

文章编号:1007-2780(2016)04-0410-05

一种基于改进块匹配算法的运动车辆检测

韦 容^{1*}, 申希兵², 杨 毅³

- (1. 钦州学院 外国语学院, 广西 钦州 535000;
2. 钦州学院 资源与环境学院, 广西 钦州 535000;
3. 广西科技大学 软件学院, 广西 柳州 545006)

摘要:针对传统块匹配算法计算量大、光照变化较敏感和实时性差的缺陷,本文对块匹配算法进行了相关研究,提出了改进算法。首先把两幅彩色图像转化为灰度图像,并通过概率松弛标记算法获得边缘图像,计算相邻两幅图像的差分图像得到运动区域,然后将差分图像与边缘检测图像相与得到运动区域的边缘信息,再进行匹配得到位移矢量场并对其进行矢量中值滤波,最后通过顺序区域增长将运动车辆分割出来。实验结果表明:本文方法相对于传统方法平均检测时间降低约 58 ms,而平均检测率提高了约 6.7%。这种算法鲁棒性强、实时性好。

关 键 词:矢量中值滤波;运动车辆检测;概率松弛标记算法

中图分类号:TP394.1 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163104.0410

Moving vehicle object detection based on improved blocking matching algorithm

WEI Rong^{1*}, SHEN Xi-bing², YANG Yi³

- (1. College of Foreign Language, Qinzhou University, Qinzhou 535000, China;
2. College of Resources and Environment, Qinzhou University, Qinzhou 535000, China;
3. College of Software, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545006, China)

Abstract: For the imperfection of traditional block matching algorithm requiring large amount of computation, being more sensitive to light changes and having poor real-time, this paper conducts some related study about block-matching algorithm and proposes an improved algorithm. In this paper, block-matching algorithm is studied and an improved algorithm is proposed. First, two color images are converted to gray images, and the edge image is obtained by probabilistic relaxation labeling algorithm, to get the motion region by calculation difference image of two adjacent images. Then the edge information of moving region can be obtained by AND operation using the difference image with the edge detection image, and get the displacement vector by match operation, the vector median filtering is carried out. Finally, the moving vehicles can be obtained by region growing. Experimental results indicate that the average detection time of this method is reduced by about 58 ms compared with the traditional method, while the average detection rate is increased by about 6.7%. This algorithm has strong robustness, good real-time performance.

Key words: vector median filter; moving vehicle detection; probability relaxation labeling algorithm

收稿日期:2015-02-05; **修订日期:**2015-06-25.

基金项目:国家自然科学基金(No. 61201108)

Supported by National Natural Science Foundation of China(No. 61201108)

* 通信联系人, E-mail: weirong_20150203@163.com

1 引言

近几年来,随着车辆的急剧增长和严重的交通拥挤,智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)正日益成为国内外研究的热点。ITS就是利用现有的通信系统和自动控制系统来提高现存道路的利用效率,实践证明它在引导交通流,缓解堵塞和提高车辆流量方面具有明显的优势。而运动车辆检测则是智能交通研究中的关键技术之一。

基于视觉的车辆检测所遇到的困难有光照变化、阴影干扰、车辆咬合和背景局部运动等方面,对此国内外许多学者做了大量的工作,并提出了许多可行的方法^[1-4]。基本方法有帧差分法、背景差分法、边缘检测法和光流检测法。帧差分法是通过两幅相邻图像相减来滤除图像中的静止车辆,仅保留运动车辆^[5-6]。这种方法的优点是受光线的变化影响较小,缺点是往往无法检测到静止的车辆,并且车辆速度对检测效果影响较大。背景差分法通过当前帧和背景图像差分来检测前景目标^[7],此方法可检测静止车辆,但其缺点是存在背景更新中的累计误差并且对光线变化和阴影较为敏感。边缘检测法就是利用车体的颜色、不同部件等提供的边缘信息来求取边缘^[8-9]。该方法能容忍环境光线变化,但如果图像中车辆边缘因各种原因模糊时,特别是色彩较暗的车辆又处在阴影中时,非常容易发生漏检。光流检测法就是利用同一摄像机的一组图像序列^[5]的光流场来检测车辆。通常情况下,图像的光流和运动场一致,因此利用光流可以检测运动车辆。首先计算图像中的相邻帧的像素运动的光流场,然后利用估计的光流场去估计摄像机的主运动,最后通过对光流场中与主运动一致的光流进行分析就可以检测出运动车辆。利用光流的车辆检测方法通常计算量都非常大,同时如果车辆静止或移动得非常缓慢的时候该方法就会失效。

