

基于改进 SUSAN 算法的移动车辆检测^①

杨艳爽^{1,2}, 蒲宝明²

¹(中国科学院研究生院, 北京 100049)

²(中国科学院 沈阳计算技术研究所, 沈阳 110168)

摘要: 针对复杂行车环境下智能车辆行车安全问题, 提出了一种基于改进 Susan 边缘检测算法提取车辆边界特征. 首先介绍了 SUSAN 边缘检测算子的原理, 然后提出改进的 SUSAN 算法, 即对待检测像素粗略提取, 采用一种自适应选取阈值的方法对候选边缘点检测提取边缘. 实验表明, 算法能在复杂图像中识别前方车辆, 有较高的准确度.

关键词: 图像处理; 车辆检测; 边缘检测; SUSAN 算法; 自适应阈值

Moving Vehicle Detection Based on Improved SUSAN Algorithm

YANG Yan-Shuang^{1,2}, PU Bao-Ming²

¹(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

²(Shenyang Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110168, China)

Abstract: Focused on the intelligent vehicle safety issues under complex traffic environment, this paper presents an algorithm based on an improved SUSAN edge detection to extract the vehicle boundary characteristics. First, we introduce the principle of SUSAN edge detection operator, then present an improved SUSAN edge detection what treats crude extract of pixels and uses an adaptive threshold selection method for the candidate of edge detection to extract the edge. The experimental results indicate that the algorithm can identify in front of the vehicle in the complex image, have higher accuracy.

Key words: vehicles detection; SUSAN algorithm; edge detection; image processing; adaptive threshold

智能车辆技术作为提高驾驶安全性的有效途径, 是目前各国重点发展的智能交通系统中一个重要组成部分. 它的实现涉及模式识别、图形图像处理、机器视觉等多个交叉学科^[1]. 机器视觉由于具有检测信息量大、适应范围广、智能化程度高等优点, 成为了智能车辆技术的重点研究方向^[2]. 由于检测过程中的众多问题如背景环境、复杂光照, 复杂天气等, 使得车辆检测的鲁棒性较差. 本文针对车辆检测中存在实时性和鲁棒性差的问题, 提出一种基于改进的 Susan 算法在复杂背景环境下车辆检测方法. SUSAN 算法能较好的保持图像的特征结构等细节信息^[3], 改进的 SUSAN 算法边缘检测能在处理后的噪声图像上直接得到较准确的边缘信息, 再利用车辆纹理, 位置等特征识别车辆. 实验证明, 该算法能够在复杂行车环境下, 实现前

方车辆的目标识别, 具有较高的实时性、准确性.

1 SUSAN 算法

SUSAN (Smallest Segment Assimilating Nucleus) 是最小吸收核同值区的缩写, 由英国牛津大学学者 S.M. Smith 和 J.M. Brady^[4]提出, 是一种基于灰度图像的特征点获取方法. 它简单而有效, 能较好的连接边缘, 可以去除图像中的部分噪声.

由于 SUSAN 算法是一种基于灰度图像周边像素比较的算法, 采用各方向响应相同的近似圆形模板.

将上图模板在灰度图像上移动, 模板内部有编号的每个像素点的灰度值都与模板中心像素(即模板编号 19)的灰度值进行比较. 假如模板内某点像素的灰度值与模板中心像素(也称作核)灰度的差值小于某个

① 收稿时间:2014-08-29;收到修改稿时间:2014-11-14

阈值 t , 姑且认为该点与核有相同的灰度, 模板内所有与核有相同灰度的值的总和构成核值相似区(USAN).

		1	2	3		
	4	5	6	7	8	
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
	30	31	32	33	34	
		35	36	37		

如图 1 中的 a, 圆形模板已经完全处在灰色区, 此时, USAN 区域面积最大; 如图中 b, 模板缓慢向边缘移动(核仍在图像中), 此时 USAN 区域逐渐变小; 当模板继续向边缘移动(核在边缘上), USAN 区域为模板一半, 如图中的 c; 当核处于角点时, USAN 区域最小, 如图中的 d; 当模板继续向外移动, USAN 区逐渐变大; 当完全移除灰色区域, 如图中 e, USAN 区又变为最大.

