

一种基于 SAD 的相关跟踪有效性判断方法

冯俊惠^{1,2,3,4}, 肖阳辉^{1,3}, 王恩德^{1,2,3}, 杨 凯^{1,2,3}

(1 中国科学院 沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2 中国科学院大学, 北京 100049;

3 中国科学院 光电信息处理重点实验室, 辽宁 沈阳 110016; 4 山西农业大学工学院, 山西 晋中 030801)

摘 要: 相关跟踪算法能在低信噪比、特征信息较少等条件下对目标进行准确跟踪, 且操作简单, 计算量小, 但在遮挡发生、干扰出现、目标发生形变等情况下失效. 在绝对差和法 SAD 相关跟踪的基础上, 提出一种相关跟踪有效性判断方法, 根据序列图像 SAD 矩阵最小值所在的邻域矩阵的相关值, 进行有效性判断, 以便对跟踪失效的图像采取进一步跟踪策略, 从而提高了相关跟踪算法的鲁棒性和准确性.

关键词: 相关跟踪; SAD; 有效性判断

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)11-0101-04

A Correlation Tracking Validity Judging Method Based on SAD

FENG Jun-hui^{1,2,3,4}, XIAO Yang-hui^{1,3}, WANG En-de^{1,2,3}, YANG Kai^{1,2,3}

(1 Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3 Key Laboratory

of Opto-Electronic Information Processing, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China

4 Engingeerting College, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, China)

Abstract: Correlation tracking method is accurate when image has low signal-to-noise ratio or target has few feature information, and has simple and little calculation, however it will be invalid under the conditions of occlusion, false target jamming and target deformation. This paper proposes a correlation tracking validity judging method based on sum of absolute difference (SAD), selects the neighborhood region of minimum value in the SAD matrix of sequential images, calculates correlation value to judge tracking validity so as to use further tracking methods to the images tracking wrong, so improves robustness and accuracy of correlation tracking method.

Key words: correlation tracking; SAD; validity judging

1 引言

目标跟踪是计算机视觉中重要的研究方向之一, 在军事指导、安防监控、智能交通、视觉导航等很多领域都有广泛的应用. 相关跟踪是跟踪算法中非常实用的算法之一^[1], 因为它可以在低信噪比条件下正常跟踪, 对图像质量要求不高; 具有较强的局部抗干扰能力, 对目标的局部变化不敏感; 直接对像素灰度特征进行相关运算, 不需要复杂的图像预处理和特征信息的提取. 绝对差和法 SAD (Sum of Absolute Difference) 是相关跟踪算法中的一种, 是通过计算模板图像和目标图像的绝对差和来进行相似

度量, 计算简单, 运算量小. 但是, 在遮挡发生、干扰 (相似目标) 出现、目标发生形变等情况下, 相关跟踪会失效. 因此, 设计一种算法, 判断相关跟踪在何种条件下是有效的, 对于提高相关跟踪准确性和鲁棒性是十分重要的.

2 SAD 相关跟踪算法

相关跟踪也称为灰度匹配算法, 是通过计算模板图像和待搜索图像的相似度来获取目标在图像中的相对位置, 从而实现目标跟踪. 基本原理如图 1 所示, T 是模板图像, 大小为 $m \times n$; I 是待搜索图像, 大小为 $M \times N$. 将模板图像 T 在待搜索图像 I 中进行

遍历, I 被 T 所覆盖的子图记为 $I_{u,v}$, (u,v) 代表子图 $I_{u,v}$ 在 I 中的相对位置. 对 T 和 $I_{u,v}$ 进行相似度量, 得到最为相似的子图 $I_{u,v}$, 就确定了目标位置. SAD 相似度量的计算公式为

$$\text{SAD}(u,v) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I(u+i, v+j) - T(i,j)| \quad (1)$$