本文中,所使用的块匹配算法(Block Matching Algorithm, BMA)与基于时空系或背景相减的技术不同, BMA不仅提供移动像素的检测,而且也提供位移矢量估计(一个和图像点相关的位移矢量)。这提高了在部分咬合的车辆和拥挤交通场景下的检测能力。但在以往的块匹配算法

中,都是直接对灰度图像进行块匹配,这种做法的缺点是计算量大、光照变化较敏感和实时性差。为此,我们提出了基于边缘检测算法的块匹配算法。此方法充分利用边缘检测对光线变化不敏感的特点,节省了大量计算并增强了实时性。方法如下:首先通过概率松弛标记算法^[7]求取灰度图像边缘,然后再进行匹配的方法。实验仿真表明这种方法是可行有效的。

2 系统算法概述

本文算法首先将两幅彩色图像转化为灰度图像,并通过概率松弛标记算法获得边缘图像和计算相邻两幅图像的差分图像得到运动区域,然后将差分图像与边缘检测图像相与得到运动区域的边缘信息,再进行匹配得到位移矢量场并对其进行矢量中值滤波,最后通过顺序区域增长将运动车辆分割出来。图1为本文所述方法的基本框架图。

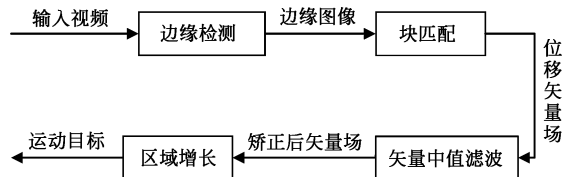


图1 块匹配算法系统框架图

Fig. 1 Framework of block matching algorithm

3 概率松弛标记算法

假设一个目标集 $V = \{1, 2, \dots, n\}$ 被分为 m 类,每一类用标记 λ_j 表示, $j = 1, 2, \dots, m$; $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$ 是类集合。概率松弛标记就是给 V 中的每一个目标确定 Λ 中的一个标记。对于 V 中的每一个目标 i 都有一个与之对应的随机变量 x_i , 其分布未知。设:

$$p^{(0)}\{x_i = \lambda_j\} \leq 1, j = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m p^{(0)}\{x_i = \lambda_j\} = 1. \quad (2)$$

在整个目标集合中,每一个目标 i 都与其相邻的目标之间存在某种联系。目标 i 的标记直接由与其邻近目标的关联信息决定,而其他非邻近目标只是以一种间接方式提供关联信息。在概率

松弛标记法中,关键的问题是转换函数。此函数用于逐渐从邻近目标中提取越来越多的关联信息,以使标记指定 $x_i = \lambda_j$ 的概率估计 $P\{x_i = \lambda_j | Y\}$ 最终达到精确值。转换函数如下:

$$P^{(r+1)}\{x_i = \lambda_j\} = \sum_{\omega \partial i} W_{\omega \partial i}^{(r)} E^{(r)}(i, j, \omega \partial i), \quad (3)$$

其中:

$$E^{(r)}(i, j, \omega \partial i) = \frac{P^{(r)}\{x_i = \lambda_j\} P\{\omega \partial i | x_i = \lambda_j\}}{\sum_{k=1}^m P^{(r)}\{x_i = \lambda_j\} P\{\omega \partial i | x_i = \lambda_k\}}, \quad (4)$$

$$W_{\omega \partial i}^{(r)} = \prod_{l \in \partial i} P^{(r)}\{x_l = \omega \partial i(l)\}, \quad (5)$$

