

文章编号:1007-2780(2010)06-0890-06

复杂背景下抗遮挡的运动目标跟踪算法

刘 扬^{1,2}, 张云峰¹, 董月芳^{1,2}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: yangliu. ciom@yahoo. com. cn;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘 要: 通过对各种跟踪算法的研究, 提出了一种适应性较好的目标运动预测与多模板匹配相结合的相关跟踪算法, 并给出了模板匹配相关算法中的判断准则、模板更新准则和目标被遮挡判断。实验证明, 该方法能够在复杂背景条件下运动目标发生遮挡时进行稳定跟踪。

关 键 词: 模板匹配; 相关跟踪; 遮挡

中图分类号: TP391. 41 **文献标识码:** A

Anti-Occlusion Algorithm of Tracking Moving Object in Clutter Background

LIU Yang^{1,2}, ZHANG Yun-feng¹, DONG Yue-fang^{1,2}

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China, E-mail: yangliu. ciom@yahoo. com. cn;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: After various arithmetics of tracking are researched, a better adaptability multi-template tracking arithmetic based on template self-correlation is presented in this paper, and a new distilling template algorithm of replacing temple guide line, object occlusion judgment guide line and etc are provided. Experiment results show that this tracking arithmetic can track the object stably even if the moving object has occlusion in clutter background.

Key words: temple matching; correlation tracking; occlusion

1 引 言

目标跟踪是图像处理领域的难点和热点。复杂背景下的目标跟踪由于很难提取出目标进行跟踪, 因此在复杂背景下很难达到性能稳定的目标提取效果, 一般采用基于模板的相关匹配跟踪技术。对于近距离面目标或尺寸很大的面目标, 目标图像占据视场的大部分或充满视场, 图像相关匹配的数据和计算量很大。图像相关匹配的计算实时性在一定程度上决定了该技术的实用性。

在复杂背景条件下, 运动目标存在不同程度

的遮挡, 此时不能根据图像特征来分辨目标和遮挡物, 一般情况下采用基于模板的相关跟踪算法。但是常用的单模板跟踪算法存在着几个不确定性: 匹配点与极值点的不确定性、相关峰宽度的不确定性、图像变化造成的不确定性和判定准则的不确定性。为了有效改善单模板匹配存在的固有问题, 许多研究者提出过各种改进方法。文献[1]、[2]提出了采用动态模板和遮挡检测的方法来解决目标发生遮挡时的跟踪问题, 但实验发现, 更新后的模板与真正目标差异很大, 跟踪稳定性较差。

为了提高复杂背景下目标跟踪的稳定性,本文提出了一种目标运动预测与多模板匹配相结合的抗遮挡跟踪算法,实验证明,该算法能够在复杂背景下运动目标发生遮挡时对目标进行稳定的跟踪。

2 抗遮挡跟踪算法

2.1 多模板匹配

在复杂背景下采用单模板相关跟踪算法会带来很多不确定性以及引起跟踪点的漂移。当目标发生遮挡时,单纯地运用单模板进行相关匹配很难将遮挡物与目标区分开,同时极容易将遮挡物引入目标模板,从而导致模板失真以及最终的跟踪失败^[3]。针对这一问题,许多学者将托马斯等人提出的多子区的相关算法引入跟踪过程,并加以改进提出了多模板跟踪算法。

文献[4]将目标模板划分为 4 个子模板,如图 1(a)所示。其中子模板 1 到子模板 4 组成了目标模板,这样选取子模板是因为当目标发生遮挡时,遮挡物是从某一方向进入目标模板而不会从 4 个方向同时进入,因此当某一或两个子模板发生遮挡匹配度下降时,其他未发生遮挡的子模板仍然具有很好的匹配精度可以用来进行跟踪点的计算。但是经过实验发现,这种分配子模板和其他将目标模板进行分块的多模板匹配方法存在的问题:当子模板发生遮挡进而匹配度下降时,无法判断目标受遮挡的程度,所以不能够很好地区分目标发生部分遮挡或全部遮挡。

