围,对于符合分割阈值范围的区域进行保留,不满足的区域则将其设为白色,最后将HSV颜色转换成RGB颜色,合成像素后,显示分割后的图像,如图4所示。

2.2 模板匹配

模板匹配就是在一幅较大图像中搜索目标,已知图中含有要寻找的目标,而且该目标与模板有着相同的方向、尺寸。运行算法可以在图像中找到目标,确定目标的坐标位置。通过比较模板与子图的相似性,可以完成模板匹配的过程。



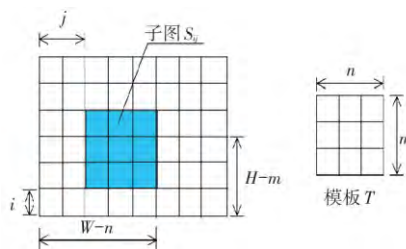
图4 经过 HSV 颜色空间变换后的图像

Fig. 4 HSV color space converted image

在此 给出模板匹配公式如下:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2}} \quad (6)$$

将模板 T ($m \times n$ 个像素) 叠放在被搜索图 S ($W \times H$ 个像素) 上下平移, 模板覆盖搜索图的相应区域块称作子图 S_{ij} 。 i 和 j 是子图 S_{ij} 左上角在搜索图 S 上的坐标。如图 5 所示, 通过比较 T 与 S_{ij} 的相似性, 可以完成模板匹配的过程。

图5 被搜索图 S 与模板图像 T Fig. 5 Cable search map and the template image (S, T)

当模板和子图完全一样时, 相关系数 $R(i, j) = 1$ 。在被搜索图 S 中完成全部搜索后, 找出 R 的最大值 $R_{\max}(i, j, m)$, 其对应的子图 $S_{i, j, m}$ 即为匹配目标。研究可得, 误差公式如下:

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S^{ij}(m, n) - T(m, n)| \quad (7)$$

$E(i, j)$ 为最小值处即为匹配目标。

为提高计算速度, 取一个误差阈值 E_0 , 当 $E(i, j) > E_0$ 时就停止该点的计算, 继续下一点计算, 从而得到想要的结果。

3 实验结果

3.1 数据库

在我国迄今仍未推出公开的数据库用于提供给学者们展开相关的研究。本文通过车载相机拍摄的方式创建了一个含有交通标志图像的数据库。测试时, 仅针对数据库中的 150 张禁止标志进行仿真实验。图 6 是数据库中含有禁止标志的一部分图像。

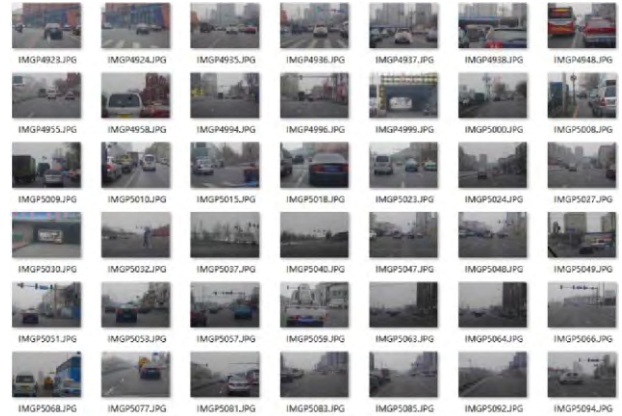


图6 含有禁止标志的图像

Fig. 6 Comprising disable flag image

3.2 仿真实验

在 RGB 和 HSV 颜色空间的基础上, 利用相似性公式对已经准备好的模板图像和分割后的图像进行匹配运算, 计算出 R_{\max} , 从而找到最相似的 ROI, 完成交通标志的检测。对数据库中的 150 张禁止标志图像进行仿真实验, 检测结果如图 7 所示。



图7 检测结果

Fig. 7 Detection result

实验结果表明, 本系统能够取得较好的检测效果, 检测准确率为 96.67%。

4 结束语

本文对交通标志检测与识别系统中的交通标志颜色粗分割算法、候选交通标志图像块提取、交通标志模板匹配分类方法给出了相关研究, 并展示了仿真实验过程及结果。本文的主要工作及结论如下:

(下转第 27 页)

相比原算法,在处理文字、笔画大小不均的图像时,改进后方法的 FM 值有较大幅度提升,这说明算法可以保留原图像前景文本的更多细节。而对文字大小和笔画较均匀的图像,基本上维持原算法的水平。

表1 P02 图像不同二值化算法的 FM 值

Tab. 1 F -Measure of different binarization algorithms of P02

方法	TP	FP	FN	FM
OTSU	75 465	2 093	3 219	96.6%
BolanSu	65 531	1 565	13 153	89.1%
本文方法	73 456	1 518	5 228	95.2%

表2 P03 图像不同二值化算法的 FM 值

Tab. 2 F -Measure of different binarization algorithms of P03

方法	TP	FP	FN	FM
OTSU	92 110	1 279	5 010	96.6%
BolanSu	56 568	125	40 552	73.6%
本文方法	87 694	122	9 426	94.8%