式中 ∂i 为目标 i 的邻域; $\omega \partial i$ 为目标 i 的邻域结构; $\omega \partial i(l)$ 为在目标 i 的邻域结构 $\omega \partial i$ 中目标 l 的标记指定; r 为迭代次数。

通过转换函数的循环迭代可使 $P\{x_i = \lambda_j | Y\}$ 的值越来越精确,在此值达到一定要求下根据最大后序概率规则为目标 i 指定标记。即若:

$$P\{x_i = \lambda_k | Y\} = \max_{j=1}^m P\{x_i = \lambda_j | Y\}, \quad (6)$$

则目标 i 的标记指定为 λ_k 。

4 块匹配算法

块匹配算法就是首先把图像序列中的每帧图像按一定大小的方块进行分割,本文采用的是 8×8 的块。然后在一定范围内的区域查找,检测前一帧和当前帧之间的块位移,这样就可以得到运动目标的位移矢量场(Field of Displacement Vectors, DVF)。通过对每个块估计它在前一帧中的位置可以计算该块在两帧之间的位移。在当前帧中的每一块,定义了一个与前一帧相同的扫描区域,扫描区域的中心就是块的中心。在扫描区域,块以像素为单位进行移动并计算每一位置的匹配相似度。然后,通过比较匹配相似度可以在扫描范围内的找到最大匹配相似度,这样的块的中心位置是最佳匹配块。在扫描区域内,块以像素为单位进行移动并计算在每个位置上的匹配相似度。然后,比较在扫描区域内可能的位置上得到的所有匹配相似度,找到匹配相似度最大的位置,那么以此位置为中心的块就是最佳匹配块。对二值化边缘图像我们采用如下匹配相似度函数:

$$F = \frac{\sum_{i,j=1}^N \overline{P(i,j) \oplus Q(i,j)}}{N^2}, \quad (7)$$

其中: N 代表块的维数; $\oplus$ 表示两像素值异或; “ $-$ ”是取非。

块匹配算法的示意图如图 2 所示。其中: S 代表所选块的区域; t 和 $t-1$ 表示时间; (d_h, d_v) 是块的位移矢量。

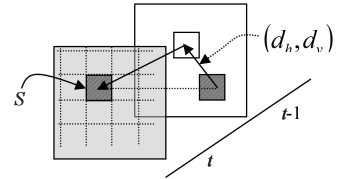


图 2 块匹配示意图

Fig. 2 Diagram of block matching

但是,在实际处理中由于存在大量位移矢量为零的块,可能导致产生噪声和加大计算量。对此,我们通过如下方法解决:首先计算连续两幅图像的差分图像,将差分图像二值化得到运动区域,然后将差分图像二值化后结果与边缘检测图像相与得到运动区域的边缘信息。这样,我们可以只对属于运动区域的目标进行相关匹配,大大减少了的计算量,提高了算法的实时性。

5 矢量中值滤波

在连续两帧图像之间,由于不可避免的灰度状况波动会使 BMA 产生错误的位移矢量场。对此,我们通过矢量中值滤波的方法来平滑位移矢量场。本论文采用了由 Astola 等人提出的一种用于矢量信号的中值算子^[10]。即在一系列矢量中挑选一个到达其他各矢量的距离总和最小的矢量作为中值矢量,矢量间的距离采用了在 $\mathbb{R}^2$ 空间中的欧式距离。矢量 $u(x_u, y_u)$ 和 $v(x_v, y_v)$ 之间的距离定义如下:

$$\|u - v\|_{L_2} = \sqrt{(x_u - x_v)^2 + (y_u - y_v)^2}, \quad (8)$$

在中值算子的应用中,每个位移矢量都被由本身和其 8 邻接矢量所确定的中值所代替。在实际的计算过程中,仅考虑非零矢量。也就是说,每个非零矢量都转换成由本身和其非零的 8 邻接矢量所确定的矢量中值。这样可以避免当邻接矢量

