

基于多尺度边缘和局部熵原理的前方车辆检测

刘亚东, 李翠华

(1. 厦门大学 信息科学与技术学院, 福建 厦门 361005)

摘要:提出一种基于多尺度边缘和局部熵原理的前方车辆的检测算法。该算法利用车辆图像的边缘和纹理等视觉特征,根据摄像机参数得到远、中、近距离的三个尺度的图像,用一种改进的边缘检测算法分析每幅图像的边缘,得到车辆的感兴趣区域 ROI,最后通过应用局部熵原理来排除错误的结果。对同一帧序列用文中算法和传统算法进行测试,文中算法提高了检测的正确率,并减少了误检的数量,该算法同时适用于静止和运动的车辆,并且对中远距离车辆有较好的检测效果。

关键词:多尺度;边缘检测;局部熵

中图分类号:TP274⁺.5

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)03-0200-03

Preceding Vehicle Detection Based on Multiple Scale Edge and Local Entropy

LIU Ya-dong, LI Cui-hua

(Coll. of Information Sci. and Techn., Xiamen Univ., Xiamen 361005, China)

Abstract: Presents a preceding vehicle detection algorithm based on multiple scale edge and local entropy. Use a combination of edge and texture features of vehicle images. Firstly, three kinds of range images are obtained according to the camera parameters, then these images are analyzed by an improved edge detection method and ROI are calculated. Those ROI are filtered by local entropy method and vehicles are located in original images. By same sequence, test this algorithm and other classic algorithms, these experiments illustrate the vehicle detection rate of this algorithm is higher and the error rate of this algorithm is lower than other algorithms. The algorithm can detect both resting and moving cars, and it illustrates good performance for mid-range and distant cars.

Key words: multiple scale; edge detection; local entropy

0 引言

根据最新调查统计结果,在中国,交通事故平均每1分钟造成1人受伤,每5分钟造成1人死亡。智能车辆辅助和安全警告系统可以用来减少事故的发生。

目前,由于图像能提供更为丰富的信息,同时考虑系统的成本和实时性问题,采用单目视觉技术进行车辆探测方法的研究最为广泛,如 Sun Zehang 和 George Bebis 的 Ford Project^[1]。

在众多的检测算法中,基本都遵循两个基本步骤^[1]:

(1)确定感兴趣区域 ROI,即可能包含车辆的区

域;

(2)验证 ROI 的正确性,即验证是否真的含有车辆。

其中的关键步骤就是确定感兴趣区域 ROI,有很多种方法,常用的有以下两种:

① 基于车辆的外观视觉特征^[2~4]。这些方法利用车辆本身所具有的一些显著不同于背景的特征,如纹理、边缘、对称性以及底部阴影等,进行车辆的分割。这种方法的缺点是,当单独使用某一种特征时,经常会因光照或环境的变化,导致该特征信息量不足,或在序列图像中出现特征丢失的情况。因此,容易出现错判或漏判的现象。

② 基于模板匹配的方法^[5]。这种方法利用大量的预先做好的车辆模板(基于灰度信息或小波特征),与实时采集的图像进行匹配,寻找相关性最大的匹配区域作为车辆存在区域。通常,这种方法比基于特征的检测方法具有更好的鲁棒性,缺点是实时性较差。

收稿日期:2007-06-19

基金项目:厦门大学 985 二期信息创新平台资助项目;国家高技术研究发展计划(863)资助项目(2006AA01Z129)

作者简介:刘亚东(1982-),男,山西新绛人,硕士研究生,研究方向为图像与视频处理;李翠华,教授,博导,研究方向为图像与视频处理。

文中提出一种新的前方车辆的检测方法,该方法基于车辆的边缘和纹理视觉特征,可以得到更为精确的结果。

1 检测算法

车辆比自然物体具有更加强烈的边缘,因此,可以从图像中的边缘信息出发。

传统做法是,用水平和垂直边缘检测将感兴趣的水平和垂直结构标识,选取最有希望的水平和垂直结构。一个重要的问题是在这个过程中怎样选择各种参数,这将影响系统的精度。这些参数包括边缘检测算子的阈值;用于选择最重要的垂直和水平边缘的阈值;用于选择轮廓图中峰值的阈值。尽管有时一些参数在一些情况下运行效果很好,但它们可能不适合另一种环境。

