

基于局部分块和背景加权的视觉跟踪算法

余旺盛¹, 田孝华¹, 侯志强¹, 张 翀²

(1.空军工程大学信息与导航学院,陕西西安,710077;2.95147部队,广西兴宁,514593)

摘要 针对视觉运动目标的鲁棒跟踪问题,提出了一种基于局部分块和背景加权的跟踪算法。首先对目标的前景和背景区域进行分块采样,然后利用基于积分直方图的局部快速穷搜索算法计算每一个分块在当前帧中的后验概率图,最后对后验概率图确定的对应分块的搜索结果赋予不同的权值,进而计算出目标在当前帧中的位置。实验结果表明:基于局部分块加权的跟踪算法比单纯的背景加权跟踪和分块跟踪具有更高的跟踪精度和成功率,且算法复杂度较低。

关键词 视觉跟踪;局部分块;背景加权;积分直方图

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2014.02.013

中图分类号 TP391 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2014)02-0053-04

A Visual Tracking Algorithm Based on Local Patches and Weighted Background

YU Wang-sheng¹, TIAN Xiao-hua¹, HOU Zhi-qiang¹, ZHANG Chong²

(1. Information and Navigation College, Air Force Engineering University, Xi'an 710049, China;

2. Unit 95147, Xingning 514593, Guangxi, China)

Abstract: In order to improve the robustness of visual moving object tracking, a tracking algorithm is proposed based on local patches and weighted background. Firstly, the local patches are sampled respectively from the foreground area and background area of the object. Secondly, the probability map of each patch to the frame image is calculated through the integral histogram based local exhaustive search. Finally, different weights are assigned to the searching results of patches by maximizing each probability map, and the final localization of the object in current frame is obtained by the weighted sum of the searching results of local patches. The experimental results indicate that the proposed algorithm exceeds the background weighted tracking and local patch based tracking in both tracking precision and tracking successful rate. Besides, the proposed algorithm is not too complex.

Key words: visual tracking; local patch; weighted background; integral histogram

随着计算机科学和多媒体技术的发展,计算机视觉与我们的生产和生活变得越来越密切相关。作

为计算机视觉的一个重要研究方向,视觉跟踪技术^[1-2]已经成功运用于视频监控、智能交通监管、末

收稿日期:2013-09-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61175029);陕西省自然科学基金资助项目(2011JM8015)

作者简介:余旺盛(1985-),男,湖南平江人,博士生,主要从事计算机视觉与图像处理研究。E-mail: xing_fu_yy@sina.com

引用格式:余旺盛,田孝华,侯志强,等.基于局部分块和背景加权的视觉跟踪算法[J].空军工程大学学报:自然科学版,2014,15(2):53-56. YU Wangsheng, TIAN Xiaohua, HOU Zhiqiang, et al. A visual tracking algorithm based on local patches and weighted background [J]. Journal of air force engineering university: natural science edition, 2014, 15(2): 53-56.

端精密制导与无人机自主导航等许多领域。早期的视觉跟踪技术主要依靠滤波预测算法对目标位置进行预估^[3]。目标本身所包含的大量图像信息未能得到有效利用。随着粒子滤波^[4]技术和 Mean Shift^[5]技术的成功引入,视觉跟踪技术取得了飞速发展,粒子滤波跟踪和 Mean Shift 跟踪也逐渐成为视觉跟踪技术的两个重要分支。如何对目标进行有效的建模和特征描述是提高算法跟踪性能的重要途径。传统算法通常将目标区域看作一个整体,然后利用颜色信息^[6]进行统计特征描述。由于未考虑目标自身的结构特征以及前景和背景之间在图像特征上的差别,上述算法的跟踪精度和鲁棒性受到影响。文献[7]在核跟踪框架内有效地融合目标的前景信息和背景信息对目标进行特征描述,提高了算法的跟踪精度。文献[8]则将目标进行局部分块,然后对各分块的跟踪结果进行融合得到最终的跟踪结果。

