



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办：中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2015
03
VOL.20

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

非真实感图像处理 P437





第20卷第3期（总第227期）

2015年3月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所

中国图象图形学学会

北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@radi.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司

（邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048）

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS

China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of

Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@radi.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation

(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

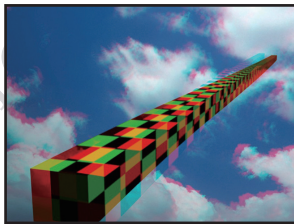
ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

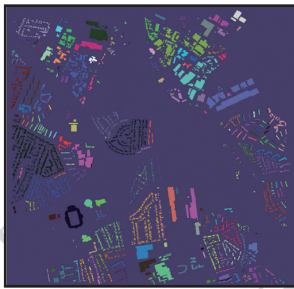
国内定价 50.00元



实时立体视觉系统中的深度映射(第0366页)



基于辐照度的运动模糊图像去模糊(第0395页)



面向智慧城市的3维城市在线可视化(第0445页)

综述

面向血管疾病诊断及预测分析的血流动力学模拟综述

徐梦佳, 杨金柱, 赵宏, 赵大哲 0297

图像处理和编码

多特征融合的车辆阴影消除

邱一川, 张亚英, 刘春梅 0311

图像分析和识别

基于局部时空特征方向加权的人体行为识别

李俊峰, 张飞燕 0320

对表情鲁棒的面部轮廓线3维人脸识别

常朋朋, 达飞鹏, 梅俊 0332

融合双层信息的显著性检测

姜霞霞, 李宗民, 匡振中, 刘玉杰 0340

面向动摄像机的高速运动目标检测

穆春迪, 谢剑斌, 闫玮, 刘通, 李沛秦 0349

匹配滤波在SAR目标单个散射部件检测中的应用

丁柏圆, 文贡坚, 钟金荣, 马聪慧 0357

图像理解和计算机视觉

实时立体视觉系统中的深度映射

李大锦, 白成杰 0366

遥感图像处理

GPU支持的SAR影像几何校正大规模并行处理

杨景辉, 程春泉, 张继贤, 黄国满 0374

基于正则化约束的遥感图像多尺度去模糊

谭海鹏, 曾炫杰, 牛四杰, 陈强, 孙权森 0386

第十届中国计算机图形学大会专栏

基于辐照度的运动模糊图像去模糊

方贤勇, 阚未然, 周健, 李黎, 郭延文 0395

对比度、颜色一致性和灰度像素保持的消色算法

王勋, 罗婷婷, 刘春晓, 彭浩宇 0408

结合因子图的多目的地地图布局优化

罗振珊, 张俊松, 范接鹏 0418

高阶连续的形状可调三角多项式曲线曲面

严兰兰, 韩旭里 0427

改进的自然图像铅笔画效果生成

黄志勇, 姚远, 张晶晶, 马凯, 任东 0437

面向智慧城市的3维城市在线可视化

潘斌, 郭小明, 陈明明, 陈为, 彭群生 0445

CONTENTS

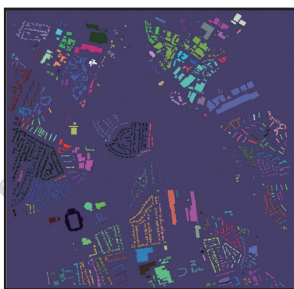
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Depth mapping in real-time stereoscopic systems (P0366)



Deblurring of motion blurred images based on the irradiance(P0395)



Online 3D city visualization for smarter cities(P0445)

Review

Survey of hemodynamics simulation for diagnosis and prediction in vascular disease

Xu Mengjia, Yang Jinzhu, Zhao Hong, Zhao Dazhe 0297

Image Processing and Coding

Vehicle shadow removal with multi-feature fusion

Qiu Yichuan, Zhang Yaying, Liu Chunmei 0311

Image Analysis and Recognition

Human behavior recognition based on directional weighting local space-time features

Li Junfeng, Zhang Feiyan 0320

Expression-robustness 3D face recognition based on facial profiles

Chang Pengpeng, Da Feipeng, Mei Jun 0332

Image saliency detection based on two-layer information fusion

Jiang Xiaxia, Li Zongmin, Kuang Zhenzhong, Liu Yujie 0340

Detecting high-speed moving targets in moving camera environments

Mu Chundi, Xie Jianbin, Yan Wei, Liu Tong, Li Peiqin 0349

The application of matched filter in detecting single scattering parts of SAR targets

Ding Boyuan, Wen Gongjian, Zhong Jinrong, Ma Conghui 0357

Image Understanding and Computer Vision

Depth mapping in real-time stereoscopic systems

Li Dajin, Bai Chengjie 0366

Remote Sensing Image Processing

GPU supported massively parallel processing for geometric correction of SAR imagery

Yang Jinghui, Cheng Chunquan, Zhang Jixian, Huang Guoman 0374

Remote sensing image multi-scale deblurring based on regularization constraint

Tan Haipeng, Zeng Xuanjie, Niu Sijie, Chen Qiang, Sun Quansen 0386

Column of Chinagraph'2014

Deblurring of motion blurred images based on the irradiance

Fang Xianying, Kan Weiran, Zhou Jian, Li Li, Guo Yanwen 0395

Decolorization with contrast, color consistency and grayscale pixel preservation

Wang Xun, Luo Tingting, Liu Chunxiao, Peng Haoyu 0408

Synthesizing multi-destinations map with factor graph

Luo Zhenshan, Zhang Junsong, Fan Jiepeng 0418

Higher-order continuous shape adjustable trigonometric polynomial curve and surface