表3 H05 图像不同二值化算法的 FM 值

Tab. 3 F -Measure of different binarization algorithms of H05

方法	TP	FP	FN	FM
OTSU	45 900	133 950	598	28.0%
BolanSu	40 773	2 188	5 725	84.9%
本文方法	40 278	4 034	6 220	84.6%

5 结束语

基于笔画宽度决定邻域窗口进而实现局部阈值化是处理退化文本图像的一种重要手段,也因此产生了一些客观有效的关键算法。本文的改进研究保留了局部阈值方法的优势,且通过与 OTSU 算法结合、并对图像进行区域划分以得到不同区域、不同字符的笔画宽度,从而实现了更准确的自适应窗口尺寸估计。同时,对于原方法中出现的伪轮廓现象进行了对比消除,提升了对退化文本图像的处理效果。

参考文献:

[1] PRATIKAKIS I, GATOS B, NTIROGIANNIS K. ICDAR 2013

document image binarization contest (DIBCO 2013) [C]// Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2013 12th International Conference on. Washington, DC, USA: IEEE, 2013: 1471-1476.

[2] GATOS B, NTIROGIANNIS K, PRATIKAKIS I. ICDAR 2009 document image binarization contest (DIBCO 2009) [C]//2009 10th International conference on document analysis and recognition. Barcelona: IEEE, 2009: 1375-1382.

[3] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. Automatica, 1975, 11(285-296): 23-27.

[4] BERNSEN J. Dynamic thresholding of grey-level images [C]// International conference on pattern recognition. Paris, France: dblp, 1986: 1251-1255.

[5] SAUVOLA J, PIETIKINEN M. Adaptive document image binarization [J]. Pattern Recognition, 2000, 33(2): 225-236.

[6] SU B, LU S, TAN C L. Robust document image binarization technique for degraded document images [J]. Image Processing, IEEE Transactions on, 2013, 22(4): 1408-1417.

[7] LU S, TAN C L. Binarization of badly illuminated document images through shading estimation and compensation [J]. Internal Journal of Document Analyses Recognition, 2010, 13(4): 303-314.

[8] HOWE N. Document binarization with automatic parameter tuning [J]. Internal Journal of Document Analyses Recognition, 2013, 16(3): 247-258.

[9] MESQUITA R G, SILVA R M A, MELLO C A B, et al. Parameter tuning for document image binarization using a racing algorithm [J]. Expert System with Applications, 2015, 42(5): 2593-2603.

[10] 童立靖, 张艳, 舒巍, 等. 几种文本图像二值化方法的对比分析 [J]. 北方工业大学学报, 2011, 23(1): 25-33.

[11] 陈丹, 张峰, 贺贵明. 一种改进的文本图像二值化算法 [J]. 计算机工程, 2003, 29(13): 85-86.

[12] 潘梅森, 张奋. 一种新的图像二值化方法 [J]. 湖南文理学院学报(自然科学版), 2007, 19(1): 72-74, 80.

[13] 张伟, 刘志刚. 一种针对较厚书籍扫描图像的二值化方法 [J]. 计算机应用研究, 2011, 28(5): 1998-2000.

[14] 冯炎. 基于背景估计和对比度补偿的退化古籍图像二值化算法 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15(34): 105-109.

[15] CANNY J. A computational approach to edge detection [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 1986(6): 679-698.

(上接第 22 页)

1) 本文介绍并分析了以 RGB 颜色模型及其确定阈值的粗分割算法和 HSV 颜色模型及其固定阈值的粗分割算法。

2) 基于模板匹配方法的交通标志检测系统目前可以检测大量的禁止标志,对数据库中的 150 张禁止标志图像进行检测,检测成功率为 96.67%。

本文只采用了固定大小的模板进行匹配,当交通标志出现较大变形及缩放等情况时,文中方法的检测效果较差,将在下一步工作中研究变形模板匹配。

参考文献:

[1] 余进程. 车载辅助系统中禁令交通标志的识别研究 [D]. 广州: 广东工业大学, 2014.

[2] 匡麒旭. 城市交通存在的问题及解决方法 [D]. 武汉: 武汉理工大

学, 2014.

[3] YE Yibin, SQUARTIN S, PIAZZA F. ELM based time variant neural networks with incremental number of output basis functions [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2011, 6675: 403-410.

[4] NASCIMENTO J C, ABRANTES A J, MARQUES J S. Using middle level features for robust shape tracking [J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(1/3): 295-307.

[5] 陈荣波. 智能交通系统理论的研究与实现 [D]. 长春: 吉林大学, 2004.

[6] 张静, 何明一, 戴玉超, 等. 多特征融合的圆形交通标志检测 [J]. 模式识别与人工智能, 2011, 24(2): 226-232.

[7] 沙莎, 肖学钢. 一种多通道融合的交通标志检测方法 [J]. 计算机工程, 2009, 35(6): 202-204, 207.