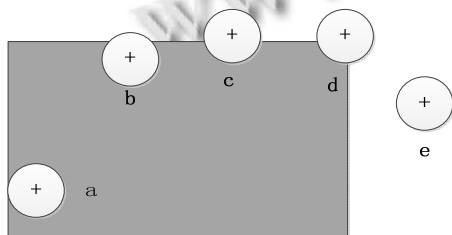


图 1 SUSAN 边缘检测原理

由此看出, 在边缘处的像素, 其 USAN 区都小于或等于模板值的一半. 如果我们设定一个 USAN 阈值, 查找图像中所有 USAN 区小于阈值的像素点, 则可认为此点为边缘点, 这就是 SUSAN 边缘检测算法思想^[5].

检测时, 判断模板内像素点是否在 USAN 区的比较函数如下:

$$c(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } |I(x, y) - I(x_c, y_c)| \leq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

坐标 (x_c, y_c) 表示模板的核坐标. 采用一种稳定性更强、抗干扰性更好的相似比较函数如下:

$$c(x, y) = \exp \left[- \left[\frac{|I(x, y) - I(x_c, y_c)|}{t} \right]^6 \right] \quad (2)$$

则 USAN 区的大小计算公式:

$$n(x_c, y_c) = \sum_{(x, y) \neq (x_c, y_c)} c(x, y) \quad (3)$$

根据实验分析可知, 在一些含噪图像中, 如果核心点在边缘附近, n 的值一般不会大于 n_{\max} 的 3/4. 因此, 定义几何阈值 $g = 3 n_{\max} / 4$. 边缘初始响应公式:

$$E_R(x_c, y_c) = \begin{cases} g - n(x_c, y_c), & \text{if } n(x_c, y_c) < g \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

由式(4)也可看出, USAN 区越小, 初始边缘响应就越大.

2 改进的SUSAN算法

2.1 自适应阈值 t 的选取

由于受车辆边缘与背景的对比度和背景的复杂度影响, 阈值 t 的选取对提取车辆边缘的影响很大. 一般情况下, 阈值 t 主要决定了能够提取的特征点的特征数量. 对于对比度较大的图像, t 取大一些, 也可以取得细腻的车辆边缘, 但当对比度较小时, t 取较小值才能取得较好的车辆边缘.

对背景复杂的灰度图像, 若阈值 t 采用全局阈值, 则检测效果通常会不好. 为此, 本文给出一种不同对比度下 t 值自适应选择的方法: 在 Susan 模板内, 通过累积模板内像素值来确定模板内像素与模板中心像素差值的阈值 t . 计算方法如下:

对于一个 37 像素的类似圆形模板, sum 表示累积变量, $img_{(i,j)}(k)$ 表示中心像素在源图像中的第 i 行第 j 列, k 表示模板中的第 k 个像素.

$$sum = \sum_{s=1}^k img_{(i,j)}(s) \quad (5)$$

则第 k 个像素的阈值 t 为:

$$t = sum / N \quad (6)$$

sum 通过累积模板像素的方法使 t 值计算有了局部对比度的响应特性, 对于模板内的像素, t 值在增大, 可以除去大部分对比度较小的复杂背景(如道旁两侧的树木), 保留目标, 很好的分离目标与背景, 并细化边缘, 因此能较准确的保留车辆边缘. 如图 3 中所示.

式(6)中 N 取模板大小的二倍. 然后按照 SUSAN 算法的步骤计算: 求出第 k 个像素与中心像素的差值, 与 t 作比较, 若小于等于 t 则, USAN 区加 1, 最后判断 USAN 区与阈值 g 的大小, 若小于, 则当前像素为边缘点, 将当前像素值设为 255, 否则, 当前像素不是边缘点, 将其设为 0. 实验证明, 此法能正确检测出车辆,

准确率高。

2.2 候选边缘点提取

由于本文基于视频的车辆检测,对实时性要求较高,而每次求阈值 t 增加了算法的计算量,降低速度,因此,在运用上述的 susan 算法进行边缘检测前,先进行粗略的筛选,只对候选边缘点做 SUSAN 边缘检测,筛选方法如下:

首先以核像素点为中心,计算垂直线段两端的像素差,即计算本文模板中编号为 2 和 36,16 和 22 的像素差,并与程序设置的差值门限 Th 进行比较,边缘出现在灰度对比度大的像素点,因此大于 Th 的像素点作为候选边缘点,小于 Th 的点认为是内部像素点准备剔除,然后只需对候选边缘点利用对自适应阈值 t 改进的 SUSAN 边缘检测算法进一步定位边缘^[6]。

对于数字图像而言,一般区域内部像素所占比例比边缘像素大的多,这样就可以在第一步剔除掉大部分的内部像素。本文中, Th 的选取对车辆边缘候选点的影响较大,直接影响车辆边缘的选取,取值较大,会漏检边缘,取值较小,候选边缘点的选取过多,此步骤无意义,反而增加计算量。经大量实验得出,在程序设计 $th=4$ 时,能达到较好效果。