Yan Lanlan, Han Xuli 0427

Improved algorithm for natural image pencil drawing production

Huang Zhiyong, Yao Yuan, Zhang Jingjing, Ma Kai, Ren Dong 0437

Online 3D city visualization for smarter cities

Pan Bin, Guo Xiaoming, Chen Mingming, Chen Wei, Peng Qunsheng 0445

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2015)03-0349-08

论文引用格式: Mu C D, Xie J B, Yan W, Liu T, Li P Q. Detecting high-speed moving targets in moving camera environments[J]. Journal of Image and Graphics, 2015, 20(3): 0349-0356. [穆春迪, 谢剑斌, 闫玮, 刘通, 李沛秦. 面向动摄像机的高速运动目标检测[J]. 中国图象图形学报, 2015, 20(3): 0349-0356.] [DOI:10.11834/jig.20150306]

面向动摄像机的高速运动目标检测

穆春迪, 谢剑斌, 闫玮, 刘通, 李沛秦

国防科学技术大学电子科学与工程学院, 长沙 410073

摘要: 目的 为解决动摄像机中高速运动目标检测复杂度高的问题, 提出一种基于压缩视频运动矢量的高速运动目标检测新方法。方法 该方法首先分析监控视频的码流格式和解码特点; 然后从视频流中直接提取运动矢量; 接着进行运动矢量规范化, 并根据 3σ 准则提取场景的全局运动参数; 最后通过对运动矢量统计特征的分析, 实现面向动摄像机的高速运动目标快速检测。结果 仿真实验表明, 该方法在经典和自建数据库上目标提取效率较现有算法均有较大提高。结论 本文方法充分利用了压缩视频数据中蕴含的运动信息, 极大降低运动目标检测的复杂度, 可以有效提取动摄像机成像画面中的高速运动目标, 在经典和自建数据库上的目标提取效率较现有算法均有较大提高。

关键词: 动摄像机; 高速运动目标; 运动矢量; 3σ 准则; 目标检测

Detecting high-speed moving targets in moving camera environments

Mu Chundi, Xie Jianbin, Yan Wei, Liu Tong, Li Peiqin

College of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China

Abstract: **Objective** Detecting moving targets in moving camera environments from video stream is a fundamental step in many computer vision applications, such as intelligent visual surveillance, human-machine interaction, and content-based video coding. Background subtraction is generally regarded as an effective method for extracting foreground objects. Given the existence of extensive literature regarding background subtraction, most existing methods assume a stationary camera. This assumption limits the applicability of these methods to moving camera scenarios. Background is a complex environment that usually includes distracting motions, which make the task more challenging. In addition, with the development of coding techniques, high-definition videos have become widely used. Thus, extracting and updating background images become complex and time-consuming processes. To solve this problem, a fast target detection method is proposed on the basis of motion vectors. **Method** The data format and decoding features of surveillance videos are analyzed in this study. Subsequently, methods by which to obtain motion vectors directly from a video stream are determined, and results confirm the method validity by comparing the motion vectors extracted through this method with those extracted using the H.264 Video software. Moreover, the motion vectors are normalized by considering the reference frames, thus preventing the emergence of singular motion vectors and making the distribution of the motion vectors more reasonable. Global motion is detected according to 3σ theory, and different compensation algorithms are proposed for various scenarios. Finally, targets are extracted by analyzing the statistical property of motion vectors. **Result** Detecting moving targets from a moving camera

收稿日期: 2014-07-17; 修回日期: 2014-10-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(61303188)

第一作者简介: 穆春迪(1990—), 男, 国防科学技术大学在读电子科学与技术专业硕士研究生, 主要研究方向为计算机视觉、行为识别等。E-mail: xiejianbin@nudt.edu.cn

Supported by: National Natural Science Foundation of China (61303188)

is difficult. For conventional methods, moving background is not always considered, and systems that have a delayed response to background changes are unsuitable for this situation. To meet the real-time performance requirements of the system, motion vectors are used to detect global motion and extract motion targets, thus reducing redundant computation effectively. Test results show that the proposed method is superior to conventional methods. **Conclusion** To prove the validity of this algorithm, an extensive set of experiments are performed, and the proposed method is compared with some of the most recent approaches in the field by using publicly available datasets and a new annotated dataset. Results prove that the proposed approach can effectively extract high-speed moving targets from a moving camera.

Key words: moving camera; high-speed moving target; motion vector; 3σ theory; target detection

0 引言

运动目标检测是指从视频图像中准确分割出运动目标^[1],是目标匹配、视频监控、行为分析等研究的理论基础^[2],是计算机视觉领域的热点问题。在摄像机静止条件下,背景变化平稳,运动目标检测主要受光照、噪声、遮挡、目标尺寸变化、背景复杂度等因素影响;在动摄像机条件下,还受到摄像机运动或焦距变化的影响,给运动目标的快速、准确检测带来困难。

运动目标检测算法主要有帧差法、背景差法和光流法。帧差法将相邻2帧或3帧视频图像差分获得运动目标,处理速度快,实现简单,但是难以获得完整的运动目标,受运动目标的速度影响较大,容易产生“空洞”现象^[3,4]。背景差法将输入视频与建模背景相减,获得完整的运动目标,但是受背景建模准确度影响较大,在背景运动条件下,运动目标检测效果大幅下降^[5,6]。光流法检测视频图像中光流变化,实现运动目标检测,可以有效克服摄像机运动的影响,但是计算复杂,受噪声影响严重^[7,8]。