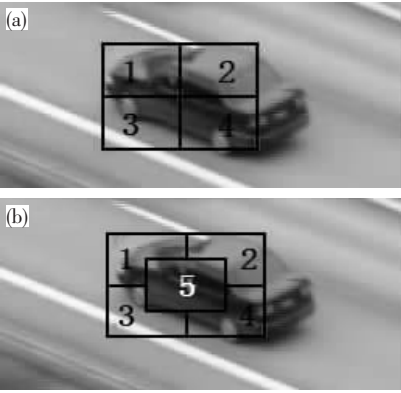


图 1 模板分配图
Fig. 1 Temple divided

我们通过大量实验发现,当目标中心处发生遮挡时目标已经基本被遮挡物所覆盖,此时可认

为已经发生了全部遮挡。故本文在文献[4]的基础上增加了与其他 4 个子模板相互重叠的中心子模板 5,如图 1(b)中所示。中心子模板 5 的作用就是用来判断目标是否发生了全部遮挡。当其他子模板中的一个或几个匹配度下降而子模板 5 仍然具有很好的匹配度时,可认为目标发生的是部分遮挡;当子模板 5 与其他子模板的匹配度同时下降时,则认为目标发生了全部遮挡。本文提出的这种多模板分配方法能够在复杂背景条件下判断目标受遮挡的程度,这就给后续的模板更新和跟踪点计算奠定了基础。

2.2 目标运动预测^[5]

由于运动的目标具有运动连续性,帧间的目标运动和相邻帧间的场景变化都很小,因此运用前一帧的目标信息来计算目标的运动速度和方向,就可以对下一帧中目标位置做运动估计。当通过中心子模板匹配判定目标发生全部遮挡时,利用计算得到的运动速度和方向对目标位置进行预测,在得到位置的邻域内进行搜索和匹配,直到目标重新出现。这样就可以提高当目标被全部遮挡时的跟踪稳定性。

2.2.1 运动方向的预测

取模板图像中心,利用该点处的坐标值计算出运动方向:

$$\tan\theta_i = \frac{y_i - y_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \quad (1)$$

其中 (x_{i-1}, y_{i-1}) 、 (x_i, y_i) 分别是前一帧和当前帧模板图像中心的位置, θ_i 是该时刻的目标运动方向的估计。

2.2.2 运动速度的预测

利用运动方向估计的结果就可以计算出目标在帧间的运动速度,单位是像素/帧。为此,可以做简单的运动估计。假设目标的运动速度接近匀速,以上一帧目标的中心位置加上速度的估计值作为当前帧中匹配位置的估计值。当运动估计值误差较小时,匹配的效果很好。设匹配位置的估计值为 M_{i+1} ,则:

$$M_{i+1}(x, y) = (x_i + v_i \cos\theta_i, y_i + v_i \sin\theta_i) \quad (2)$$

其中 (x_i, y_i) 是当前帧模板图像中心的坐标, θ_i 为目标运动方向的估计, v_i 为上一帧目标运动的平均速度。根据上述的目标运动方向和速度的预测,计算目标移动的区域,预测下一帧匹配的局部搜索区域。

2.3 互相关相似性测度^[6]

2.3.1 经典互相关相似性测度

假设有模板 T 和搜索区 S , $S^{i,j}$ 表示模板覆盖

下的那块搜索图,其中 i, j 表示位置, M, N 分别表示模板的宽和高。则经典互相关相似性测度归一化函数为:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n) \cdot T(m, n)]}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2}} \quad (3)$$

但是通过实验发现,经典互相关归一化函数在复杂背景条件下进行模板匹配的过程中,当目标发生形变及遮挡时衰减不明显,这样就不能给后续的模板更新以及遮挡检测提供判定的标准。

2.3.2 改进的互相关相似性测度

为了解决经典互相关归一化函数在目标发生形变及遮挡时衰减不明显的缺点,本文应用了改进后的互相关归一化函数:

$$R(i, j) = \frac{M \cdot N \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n) \cdot T(m, n)] - \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) - \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T(m, n)}{\sqrt{\left\{ M \cdot N \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S^{ij}(m, n)]^2 - \left[\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S^{ij}(m, n) \right]^2 \right\} \left\{ M \cdot N \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m, n)]^2 - \left[\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N T(m, n) \right]^2 \right\}} \quad (4)$$

实验结果证明,改进后的互相关归一化函数在目标与模板匹配度很高时,数值接近于 1;而当目标发生变形或者遮挡时,函数值能够迅速衰减。

2.4 模板匹配准则

(1)当目标与目标模板的匹配度高于匹配门限(本实验为 0.85)时,认为目标与模板的匹配度较好,目标没有发生遮挡,此时可对跟踪点进行计算而不必进行 5 个子模板的匹配。

