

文章编号: 1001-0920(2004)07-0782-05

## 基于宏块特征量化的视觉自适应实时监控方法

周平<sup>1,2</sup>, 汪亚明<sup>1</sup>, 赵匀<sup>1,2</sup>, 万成福<sup>1</sup>

(1. 浙江工程学院 计算机视觉与模式识别实验室, 浙江 杭州 310033; 2. 浙江大学 农工学院, 浙江 杭州 310027)

**摘要:** 提出一种新的基于宏块特征量化的视觉自适应实时监控方法, 它采用考虑宏块特征空域关系和类似竞争分类的消除干扰策略, 由宏块特征量化将对像素点的操作转变为对宏块直方图特征点的操作, 通过兴趣点的提取使得对每帧的计算速度成数量级地提高。研究表明, 该方法仅使用高、中、低3种外部阈值设置, 便可使监控模型在几乎无参数调节下稳定运行, 在动态图象序列中, 能有效消除日光灯频闪光线、部分运动阴影以及局部小扰动带来的区域干扰。实验结果显示, 该方法能够实现对安全防范中闯入类的有效监控, 且目标跟踪快捷稳定, 具有较高的工程实用价值。

**关键词:** 自适应视觉监控; 运动跟踪; 宏块特征量化; 实时

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

## Macroblock feature quantification based real-time adaptive visual surveillance

ZHOU Ping<sup>1,2</sup>, WANG Yaming<sup>1</sup>, ZHAO Yun<sup>1,2</sup>, WAN Cheng-fu<sup>1</sup>

(1. Research Center of Computer Vision and Pattern Recognition, Zhejiang Institute of Science and Technology, Hangzhou 310033, China; 2. Institute of Agricultural Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China  
Correspondent: ZHOU Ping, E-mail: zp@zist.edu.cn)

**Abstract:** A real-time visual surveillance method is presented, which is based on macroblock features quantification. The frame is divided into tiles and their macroblock features are extracted. The pixels operation is transferred to a nested operation of their macroblock feature points. Then, these features differences of frames are checked to find out residual motion region. The research shows that our novel method is quite effective and efficient in eliminating the region noise caused by fluorescent lamp, local moving shade and dithering in dynamic image sequences. Critical system parameters, such as threshold and processing regions, are adaptive to varying frame rates and computational constraints. According to different environment, it can track motion stably in real-time through a simple choice of high, median or low threshold setting. The experimental results show the promising performance in real-time visual surveillance in a changing environment.

**Key words:** adaptive visual surveillance; motion tracking; macroblock features quantification; real-time

### 1 引言

真实场景视觉分析中的难题之一是对快速改变的环境作出有效处理。从序列图像中将变化区从背景中提取出来的常用方法有: 1) 减背景法<sup>[1]</sup>: 用当前帧与参考背景图像的差分来检测运动区域, 一般

以3~5个Gaussian混合分布对像点亮度进行自适应建模, 利用增量EM算法迭代求解参数, 但其很难适应场景的快速变化。2) 时间差分<sup>[2]</sup>: 在连续图像序列中的2与3相邻帧间, 利用基于像素的时间差分与阈值化提取帧中运动区。它对动态环境有较

收稿日期: 2003-09-08; 修回日期: 2004-02-16

作者简介: 周平(1960—), 男, 浙江杭州人, 副教授, 博士生, 从事计算机视觉、CAD/CG的研究; 汪亚明(1972—), 男, 浙江衢州人, 副教授, 博士后, 从事计算机视觉与模式识别、控制及自动化的研究。

强的自适应力, 但无法完整提取所有相关的特征像素点, 易在运动实体内部形成孔洞 3) 运动历史法<sup>[3]</sup>: 通过随时间衰减的历史图像, 增加对连续帧中变化检测的鲁棒性 一旦测到 Gaussian 兴趣区中当前帧与前一帧之间的变化量超过阈值, 则运动历史图像中的对应像素点将置成最大亮度值 在开始处理新的一帧前, 整个运动历史图像中的每个像素值将乘系数  $h < 1$  而衰减 4) 光流法<sup>[4]</sup>: 提取运动目标随时间变化的光流特性来跟踪, 便于在摄像机存在运动的状态下检测分立的运动 它首先建立稀疏的光流场, 并将其分割成若干类, 每类中的光流具有相近的偏差; 再用时间相关性对其滤波来提高检测精度 光流法无需摄像机标定, 便可检测广义障碍物, 求出主运动与障碍物之间的相对运动, 但它难以检测慢速目标且计算复杂

