

基于有限线积分变换的序列图像运动目标检测

宋芳琴

(绍兴职业技术学院 信息工程学院,浙江 绍兴 312000)

摘要: 运动目标检测主要是从序列图像中将变化区域从背景中分割出来,它影响着运动目标能否正确地分类和跟踪。因此,运动目标检测是智能视频监控技术中的关键问题之一。有限线积分变换(finite line integral transform, FLIT)作为近年来一种多尺度几何分析的新方法,能有效提取图像中的线性特征。检测方法是在FLIT的基础上再结合背景差法来实现的。具体而言,先对图像序列中的每帧图像(包括参考帧)作固定模板下的FLIT,再用当前帧的FLIT减去参考帧的FLIT,然后对不同方向提取的运动目标信息进行综合,最后采用数学形态学的相关处理来消除噪声。实验结果表明,使用该方法可以承受整体的或局部的、缓慢的或突变的光线变化,能有效地检测出运动目标。

关键词: 运动目标检测;有限线积分变换;背景差法;灰度图像

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2014)01-0030-05

Moving target detection based on finite line integral transformation in image sequence

SONG Fangqin

(College of Information Engineering, Shaoxing Vocational and Technical College, Shaoxing 312000, China)

Abstract: The aim of moving object detection is to depart variety area from background through the image sequence, which affects whether the moving object is correctly classed and followed or not. Hence, moving object detection is one of the critical issues in intelligent visual surveillance. Finite line integral transform (FLIT), as a new method based on the concepts of multiscale geometric analysis, can deal images with line singularities. Our work on moving object detection is based on FLIT, combining with the difference between background and present frame. Firstly, FLIT with a fixed scale is done for each image. Secondly, we extract the difference between background and present frame. Thirdly, we synthesize the information of different orientations. Finally, we use morphological method to eliminate noise. Experimental results demonstrate that the method can bear the whole or local, quick or slow changes in illuminations to detect the moving object effectively.

收稿日期: 2013-12-17

作者简介: 宋芳琴(1978—),女,浙江省绍兴人,讲师,硕士,主要从事图像处理研究。

Key words: moving object detection; finite line integral transform; background subtraction method; gray image

智能视频监控技术的研究是一个具有挑战性的前沿课题,涉及计算机科学、人工智能、机器视觉、图像工程、模式识别等多个学科^[1]。智能视频监控技术的研究包括对动态场景中的目标定位、目标识别和目标跟踪等,并在此基础上分析和判断目标的行为,获得对图像内容的理解及对客观场景的解释,从而对行动进行指导和规划^[2-3]。

运动目标检测主要是从序列图像中将变化区域从背景中分离出来。在进行运动检测时,常见的一种方法是摄像设备处于静止状态,而且镜头焦距也是固定的,此时,图像中的背景区域固定不动。这种情况下通常使用以下3种方法进行运动检测:光流法^[4]、相邻帧差法^[5]、背景差法^[6]。

光流法可以在不需要背景区域的任何先验知识情况下,就能够实现对运动目标的检测和跟踪,并且可以应用在摄像机运动的情况。但光流法计算量太大,而且对噪声较敏感,对硬件的要求也比较高。

相邻帧差法能适应环境的动态变化,实现实时的运动动态检测,但分割出的运动目标不太完整。如果运动目标的速度过快,可能会检测2个运动目标,如果运动目标的速度很慢甚至在场景中停止,可能就检测不出运动目标。在一个场景中如果有多个运动目标,该方法会很难区分各个运动目标。

背景差法是一种最为简单和有效的方法,此方法通过当前帧减去背景参考帧,然后对所得图像选择合适的阈值二值化后,就得到完整的运动目标,这样,克服了相邻帧差法的缺点。但背景往往会发生变化,使得检测出的运动目标出现偏差。因此,如果背景图像能自适应更新,背景差法的效果会比较好。

本研究选用新近出现的多尺度几何分析方法——有限线积分变换作为研究工具,再结合背景差法对运动目标进行检测。实验结果表明,该方法能有效检测呈现出线性特征的运动目标,且对光照变化具有一定的鲁棒性。

1 有限线积分变换算法

2005年,Yang M Q等提出了有限线积分变换^[7](finite line integral transform, FLIT)。现以 5×5 的模板为例,对FLIT进行介绍,如图1所示。图1中,相同数字的方格属于同一条直线,方格X表示属于任何一条直线。