大部分是零矢量时,非零矢量被转换成零矢量。矢量中值滤波的例子如图 3 所示。

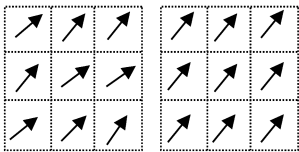


图 3 基于 8 邻接的矢量中值滤波

Fig. 3 Vector median filter based on 8 adjacent

6 运动车辆分割

在得到矫正的位移矢量场后,可以通过合并具有相似位移矢量的 8 邻接块来检测车辆。在此,我们采用顺序区域生长法把运动车辆目标分割出来。顺序区域增长法描述如下:首先在得到的位移矢量矩阵中找到一个种子点,从该点向邻域搜索,将邻域中与该点的位移矢量的欧氏距离小于阈值的点都归入同一个区域,同时标记该点为其所在区域编号,直到该区域没有新的点可以归入为止。之后,重新找一个新的种子点,重复刚次的区域增长过程。当所有的点都被归类到其中的某个区域后,区域增长结束。

区域增长后,存在一些无意义的小的区域。为了增强对噪声的鲁棒性把由极少数点组成的区域给滤除掉。

7 仿真实验

我们通过摄像机从交通路口上方分别对轿车、货车和客车各摄取 500 辆作为实验样本,每个样本由 8 帧 256×256 的彩色图像序列组成。实验平台是 Intel PIV-3. 0G CPU 的微机(2G 内存)。处理步骤如下:首先把两幅彩色图像转化为灰度图像,并通过概率松弛标记算法获得边缘图像和计算相邻两幅图像的差分图像得到运动区域,然后将差分图像与边缘检测图像相与得到运动区域的边缘信息,再进行匹配得到位移矢量场并对其进行矢量中值滤波,最后通过顺序区域增长把运动车辆分割出来。在仿真实验中,我们对这 3 种车辆分别进行了分割处理,处理结果的统计如表 1 所示。

表 1 车辆检测结果

Tab. 1 Result of vehicle detection

车型	车辆数量	正确检测数量	检测率/%
轿车	500	477	95. 4
货车	500	464	92. 8
客车	500	454	90. 8

另外在本实验中,我们对传统块匹配算法和本文中提到的算法进行了比较。统计结果如表 2 所示。本文方法相对于传统方法平均检测时间降低约 58 ms,而平均检测率提高了约 6. 7%。

表 2 不同方法实验结果比较

Tab. 2 Comparison of results of different methods

方 法	平均时间/ms	平均检测率/%
传统方法	90	86. 3
本文所提方法	32	93. 0

对于一个样本车辆检测的实验结果如图 4 所示。

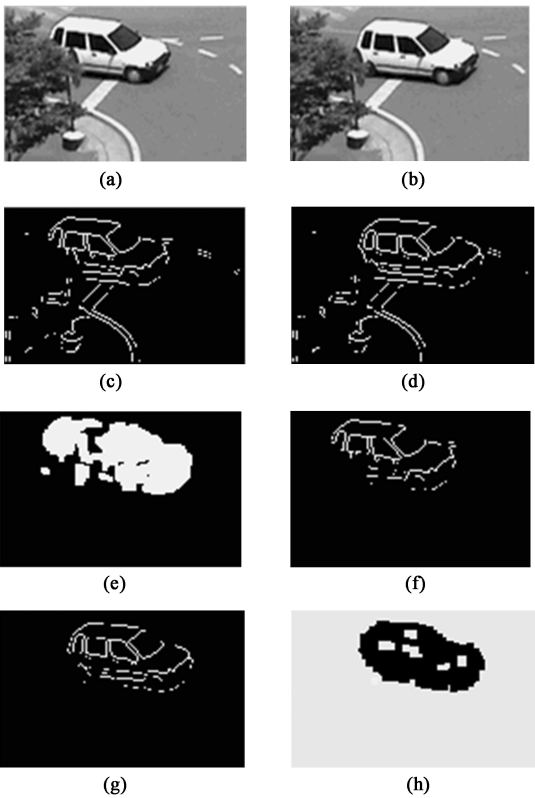


图 4 样本车辆检测实验结果

Fig. 4 Experimental results of sample vehicle detection

在图 4 中,(a)和(b)是灰度图像样本;图(c)和(d)为经概率松弛标记算法计算后得到的边缘图像;(e)为检测到的运动区域图像;通过运动区域图像与边缘图像相与得到运动车辆的边缘图像(f)和(g);(h)为最终检测到的运动车辆。