运动跟踪等价于在连续帧间创建基于位置、速度、形状、纹理、色彩等特征的对应匹配 常用方法有: 卡尔曼滤波、浓缩(Condensation)算法及动态贝叶斯网络等 跟踪策略还可参见文献[5~7]

如果目标闯入而同时光线变暗, 则任何基于背景模型的安防监控系统将会失效, 若整合来自不同可视模块的数据, 继承冗余模块的活动等, 又将导致计算成本增加, 很难实现实时监控 本文对监控区域异常目标实时跟踪、消除干扰误报等问题展开了讨论, 提出一种无参数化实现低计算成本的实时监控方法

## 2 自适应宏块特征量化

日光灯的频闪光线和运动人体投射的阴影等对室内跟踪目标将产生强噪声干扰, 其强度甚至超过运动体的差分幅度 针对实时无参数化监控跟踪的客观要求, 在进行了大量对比实验并吸取前人经验的基础上, 提出一种无需背景模型和初始化、实时的宏块差分去噪方法

### 2.1 宏块特征的自适应提取

采用 RGB 三通道加色模型, 各通道 8 位对应 256 色阶 均分帧流中的各帧图像为  $M \times N$  网格块, 各块对应  $R \times T$  个像点 设各点像素值为  $f(r, g, b)$ , 计算前后相邻帧各分块中 RGB 分量之和的差分, 以帧中各块差分之和的均值作为自适应过滤噪声的第 1 道评价尺度 该均值反映了图像中像素值的平均变化幅度, 若背景噪声大, 其值自动提高, 否则自动降低

计算帧的宏块特征值, 实质上是进行一种积分平滑滤波, 获取各宏块颜色分量的直方图值 该直方

图值对于区域变化的敏感性比其均值表达低得多, 同时也实现了计算降维 宏块特征值以其 RGB 累加值表示, 即

$$h^t(r_j, g_j, b_j) = \frac{f^t(r_i, g_i, b_i)}{i \cdot RT}, \forall j \in MN. \quad (1)$$

设  $L[x(t), y(t), h_t(r, g, b)]$  为存放特征值位置和大小 的数组, 则原图像  $I[x, y, t]$  在其上的投影为  $M \times N$  点, 即

$$L_j = \frac{|h^t[j]i - h^{t-\Delta t}[j]i|}{i \cdot r, g, b}, \forall j \in MN. \quad (2)$$

第 1 道自适应过滤噪声的评价尺度为各块差分之和的均值, 即

$$m^t = \frac{L_j}{MN}. \quad (3)$$

其中:  $h^t[j]$  和  $h^{t-\Delta t}[j]$  表示两相邻帧图像第  $j$  个宏块累加值的结构体, 指第  $j$  块 RGB 对应分量之和 由于  $L_j$  序列是含噪的, 本文通过排序按百分比取其显著部分, 用作进一步判断

### 2.2 去除噪声与降维计算

去噪与降维计算的基本思路是将  $m^t$  按大环境条件与灵敏度外部所设定的阈值  $T_1$  (高、中、低) 比较, 若大于阈值, 则根据  $m^t$  的大小, 将差分幅值在前  $x\%$  的所有宏块特征点投影到子空间; 然后进一步加入对宏块的邻域特征点的距离判断来跟踪运动, 消除快速变化的随机强噪声干扰 由于筛选运动特征点是通过差分幅值的相对百分比自适应产生的, 仅取决于其变化的显著性和相对分布位置, 故鲁棒性很强 实施投影子采样策略大大降低了帧的计算成本, 保证了监控的实时性