3 目标检测

(1)生成待检测图像

对于整个图像,首先进行灰度转换,然后裁剪出我们关心的车辆集中的区域。然后用以下方法对图像进行直方图均衡化:

- ① 计算输入图像的直方图 H
- ② 直方图归一化,因此直方块和为 255
- ③ 计算直方图积分
- ④ 采用 H' 作为查询表: $dst(x,y) = H'(src(x,y))$ 进行图像变换。

最后,采用 3×3 的核,标准差为 $\sigma = (3/2 - 1) \times 0.3 + 0.8$ 的方法进行高斯平滑去噪得到待检测的图像。

(2)提取边缘

运用 SUSAN 边缘检测改进算法对边缘进行提取,得到二值图像。

(3)目标区域提取

对二值图像进行膨胀,腐蚀,细化^[7],骨架^[8]后进行 Hough 变换直线检测,并找出连通直线的区域,这

里利用车辆的纹理特征提取出车辆区域。

4 实验结果与分析

实验环境:硬件采用 Intel Core 主频 2.2GHz 的处理器,2GB 内存。软件平台使用的是微软 Windows 7 操作系统,开发平台为 Microsoft Visual Studio;同时程序在实现的过程中调用了 Opencv2.3.1 图像库中的函数。



图 2 原图

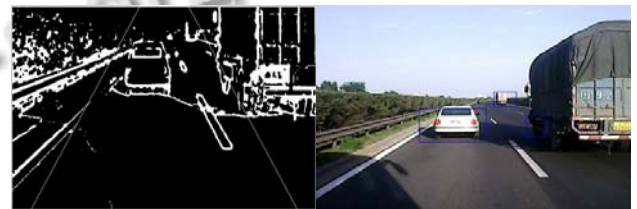


图 3 改进的 SUSAN 边缘检测及检测结果



图 4 SUSAN 边缘检测及检测结果

从原图可看出车辆出现的位置在图片中呈梯形出现的道路上,因此上图检测结果是在经验梯形区域内进行检测。

从实验结果看,改进的 SUSAN 边缘检测算法,对于近处的车体,能较好的保留车体的横竖线轮廓,对于远处车辆也能与背景区分开来,虽然看不出车体的轮廓,但却能保留车体大小的横竖线,便于后面采用 hough 变换检测车体。而 SUSAN 算法的边缘检测,边缘较粗且模糊,远处的车辆基本与背景无法区分,无法准确的检测出车辆。

从时间效率上看, SUSAN 算法检测一张图片的时间平均是 280ms。只做自适应阈值 t 改进的 SUSAN 算法检测的平均时间是 320ms,但是如果在此之前进行粗略的筛选,即本文提出的改进的 SUSAN 算法检测,平均检测时间为 220ms,经试验证明,其结果与不进

行粗略筛选进行检测相同。

5 结语

本文介绍了 SUSAN 算法边缘检测,并针对 SUSAN 算法不能有效地检测移动车辆的缺点,提出一种改进的 SUSAN 算法,即先对待检测像素点进行粗略的筛选,选出候选边缘点再利用自适应阈值 t 的方式得到边缘点。实验证明,算法对于复杂背景的鲁棒性更好,能高效准确检测移动车辆。

参考文献

- 1 雷志勇,智能车辆视觉导航中障碍物的检测[学位论文].西安:西安工业大学,2013.
- 2 王艳丽,沈文超,徐建闽.复杂行车环境下的前方车辆检测算法研究.电子设计工程,2013,21(18):149-151.
- 3 钟顺红,何建农,基于自适应双阈值的 SUSAN 算法.计算机工程,2012,38(3):206-211.
- 4 Smith SM, Brady JM. SUSAN-a new approach to low level image processing. Journal of Computer Vision, 1997,23(1):45-78.
- 5 马桂珍,段丽.一种改进的 SUSAN 边缘检测算法.现代电子技术,2007,(20):129-133.
- 6 肖玲玲,赵秀鸟.一种基于数学形态学与改进的 SUSAN 算子边缘提取快速算法.微机与应用,2009:76-78.
- 7 丁明跃,彭嘉雄.基于内点保留的二值图像细化算法.华中理工大学学报,1994,22(1):79-82.
- 8 李劝男.灰度图像骨架的提取在物体检测中的应用[学位论文].武汉:华中科技大学,2009.