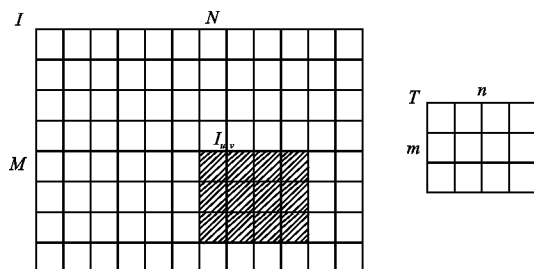


图 1 相关跟踪原理示意图

由式(1)可知, SAD 计算值越小, 则模板图像 T 与对应子图 $I_{u,v}$ 的差异性越小, 两者越为相似. 所以, 在模板图像 T 对待搜索图像 I 遍历的过程中, 需要把每一个 (u,v) 处的 SAD 计算值存储下来, 得到一个 SAD 矩阵. 遍历的过程如图 2 所示, 根据遍历的过程可以知道, SAD 矩阵的大小为 $(M-m+1) \times (N-n+1)$.

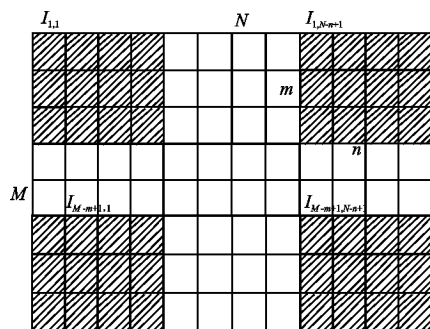


图 2 SAD 遍历过程示意图

3 相关跟踪有效性判断方法

正常情况下, 根据 SAD 匹配到的最相关的子图即目标图像, 则目标位置确定, 但是在遮挡发生、干扰出现、目标发生形变等情况下, SAD 矩阵最小值

对应的位置很可能并不是目标位置, 而目标位置所对应的 SAD 值也并非整个 SAD 矩阵的最小值, 此时, 相关跟踪是失效的. 目前有很多算法对遮挡、干扰、目标形变等进行判断检测, 如: 利用相关置信度^[2]、边缘方向直方图^[3]来判断遮挡的发生, 利用线性最小二乘估计法来判断干扰^[4], 利用仿射变换参数来判断目标形变^[5]等, 但这些算法通常都是针对某一个特定问题设计的. 所以需要设计一种有效性判断方法, 判断相关跟踪在何种条件下是有效的, 以便针对相关跟踪失效的原因采取进一步策略, 最后实现目标的准确跟踪.

SAD 矩阵中的每一个值都代表在待搜索图像中与模板图像等大的子图与模板图像的差异程度, 如果相关跟踪有效, SAD 最小值对应的子图即目标图像, 而在 SAD 矩阵中最小值附近的其他值表示包含一部分目标图像和一部分背景图像的子图与模板图像的相似程度. 对于同一组视频帧图像序列而言, 如果目标附近的背景图像灰度变化较小, 且我们取的子图包含的背景图像所占比例较小, 则该 SAD 值变化较小, 即: 在同一组视频图像序列中, SAD 矩阵最小值点所在的邻域矩阵具有一定的相似性. 但是, 在遮挡发生、干扰出现、目标发生形变等情况下, SAD 矩阵最小值附近的其他 SAD 值与其他帧图像得到的 SAD 值并没有很好的相关性. 所以, 提出一种基于 SAD 的相关跟踪有效性判断方法, 具体步骤如下:

(1) 在 SAD 矩阵中找到最小值, 并获取最小值所在位置 $(\min_x, \min_y)$;

(2) 在 SAD 矩阵中, 以 $(\min_x, \min_y)$ 为中心, 取一定大小的矩阵 $\min_region_i$, 其中 i 表示第 i 帧图像;