当  $m^t$  大于灵敏度阈值  $T_1$  时, 可能是目标区域, 也可能是干扰孤点区域 干扰孤点区域的存在妨碍了对运动目标区域的正确识别, 必须将其在最后判别前剔除 通过阈值  $T_1$  筛选出宏块特征点, 以切除低水平噪声, 由排序取前  $x\%$  作为运动目标的有效候选点集  $P$ . 根据实验,  $P$  取原点集中幅值在前 30% ~ 70% 的点为宜, 具体取值可根据  $m^t$  大小通过模糊规则调节选取  $m^t$  高则自动向小取,  $m^t$  低则向大取, 以最大限度地抑制噪声, 减少有效信号的丢失, 保证信噪比的稳定

进一步的分类约束策略如下: 1) 加入宏块特征点的相对位置约束, 搜索判断其 4 邻域上宏块特征点是否存在显著幅值, 若不存在, 则判断其为孤点而剔除; 2) 加入最小目标尺寸约束, 剔除连通域特征点数小于  $n$  的所有宏块特征点; 3) 加入宏块特征点的分布距离约束, 如: 目标区总边长大于 150, 且其

中连通域特征点数小于 15 时判定为噪声而剔除,以便消除无跟踪对象时出现的对噪声的跟踪

### 2.3 有效宏块特征值的分布状态

上述方法分离出的有效宏块特征差分值的分布即表示了运动区域 而确定分离参数的主要依据是对宏块特征值分布强弱关系的排序观察,这种观察对于研究具有现实直观的指导意义,如高、中、低灵敏度阈值  $T_1$  的确定 如图 1 所示,为显示所获得的有效块特征点幅值排序,利用红、绿、蓝、黄、橙、白、黑、紫、青、灰颜色的 10 类点,由强到弱按百分比表示



图 1 连续 2 帧特征值分布的分类分析

### 2.4 闯入目标的实时检测

以大于阈值  $T_1$  的宏块特征差分值之和作为指标来评价“闯入”事件的出现是一种基于经验导向的简单作法 若大于设定阈值,则触发报警通道,实时记录和跟踪运动目标,否则不保存任何数据 这种由兴趣集特征累加值而产生的触发方式容易随环境的快速变化而产生误报,故在触发实时跟踪后再判定所发生的是否为“闯入”事件将更加合理 仅限触发保存“闯入”目标的图像利于调出事件档案

### 3 实时视觉监控系统的结构

图 2 为本文用于智能监控的触发控制数据流程图 摄像头采用 Samsung AnyCam MPC-C10 型 USB 接口的彩色 CCD (35 万像素),输出分辨率 640 × 480 像素(15 帧/s)或 352 × 280 像素(30 帧/s),计算机为 P4 1.5 Gb, 256Mb 内存 软件主要由视频捕获模块(见图 3)、中间处理模块和报警存储模块组成

用 Video for Windows 库函数(vfw.h, vfw32.lib)实现视频、音频数据流到文件的存储,在 VC++ 中将其派成为 AVICap 窗口类 该 AVICap 类提供了访问视频采集硬件和基于消息的简便界面,能控制视频流到磁盘的存储,是完成由视频捕获硬件获取数据,按需要格式进行存储、转换的重要手段 AVICap 类的 4 种常用结构为 Capstatus, Capdrivercaps, Captureparams 和 Videohdr,前 3 者