(2)当目标与目标模板的匹配度低于匹配门限,但中心子模板的匹配度高于匹配门限时,可认为目标发生了部分遮挡,此时通过目标模板的匹配不能有效地检测出遮挡物进入的方向并减小遮挡物对模板匹配的影响,因此要利用 5 个子模板来进行匹配。对于其中每个子模板来说,利用改进后的互相关归一化函数计算该模板在搜索区内与目标对应部分的匹配度,可得到匹配度最高的位置 $P_i(x, y)$,然后通过 5 个子模板与实时图像搜索区的计算,根据计算出的归一化值得出各个模板的相关峰值位置集合 P :

$$P = \{P_i, P_i = (x_i, y_i)\} (i = 1, 2, 3, 4, 5)$$

对于 5 个子模板中的每个子模板都可以求得与其他 4 个子模板之间的两点距离,最后得到 5

个子模板的距离集合:

$$\{d(R_i, R_j) | i, j \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}, i \neq j\}$$

模板关系图表示各个子模板之间的几何信息,子模板的位置相邻程度可以用各子模板之间的距离来表示。定义所有子模板的距离的最小者为 $d_{\min}$,根据距离可计算各子模板之间的加权关系,其中的加权值为:

$$w(R_i, R_j) = \frac{d_{\min}}{d(R_i, R_j)}, i \neq j \quad (5)$$

将 w 值记为 w_{ij} , w 值越大,则失配度越高。根据给定的失配门限值,可以判断某个子模板是否失配。如果失配,则将其剔除后再进行跟踪点计算。

(3)当目标与目标模板及中心子模板的匹配度均低于匹配门限时,则认为目标发生全部遮挡,此时目标信息被遮挡物覆盖,因此只在预测得到的位置的邻域内进行目标搜索,直至目标重新出现。

2.5 跟踪点的计算

跟踪点是模板位置的重要参数,实时跟踪序列图像的模板选择是以跟踪点为基准进行的,跟踪点的误差会带来模板的偏差,因此跟踪点的确定非常重要。

在正常跟踪情况下,目标没有发生遮挡时,可

采用目标模板进行匹配,跟踪点就是搜索区中目标的最佳匹配点。

当目标发生部分遮挡时,采用子模板进行匹配。但是,单纯地根据每个匹配子模板的几何中心来确

定跟踪点的误差比较大,为了克服这种缺陷,本文利用匹配子模板的相关函数值对其坐标进行加权后来确定跟踪点。设子模板高度为 H_i ,宽度为 W_i ,归一化函数值为 R_i ,则跟踪点坐标 (X,Y) 为:

$$(X,Y) = \left(\frac{\sum \left[x_i + (-1)^{i+1} \cdot \frac{W_i}{2} \right] \cdot R_i + x_5 \cdot R_5}{\sum R_i}, \frac{\sum \left[y_i + (-1)^{i+1} \cdot \frac{H_i}{2} \right] \cdot R_i + y_5 \cdot R_5}{\sum R_i} \right) \quad (6)$$

其中 i 为匹配子模板序号。

(3)当目标发生全部遮挡时,跟踪点位置的确定通过对目标运动方向和速度的预测计算得到。

2.6 模板更新策略

随着跟踪过程的进行,把匹配度较好(大于 0.93)的目标匹配区存为备用模板并刷新原备用模板。这样可以在保证匹配度的前提下,使得备用模板与当前目标形状尽可能地相似。设置一个模板更新门限(本实验为 0.9),则:

(1)在正常跟踪情况下,即匹配度高于匹配门限低于更新门限时,将备用模板更新为目标模板;

