

文章编号:1007-2780(2012)01-0108-06

基于视频处理的运动车辆检测算法的研究

张小建, 徐 慧*

(南京林业大学 信息科学技术学院, 江苏 南京 210037, E-mail: njfuzhxxj@163.com)

摘 要: 车辆检测技术是现代智能运输系统的重要组成部分, 现有的相关视频检测算法能够检测目标且对环境具有一定的适应性, 但其在算法实时性、识别率等方面仍有待提高。提出了一种基于 Fisher 准则函数法的自适应阈值背景减法和对称差法相结合的运动车辆检测算法, 该方法采用 surendra 算法提取背景, 通过背景减法提取出目标前景, 再将其与对称差法相结合得到准确的运动目标区域并实时地完成背景更新。实验表明该方法快速、准确, 具有一定的实用价值。

关 键 词: 车辆检测技术; 背景减法; 对称差法; 背景更新

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122701.0108

Moving Vehicle Detection Algorithm Based on Video Processing

ZHANG Xiao-jian, XU Hui*

(College of Information Science and Technology, Nanjing Forestry University,
Nanjing 210037, China, E-mail: njfuzhxxj@163.com)

Abstract: Vehicle detection technology is an important part of the modern intelligent transportation systems. The existing video detection algorithms can detect moving targets and have some adaptability to the environment, but the recognition rate and real-time of these algorithms are still to be improved. A novel algorithm for moving vehicle detection, which combined adaptive threshold background subtraction, based on Fisher criterion function method, and symmetrical differencing method, is presented in this paper. This method adopted surendra algorithm to obtain a background image, and then the target foreground is gained using background subtraction, which is combined with the symmetrical differencing to gain more accurate moving target region and update background real-time. The results of experiments proved that the presented algorithm runs rapidly and accurately and has some practical value.

Key words: vehicle detection technology; background subtraction; symmetrical differencing; background updating

1 引 言

随着计算机多媒体技术的快速发展, 视频处理技术在 ITS (Intelligent Transportation System) 中的应用越来越广泛。基于图像序列的车

辆检测技术是智能交通系统的一个重要组成部分, 其检测结果的好坏直接影响到目标的定位、跟踪、识别和行为理解等后续处理。目前, 国内外主要流行的目标检测算法有: 光流法、帧差法和背景差分法, 这几种检测方法各有优缺点。光流法^[1]

收稿日期: 2011-07-04; 修订日期: 2011-08-07

作者简介: 张小建(1987—), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 主要研究领域为图像处理与分析。

* 通讯联系人, E-mail: hxunj@yahoo.cn

采用了运动目标随时间变化的光流场特性,在无需场景的任何先验知识的情况下就能有效地提取和跟踪运动目标,但其计算方法复杂,运算量大,抗噪性能差且在没有特别的硬件装置时难以满足实时处理。帧差法^[2]利用基于时间序列图像中相邻的两帧或三帧图像相减得到差分图像,然后通过阈值分割得到运动目标的信息。这种方法计算简单,易实现,且对于光线的变化不太敏感,但此种方法得到的目标信息往往不完整且存在“鬼影”及“空洞”现象,导致检测到的目标信息不准确,且其对于尺寸较大、速度较快的运动目标无法检测。背景差分法的基本原理是先构建一个背景模型,然后通过当前图像和背景图像差分的阈值化得到运动目标的位置、大小和形状等信息。这种方法简单,易实现,但对外界环境的变化(如光照突变、树叶摇动等)比较敏感,其重点和难点在于如何构建高效实用的背景模型并对其进行实时更新。

对于常用的帧差法和背景减法,国内外学者做了大量研究。基于帧差法和背景减法相结合的检测算法也成为目前应用较为广泛的方法之一。如 Spagnolo P 等^[3]人提出的一种运用邻域的相关系数结合帧差法和背景减法作运动检测的方法;邱德润等^[4]人提出了一种基于帧间差分与背景差分的运动目标检测的新方法等都是这方面的代表。这些方法削弱了光照变化的影响,并解决了阴影、重影和伪前景等问题,但仍存在背景模型退化和识别率有待提高等问题。