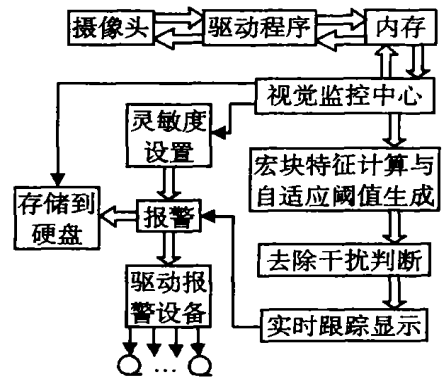


图 2 智能监控采用的触发控制数据流程图

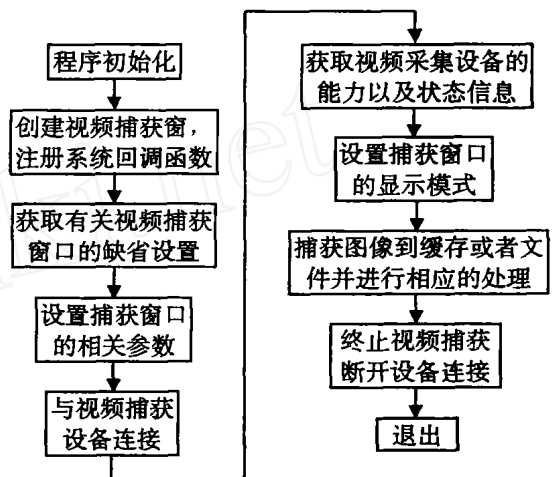


图 3 视频捕获模块流程

有相应的函数来设置和获得结构包含信息<sup>[8]</sup>

因环境变化和监控距离改变,单一灵敏度的设置通常无法满足 为此,本文定义了一个与报警阈值相关的全局变量供选择(高、中、低阈值  $T_1$ ).为了节约硬盘的存储空间并方便浏览,仅触发与存储报警相关、显著变化的图像帧 除实时存盘保留事件信息外,还可考虑触发声光、短信、电话、电子邮件等报警方式

### 4 实例分析

对安全防范中闯入类的许多跟踪监视实用场合,重点是在快速变化环境下实时锁定目标和触发报警 图 4 为在日光灯频闪光源、部分运动阴影和局部小扰动变化环境下的一组实时监控跟踪实验,从左到右、自上而下依次对应记录下的第 117, 119, 122, 125, 127, 129, 130 和 133 帧 取宏块像素大小  $R \times T = 5 \times 5$ ,在分辨率 320 × 240 像素下,跟踪实时性指标约 25 帧/s 左右 框内为自动识别出的运动目标跟踪区域,框中特征点表示帧中出现在阈值  $T_1$  以上自适应获取的前  $x\%$  特征点的分布 外部设定高、