在静止摄像机条件下,运动目标与背景之间、连续帧的运动目标位置之间存在差异,通过对差异部分的统计分析,实现运动目标检测。文献[9]采用小波变换提取前景纹理,采用混合高斯模型拟合背景图像,解决前景与背景颜色相似导致的误判问题,但算法复杂度高,处理速度较慢。文献[10]改进混合高斯背景建模方法,采用自适应迭代分块策略,运行速度快,但是对复杂背景适应性较差。文献[11]提出一种联合马尔可夫随机场模型与视觉感兴趣度模型的运动目标检测方法,目标检测准确度高,但算法较为复杂,难以满足系统实时性要求。

在动摄像机条件下,前景运动和背景运动产生

混叠,通过对背景运动进行补偿,实现运动目标检测。文献[12]采用 Harris 算子检测角点,采用松弛匹配法寻找最佳匹配点,采用多分辨率背景差分算法提取运动目标,实现了抖动摄像机情况下的运动目标准确检测,但对摄像机抖动幅度有严格限制。文献[13]提出了差分背景补偿算法,通过改进传统高斯背景模型的更新方法,提高了动摄像机情况下的运动目标检测准确度,但是算法复杂、实时性差。文献[14]采用基于背景宏块运动相似性的全局运动提取方法,算法运行速度快,但受限于区域增长起始位置和矢量编码方式,对于复杂背景条件下的运动目标提取效果不佳。

针对动摄像机条件下的高速运动目标检测问题,本文提出一种基于压缩视频运动矢量的高速运动目标检测新方法,该方法首先从视频流中提取运动矢量;然后规范化运动矢量,提取和补偿全局运动;最后分割出运动目标,方法流程如图1所示。

1 运动矢量提取与规范化

运动矢量提取方法分为两类:基于灰度图像的方法,视频帧中的每个宏块存在对应的运动矢量,运动目标信息表征全面、准确,但计算复杂度高;基于压缩视频码流的方法,运动矢量提取速度快,但受多参考帧和多宏块模式的影响,有效解析困难。

为了消除多参考帧影响,对视频帧中P宏块和B宏块进行如下处理。

1)对于B帧和P帧中的P宏块,根据其参考帧的位置提取运动矢量。设当前帧中某P宏块的运动矢量为 (MV_{xj}, MV_{yj}) ,式中 j 表示此宏块与参考帧之间的间隔,一般的 $j \leq 5$ 。考虑到当前帧与参考帧时间间隔上的短时性和目标运动的连续性,可得

$$(MV_{x1}, MV_{y1}) = \left(\frac{MV_{xj}}{j}, \frac{MV_{yj}}{j} \right) \quad (1)$$

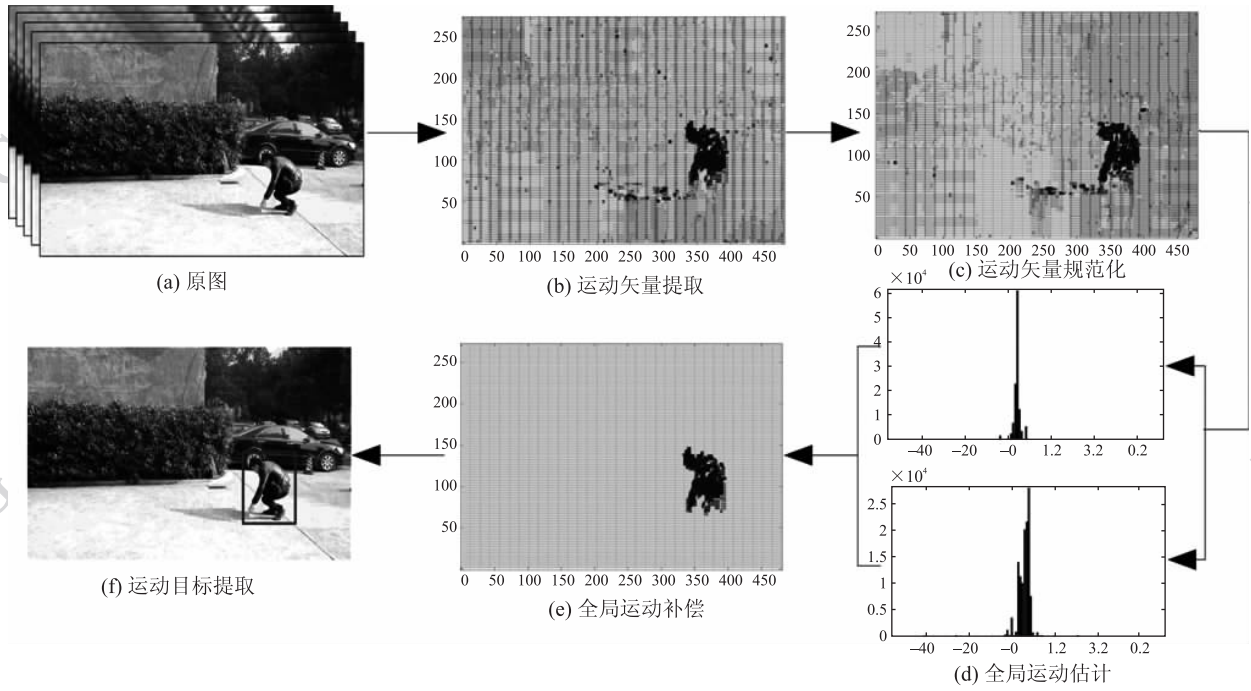


图1 面向动摄像机的高速运动目标检测

Fig. 1 Algorithm for detecting high speed moving targets in moving camera

2) 对于B宏块,假设当前宏块的前向运动矢量为 (MV_{fxk}, MV_{fyk}) ,后向运动矢量为 (MV_{bxl}, MV_{byl}) , k 和 l 分别表示与参考帧的距离,则有