(3) 由于模板图像是从第 1 帧图像中直接获取的, 这里我们同样以第 1 帧图像对应的 $\min_region_1$ 为依据, 将其与其他帧图像对应的 $\min_region_i$ 进行相关性度量, 采用归一化互相关的方法进行计算, 计算公式为

$$\text{NCC}_i = \frac{\sum_{x=1}^{M-m+1} \sum_{y=1}^{N-n+1} \min_region_1(x,y) \cdot \min_region_i(x,y)}{\sqrt{\sum_{x=1}^{M-m+1} \sum_{y=1}^{N-n+1} \min_region_1^2(x,y)}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\sum_{x=1}^{M-m+1} \sum_{y=1}^{N-n+1} \min_region_i^2(x,y)}};$$

(4) 设置相关性阈值 T_NCC , 分别与第 i 帧图像对应的 NCC_i 进行比较, 若 $\text{NCC}_i \geq T_NCC$, 则相关跟踪有效, 否则相关跟踪失效.

在该算法步骤(2)中, 矩阵 $\min_region_i$ 大小的确定很重要, 因为 $\min_region_i$ 中每个值表示包含一部分目标图像和一部分背景图像的子图与模板图像

的相似程度,所以, $\min_region_i$ 的大小决定了子图中背景图像所占的比例,要求背景图像所占比例比较小,但同时 $\min_region_i$ 的大小不能太小,否则在干扰出现或目标发生形变等情况下,相关性可能变化不大,因此无法很好判断有效性.如图3所示,黑实线矩形表示目标图像,四种颜色对应的矩形分别表示包含一部分目标图像和一部分背景图像的子图,子图的中心点分别在四个黑色点处,在四个子图中,目标图像所占的比例均为 75%,背景图像所占的比例均为 25%,是比较合理的.所以, $\min_region_i$ 所取的是 SAD 矩阵中的 $[\min_x - \frac{sx}{4}; \min_x + \frac{sx}{4}, \min_y - \frac{sy}{4}; \min_y + \frac{sy}{4}]$, 其中, $sy = M - m + 1, sx = N - n + 1$, 这样能够保证 $\min_region_i$ 中每个 SAD 对应的子图中背景图像所占比例都不超过 25%.

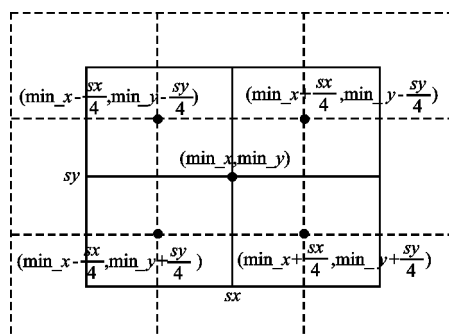


图3 矩阵 $\min_region_i$ 的选取

在该算法步骤(4)中,相关性阈值 T_NCC 的设置可以归一化互相关自身性质为依据,与具体的视频图像序列有关.

4 仿真实验

对实际视频进行相关跟踪,并验证基于 SAD 的相关跟踪有效性判断是否准确.为了定量描述判断的准确性,需要统计出失效的视频帧数.相关跟踪失效但没有被检测出来的视频帧数,即漏检帧数;相关跟踪有效但被误检为失效的视频帧数,即误检帧数,以及准确率.

4.1 目标被遮挡

该视频共 200 帧,目标是路上向左行驶的一辆车,期间另一辆从左向右行驶,两车相会,从而对目标产生遮挡.图 4(e)所示为模板图像,该目标车头部分灰度值偏大,其他部分灰度值较小;图 4(a)所示为第 1 帧图像,根据 SAD 相关跟踪算法匹配到的结果用白色框标定,跟踪准确;图 4(b)所示为第 87

帧图像,此时,另一辆车从左向右驶出,由于车头方向不同,并不影响目标跟踪,跟踪准确;图 4(c)所示为第 162 帧图像,此时,目标车辆的车身已被另一辆车的车头遮挡, SAD 相关跟踪匹配失效;图 4(d)所示为第 170 帧图像,此时,目标车辆已完全被遮挡, SAD 相关跟踪匹配失效;图 4(f)所示利用本文算法统计到的 NCC_i 分布曲线,其中,阈值设定为 0.8,判断结果统计在表 1 中.