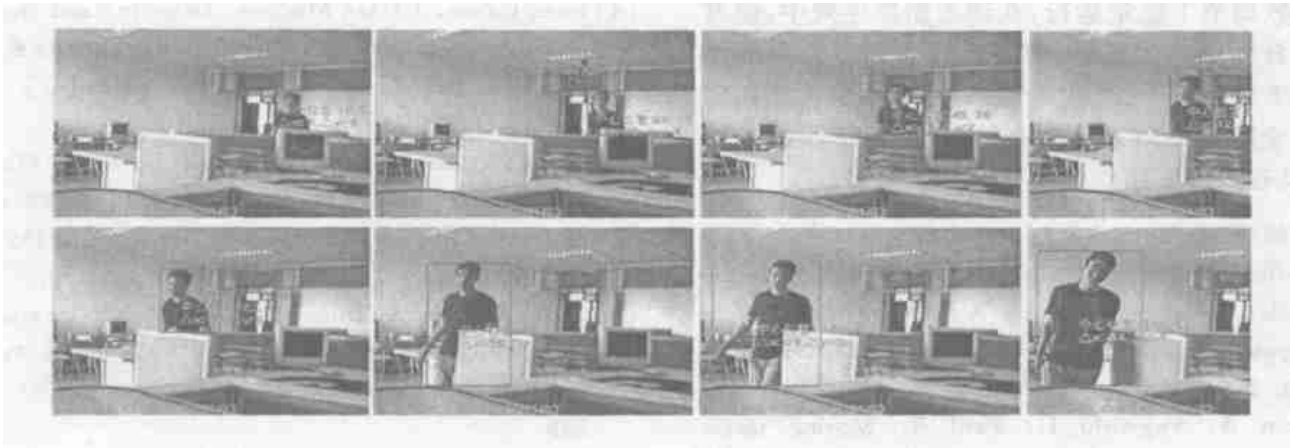


图 4 在日光灯频闪光源、部分阴影和小扰动环境下的一组实时监控跟踪结果

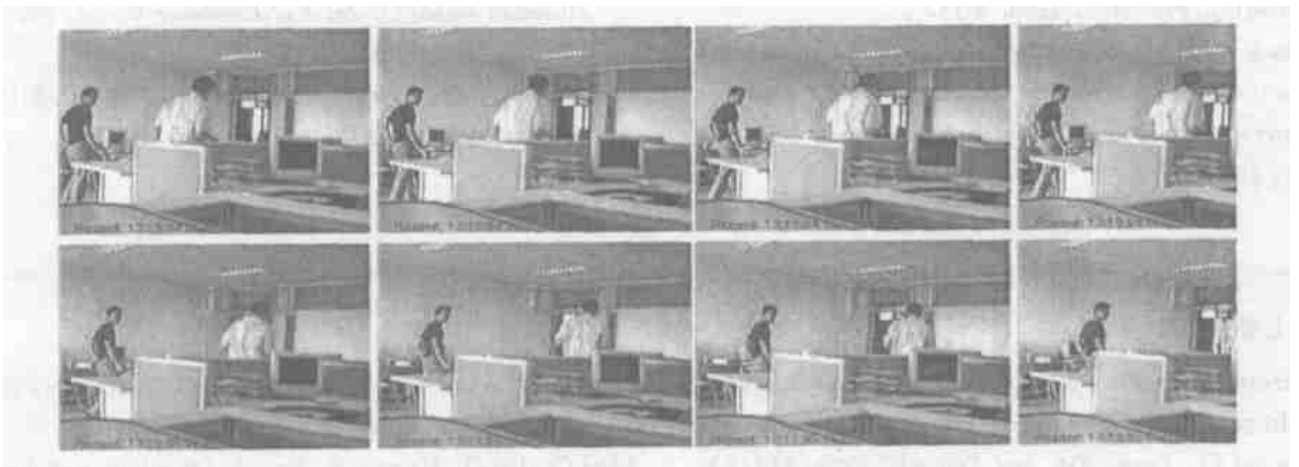


图 5 一组实时的多运动目标初步识别跟踪结果

中、低 3 种阈值  $T_1$  是为了适应白天与夜晚、室内与室外环境特性的变化。自适应调节主要体现在以宏块特征值的相对百分比来自动确定运动点集。如果帧流中的总体噪声强,则检测取点自适应地随之减少;否则取点比例自适应地随之增加,以保证目标跟踪随环境变化始终保持高的信噪比响应特征。另外,距离约束对去除噪声也起了关键作用。实验结果显示,本文算法能比较准确地找出并跟踪锁定运动目标(包括人在 20 ~ 30 m 距离上的缓慢移动),有效消除了日光灯频闪光源、部分运动阴影以及局部小扰动带来的区域干扰。

本文方法能实时获取多运动目标的分布图(见图 5,从左到右、自上而下依次对应记录下的第 45 ~ 52 帧),将所有宏块特征点进行垂直投影,可方便地计算出各运动目标点的分布均值  $\mu_i$ (移动中心线)及其分布宽度  $\sigma_i$ 。分段搜索各  $\sigma_i$  宽度内的最大最小值点,便能跟踪标识出多运动目标。如果在上述充分去除噪声的前提下,继续将有效特征点向低分辨率图像降维投影,再结合距离约束便能确切地标识出

任意方向的多运动目标跟踪区。但本文方法属于时间差分法(帧间差分),易在运动体内形成孔洞,难以对目标作出精细分割,而且对互相遮挡的目标也难以分离。如果结合本方法与减背景法的优点,即用本方法快速获取兴趣区后,再结合减背景法来判别运动体的连通域、颜色分布及其质心速度,便能克服减背景法对初始化参数敏感和难以自适应快速变化环境的问题,实现更一般化的多目标实时监控跟踪。也可以考虑用状态开关形式在本方法与减背景法两者之间,根据环境变化进行自动切换,利用二者优点实现跟踪。