本文在现有算法的基础上,针对帧差法和背景差法的优劣和互补特性,提出了一种对称差法和背景差相结合的车辆检测算法。该方法先采用 surendra 算法提取背景,通过基于 Fisher 准则函数法阈值分割背景减法得到的差分图像提取出目标前景,再将其与三帧差法相结合,得到准确可靠的运动目标区域并完成背景的实时更新。

2 视频车辆检测算法

2.1 算法概述及流程

本研究内容包括背景提取、背景减法、对称差分法、目标检测、后处理及背景更新几部分。

首先分别对当前帧进行对称差分和背景消减运算;然后将这两种方法得到的二值化掩码图像进行逻辑“或”操作完成目标检测;再进行必要的后处理(连通域分析和形态学滤波如开、闭运算

等)以去除小的噪声区域,并平滑分割出对象的边界;最后根据运动检测结果对背景模型进行分区域背景更新。运动检测和背景更新模型是本算法的核心和关键,其中背景更新模型是后续背景消减操作的基础。其具体算法流程如图 1 所示。

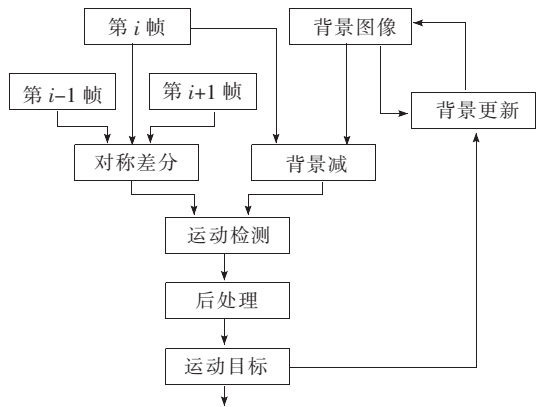


图 1 算法流程图

Fig. 1 Algorithm flow chart

2.2 连续帧差法提取背景

背景差分法的关键在于如何建立好的背景模型和实时更新背景,它的有效性表现在背景模型能否跟踪背景的变化,将直接影响到检测结果。当前的许多研究都是基于均值法和高斯混合模型法(GMM)^[5]等方法。但均值法会在背景中产生混合现象,耗时长并占用了大量的资源;GMM 方法计算公式复杂、存储参数多、计算量大且会占用较多计算机资源。

本文使用 surendra 算法^[6-7]自适应地提取与更新背景。其算法思想为:通过当前帧帧差分的二值图像找到运动区域,对运动区域内的背景保持不变,而非运动区域的背景则用当前帧内容和原背景内容加权更新,经过一定时间的迭代便可提取出背景。surendra 算法步骤如下:

(1) 把第一帧图像 $I_0(x, y)$ 作为原始背景 $B_0(x, y)$;

(2) 令迭代参数为 m ,最大迭代次数为 MAX_STEPS;

(3) 求当前帧帧差分的二值图像 $BW_i(x, y)$;

$$BW_i(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)| \geq T_1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

式中 $I_i(x, y)$ 和 $I_{i-1}(x, y)$ 分别为第 i 帧和第 $i-1$

帧图像的灰度值, $|I_i(x, y) - I_{i-1}(x, y)|$ 为第 i 帧和第 $i-1$ 帧图像的差分图像, T_1 为阈值, 取值为帧差分图像灰度直方图中最大峰值右边 $1/10$ 最

大峰值处所对应的灰度级;

(4) 根据二值图像 $BW_i(x, y)$ 更新当前背景 $B_i(x, y)$;

$$B_i(x, y) = \begin{cases} B_{i-1}(x, y) & BW_i(x, y) = 1 \\ \alpha I_i(x, y) + (1 - \alpha) B_{i-1}(x, y) & BW_i(x, y) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中 α 为迭代速度系数, 取经验值 0.1;