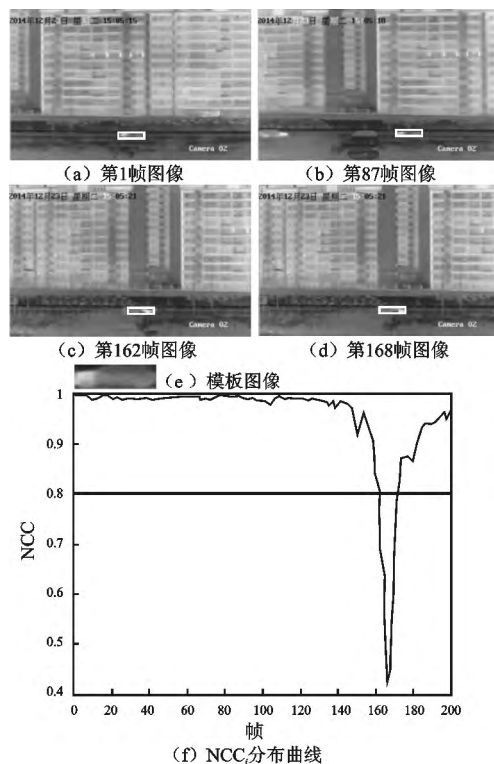


图4 目标被遮挡实验组图

表1 遮挡发生时相关跟踪有效性判断结果统计

视频帧数	本文算法检测到的失效帧数	实际失效帧数	漏检帧数	误检帧数	准确率
200	10(第 162~171 帧)	10	0	0	100%

4.2 干扰出现

该视频共 500 帧,目标是停在路中间的一辆车,期间 3 次被超车.图 5(e)所示为模板图像,该目标车头部分灰度值偏大,其他部分灰度值较小;图 5(a)所示为第 1 帧图像,根据 SAD 相关跟踪算法匹配到的结果用白色框标定,此时,该目标右侧也有一辆车,但该车车头和车身部分灰度值都较大,所以并没有对目标跟踪产生影响,跟踪准确;图 5(b)、图 5(c)、图 5(d)分别表示第 34、311、396 帧图像,是目标 3 次被超车时由于受干扰物影响导致相关跟踪失效;图 5(f)所示利用本文算法统计到的 NCC_i 分布曲线,其中,阈值

设定为 0.8,判断结果统计在表 2 中.

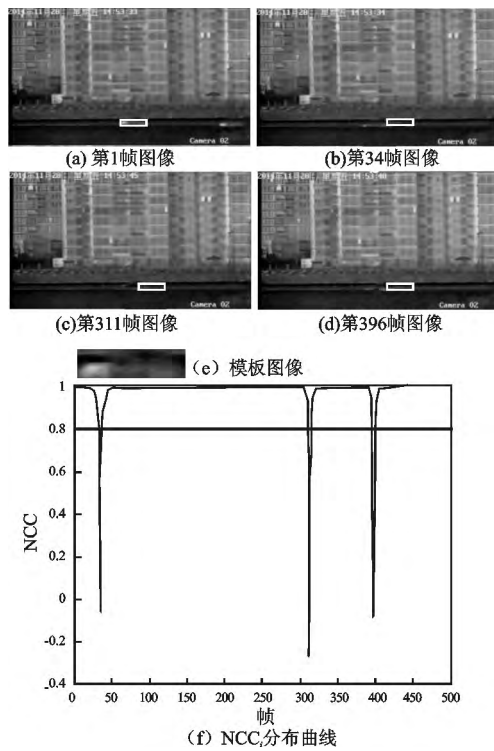


图 5 干扰出现实验组图

表 2 干扰出现时相关跟踪有效性判断结果统计

视频帧数	本文算法检测到的失效帧数	实际失效帧数	漏检帧数	误检帧数	准确率
500	11(第 34~36 帧, 第 311~314 帧, 第 396~399 帧)	11	0	0	100%