(2)当物体发生遮挡,即匹配度低于匹配门限时,为了避免将遮挡物信息引入目标模板,此时应停止模板更新以及刷新备用模板。

2.7 算法流程

本文算法的流程如图 2 所示。

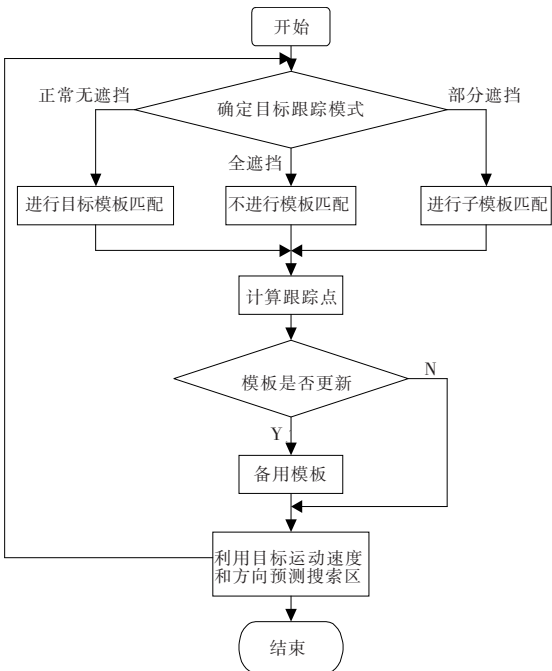


图 2 算法流程图

Fig. 2 Flowchart of algorithm

3 实验结果

3.1 相关性检测度对比实验

以下是应用两种互相关归一化函数在应用在不同情况下的实验结果。其中表 1 是对图 3 中 4 组相关性实验结果的总结与对比。

应用本文提出的抗遮挡跟踪算法对两组不同场景下的序列图像中的目标进行了跟踪实验,图



实验组 1 正常情况下的目标与模板



实验组 2 部分遮挡下的目标与模板



实验组 3 全部遮挡下的目标与模板



实验组 4 变形目标与模板

图 3 相关性检测度实验组图

Fig. 3 Experiments of correlation

表 1 实验数据对比

Table 1 Comparison of experiment data

匹配度 实验组	经典互相关 归一化函数	改进互相关 归一化函数
1	0.964 975	0.975 512
2	0.938 196	0.753 595
3	0.921 271	0.473 960
4	0.939 289	0.650 027

像大小为 720×576 ,模板尺寸为 96×68 。然后,采用文献[1]提出的基于动态模板更新的抗遮挡跟踪算法,也对两组图像进行了跟踪实验,并把两种方法得到的跟踪结果进行了对比。

3.2 更新后的模板图像对比

图 4 与图 5 分别是采用文献[1]中的算法和本文提出的算法,对该图像序列跟踪得到的一组模板更新后的模板图像的效果对比。



图 4 采用文献[1]算法得到的部分模板更新结果

Fig. 4 Updated results of some templates obtained with the algorithm in reference[1]



图 5 采用本文算法得到的部分模板更新结果

Fig. 5 Updated results of some templates obtained with the algorithm in this paper

3.3 对目标无遮挡时的序列图像的跟踪

对目标无遮挡时的序列图像,分别采用本文提出的算法和文献[1]提出的算法进行跟踪。图 6 给出了采用本文算法得到的整个无遮挡跟踪过程中的第 1、10、20、30、40、80、110 帧图像跟踪效果。图

7(a)为整个无遮挡跟踪过程中目标的真实运动轨迹与本算法得到的目标跟踪轨迹的对比;图 7(b)为真实运动轨迹与文献[1]得到的目标跟踪轨迹的对比。其中虚线为真实的运动轨迹,实线为本算法的跟踪轨迹和文献[1]的跟踪轨迹。