$$(MV_{fxl}, MV_{fyl}) = \left(\frac{MV_{fxk}}{k}, \frac{MV_{fyk}}{k} \right) \quad (2)$$

$$(MV_{xk}, MV_{yk}) = (MV_{fxl}, MV_{fyl}) \quad (3)$$

由式(2)(3)可知,对于B帧中的B宏块,忽略后向预测运动矢量,仅通过前向预测运动矢量获得规范的矢量值。

某段监视视频的运动矢量规范化结果如图2所示,规范化后的运动矢量分布更均匀、合理,有效避免奇异值的出现,有利于运动目标分割。

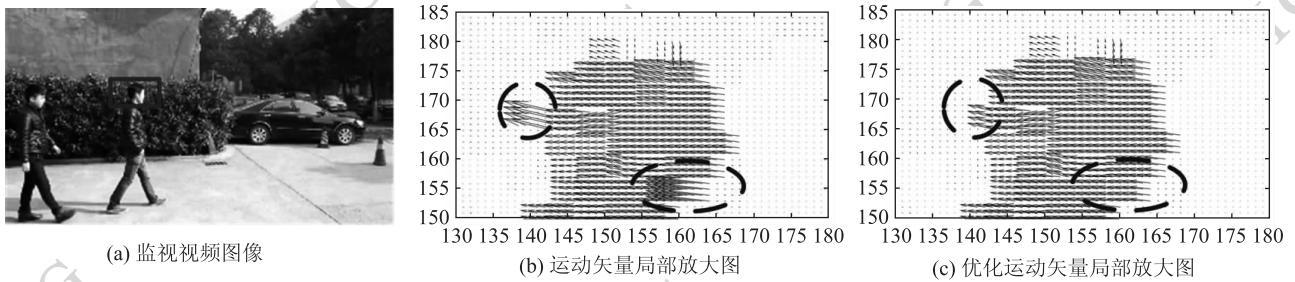


图2 运动矢量规范化对比图

Fig. 2 Comparison of original motion vectors and normalized motion vectors

2 全局运动估计

为了能够准确描述平移、旋转和缩放等摄像机运动,全局运动估计常用仿射模型法,经典的六参数模型为

$$\begin{bmatrix} f_x^t \\ f_y^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 f_x^{t-1} + a_1 f_y^{t-1} + a_2 \\ a_3 f_x^{t-1} + a_4 f_y^{t-1} + a_5 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中, f_x^t 表示在 t 时刻图像帧的 x 坐标, f_y^t 表示在 t 时刻图像帧的 y 坐标, a_0, a_1, a_3, a_4 为图像的旋转和缩放参数, a_2 和 a_5 为图像的平移参数。六参数模型的计算准确度受特征点匹配的影响较大,实时性差。

通过统计视频码流中运动矢量的方向特征,求取全局运动,无需特征点求取和匹配,计算简捷、速度快。基于运动矢量方向特征的全局运动提取的实

现流程为:

- 1) 提取当前帧的规范化运动矢量;
- 2) 标记当前帧宏块属性 $a_{i,j} \in \{1, 2, 3, 4\}$, 分别表示 16×16 的 P、B 宏块, 16×8 的 P、B 宏块, 8×8

的 P、B 宏块和 I 宏块, 下标 i, j 表示宏块在当前帧的位置;

- 3) 对 $a_{i,j} = 1$ 的所有宏块的运动矢量, 分别统计 x, y 分量的幅度直方图, 如图 3 所示。

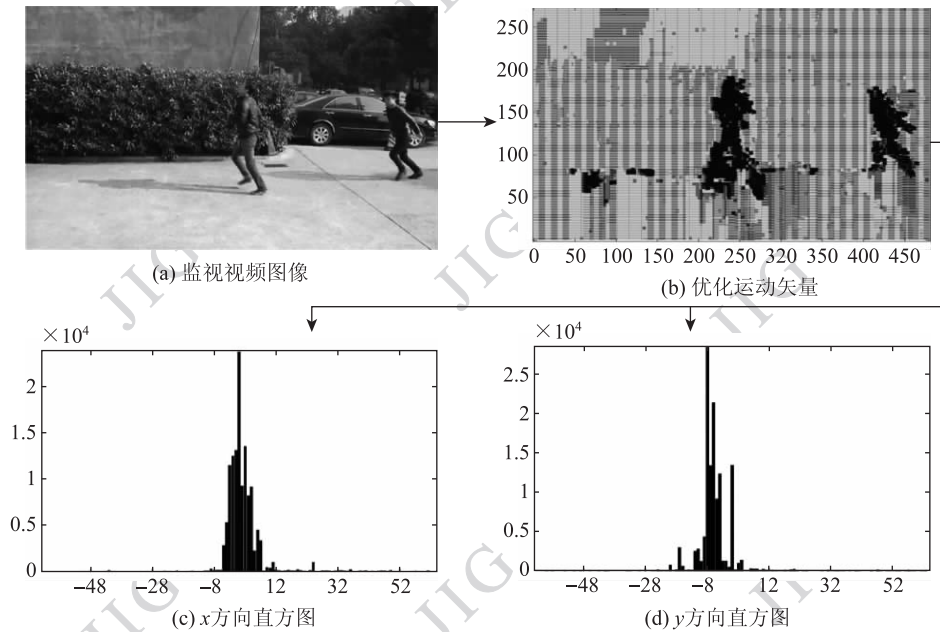


图 3 运动矢量直方图统计图

Fig. 3 Histogram of direction of motion vectors

对于存在全局运动的视频图像, x, y 方向直方图具有类高斯分布特性, 如图 3(c)(d) 所示, 可采用判定高斯分布的 3σ 准则, 判断当前视频帧是否存在全局运动。

$$\begin{cases} p(\mu - \sigma, \mu + \sigma) > k_1 \\ p(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma) > k_2 \\ p(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma) > k_3 \end{cases} \quad (5)$$