(5) 迭代次数 $m = m + 1$, 返回步骤 3 递归执行, 当迭代次数为 $m = \text{MAX_STEEPS}$ 时结束迭代, 此时的 $B_i(x, y)$ 可视为提取的背景图像。

2.3 自适应阈值背景差目标检测

在获得背景 $B_i(x, y)$ 后, 将当前帧 $I_i(x, y)$ 与背景 $B_i(x, y)$ 作差, 取其绝对值为差分图像, 再对差分图像进行阈值分割即可获取运动目标。

$$FB_i(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } |I_i(x, y) - B_i(x, y)| \geq T \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

式中 $FB_i(x, y)$ 表示差分图像经阈值分割后二值图像, T 为分割阈值。

为了获得高质量的运动区域, 需寻找一个最佳灰度阈值使背景和运动达到最佳分离效果。目前比较经典的阈值分割算法有 Ostu 法^[8]、最大熵法^[9]、最小误差准则分割法^[10]及它们的改进算法等, 但因对象的多样性及不同环境等因素影响, 目前为止还没有统一的标准判断分割是否成功。所以这些分割方法只能根据其自身特点应用于不同的领域中。本文为兼顾分割性能和运算速度, 使用基于 Fisher 准则函数法寻找阈值。该方法主要引入模式识别理论中的 Fisher 评价函数, 将其作为图像阈值分割的准则函数。

Fisher 准则函数分割法^[11-12]的基本原理是按不同的灰度值将图像划分为目标和背景两类。当 Fisher 准则函数取最大值时, 目标和背景将达到最佳分离程度, 此时的灰度值即为最佳阈值。

设一幅图像仅由背景和运动两类像素组成, 其灰度级为 L , 灰度均值为 $\mu_1(t)$ 和 $\mu_2(t)$, 方差为 $\sigma_1^2(t)$ 和 $\sigma_2^2(t)$, 现以阈值 t 将图像划分为目标和背景, 灰度级小于 t 的像素为目标物, 否则为背景。设图像归一化直方图为 $h(i)$ ($i = 0, 1, 2, \dots, L-1$)。目标像素占整幅图像像素数比为 $\theta(t)$, 即目标和背

景的先验概率分别为 $\theta(t)$ 和 $1 - \theta(t)$ 。则:

$$\theta(t) = \sum_{i=0}^t h(i) \quad (4)$$

$$\mu_1(t) = \frac{\sum_{i=0}^t i \cdot h(i)}{\theta(t)} \quad (5)$$

$$\mu_2(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} i \cdot h(i)}{1 - \theta(t)} \quad (6)$$

$$\sigma_1^2(t) = \frac{\sum_{i=0}^t [i - \mu_1(t)]^2 h(i)}{\theta(t)} \quad (7)$$

$$\sigma_2^2(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} [i - \mu_2(t)]^2 h(i)}{1 - \theta(t)} \quad (8)$$

在进行图像分割时, 必须考虑目标和背景像素的先验概率, 所以在考虑了类别先验概率的情况下, Fisher 评价函数应该为:

$$J(t) = \frac{|\theta(t)\mu_1(t) - [1 - \theta(t)]\mu_2(t)|^2}{\theta(t)\sigma_1^2(t) + [1 - \theta(t)]\sigma_2^2(t)} \quad (9)$$

对变量 t 进行遍历, 当 $J(t)$ 达到最大值时, 此时的阈值 t 为最佳阈值。其阈值选择准则为:

$$T = \text{Arg Max}_{0 \leq t \leq L-1} [J(t)] \quad (10)$$

2.4 对称差分运动检测算法

在图像处理过程中, 考虑到帧差法存在重叠部分无法检测而导致的“空洞”现象和提取的运动目标比实际目标大所出现的“鬼影”现象的缺点, 本文采用改进的帧差法——对称差分法。