一些文献中应用多尺度分析来解决这个问题,如 Zehang Sun^[1]采用的边缘检测方法,它首先将图像进行下采样,得到金字塔三层图像,从最粗糙级的图像上开始对每个级别的图像,分别进行垂直、水平边缘检测,然后结合两个边缘图像,找出边缘局部极值,以此初步选定 ROI。这种方法在最粗糙级上确定最初的 ROI,然而,它对中远距离和近距离的车辆轮廓采用同样的处理方法,容易造成与其他非车辆目标的混淆(如远距离车辆和背景中的其他小目标),而且由于要检测各种大小的目标,计算量会较大。

文中提出一种改进的方法,首先根据摄像机参数,基于距离下采样的方法,得到远距离、中距离和近距离车辆的图像;然后,通过边缘初步确定 ROI;最后,结合局部熵的原理,剔除错误的 ROI。

1.1 基于距离的下采样

在拍摄的图像中,近距离的车辆代表了太多的细节信息,而远距离的车辆则只有很少的细节信息。除此以外,为了减少运算复杂度,算法考虑三个不同的感兴趣区域,第一个检测远距离车辆,第二个中距离,最后一个近距离^[6]。

实际上,当摄像头安装位置和参数确定后,可以据此简单地提取出三个尺度的图像,如图 1 所示:图(a)为原始图像的分级方法,其中,小方框之内为远距离车辆图像;大方框之内为中距离车辆图像;原图即为近距离车辆图像。图 1(b),(c),(d)分别为分级后的远、中、近距离图像。其中,对中距离和近距离车辆图像进行下采样,得到大小和远距离车辆相同的图像。

可以看出,采用这种方法得到的三个图中,车辆的大小差异很小,几乎相同。这样可以简化后续进行的计算。

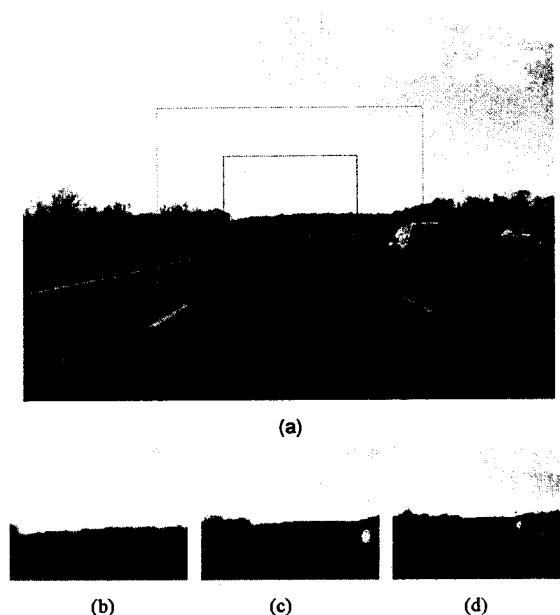


图 1 基于距离的下采样图像

1.2 边缘检测

车辆的水平边缘较垂直边缘更明显,因此文中从车辆的水平边缘出发。通过第一步的下采样,得到了三个可能含有不同距离车辆的图像。

从远距离车辆图像开始,用下列步骤来处理图像:

(1)用低通滤波器模糊。

(2)检测水平边缘。

(3)对水平边缘图像处理,保留长度在适当范围内的水平边缘,作为候选 ROI 的底基。

(4)检测垂直边缘,构建边缘图像的垂直轮廓。

(5)找出垂直轮廓的局部极值,将其与水平边缘保留下来的基线结合,初步确定 ROI。

图 2 中,(a),(b),(c)分别为远距离、中距离、近距离尺度图像;(d)为检测结果综合在全局灰度图像上。对三幅图像完成上述操作后,可以得到初步的 ROI 区域(见图 2)。从实验数据中(图 2(d))可以发现,除了错误的 ROI 外,还有一些重叠的 ROI。一部分原因是,在不同距离的图像中都检测到这个车辆。所以,首先应剔除不同图像中相互重叠的区域,然后进行后续操作。

改进的多尺度方法使检测不再对参数的选择那么敏感,提高了系统的精度。除此之外,多尺度机制加速了整个计算,因为低级别图像的结构更简单。

1.3 局部熵

基于 Shannon^[7]在 1948 年介绍的信息理论的局部熵被用作期望信息的度量,如果图像数据的内容越不确定,则包含的信息越多。熵是用来度量这种不确定性或无序性的,有下式:

$$H(x_k) = \sum_k p(x_k) \log p(x_k) \quad (1)$$

其中, $p(x_k)$ 是概率分布。

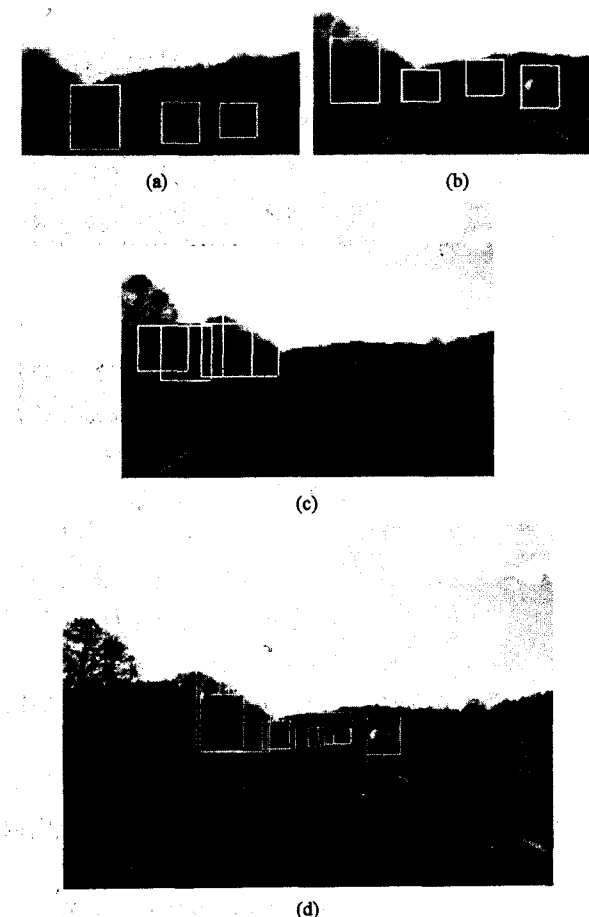


图 2 ROI 区域初始图

车辆检测时,感兴趣的是 ROI 包含一个车辆时的熵。观察一幅图像中含有车辆的 ROI,可以发现,它的水平和垂直方向的灰度变化将产生高的熵。如果是不包含车辆的 ROI(如天空、马路、路旁的树木),则由于区域缺乏灰度变化导致低熵。所以,可以利用熵阈值来去除错误的背景 ROI。

另外,注意到检测到的正确的 ROI 中,有些 ROI 大小与其内包含的车辆不太一致(如太宽)。所以,沿着 ROI 水平方向估计每条垂直线段的局部熵,并去掉那些低熵的垂直线;沿着 ROI 垂直方向估计每条水平线段的局部熵,并去掉那些低熵的水平线。

一条线的灰度分布 $p(x_k)$ 从它的灰度直方图来获得。然后,ROI 内的每条线的熵由式(1)来估计。

2 试验结果及结论

实验中采用了 PETS2001 提供的高速公路上拍摄的序列图片,图片为 768×576 像素大小。有些图片包

含许多干扰,如路旁的树木、天空的云彩等。算法通过 VC++ 编程实现,满足实时性要求。图 3 为利用文中算法对一些环境下的车辆图片定位结果。



图 3 局部熵过滤结果

在基于单目视觉的前方车辆检测研究中,国内外的一些学者,提出的识别算法较为单一,如仅仅利用对称性特征、阴影信息或纹理特征等。而文中提出的车辆检测算法,同时考虑了多个特征对可能的车辆区域进行验证和排除,能够克服一些不利条件对车辆识别和定位的影响,提高车辆识别和定位的鲁棒性。另外,很多学者提出的算法只是适用于近距离的车辆检测,而对中远距离的车辆容易误检。而文中提出的车辆检测算法,同时考虑近距离和中远距离的车辆,可以适用于多种场景。

用 PETS2001 提供的数据集对该方法进行了一些测试,见表 1 和表 2。

表 1 用文中算法和传统算法检测一段 50 帧的序列,漏检的远距离车辆统计

| 测试序列(50 帧) | 漏检的远距离车辆 | |
|------------|-----------|-------|
| | 数量(错误/总数) | 检测正确率 |
| 文中算法 | 18/164 | 90.1% |
| 阴影 | 34/164 | 79.3% |
| 纹理 | 37/164 | 77.4% |

表 2 用文中算法和传统算法检测一段 50 帧的序列,误检的车辆统计

| 测试序列(50 帧) | 误检的车辆数 |
|------------|--------|
| 文中算法 | 4 |
| 阴影 | 9 |
| 纹理 | 12 |

表 1 和表 2 是对文中算法和传统特征检测算法的比较。对一段 50 帧的图像序列进行测试,表 1 列出了 3 种算法各自的漏检的远距离车辆,表 2 列出了误检的车辆数。

(下转第 206 页)