式中, σ 为方差, k_1, k_2, k_3 为阈值参数, 主要受运动矢量匹配准确度和运动目标大小影响, 通过实验获得其最佳取值分别为 4、0.521 1、0.836 7 和 0.932 6。遍历运动矢量方向 μ , 因为 H. 264 存在 $1/4$ 像素, 所以 $\mu \in (-64, 64)$ 。在当前帧 x, y 方向的投影均满足式(5)时, 获得全局运动矢量为 (μ_x, μ_y) 。

3 全局运动补偿

全局运动补偿有助于运动目标的准确分割, 以块为基本单位求取的运动矢量存在误差, 采用邻域补偿法减小此误差, 邻域范围参考第 2 节中的方差

σ , 取为 4。

视频图像的运动矢量可分为 3 类: 复杂背景、简单背景和运动目标区域的运动矢量。其中, 复杂背景区域的运动矢量与全局运动相符; 由于简单背景区域的纹理特征不明显、相似度高, 其运动矢量集中在 $(0, 0)$ 附近。针对以上特点, 采用如下规则进行全局运动补偿:

- 1) 满足 $\mu_x - \sigma \leq m \leq \mu_x + \sigma$ 且 $\mu_y - \sigma \leq n \leq \mu_y + \sigma$ 的运动矢量子块 $MV_{m,n}$, 补偿为 $(0, 0)$;
- 2) 满足 $-\sigma \leq m \leq \sigma$ 且 $-\sigma \leq n \leq \sigma$ 的运动矢量子块 $MV_{m,n}$, 补偿为 $(0, 0)$;
- 3) 非零运动矢量子块 $MV_{m,n}$, 若其 8 邻域内运动矢量均为 $(0, 0)$, 则补偿为 $(0, 0)$;
- 4) 所有 I 宏块, 设定其运动矢量为 $(0, 0)$;
- 5) 其他子块的运动矢量, 按照式(6)补偿。

$$(MV_x, MV_y) = (MV_{x1} - \mu_x, MV_{y1} - \mu_y) \quad (6)$$

式中, (MV_x, MV_y) 表示补偿后的运动矢量。对于监控视频中某帧, 运动矢量补偿结果如图 4, 通过运动矢量补偿之后, 目标特性更清晰。

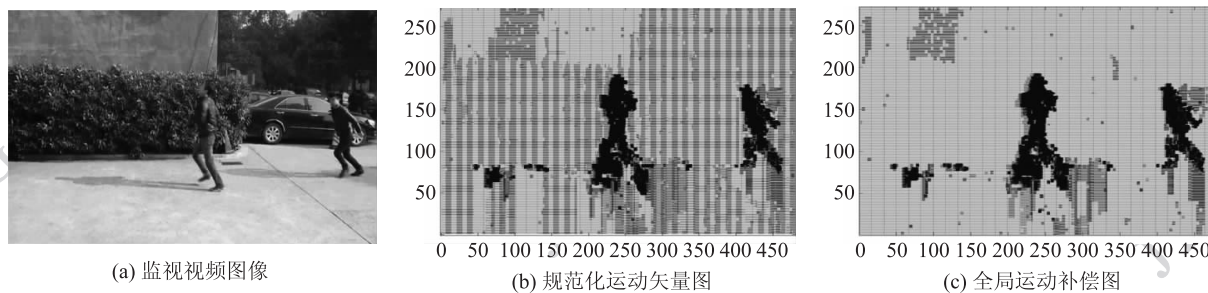


图4 全局运动补偿示意图

Fig. 4 Compensating of global motion

4 运动目标分割

运动目标分割方法有阈值法、聚类法、区域生长法、松弛法等, 阈值法运算量小、速度快、易于实现, 在运动目标检测中应用广泛。在分析运动矢量特性的基础上, 采用优化的自适应阈值分割方法, 实现面向动摄像机的高速运动目标检测, 其中高速目标是指运动速度明显大于摄像机运动速度的运动目标, 实现过程为:

1) 提取全局运动补偿后运动矢量的模值

$$MV = \sqrt{MV_x^2 + MV_y^2} \quad (7)$$

2) 遍历运动矢量模值, 假设阈值为 MV_i , 获得两类运动矢量的概率

$$p = \frac{U}{W}, q = \frac{V}{W} \quad (8)$$

式中, U 表示模值小于 MV_i 的运动矢量个数, V 表示模值大于 MV_i 的运动矢量个数。 W 为运动矢量总个数, 即 $W = U + V$ 。

3) 计算两类运动矢量灰度均值

$$\mu_0 = \frac{sum_1}{U}, \mu_1 = \frac{sum_2}{V} \quad (9)$$

式中, sum_1 表示一帧图像中所有模值小于 MV_i 的运动矢量模值和, sum_2 表示一帧图像中所有模值大于 MV_i 的运动矢量模值和。

4) 计算类间方差

$$\sigma^2 = p \times q \times (\mu_0 - \mu_1)^2 \quad (10)$$

5) 遍历所有运动矢量幅值, 寻找最优阈值 TH , 使得 σ^2 最大。

$$TH = \arg \max_{MV_i} (\sigma^2) \quad (11)$$

6) 以 TH 为阈值对运动矢量幅值图进行分割。

7) 对分割结果进行闭运算, 并以 TH_s 为阈值选取有效连通区域, TH_s 受拍摄设备初始条件影响。

$$TH_s = K \cdot \frac{h_{\text{mean}}}{H_c} \quad (12)$$

式中 h_{mean} 表示当前监控场景中运动目标的一般高度, H_c 为监控摄像机高度, K 为目标图像大小比例系数。

图5为运动目标分割实验效果对比图, 其中图5(b)为 Barnich 等人提出的背景差法实验结果^[15], 图5(c)为 Zheng 等人提出的帧差法实验结果^[4], 图5(d)为本文方法的实验结果。本文方法提取的运动目标更完整、准确, 受光照、噪声、摄像机运动和背景复杂度的影响较小。