虽然文献[7]和文献[8]中算法的跟踪性能较传统算法有所提高,但文献[7]在考虑背景信息时忽略了目标本身的结构特征,文献[8]在考虑结构特征时却忽略了目标周围的背景信息。对此,本文综合利用目标的结构特征和背景信息,提出了一种基于局部分块和背景加权的跟踪算法。

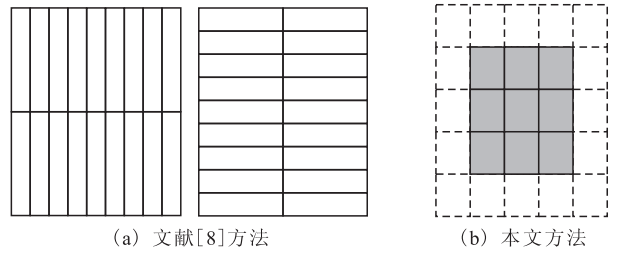
1 算法介绍

对目标进行合理的模型构建和有效的特征描述能够显著提高算法的跟踪性能。本节将简要介绍基于局部分块的目标建模和特征描述。

1.1 目标建模与特征描述

文献[8]在目标建模时,分别将目标区域分成 9×2 和 2×9 的子图像块,进而对其进行特征描述,见图 1(a)。由于目标分块在一定程度上考虑了目标的结构信息,因此基于分块建模的跟踪算法比基于整体建模的跟踪算法性能更加优越。然而,文献[8]中方法仅仅对目标所在的区域进行局部分块,忽略了目标的背景信息。

事实上,合理地考虑背景因素的影响可以进一步提高算法的跟踪性能。对此,本文提出如图 1(b)所示的模型分块方法,即将目标区域进行适当扩展,然后对扩展后的区域等分成若干个子区域。依此,越接近中心的分块属于目标的概率越大,越处于外围的分块属于背景的概率越大。这种分块方法不仅考虑了目标的结构信息,而且利用了目标的背景信息,较文献[8]中的局部分块方法更加合理。



(a) 文献[8]方法

(b) 本文方法

图1 目标分块方法

Fig.1 The methods to divide object region

若将目标 p 分成 $s \times s$ 个分块,则目标模型可表示为:

$$MP = \{mp_{i,j}\}_{i=1,2,\dots,s,j=1,2,\dots,s} \quad (1)$$

式中 $mp_{i,j}$ 为第 i 行第 j 列个图像分块。

图 2 为本文算法目标分块的一个示例。文献[7]采用背景加权直方图对目标进行特征描述,将背景信息直接融入到目标最终的特征当中。文献[8]则对目标各分块直接进行直方图描述,未考虑背景因素的影响。事实上,文献[8]算法的分块建模方法很难利用目标的背景信息。而与此不同的是,本文的分块思路依然保留了目标前景与背景在空间上的基本格局,因此,通过赋予不同的权值,即可区分目标的前景与背景。

图2 本文算法目标分块示意图

Fig.2 Demonstration of local patches in this paper

在直方图特征方面,HSV 空间的颜色直方图更符合人眼的视觉特性,而且在视觉跟踪算法中应用较为广泛。因此,本文采用 HSV 空间的 $8 \times 4 \times 4$ 的颜色直方图进行特征描述。描述结果如下:

$$DP = \{dp_{i,j}\}_{i=1,2,\dots,s,j=1,2,\dots,s} \quad (2)$$

式中 $dp_{i,j}$ 为第 i 行第 j 列个图像分块的直方图。

1.2 标搜索与跟踪结果

与文献[7]引入背景信息思路不同,本文首先分别利用前景图像分块和背景图像分块进行搜索得到对应的分块位置,然后按照前景和背景对搜索结果赋予不同的权值,最后综合确定最终的跟踪结果。