手术类别 = 7 → 术后情况 = 1

手术类别 = 8 → 术后情况 = 1

手术类别 = 9 → 术后情况 = 1

手术类别 = 12 and 手术环境 = 3 → 术后情况 = 2

手术类别 = 4 and 手术环境 = 3 and 病人性别 = 2 → 术后情况 = 2

手术类别 = 10 and 手术环境 = 3 and 麻醉情况 = 5 → 术后情况 = 3

手术类别 = 4 and 手术环境 = 2 and 麻醉情况 = 1 → 术后情况 = 3

手术类别 = 5 and 手术环境 = 3 → 术后情况 = 3

3 结 论

将变精度粗糙集理论的数据挖掘技术应用于手术诊断的知识发现,提出属性约简算法和基于求核值属性的归纳值约简算法,在实际应用中,在智能诊断的知识自动获取方面取得新的进展,具有良好应用前景。

(上接第 153 页)

究与发展,2001,38(4):405-414.

- [3] Brin S, Page L. The Anatomy of a Large-scale Hypertextual Web Search Engine[C]//In: Proceedings of the 7th International World Wide Web Conference. Australia: [s. n.], 1998.
- [4] Kleinberg J M. Authoritative Sources in a Hyperlinked Environment[J]. Journal of the ACM, 1999, 46(5): 604-632.
- [5] Pawlak Z. Rough Set Theory and Its Application to Data Analysis[J]. Cybernetics and Systems, 1998, 29(9): 661-668.
- [6] 曾黄麟. 粗糙集理论及其应用[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1998.

(上接第 202 页)

从测试结果可以看出,文中提出的算法对远距离车辆的检测有较好的效果,并且降低了误检率。下一步工作,将要进一步探索和研究多种类型车辆和车辆遮挡的检测以及车辆 ROI 的精确检测。

参考文献:

- [1] Sun Zehang, Bebis G. On-road vehicle detection using Gabor filters and support vector machines[C]// International Conference on Digital Signal Processing. Greece: [s. n.], 2002.
- [2] Berke M. Multiple Vehicle Detection and Tracking in Hard Real-Time[C]// IEEE Symposium on Intelligent Vehicles. France: [s. n.], 2002.
- [3] Bensrhair A, Broggi A. Stereo Vision-based Feature Extraction for Vehicle Detection[C]// IEEE Symposium on Intelli-

因为粗糙集基于约简的思想,能将知识高度浓缩,所以最后得到的规则知识相对较少,也更有效,而且由最终约简后的信息表得到的规则知识非常直观。

参考文献:

- [1] 王国胤. Rough 集理论与知识获取[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2001.
- [2] Pawlak Z. Rough sets[J]. International Journal of Information and Computer Science, 1982, 11(5): 314-356.
- [3] Ziarko W. Variable Precision Rough Set Model[J]. Journal of Computer and System Sciences, 1993, 46(1): 39-59.
- [4] 黎东英, 王应明. 基于可变精度粗糙集理论的规则挖掘模型[J]. 计算机测量与控制, 2005, 13(8): 833-839.
- [5] 米据生, 吴伟志, 张文修. 基于变精度粗糙集理论的知识约简方法[J]. 系统工程理论与实践, 2004(1): 76-82.
- [6] 代建华, 李元香. 一种基于粗糙集的决策系统属性约简算法[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(3): 523-526.

- [7] Pitkow J E. Characterizing World Wide Web Ecologies[D]. Georgia: Georgia Institute of Technology, 1997.
- [8] Weise R, Veles B. HyPursuit: A Hierarchical Network Search Engine that Exploits Content-link Hypertext Clustering[C]//In Proceedings of the 7th ACM Conference on Hypertext. Bethesda, Maryland, United States: [s. n.], 1996.
- [9] Spertus E. Parasite: Mining Structural Information on the Web[C]//In: Proceedings of the Sixth International World Wide Web Conference. Santa Clara, California, United States: [s. n.], 1997.

gent Vehicles. France: [s. n.] 2002.

- [4] Srinivasa N. A vision-based vehicle detection and tracking method for forward collision warning[C]// IEEE Intelligent Vehicle Symposium. France: [s. n.], 2002.
- [5] Bensrhair A, Broggi A. A cooperative approach to vision-based vehicle detection[C]// Proceedings IEEE Intelligent Transportation Conference. Oakland, CA, USA: [s. n.], 2001: 209-214.
- [6] Graefe V, Efenberger W. A Novel Approach for the Detection of Vehicles on Freeways by Real-time Vision[C]// in Procs. IEEE Intelligent Vehicles Symposium '96. Tokyo, Japan: [s. n.], 1996: 363-368.
- [7] Shannon C E. A mathematical theory of communication[J]. Bell System Technical Journal, 1948, 27(3-4): 379-423; 623-656.