5 仿真实验及分析

为了验证本文方法的有效性, 将本文方法与文献[1]采用时空条件信息的动态运动目标检测方法、文献[9]融合高斯混合模型和小波变换的运动目标检测方法、文献[14]基于像素块相似性的运动目标检测方法比较, 所有实验参数与原文献相同。

5.1 实验数据

实验测试视频采用经典的 Foreman 视频、Coastguard 视频、Bus 视频以及本实验室录制的 VAP 视频库中的视频, 其分辨率分别为 176×144 、 352×288 、 352×288 和 1920×1080 , 视频总帧数分别为 88、299、149 和约 50 000 帧。Foreman 视频中运动目标占整幅图像面积较大, Coastguard 视频受水面波动影响较为严重, Bus 视频运动目标受遮挡较为严重, VAP 视频库中的视频受复杂背景中树叶摇动和光照变化干扰较大。

VAP 视频库共包含 343 段高清视频, 包括奔跑、行走、尾随、倒地等多种行为, 分别采集自静止摄像机、轻微抖动摄像机和运动摄像机, 每段视频时长 5~6 s。

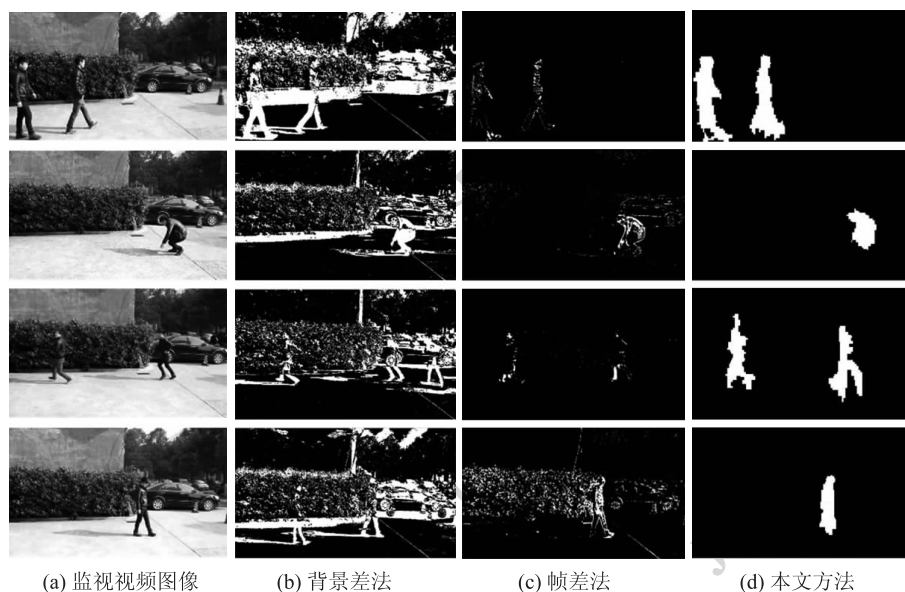


图5 运动目标分割实验效果对比图

Fig. 5 Target segmenting results of different method

5.2 最佳阈值参数

对于式(5),有 σ 、 k_1 、 k_2 、 k_3 4个参数需要求取。对存在全局运动的视频图像进行运动矢量方向直方图统计,为了便于实验说明,将直方图投影为灰度图像,灰度图像的横纵坐标表示运动矢量方向,每个像素点的灰度值正比于在此方向上的运动矢量数量,则可得如图6所示投影图。

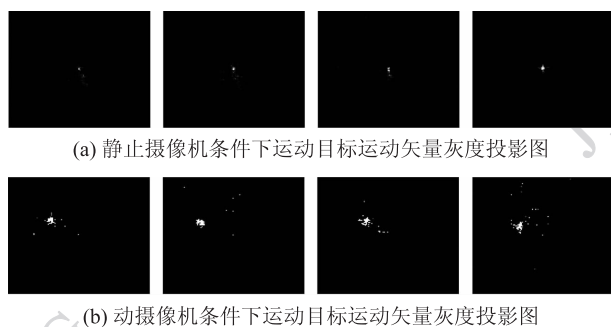


图6 运动矢量灰度投影对比图

Fig. 6 Comparison of gray projection of motion vectors in different situation

观察图6可以发现,对于静止摄像机条件下的运动目标运动矢量灰度投影图,因为图像背景静止,所以图像中心的灰度值最高,而对于动摄像机条件下的运动目标运动矢量灰度投影,前景与背景都处于运动状态,投影图出现以全局运动方向为中心的高亮区域。通过手工标定高亮中心,对其邻域内像素值统计求和可得图7。