从图1可以看出:每条直线都通过模板中心的方格;所有的直线都只在模板中心方格处相交;除模板中心方格外,其余的每个方格只属于一条直线;关于模板中心方格对称的方格属于同一条直线。更一般的形式,设模板尺寸为 $p \times p$ (p 为一奇数),按上述方式定义出的直线共 $2(p-1)$ 条。(当 $p \geq 7$ 时,定义直线的方式不唯一。)设模板中心方格的坐标为 (x, y) ,则在点 (x, y) 处的FLIT定义如下^[7]:

$$f_k(x, y) = \text{FLIT}(i, j, k) = \sum_{(i, j) \in L_k} f(i, j) \quad (1)$$

式(1)中: L_k —标记为 k 的那些方格的集合,不同的 k 代表了不同斜率的直线集合, k 的取值范围是 $1 \leq k \leq 2(p-1)$; $f(i, j)$ — (i, j) 点的像素值。

对于一幅尺寸大小为 $m \times n$ 的图像而言,相应的FLIT计算步骤如下^[7]:

1) 确定模板尺寸 $p \times p$, p 为一奇数。

2) 对图像进行延拓操作,上、下、左、右分别加 $(p-1)/2$ 行或列的零值,延拓后的图像尺寸变为 $m' \times n'$,其中 $m' = m + p - 1$, $n' = n + p - 1$ 。像素值记为 $f'(i', j')$,其中 $0 \leq i' \leq m' - 1$, $0 \leq j' \leq n' - 1$ 。

3) 对满足

$$\begin{aligned} (p-1)/2 \leq i' \leq m' - 1 - (p-1)/2 \\ (p-1)/2 \leq j' \leq n' - 1 - (p-1)/2 \end{aligned} \quad (2)$$

的任一像素点 $f'(i', j')$,记以 (i', j') 为中心, $p \times p$ 的区域为 $D(i', j')$,将 $D(i', j')$ 内的图像转换为零均

1	2	3	4	5
8	1	3	5	6
7	7	X	7	7
6	5	3	1	8
5	4	3	2	1

图1 5×5 的模板

Fig. 1 5×5 template

值的图像。

- 4) 计算 (i', j') 点,共 $2(p-1)$ 个方向的 FLIT。
- 5) 对满足式(2)的所有像素点,依次重复步骤 3 和步骤 4。

2 检测方法

对运动目标检测的研究采用“FLIT + 背景差法”,算法步骤如下:

设图像尺寸为 $m \times n$,

- 1) 分别对背景图像和当前图像作 5×5 的 FLIT,记作 $b_{\text{FLIT}}(k, i, j)$ 和 $p_{\text{FLIT}}(k, i, j)$,其中 $0 \leq k \leq 7$, $0 \leq i \leq m-1, 0 \leq j \leq n-1$ 。

- 2) $\forall k \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$,计算背景图像 FLIT 和当前图像 FLIT 差值系数的绝对值

$$d_k(i, j) = |b_{\text{FLIT}}(k, i, j) - p_{\text{FLIT}}(k, i, j)|$$

的均值 m_k 和方差 σ_k (共有 8 组均值和方差),相应的计算表达式为,

$$m_k = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} d_k(i, j) \quad (3)$$

$$\sigma_k^2 = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [d_k(i, j) - m_k]^2 \quad (4)$$

- 3) 对 $d_k, k \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ 分别进行二值化,二值化的规则如下:

$$\begin{cases} 1 & d_k(i, j) > m_k + t\sigma_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中: t —常数,常取 $t = 1$;1 代表运动目标,0 代表背景。

4) 对代表不同方向特征的 8 幅二值图像进行综合,综合的原则是:突出需要的方向特征,抑制不需要的方向特征。例如,由先验知识知道,某序列图像的运动目标主要以垂直方向为主,则在综合不同方向特征的 8 幅二值图像时,图 1 模板中 1~5 的方向特征则需突出(特征权重大),6~8 的方向特征则需抑制(特征权重小)。

5) 采用数学形态学中的开操作来解决孤立噪声(光噪变化引起)的问题。开操作是先腐蚀后膨胀的过程,相关的定义如下^[8]:

A 用 B 来腐蚀、膨胀,分别记做 $A \ominus B, A \oplus B$

$$A \ominus B = \{x \mid (B)_x \subseteq A\} \quad (6)$$

$$A \oplus B = \{x \mid (\hat{B})_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (7)$$