8 结 论

针对传统块匹配算法计算量大、光照变化较敏感和实时性差的缺陷,本文提出了基于概率松

弛标记算法的块匹配算法。该方法首先把两幅彩色图像转化为灰度图像,并通过概率松弛标记算法获得边缘图像和计算相邻两幅图像的差分图像得到运动区域,然后将差分图像与边缘检测图像相与得到运动区域的边缘信息,再进行匹配得到位移矢量场并对其进行矢量中值滤波,最后通过顺序区域增长把运动车辆分割出来。实验结果表明:本文方法相对于传统方法平均检测时间降低约 58 ms,而平均检测率提高了约 6.7%。这种算法鲁棒性强、实时性好。

参 考 文 献:

- [1] FATHY M, SIYAL M Y. A window-based image processing technique for quantitative and qualitative analysis of road traffic parameters[J]. *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, 2011, 47(4): 1342-1349.
- [2] JI X P, WEI Z Q, FENG Y W. Effective vehicle detection technique for traffic surveillance systems[J]. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 2006, 17(3): 647-658.
- [3] MICHALOPOULOS P G. Vehicle detection video through image processing: the autoscope system[J]. *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, 1991, 40(1): 21-29.
- [4] 张小建,徐慧.基于视频处理的运动车辆检测算法的研究[J]. 液晶与显示,2012,27(1):108-113.
ZHANG X J, XU H. Moving vehicle detection algorithm based on video processing[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(1): 108-113. (in Chinese)
- [5] 丁磊,宫宁生.基于改进的三帧差分法运动目标检测[J]. 电视技术,2013,37(1):151-153.
DING L, GONG N S. Moving objects detection based on improved three frame difference[J]. *Video Engineering*, 2013, 37(1): 151-153. (in Chinese)
- [6] 袁国武,陈志强,龚健,等.一种结合光流法与三帧差分法的运动目标检测算法[J]. 小型微型计算机系统,2013,34(3):668-671.
YUAN G W, CHEN Z Q, GONG J, *et al.* A Moving object detection algorithm based on a combination of optical flow and three-frame difference[J]. *Journal of Chinese Computer Systems*, 2013, 34(3): 668-671. (in Chinese)
- [7] 胡学刚,刘忠振.基于高斯背景模型的车辆检测改进算法[J]. 计算机工程与设计,2011,32(12):4111-4114.
HU X G, LIU Z Z. Improved vehicle detection algorithm based on Gaussian background model[J]. *Computer Engineering and Design*, 2011, 32(12): 4111-4114. (in Chinese)
- [8] 连静,王珂,杨兆升.多尺度图像边缘检测技术在车辆识别中的应用[J]. 公路交通科技,2007,24(9):87-91.
LIAN J, WANG K, YANG Z S. The technique of multi-scale image edge detection applying to vehicle recognition [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2007, 24(9): 87-91. (in Chinese)
- [9] 刘鹏,王国宇.一种基于边缘信息的车辆检测和跟踪方法[J]. 中国海洋大学学报,2007,37(5):857-860.
LIU P, WANG G Y. A Vehicle detection and tracking algorithm based on edge information[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2007, 37(5): 857-860. (in Chinese)
- [10] ASTOLA J, HAAVISTO P, NEUVO Y. Vector median filters[J]. *Proceedings of IEEE*, 1990, 78(4): 678-689.

作者简介:韦容(1982—),女,广西钦州人,硕士,高级工程师,主要研究领域为网络安全和网络管理。E-mail:weirong_20150203@163.com

申希兵(1981—),男,广西钦州人,硕士,讲师,主要研究领域为数据挖掘。E-mail:shensb@163.com

杨毅(1975—),男,广西钦州人,硕士,讲师,主要研究领域为人工智能。E-mail:yangyi@163.com