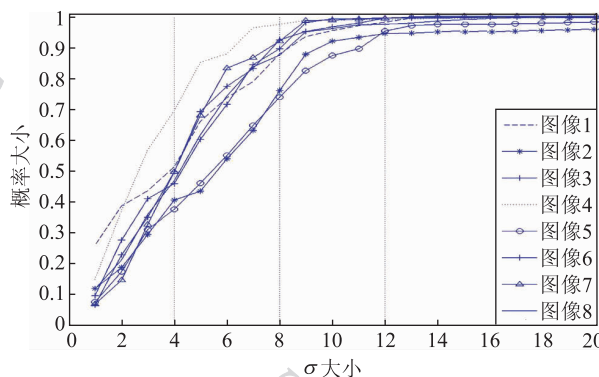


图7 矢量分布统计

Fig. 7 Statistics of motion vectors

综合考虑计算量与 3σ 准则,选取 $\sigma=4$ 。通过对 σ 、 2σ 、 3σ 位置的矢量分布概率进行统计平均获得 $k_1=0.5211$ 、 $k_2=0.8367$ 、 $k_3=0.9326$ 。

5.3 运动目标检测准确度

4段视频实验测试结果如图8所示。

参考文献[13]提供的评价方法,考虑到本文运动目标提取以块为最小分割单位,视频检测准确率PCC(percentage correct classification)为

$$PCC = \frac{TPB + TNB}{TPB + FPB + TNB + FNB} \quad (13)$$

式中, TPB 为被正确检测的前景宏块数, FPB 为被错误检测为前景的背景宏块数, TNB 为被正确检测的背景宏块数, FNB 为被错误检测为背景的前景宏块数。以 16×16 的矢量块为最小统计单位,将同时

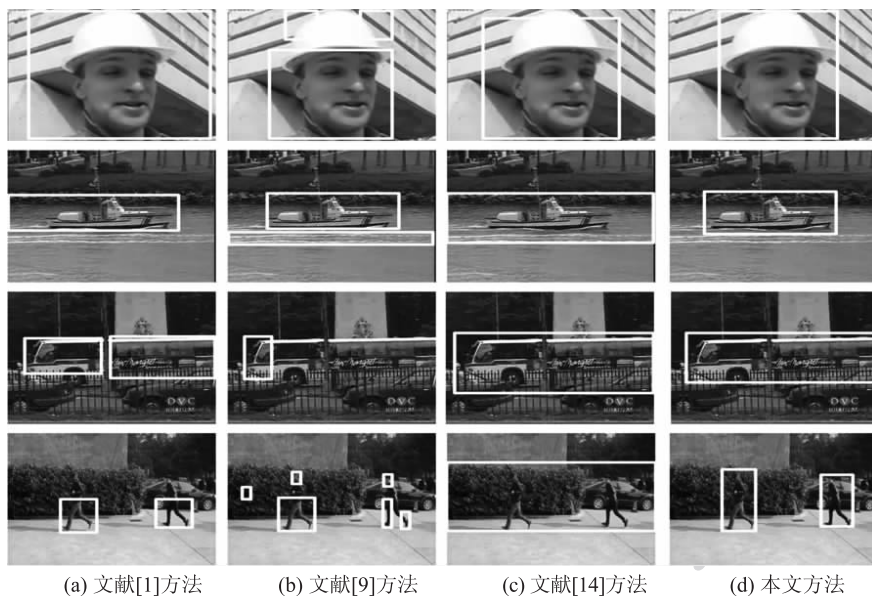


图8 实验仿真结果

Fig. 8 Targets extracting results on different method

包含背景和前景图像的宏块归记为前景宏块,真实前景宏块由手工标记得出,4种方法的检测结果如表1所示。

表1 运动目标检测结果 PCC

方法	Foreman	Coastguard	Bus	VAP Chasing
文献[1]	93.14	83.76	82.98	93.27
文献[9]	89.28	86.35	72.36	84.66
文献[14]	92.37	85.56	84.27	71.36
本文	96.28	92.17	90.35	98.36

文献[1]提出采用时空条件的动态场景运动目标检测算法,为了增强运动目标的可分割性,设计负对数非线性核变换方法,通过引入视觉注意机制,构建视觉显著性时空域模型,但是受背景颜色等因素影响严重,对 VAP Chasing 视频的分割结果可发现,如果运动目标颜色与背景颜色相近,目标检测准确率下降。文献[9]为了滤除背景对运动目标的影响,融合高斯混合模型和小波变换,使用纹理信息作为颜色信息的补偿,保证背景模型更新的稳定性和收敛性,但是受背景中大运动目标影响较为严重,无法有效提取整个运动目标的纹理特征,对 Bus 视频的分割结果可发现,仅检测出运动车辆的车头。文献[14]提出基于 MPEG-4 视频的运动目标检测方法,通过背景宏块的相似

性将目标和背景分割开来,但是受背景复杂度和噪声影响严重,在背景扰动较大时,无法有效识别运动目标。本文方法对于测试视频的检测结果均优于比较方法。

5.4 运动目标检测复杂度

本文方法的计算量主要集中在运动矢量提取、全局运动求取和运动目标分割3方面。假设视频图像的分辨率为 $m \times n$,本文以 4×4 的块为最小处理单位,故当前图像共有 $m \times n/16$ 块。

考虑到编码块属性和参考帧问题,在运动矢量提取阶段最多需要 $m \times n/16$ 次加法和次 $m \times n/16$ 乘法;在全局运动求取阶段最多需要 $m \times n/16$ 次加法;在运动目标分割阶段,计算量约为基于像素方法的 $1/16$ 。