式(7)中: $\hat{B} = \{w \mid w = -b, b \in B\}$ 。

3 实验结果与分析

实验数据来自文献[9],实验环境为 PC+Microsoft Visual C++ 6.0。图 2 为背景图像和一帧序列图像。图 3 为对背景图像和检测图像分别作 5×5 的 FLIT,并使用背景差法且二值化后的 8 个方向的图像。图 4 为综合 8 幅图像并进行形态学操作后的结果。图 5 是为显示检测结果的正确性和合理性,将图 4 中的检测结果映射到原检测图像上的显示。结合图 4 和图 5 可以看出,除了区域 1(由光照变化引起)外,区域 2、3、4、5 都是期望被检测出的结果。区域 2 是背景图像中交谈的 2 个人,其相对位置发生了移动;区域 3 是相对于背景图像新走进的 2 个行人;区域 4 是远处一个行人走过引起图像局部的变化(局部放大图如图 6 所示);区域 5 是一个行人走到柱子后面,露出了其脚后跟(局部放大图如图 7 所示)。区域 1、2、3、4、5 的共同点在于,它们都呈现出一定的线性特征,这正是它们能被 FLIT 检测到的根本原因。图 8 是检测出由于行人的影子使背景(如柱子表面)呈现出线性特征变化的区域。

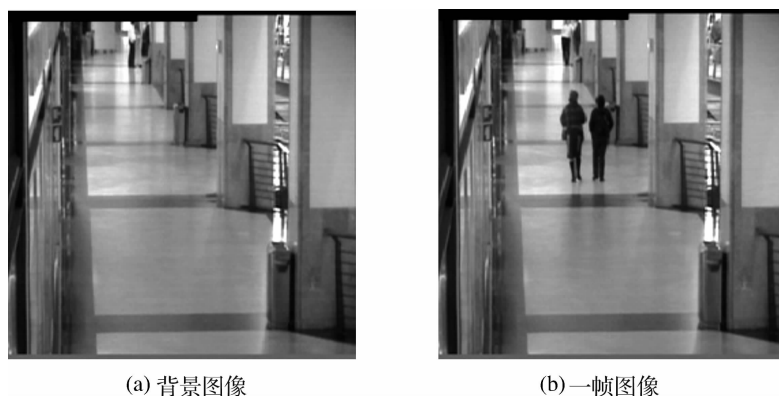


图 2 实验图像

Fig. 2 Experiment images

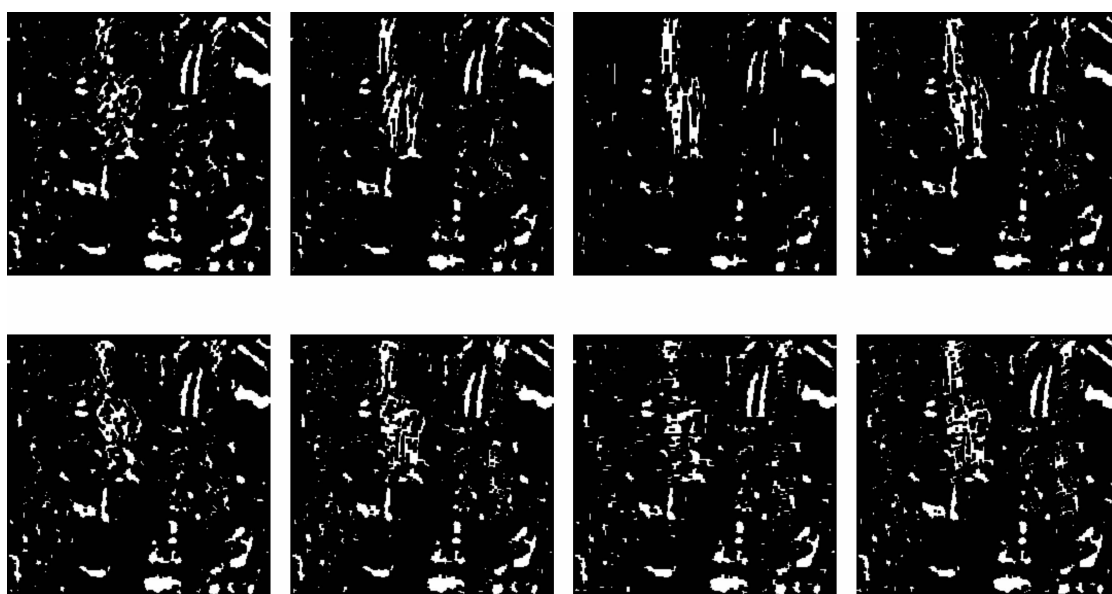


图 3 不同方向上的检测结果

Fig. 3 Detection results of different orientations

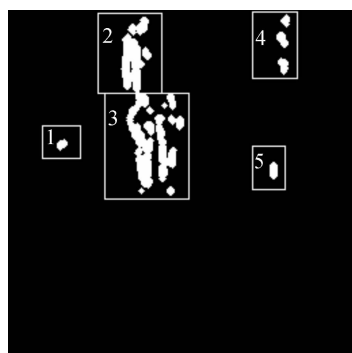


图 4 运动目标检测结果

Fig. 4 Detection result of moving object



图 5 检测结果在检测图像上的映射

Fig. 5 Mapping of detection result in dection image

总的来说,在笔者所做的实验图像序列中,当前检测图像中的地板、柱子表面、墙面等与参考图像中的地板、柱子表面、墙面等相比,都存在或多或少的光照变化,而这些变化都不是实验所关心的。在绝大部分的检测结果中可以看到,上述变化对感兴趣运动目标的检测影响较小。因此,该方法对光照变化具有一定的鲁棒性。