4.3 目标发生形变及烟雾遮挡

该视频共 358 帧,目标是沙漠中的靶标,由于摄像机的抖动,导致目标存在旋转及尺寸变化等形变,最后还有烟雾遮挡.图 6(e)所示为模板图像;图 6(a)所示为第 1 帧图像,根据 SAD 相关跟踪算法匹配到的结果用白色框标定,跟踪正确;图 6(b)表示第 229 帧图像,此时,目标尺寸变大,白色框是从实际目标的右上角选取的,但目标尺寸的变化导致计算得到 NCC_i 小于阈值 T_NCC ,即判断跟踪失效;图 6(c)表示第 252 帧图像,此时,目标发生旋转,根据 SAD 相关跟踪算法匹配到的结果恰好也在实际目标上,但目标的旋转导致计算得到 NCC_i 小于阈值 T_NCC ,即判断跟踪失效;图 6(d)表示第 354 帧,因为图像中出现浓烟,对整个靶标产生遮挡,所以此时跟踪是失效的;图 6(f)表示利用本文算法统计到的 NCC_i 分布曲线,其中,阈值设定为 0.85,判断结果统计在表 3 中.

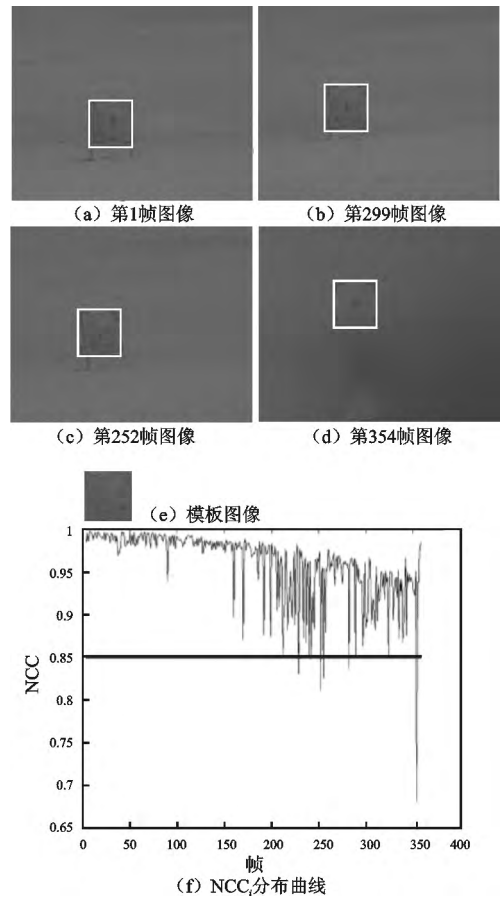


图 6 目标形变及烟雾遮挡实验组图

在表 3 中,漏检帧数为 2,其中第 252~255 帧发生了目标旋转,但本文算法并没有判断出来,由于该段视频背景图像与目标图像的灰度值比较相似,且背景图像比较单一,导致判断有误,同时,对于未被检测出的两帧图像,采用 SAD 相关跟踪算法得到的目标位置是正确的,这也是由相关跟踪算法具有局部抗干扰能力决定的.

表 3 目标形变及烟雾遮挡时相关跟踪有效性判断结果统计

视频帧数	本文算法检测到的失效帧数	实际失效帧数	漏检帧数	误检帧数	准确率
358	7(第 229、240、242、252、255、282、354 帧)	9	2	0	99.4%

5 结束语

针对相关跟踪算法在遮挡发生、干扰出现、目标发生形变等情况下会失效这一问题,本文提出一种基于 SAD 的相关跟踪有效性判断方法,通过实验证明,该方法能够很好地判断相关跟踪是否有效,有利于对跟踪失效的图像进行后续处理.