对称差分法^[4, 13-14]是在帧差法的基础上改进的, 它将相邻的三帧图像作为一组进行再差分, 能够去除因为运动而显露的背景的影响, 实现运动目标的准确检测。

对称差分法的思想为: 选取图像序列中连续的三帧图像, 分别计算相邻两帧图像的差值图像, 然后经阈值分割得到对应的二值图像。

$$\begin{aligned} b_{i,i-1}(x,y) &= \begin{cases} 1 & \text{if } |I_i(x,y) - I_{i-1}(x,y)| \geq T_1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \\ b_{i+1,i}(x,y) &= \begin{cases} 1 & \text{if } |I_{i+1}(x,y) - I_i(x,y)| \geq T_1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \end{aligned} \tag{11}$$

式中 $b_{i,i-1}(x,y)$ 为 $I_i(x,y)$ 和 $I_{i-1}(x,y)$ 相减后经阈值分割得到的二值图像, $b_{i+1,i}(x,y)$ 表示为 $I_{i+1}(x,y)$ 和 $I_i(x,y)$ 相减再经阈值分割得到的二值图像。

对所得到的两个二值图像进行“或”运算得到二值图像 $DB_i(x,y)$ 。

$$DB_i(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } b_{i,i-1}(x,y) \cup b_{i+1,i}(x,y) = 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{12}$$

2.5 运动目标检测

背景差法不存在“鬼影”和“空洞”现象,且能得到较为完整的运动信息;而帧间差分法能够有效地适应外界环境的变化。因此,两者存在优势互补,结合背景差法和对称差分法就能够得到较为准确、完整的结果。将背景差法和对称差分法得到的二值图像进行或运算得到:

$$M_i(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } FB_i(x,y) \cup DB_i(x,y) = 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \tag{13}$$

式中 $DB_i(x,y)$ 为对称差分法得到的运动目标

图像, $FB_i(x,y)$ 为背景差法得到的运动目标图像, $M_i(x,y)$ 为最终得到的运动目标二值图像。

2.6 后处理及背景更新

因噪声的影响,最终得到的目标图像中会存在部分残留的孤立噪声前景点,目标区域中的部分信息可能被漏检。另外,背景的扰动,如树枝的轻微摇动等也会使这部分被误判为运动目标,这些可通过连通检测和形态学运算对图像进行后处理。文中对 $M_i(x,y)$ 先进行连通域检测,通过设定面积阈值(取 10 个像素点)滤除小的连通区域,然后再对其进行先膨胀再腐蚀(即闭运算)处理,达到填补空洞和平滑目标边界的目的。

由于背景易受到外界光线、天气等环境的影响,因而保证背景的及时更新显得尤为重要。本文根据运动检测结果对背景模型进行分区域更新^[15]。对于运动前景点所对应的背景区域采用较小的背景更新系数 β ,以减缓运动目标融入背景的速度;对于非运动前景区,则采用大的背景更新系数 γ ,使目标离开当前位置后,在原位置区域迅速更新背景。其数学表达式为:

$$B_{i+1}(x,y) = \begin{cases} \beta I_i(x,y) + (1 - \beta) B_i(x,y) & \text{if } M_i(x,y) = 1 \\ \gamma I_i(x,y) + (1 - \gamma) B_i(x,y) & \text{else} \end{cases} \tag{14}$$

式中 $B_i(x,y)$ 和 $B_{i+1}(x,y)$ 分别表示当前帧和下一帧的背景图像, $I_i(x,y)$ 表示当前图像的灰度值, β 与 γ 均为更新系数,文中取 $\beta=0.001$, $\gamma=0.005$ 。

3 实验结果与分析

文中仿真与分析都是在装有 MATLAB R2009a 的 PC 机(Windows XP, 2.0Ghz, 1GB)上完成的。处理对象为一段交通监控 avi 视频文件,帧速率为 25 帧/s,帧大小为 320×240 。为了说明本文算法快速的特点,对均值背景减法、高斯混合模型(GMM)背景减法、三帧差分法与本文算法做了性能对比,如表 1 所示。