1.2.1 目标搜索

常用的目标搜索策略主要有粒子滤波方法和 Mean Shift 方法,前者的搜索精度受粒子规模和迭代次数的影响,后者则容易陷入局部最优。本文采用一种局部穷搜索算法,利用穷举搜索的思路获取最优结果。穷举搜索需要反复计算矩形区域的直方

图特征,算法复杂度较高,然而,积分直方图^[9]的提出克服了这一难题,大大降低了算法复杂度,使得穷举搜索算法可以实时实现。

积分直方图类似于积分图,其主要思路^[9]是:首先遍历图像的每一个像素,构建积分数据结构,每一个位置单元上存储位于该位置左上方的区域的直方图(可以利用迭代算法快速实现)。当需要计算某一矩形区域的直方图特征时,只需按照矩形 4 个顶点的坐标从积分数据结构中读取相应的数据并通过简单的加减运算得到该区域的直方图。

通过积分直方图搜索后,每一个图像分块可以得到如下的后验概率图。

$$CP = \{cp_{i,j}\}_{i=1,2,\dots,s,j=1,2,\dots,s} \quad (3)$$

式中 $cp_{i,j}$ 为第 i 行第 j 列个图像分块搜索得到的后验概率图。后验概率图的大小由搜索空间的大小决定,即目标的局部搜索范围,文中设定为目标尺寸的 2 倍。

图 2 中目标局部分块模型搜索对应的后验概率图见图 3。全图由 5×5 幅后验概率图组成,分别对应图 2 中的 25 个图像分块。

图 3 各局部分块搜索后的后验概率图

Fig.3 The posterior probability map of each local patch searching

1.2.2 跟踪结果

首先由搜索得到的后验概率图中的最大元素得到各分块的最大后验概率位置的坐标 $c_{i,j}$,然后利用各分块相对于目标中心位置的偏移量进行位置校正得到由各分块确定的目标最大后验概率位置 $c'_{i,j}$,则目标最终的跟踪位置为:

$$c = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s \omega_{i,j} c'_{i,j} \quad (4)$$

式中 $\omega_{i,j}$ 为归一化的权系数,描述每一个分块对目标最终位置确定的贡献。依据分块属于前景的概率大小,中心位置的分块权系数最大,其余分块的权系数则按照与中心位置的空间距离作高斯衰减。所有权值为归一化的结果。

1.3 算法总结

综合前述内容描述,总结本文所提算法的流程见图 4。主要步骤如下:

步骤 1 输入视频,确定目标初始位置。

步骤 2 对目标进行局部分块建模,分块的数目可依据目标的大小以及结构特征决定,本文将分块数目限定为 5×5 。

步骤 3 依据预测位置,确定目标在新的视频帧中的搜索范围。预测的原理为利用相邻两帧目标运动的距离确定目标运动的速度矢量,然后利用该速度对下一帧进行位置预估,将下一帧的搜索空间确定为以预估位置为中心,2 倍于目标尺寸的范围。由于初始帧中无法对速度进行估计,故在初始帧时,适当扩大搜索范围,而不进行位置预测。搜索范围设定为目标尺寸的 3 倍。

步骤 4 利用积分直方图算法进行局部穷搜索获得各目标分块对应的后验概率图。

步骤 5 由后验概率图确定每个分块跟踪到的目标位置,然后将进行加权得到目标最终的位置。

步骤 6 对下一帧目标的搜索中心进行预测并更新目标模型,然后返回**步骤 3**,直至跟踪完毕。

模型更新的思路为由历史模型和当前模型进行加权,进而对模型进行预测,得到新的模型后进入下一个跟踪循环。设历史模型为 $DP^{(0)}$,当前模型为 $DP^{(k)}$,则模型更新(预测)的公式为:

$$DP^{(k+1)} = \alpha DP^{(0)} + (1-\alpha) DP^{(k+1)} \quad (5)$$

式中 α 为模型控制因子。用来控制模型更新的速率,取值过大容易造成模型漂移。本文实验中将其设定为 0.2。

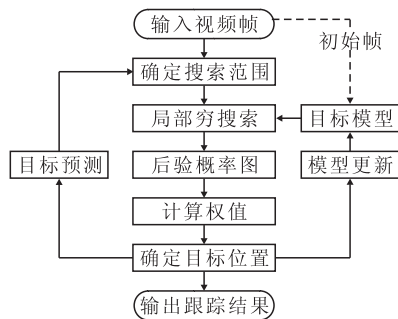


图 4 算法流程图

Fig.4 The workflow of the proposed algorithm

2 实验仿真与分析

为验证本文算法,对长度为 53 帧的“stennis”序列以及长度为 320 帧的“sylvester”序列进行了跟踪实验,“stennis”序列分辨率为 352×240 ,目标大小为 29×29 ;“sylvester”序列分辨率为 352×240 ,目标大小为 65×59 。仿真实验运行的硬件环境为 2.10 GHz, 2.00 GB 的个人计算机,软件平台为 Matlab2010。所得结果见图 5 和图 6。其中绿色线条为 MS-Tracker;蓝色线条为 Frag-Tracker;红色

线条为 our Tracker。参考算法分别为仅考虑背景加权的文献[7]算法和仅考虑局部分块的文献[8]算法。文献[7]算法采用 Mean Shift 算法进行搜索,由于未考虑目标的结构信息,加之受局部最优的影响,跟踪中出现部分错误的结果,如图 5 中的第 10 帧、图 6 中的第 150 帧等。文献[8]算法采用穷搜索算法进行搜索,由于未考虑背景因素的影响,整体的跟踪精度受到影响,跟踪结果出现不同程度的偏差。

图 5 “stennis”跟踪结果

Fig.5 Tracking results of “stennis”

图 6 “sylvester”跟踪结果

Fig.6 Tracking results of “sylvester”

为对跟踪结果进行定量分析,引入中心位置误差(Center Location Error, CLE)指标。该指标通过计算跟踪结果的中心位置坐标与目标中心的真实位置坐标之间的欧氏距离来度量算法的跟踪精度。其计算公式如下:

$$\epsilon(k) = \sqrt{(x_k - x'_k)^2 + (y_k - y'_k)^2} \quad (5)$$

式中: (x_k, y_k) 为跟踪所得结果的目标中心位置坐标; (x'_k, y'_k) 为人工标注的目标中心位置坐标。

图 7 列出了 3 种算法所得的中心位置误差比较,由图中曲线可见,本文跟踪算法在大多数情况下均能得到较小的中心位置误差。

图 7 跟踪误差比较果

Fig.7 Tracking error comparison

表 1 给出了 3 种算法对 2 段视频序列跟踪所得的平均中心位置误差和运行时间比较。数据表明本文算法的跟踪误差更小。在运行时间方面,本文算法较文献[7]算法要慢 60%左右,但较文献[8]算法却提高了约 30%。

表 1 3 种算法跟踪精度和平均每帧处理时间比较

Tab.1 The tracking precision and processing time per frame comparisons of three algorithms

指标	stennis		sylvester	
	CLE/px	Time/ms	CLE/px	Time/ms
文献[7]	16.9	23.5	14.3	13.1
文献[8]	5.8	49.8	20.7	26.5
本文	3.2	38.6	2.9	19.2

由于“sylvester”视频为灰度视频,因此对该视频跟踪时采用的是基于灰度信息的直方图。

3 结语

针对视觉运动目标的跟踪问题,本文提出了一种基于局部分块和背景加权的跟踪算法。

算法有效利用了目标的局部结构特征和背景信息,使得跟踪结果更加稳定。相较于仅考虑局部结构特征的算法和仅考虑背景信息的算法,本文算法具有更小的跟踪误差。

(下转第 65 页)