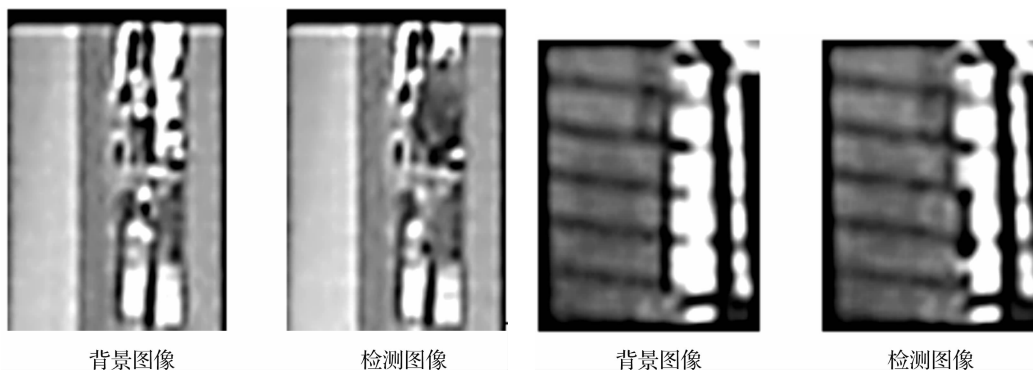


图 6 区域 4 的图像放大图

Fig. 6 Enlarged images of region 4

图 7 区域 5 的图像放大图

Fig. 7 Enlarged images of region 5

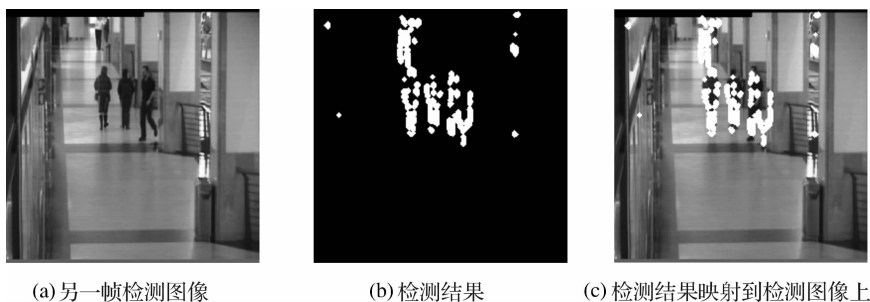


图 8 实验结果

Fig. 8 Experiment result

4 结 语

本研究以新近出现的多尺度几何分析方法 FLIT 为基础,结合背景差法来进行运动目标的检测。实验结果表明,该方法对具有线性特征的目标能进行有效的检测,并对光照变化具有一定的鲁棒性。同时,该方法对运动目标的检测还存在少量的漏检测或过检测的情况,因此,呈现出运动目标不完整或者是引入非感兴趣的运动目标。这些是下一步研究需要解决的问题。

参考文献:

- [1] 王素玉,沈兰荪. 智能视觉监控技术研究进展[J]. 中国图象图形学报, 2007, 12(9): 1505-1514.
- [2] 牛少平. 计算机视频监控技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2006.
- [3] 谢少林. 智能监控系统中高压缩比视频处理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [4] Smith S M, Brady J M. ASSET-2: Real-time motion segmentation and shape tracking[C]// Fifth International Conference on Computer Vision, Cambridge, MA: IEEE Computer Society, 1995: 814-820.
- [5] Meier T, Ngan K N. Automatic segmentation of moving objects for video object plane generation[J]. IEEE Transactions on Circuits and systems for Video Technology, 1998, 8(5): 525-538.
- [6] Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking[C]// Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, CO: IEEE Computer Society, 1999: 246-252.
- [7] Yang M Q, Peng Y H, Liu Y X. The algorithm and application of finite line integral transform[C]// Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications, Beijing: IEEE Computer Society, 2005: 411-414.
- [8] Gonzalez C R, Woods R E. Digital Image Processing[M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2005, 519-527.
- [9] Online Computer Computers, Inc. History of OCLC[EB/OL]. [2013-12-17]. <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CAVIAR/>.