表 1 几种车辆检测算法性能比较

Table 1 Performance comparison of several vehicle detection algorithm

车辆检测算法类型	平均每帧耗时/s	CPU 平均占有率/%
均值背景减法	0.083 09	72
GMM 背景减法	0.162 75	47
三帧差分法	0.034 18	25
本文算法	0.043 86	36

表 1 为用均值背景减法、高斯混合模型(GMM)背景减法、三帧差分法与本文算法分别对一段时长为 15 s 的交通监控视频进行车辆检

测时的性能对比,包括整个检测过程中平均每帧耗时和整个检测过程计算机 CPU 占用情况。

表 1 对比结果表明:GMM 背景减法耗时最长,均值背景减法次之,且两者都占用较多的计算机资源;三帧差分法耗时与 CPU 占有情况均最少;本文算法两者均稍逊于三帧差分法,但其速度仍然较快,基本满足实时性的要求。

对于本文的仿真效果如图 2 所示。其中图 2

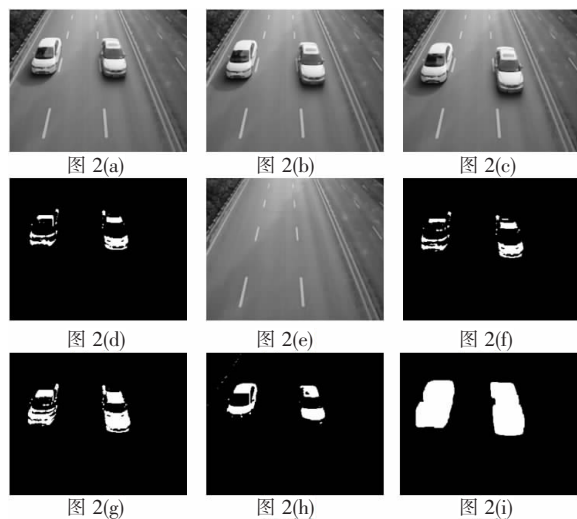


图 2 算法检测过程及结果效果图

Fig. 2 Process and results of algorithm testing

(a)~2(c)分别为视频中第 87、88、89 帧图像;图 2(d)和图 2(f)分别为第 87、88 帧及第 88、89 帧差分后二值图像;图 2(e)为第 88 帧时背景图像;图 2(g)为文中对称差分后二值图像;图 2(h)为背景减法后的二值图像;图 2(i)为本文算法结果。

从实验结果可以看到:两帧差分检测结果存在空洞和鬼影现象,在使用本文中的对称差法时仍然存在着帧差法的不足;背景差法检测到的目标信息较为完整,但由于光线的变化和噪声等的影响,在图 2(h)中可看到其检测结果中存在一些孤立的噪声前景点;本文将两者相结合,形成优势互补,从检测结果中看,效果与两者较之都要好。此外,文中使用的两种自适应阈值分割效果都较为理想。

4 结 论

使用 surendra 算法提取背景,再结合基于 Fisher 准则函数法的自适应阈值背景减法和对称差法得到准确可靠的运动目标区域并实时地更新背景。该算法有效地克服了帧差分的“鬼影”和“空洞现象”,且能适应外界环境如天气、光照等的变化,抗干扰性强,识别率高。实验结果表明了算法应用于实时运动车辆检测中的有效性。

参 考 文 献:

- [1] Ji X P, Wei Z Q, Feng G Y W. Effective vehicle detection technique for traffic surveillance systems [J]. *Visual Commun Image Represent*, 2006, 17(3):647.
- [2] Paraglos S N, Deriche R. Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Interface*, 2000, 22(3):266-280.
- [3] Spagnolo P, Do Razio T, Leo M, et al. Moving object segmentation by background subtraction and temporal analysis [J]. *Image and Vision Computing*, 2006, 24(5):411-423.
- [4] 邱德润, 朱明早, 伍宗富. 一种基于帧间差分与背景差分的运动目标检测新方法 [J]. *湖南文理学院学报(自然科学版)*, 2007, 19(1):81-83.
- [5] 康晓晶, 吴谨. 基于高斯背景建模的目标检测技术 [J]. *液晶与显示*, 2010, 25(3):454-459.
- [6] 王亮亮, 王黎, 高晓蓉, 等. 基于视频图像的运动目标检测算法研究 [J]. *微计算机信息(测控自动化)*, 2010, 26(6-1):147-149.
- [7] Surenda Gupte, Osama Masoud, Robert F K, et al. Detection and classification of vehicles [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2002, 3(1):41-47.
- [8] ZHAGN H L, LU B C, YU Y. The method of ostu used in the video detection of vehicles [C]//*Proceedings-International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, NJ USA:IEEE, 2008:547-551.
- [9] Kapur J N, Sahoop P K, Wong A K C. A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram [J]. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 1985, 28:273-285.
- [10] Zhou D L, Zong J B. Minimum error thresholding based on two dimensional histogram [C]//*2009 WRI World Con-*

gress on Computer Science and Information Engineering, Los Angeles, USA;IEEE Computer Society, 2009;169-175.

[11] 陈果. 图像阈值分割的 Fisher 准则函数法 [J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(16):564-567.

[12] 孟祥迪,陈升来,郭静寰. 基于图像边缘信息和 Fisher 准则的钢板表面缺陷分割的研究 [J]. 光学技术, 2007, 32(3):382-385.

[13] 周西汉,刘勃,周荷琴. 一种基于对称差分 and 背景消减的运动检测方法 [J]. 计算机仿真, 2005, 22(4):117-119.

[14] 莫林,廖鹏,刘勋. 一种基于背景减除与三帧差分的运动目标检测算法 [J]. 微计算机信息(管控一体化), 2009, 25(4-3):274-276.

[15] 张娟,毛晓波,陈铁军,等. 基于视频流连续性的快速运动目标检测方法 [J]. 计算机应用研究, 2010, 27(8):3198-3200.

[16] 苏宛新,程灵燕,程飞燕. 基于 DSP+FPGA 的实时视频信号处理系统设计 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(1):145-148.

[17] 康晓晶,吴谨. 基于高斯背景建模的目标检测技术 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(3):454-459.

[18] 贾建禄,王建立,郭爽,等. 基于 Camera Link 的高速图像采集处理器 [J]. 液晶与显示, 2010, 25(6):914-918.

学术论文英文摘要写作质量标准(试行)

为了让中文学术期刊学术论文以更高的质量走向国际,以利于国际科技界对中国科技事业的了解和交流,有必要规范英文摘要的质量标准:

一、英文摘要是应用符合英文语法的文字语言,以提供文献内窗口梗概为目的,不加评论和补充解释确切地论述文献重要内容的短文。

二、英文摘要必须符合“拥有与论文同等量的主要信息”的原则。为此,英文摘要应重点包括 4 个要素,即研究目的、方法、结果和结论。在这 4 个要素中,后 2 个是最重要的。在执行上述原则时,在有些情况下,英文摘要可包括研究工作的主要对象和范围,以及具有情报价值的其他重要的信息。当前学术期刊上英文摘要的主要问题是要素不全,繁简失当。

三、英文摘要的句型力求简单,通常应有 10 个左右意义完整、语句顺畅的句子。

四、英文摘要不应有引言中出现的内容,也不要对论文内容作诠释和评论,不得简单重复题名中已有的信息;不用非公知公用的符号和术语,不用引文,除非该论文证实或否定了他人已发表的论文,缩略语、略称、代号,除了相邻专业的读者也能清楚理解的以外,在首次出现时必须加以说明;科技论文写作时应注意的其他事项,如采用法定计量单位,正确使用语言文字和标点符号等,也同样适用于英文摘要的编写。

摘自:中国科协学会学术部 2002.9 通知