4 结语

在分析原 AC 算法的基础上,结合 Link11 数据链系统应用特点,提出一种针对 M 序列报文的改进型算术编码 MIAC 算法。MIAC 算法采用半动态概率估计模型和动态编码区间长度更新机制,其编码效率最大损失 10.04%,且测试结果表明,在 M 序列报文数目为 2~9 条时,MIAC 算法在损失最多 20%的压缩率时,使压缩时间低于原算术编码至少 50%,为今后提高数据链系统性能的研究提供一种新的方法。

参考文献(References):

- [1] STANAG 5511, Link 11/Link 11B. NATO Standardization Agency.
- [2] 吴乐南. 数据压缩[M]. 北京:电子工业出版社,2012. WU Lenan. Data compression[M]. Beijing: Publishing house of electronics industry,2012.(in Chinese)
- [3] 段黎力,廖晓峰,向涛. 基于 Markov 性质的一阶安全算术编码及应用[J]. 物理学报,2010,59(10): 6743-6751. DUAN Lili, LIAO Xiaofeng, XIANG Tao. Image encryption based on arithmetic coding with order - 1

Markov model[J]. Acta physica sinca,2010,59(10): 6743-6751.(in Chinese)

- [4] Lei S M. Efficient multiplication-free arithmetic codes [J]. IEEE transactions on communications, 1995, 43 (12): 2950-2958.
- [5] 邓海涛,邓家先,邓小梅. 基于 EZW 的图像压缩和树形加密同步算法[J]. 物理学报,2013,62(11): 110701. DENG Haitew, DENG Jiaxian, DENG Xiaomei. Joint compression and tree structure encryption algorithm based on EZW[J]. Acta physica sinca,2013,62(11): 110701.(in Chinese)
- [6] Belyaev E, Turlikov A, Egiastian K, et al. An efficient multiplication-free and look-up table-free adaptive binary arithmetic coder[C]//19th IEEE international conference on ICIP. [S. l.]:IEEE press,2012,701-704.
- [7] 杨文涛,刘卫忠,郑立新,等. 多阶上下文自适应二进制算术编码实现[J]. 华中科技大学学报:自然科学版,2012,35(3): 42-45. YANG Wentao, LIU Weizhong, ZHENG Lixin, et al. Realization of multi-order context-based adaptive binary arithmetic coding[J]. Journal of huazhong university of science and technology; natural science edition, 2012, 35(3): 42-45.(in Chinese)

(编辑:徐楠楠)

(上接第 56 页)

参考文献(References):

- [1] Yilmaz, A, Javed, O, Shah M. Object tracking: a survey [J]. ACM computing surveys,2006,38(4):352-355.
- [2] 侯志强,韩崇昭. 视觉跟踪技术综述[J]. 自动化学报,2006,32(4): 603-617. HOU Zhiqiang, HAN Chongzhao. A survey of visual tracking [J]. Acta automatic sinica, 2006, 32(4): 603 -617. (in Chinese)
- [3] Sethi I, Jain R, Finding trajectories of feature points in monocular images [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 1987, 9(1), 56-73.
- [4] Pan P, Schonfeld D. Visual tracking using high-order particle filtering [J]. IEEE signal processing letters, 2011, 8(1): 51-54.
- [5] Ido L. Mean shift trackers with cross-bin metrics [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine in-

telligence, 2012, 34(4), 695-706.

- [6] Comaniciu D, Meer P. Mean shift analysis and applications [C]//Proceedings of the 7th international conference on computer vision. [S.l.]:IEEE press,1999:1197 -1203.
- [7] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Kernel-based object tracking [J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2003, 25(5), 564-557.
- [8] Adam A, Rivlin E, Shimshoni I. Robust fragments-based tracking using the integral histogram [C]//Proceedings of conference on computer vision and pattern recognition. [S.l.]:IEEE press,2006:798-805.
- [9] Porikli F. Integral histogram: a fast way to extract histograms in cartesian spaces [C]//Proceedings of the conference on computer vision and pattern recognition. [S. l.]:IEEE press,2005:829-836.

(编辑:徐楠楠)