(下转第 110 页)

未来 Block 2DPCA+2DLDA 可以从以下几方面继续探讨:(1)既然它已经用于单训练样本人脸识别问题,也可以考虑将其应用于其他的如掌纹、指纹等单样本甚至小样本生物特征识别问题;(2)给研究者们提供了全新的“二次识别”的思路,考虑到 2DPCA 和 2DLDA 都属于线性投影的方法,可能会出现“过学习”,未来可考虑应用不是线性投影的其他系列的算法进行二次识别,这样可能达到更好的识别效果。

参考文献:

- [1] Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition[J]. Journal of Cognitive Neuroscience, 1991, 3(1):71-86.
- [2] 吴延海,梁文莉. 基于 Gabor 小波变换的 ICA 人脸识别算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(7): 141-144.
- [3] 杨颖娴. 基于 PCA 算法和小波包变换的人脸识别技术[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(1):92-94.
- [4] Li Ming, Yuan Baozong. 2D-LDA: A statistical linear discriminant analysis for image matrix[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(5):527-532.
- [5] Wu Jianxin, Zhou Zhihua. Face recognition with one training image per person[J]. Pattern Recognition Letters, 2002, 23(14):1711-1719.
- [6] Chen Songcan, Zhang Daoqiang, Zhou Zhihua. Enhanced (PC)2A for face recognition with one training image per person[J]. Pattern Recognition Letters, 2004, 25(10): 1173-1181.
- [7] Zhang Daoqiang, Chen Songcan, Zhou Zhihua. A new face recognition method based on SVD perturbation for single example image per person[J]. Applied Mathematics and Computation, 2005, 163(2):895 - 907.
- [8] Gao Quanyue, Zhang Lei, David Zhang. Face recognition using FLDA with single training image per person [J]. Applied Mathematics and Computation, 2008, 205(12):726-734.
- [9] Yang Jian, David Zhang, Frangi A F, et al. Two-dimensional PCA: a new approach to appearance-based face representation and recognition[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(1): 131-137.
- [10] The ORL Face Database[EB/OL]. [2014-04-20]. <http://www.uk.research.att.com/facedatabase.html>.

作者简介:

覃磊 男, (1979-), 博士研究生, 讲师. 研究方向为模式识别与智能计算. E-mail: 53039943@qq.com

李德华 男, (1946-), 教授, 博士生导师. 研究方向为模式识别与人工智能.

周康 男, (1965-), 博士, 教授. 研究方向为模式识别.

(上接第 104 页)

参考文献:

- [1] 范彬, 杨华. 动态变形伪装对相关跟踪的干扰效果研究[J]. 航天电子对抗, 2006, 22(4):49-51.
- [2] 周桢. 复杂场景中目标抗遮挡跟踪方法研究. 航空兵器[J], 2007, 12(6):36-39.
- [3] 刘士荣, 朱伟涛, 杨帆, 等. 基于多特征融合的粒子滤波目标跟踪算法[J]. 信息与控制, 2012, 41(6): 752-759.
- [4] 陈善静, 杨华, 曾凯, 等. 基于线性最小二乘估计与中心距离加权的相关跟踪算法研究[J]. 电光与控制, 2011, 18(2):77-80.
- [5] 杨晓峰, 张桂林. 一种基于仿射变换模型的目标跟踪算法[J]. 计算机与数字工程, 2005, 33(12):30-34.

作者简介:

冯俊惠 女, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理、目标跟踪. E-mail: junhui_feng@163.com

肖阳辉 男, (1968-), 研究员, 硕士生导师. 研究方向为光电成像、图像处理、目标识别等.

王恩德 男, (1980-), 博士研究生. 研究方向为模式识别、图像处理.

杨凯 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为图像处理、计算机视觉.