## 5 结 论

本文提出了一种新的基于宏块特征量化的视觉自适应实时监控方法。它采用了考虑宏块特征空域关系和类似于竞争学习分类的消除干扰策略。在宏块特征量化后,将对像素点的操作转变成对块特征点的操作,通过兴趣点提取使得对每帧的计算速度能够成数量级地提高。研究表明,本文方法仅使用高、中、低 3 种外部阈值设置,便可使监控模型在几

乎无参数调节下稳定运行,在动态图象序列中,能有效消除日光灯频闪光线、部分运动阴影以及局部小扰动带来的区域干扰。实验结果显示,本文方法能实现对安全防范中闯入人类的有效监控,目标跟踪快捷稳定,具有工程实用价值。

#### 参考文献(References):

- [1] Stauffer C, Grimson W. Adaptive background mixture models for real-time tracking[A]. *Proc IEEE Conf on Computer Vision and Pattern Recognition*[C]. Colorado, 1999. 246-252
- [2] Lipton A, Fujiyoshi H, Patil R. Moving target classification and tracking from real-time video[A]. *Proc IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*[C]. Princeton, 1998. 8-14
- [3] Bobick A, Davis J. The representation and recognition of action using temporal templates[J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2001, 23(3): 257-267.
- [4] Isaac Cohen, Gérard Medioni. Detecting and tracking moving objects for video surveillance[A]. *IEEE Proc Computer Vision and Pattern Recognition*[C]. Fort Collins, 1999. 2319-2325
- [5] Wren C, Azarbayejani A, Darrell T, et al. Pfister: Real-time tracking of the human body[J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1997, 19(7): 780-785.
- [6] Zhong Y, Jain A, Dubuisson-Jolly M. Object tracking using deformable templates[J]. *IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2000, 22(5): 544-549
- [7] Anurag Mittal, Larry S Davis. M<sub>2</sub> tracker: A multi-view approach to segmenting and tracking people in a cluttered scene[J]. *Int J of Computer Vision*, 2003, 51(3): 189-203
- [8] 彭达,王道智. Visual C++ 6.0 多媒体编程技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2002
- [5] Herrera F, Martínez L. A fusion method for managing multi-granularity linguistic terms sets in decision making[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, 114(1): 43-58
- [6] Herrera F, Herrera-Viedma E. Linguistic decision analysis: Steps for solving decision problems under linguistic information[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, 115(1): 67-82
- [7] Herrera F, Herrera-Viedma E. Choice functions and mechanisms for linguistic preference relations[J]. *European J of Operational Research*, 2000, 120(1): 144-161
- [8] 徐泽水. 基于模糊语言评估及语言OWA算子的多属性群决策法[J]. *系统工程*, 2002, 20(5): 79-82  
(Xu Z S. A method based on fuzzy linguistic assessments and linguistic ordered weighted averaging (LOWA) operator for multi-attribute group decision making problems[J]. *Systems Engineering*, 2002, 20(5): 79-82)
- [9] Herrera F, Martínez L. A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranular hierarchical linguistic contexts in multi-expert decision making[J]. *IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics*, 2001, 31(2): 227-233
- [10] Córdoba O, Herrera F, Zúñiga I. Linguistic modeling by hierarchical systems of linguistic rules[J]. *IEEE Trans on Fuzzy Systems*, 2002, 10(1): 1-19
- [11] 徐泽水. 几类多属性决策方法研究[D]. 南京:东南大学, 2002
- [12] 樊治平,肖四汉. 基于自然语言符号表示的比较矩阵的一致性及其排序方法[J]. *系统工程理论与实践*, 2002, 22(5): 87-91.  
(Fan Z P, Xiao S H. The consistency and ranking method for comparison matrix with linguistic assessment[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2002, 22(5): 87-91.)
- [13] Xu Z S, Da Q L. An overview of operators for aggregating information[J]. *Int J of Intelligent Systems*, 2003, 18(9): 953-969
- [14] 陈畴镛,徐龙光. 供应链管理中的合作伙伴选择模型[J]. *中国管理科学*, 2001, 9(增刊): 57-62  
(Chen C Y, Xu L G. Partner selection model in supply chain management[J]. *China J of Management Science*, 2001, 9(S): 57-62)

(上接第781页)