对于4段测试视频,四种算法处理速度如图9所示,本文算法处理速度假定为标准“1”。

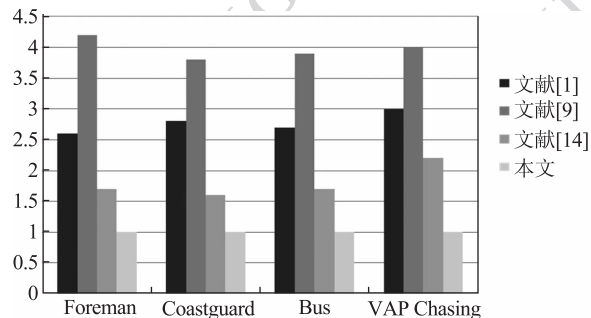


图9 4种方法处理速度对比图

Fig. 9 Comparison of processing speed of different methods

6 结 论

本文提出一种面向动摄像机的高速运动目标快速检测方法,该方法基于压缩视频流提取运动矢量,采用参考帧信息优化运动矢量,根据运动矢量分布特性提取全局运动,通过对运动矢量幅值的分割实现高速运动目标的快速提取。仿真实验表明,该方法不但适用于动摄像机条件下的高速运动目标检测,而且适用于静止摄像机条件下的运动目标检测;相对于其他算法,本文方法检测速度更快、检测精度更高。面向动摄像机的低速运动目标检测、面向摄像机变焦情况下的运动目标检测将是后续研究的两个主要方向。

参考文献 (References)

- [1] Wang B, Xiao W H, Zhang M J, et al. Moving object detection in dynamic scene using spatial-temporal condition information [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2012, 24(12): 1576-1584. [王斌, 肖文华, 张茂军, 等. 采用时空条件信息的动态场景运动目标检测[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2012, 24(12): 1576-1584.] [DOI: 10.3969/j.issn.1003-9775.2012.12.007]
- [2] Zhang H, An G C, Zhang F J, et al. Moving human detection algorithm with merging of multiple color space [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2011, 16(10): 1944-1950. [张欢, 安国成, 张凤军, 等. 多颜色空间融合的人体检测算法研究[J]. *中国图象图形学报*, 2011, 16(10): 1944-1950.] [DOI: 10.11834/jig.20111023]
- [3] Bobick A F, Wilson A D. A state-based technique for the summarization and recognition of gesture [C]// *Proceedings of the fifth IEEE Conference on Computer Vision*. Cambridge, NA: IEEE, 1995: 382-388. [DOI: 10.1109/ICCV.1995.466914]
- [4] Zheng J B, Li X X, Zhang Y N. Novel tracking algorithm for video surveillance [J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2007, 29(11): 191-193. [郑江滨, 李秀秀, 张艳宁. 视频监控中的运动目标跟踪算法[J]. *系统工程与电子技术*, 2007, 29(11): 191-193.] [DOI: 10.3321/j.issn:1001-506x.2007.11.050]
- [5] Xiao H X, Liu Y, Tan S R, et al. A noisy videos background subtraction algorithm based on dictionary learning [J]. *KSI Transactions on Internet and Information Systems*, 2014, 8(6): 1946-1963. [DOI: 10.3837/tis.2014.06.008]
- [6] Zamalieva D, Yilmaz A. Background subtraction for the moving camera: a geometric approach [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2014, 127(10): 73-85. [DOI: 10.1016/j.cviu.2014.06.007]
- [7] Horn B K, Schunck B G. Determining optical flow [J]. *Artificial Intelligence*, 1981, 17(2): 185-203. [DOI: 10.1117/12.965761]
- [8] Zhao G, Wang X L, Wang L R. Motion analysis and research of local navigation system for visual-impaired person based on improved LK optical flow [C]// *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Networks and Intelligent System*. Tianjin, China: IEEE, 2012: 348-351. [DOI: 10.1109/ICINIS.2012.80]
- [9] Cai N, Chen S W, Guo W T, et al. Moving object detection using Gaussian mixture model and wavelet transform [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2011, 16(9): 1716-1721. [蔡念, 陈世文, 郭文婷, 等. 融合高斯混合模型和小波变换的运动目标检测[J]. *中国图象图形学报*, 2011, 16(9): 1716-1721.] [DOI: 10.11834/jig.20110923]
- [10] Chen M S, Liang G M, Sun J X, et al. Fast moving object detection method using temporal-spatial background model [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2011, 16(6): 1002-1007. [陈明生, 梁光明, 孙即祥, 等. 利用时空背景模型的快速运动目标检测方法[J]. *中国图象图形学报*, 2011, 16(6): 1002-1007.] [DOI: 10.11834/jig.20110616]
- [11] Guo C S, Liu D, Guo Y F, et al. An adaptive graph cut algorithm for video moving objects detection [J]. *Multimedia Tools Application*, 2014, 72: 2633-2652. [DOI: 10.1007/s11042-013-1566-x]
- [12] Tu L F, Peng Q, Zhong S D. A moving object detection method adapted to camera jittering [J]. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2013, 35(8): 1914-1920. [屠礼芬, 彭祺, 仲思东. 一种适应相机抖动的运动目标检测方法[J]. *电子与信息学报*, 2013, 35(8): 1914-1920.] [DOI: 10.3724/SP.J.1146.2012.01564]
- [13] Song Y B, Ying J, Lu L L. The research of moving object detection based on background difference compensation [C]// *The 5th International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging: Imaging Sensors and Applications*. Beijing, China: SPIE, 2013, 8908: 89081N(1-8). [DOI: 10.1117/12.2034322]
- [14] Tian Y M, Wan B, Dong W T. Object detection algorithm based on moving background in MPEG-4 video [J]. *Acta Optical Sinica*, 2009, 29(5): 1227-1231. [田玉敏, 万波, 董文涛. MPEG-4 视频中运动背景下的目标检测算法[J]. *光学学报*, 2009, 29(5): 1227-1231.] [DOI: 10.3788/AOS20092905.1227]
- [15] Barnich O, Droogenbroeck M V. ViBe: a universal background subtraction algorithm for video sequences [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2011, 20(6): 1709-1724. [DOI: 10.1109/TIP.2010.2101613]