图 6 目标无遮挡时跟踪效果

Fig. 6 Result of object tracking with no occlusion

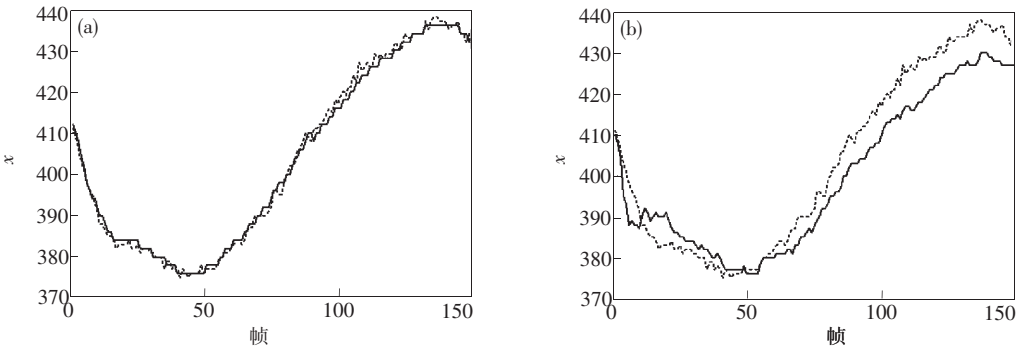


图 7 无遮挡时跟踪轨迹对比

Fig. 7 Comparison of tracking curves with no occlusion

3.4 对目标发生部分遮挡与全部遮挡时的序列图像的跟踪

对目标发生部分遮挡与全部遮挡时的序列图

像,分别采用本文提出的算法和文献[1]提出的算法进行跟踪。图 8 给出了采用本文算法得到的整个遮挡跟踪过程中的第 1、10、20、30、50、70、80 帧

图像跟踪效果。图 9(a)为整个遮挡跟踪过程中目标的真实运动轨迹与本算法得到的目标跟踪轨迹的对比;图 9(b) 为真实运动轨迹与文献[1]得

到的目标跟踪轨迹的对比。其中虚线为真实的运动轨迹,实线为本算法的跟踪轨迹和文献[1]跟踪轨迹。



图 8 目标发生遮挡时跟踪效果

Fig.8 Result of object tracking with occlusion

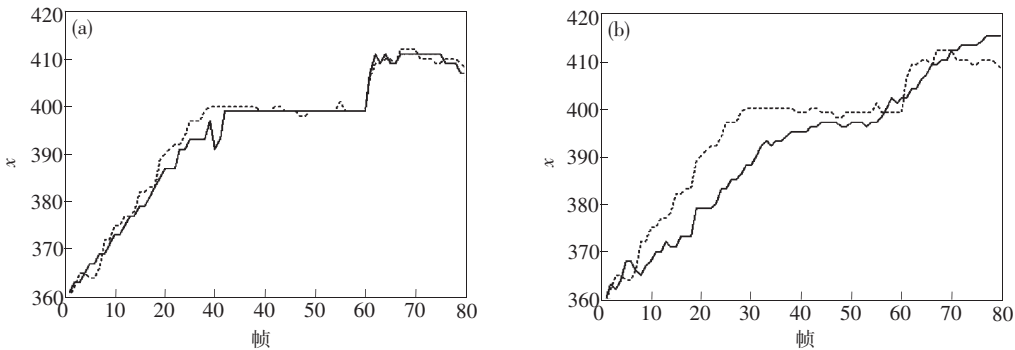


图 9 发生遮挡时跟踪轨迹对比

Fig.9 Comparison of tracking curves with occlusion

3.5 性能分析

通过图 4、图 5 的对比可以看出,当目标发生遮挡时,由于文献[1]的算法采用单模板动态更新,缺少对目标受遮挡程度的判断,所以模板在更新过程中引入了遮挡物信息,这样可能导致目标模板的蜕化以至于出现目标丢失及目标跟踪模式判断的失败。再从图 8、图 9 的对比可知本文算法无论在目标是否发生遮挡的情况下,跟踪效果都明显优于文献[1]的算法。

时利用目标运动速度对目标位置进行预测和估计,运用改进的互相关归一化函数,对复杂背景下存在遮挡的序列图像进行目标跟踪。实验证明,这种抗遮挡算法效果良好,在很大程度上解决了单模板匹配算法无法解决的目标部分遮挡问题;并且通过引入“预测”机制,减少了目标的匹配区域,运算速度有了很大的提高,对于比较复杂的公路场景下运动目标的跟踪有很好的稳定性。

4 结 论

采用单模板与多模板匹配相结合的方法,同

参 考 文 献:

[1] Latecki L J, Mieziako R. Object tracking with dynamic template update and occlusion detection [C]//*IEEE 18th international Conference on Pattern Recognition*, Hong Kong,China: IEEE,2006:188-193.

[2] Kaneko T, Hori O. Template update criterion for template matching of image sequences [C]//*IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Quebec*, Canada: IEEE, 2002:211-214.

[3] Zhong Y, Jain A K. Object tracking using deformable templates [C]// *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Washington, USA:IEEE,2000:544-549.

[4] Lucas B, Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision[C]//*Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Vancouver, Canada:IEEE,1981:674-679.

[5] 杨晓敏, 吴炜, 卿耀波. 图像特征点提取及匹配技术 [J]. 光学 精密工程,2009,17(9):2276-2282.

[6] 刘丹平, 段钦义. 适用于光电跟踪的初始目标区域估计法 [J]. 光学 精密工程,2008,16(11): 2286-2289.