

高速电视下基于自适应阈值的实时图像跟踪

刘 刚^{1,2} 苏秀琴¹ 胡晓东¹ 郝 伟^{1,2} 杨小君^{1,2}

(1 中国科学院研究生院,北京 100039)

(2 中国科学院西安光学精密机械研究所,西安 710068)

摘 要 介绍了在高速电视下,自适应阈值的提取及其对自动目标跟踪的重要性;提出了三种基于自适应阈值的跟踪算法——形心跟踪法、相关跟踪法和综合跟踪法,实现了对复杂背景下形状、加速度易发生无规则变化的高速运动目标进行跟踪。实测结果表明:这几种跟踪方法具有稳定、有效、适应性强等优点,对高速目标跟踪系统的设计与实现有较高的参考价值。

关键词 高速电视;自动目标跟踪;自适应阈值;形心跟踪;相关跟踪;综合跟踪

中图分类号 TP317.4

文献标识码 A

0 引言

在计算机视觉领域,自动目标跟踪(ATT)正越来越受到研究者的重视。这是因为 ATT 技术具有广阔的应用前景,例如在视频监控、交通流量观测等方面都非常有用。另外,ATT 还广泛应用于视频检索、国防、安全部门等领域。目标跟踪的关键在于运动估值技术。有关二维运动估计的问题,光流法(Optical Flow)和基于块的运动分析(Block-based)是运动图像分析的两大重要方法。对于 ATT 技术而言,国内外有很多机构也都在研究,如美国的 MIT Media Lab, CMU 的 Human Compute Interface Institute, Microsoft Research 的 Version Technology Group,其中较有特色的有:美国卡内基—梅隆大学以人和汽车为跟踪对象,分别建立模板,研究开发了“实时视频中目标识别分类与跟踪系统”(Moving Target Classification and Tracking from Real-time Video),可以对视频中的目标实时监控及跟踪,并识别两种目标:人和汽车^[1]。国内研究中,有人在基于模型的头部运动估计和面部合成的基础上,提出了人脸肤色模型和运动模型两种跟踪模式。也有在建立人体模型的基础上,按自上而下的顺序依次跟踪人体各部分,采用图像差分的运动预测和分区域直方图相似度算法,实现了基于模型的人体运动跟踪^[2]。这些研究一般都是基于普通的视频信号(帧频为 25 Hz 左右),而本文是作者在参与高速电视目标跟踪系统项目研制后,提出了几种新的基于高速电视(帧频在 100 Hz 以上)目标跟踪算法。

1 自适应阈值的提取

由于高速电视显示的是由 CCD 采集到的灰度

图像,这些灰度图是由具有单峰灰度的目标和背景组成,在目标或背景内部的相邻像素间的灰度值是高度相关的。但在目标和背景交界处两边的像素在灰度值上有很大的差别。这样,图像的灰度直方图基本上可看作是由分别对应目标和背景的两个单峰直方图混合而成。此时如果这两个分布大小(数量)接近且均值相距足够远,而且均方差也足够小,则直方图应是双峰的。这样,图像就可以用取阈值的方法来较好的分割。所以要研究高速电视下的 ATT,首先应求出自适应阈值。

在背景较为均匀的情况下,电视图像的平均灰度基本上反映了背景的平均亮度,当目标出现在视场中时,图像直方图的峰值灰度便代表了目标的最亮或最暗部分,利用视频信号的峰值灰度和平均灰度进行比较得到一灰度阈值,据此阈值检出目标信号。这种自适应阈值求取方法,能够随背景变化及目标信号大小自动调整阈值大小。

峰值灰度求得后,可按如下式求取自适应阈值 T_h

$$T_h = V + \alpha(P - V) \quad 0 < \alpha < 1 \quad (1)$$

式中 V 为图像的平均灰度, P 为正峰值灰度或负峰值灰度, α 为比例常数。如果 α 取得太小,提取目标的形状比较完整,但背景噪声造成的假目标的可能性也比较大, α 取得太大,提取目标的形状有所损失,但抗干扰能力增强。根据外场实践经验, α 选在 0.7 左右比较合适。

2 基于自适应阈值的跟踪算法

由于在实际工程中,背景往往比较复杂,容易出现虚假目标;并且目标运动的加速度容易出现变化,目标的形状也经常会发生较大的变化。针对这些情况,本文基于运动预测(Moving-based)和块模型匹配(Model-based)这两种方法,提出以下几种跟踪算法。

2.1 形心跟踪法

目前,在电视跟踪领域中,对于背景不是很复

杂,而目标运动中其形状和加速度又呈现无规律性变化时,一般是采用五步(或者三步)运动预测的方法,根据前四帧(或前两帧)图像中目标的位置来预测当前目标的位置.而本文是在高速电视情况下,提出了基于单步运动预测的形心跟踪算法.

形心跟踪算法的基本思想如图 1. 首先根据式(1),求出全视场图像的自适应阈值 T_h ,再根据得到的自适应阈值对全视场图像进行二值化处理,从而使目标与背景分离,得到目标的初始形心位置.左图即为全视场处理后初始目标跟踪情况,白色的亮

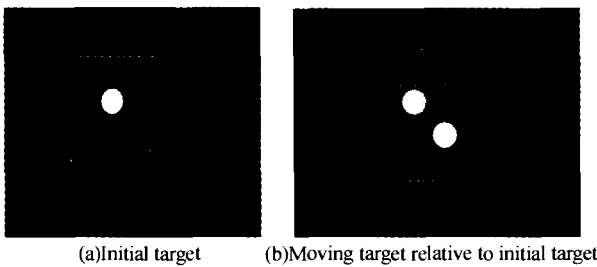


图 1 目标运动预测估计图

斑为要跟踪的目标,定义其初始位置为 (x_0, y_0) ,白色的方框即为跟踪目标的波门,根据实际跟踪的经验,选取 $(x_0 + 60) * (y_0 + 60)$ 象素作为波门处理的范围比较适中;在确定目标的初始位置后,由于高速电视每秒可达一百帧以上,因此下一帧图像中目标运动后的位置相对于该帧变化不会太大,从而可以用单步预测来代替多步预测,单步运动预测公式如下

$$\begin{cases} x = x_0 + \text{offset}_x - 30 \\ y = y_0 + \text{offset}_y - 30 \end{cases} \quad (2)$$

式中 $(\text{offset}_x, \text{offset}_y)$ 为下一帧目标相对于波门初始位置的偏移量,右图显示了目标运动后的下一帧位置 (x, y) ,白色实线波门即为根据单步运动预测公式算出的新的波门的位置.

这样每一帧图像目标的位置都能根据上一帧的位置预测出来,从而就可以对运动的目标进行连续稳定的跟踪,同时只需对波门内的图像进行处理,大大节省了处理时间,提高工作效率,从而在实际的目标跟踪中可以取得很好的效果.

由此,可得出形心跟踪算法的程序流程图(如图 2).

2.2 相关跟踪法

在视频跟踪领域中,对于背景比较复杂,而目标运动中其形状和加速度不会发生很大变化时,一般是采用全视场块模型匹配的方法,这就是全搜索策略 FSM,其优点是全局最优,但十分浪费时间,从计算量、算法复杂度和运动估值精度三方面考虑,均有其不足之处.而本文是在高速电视情况下,提出了基于三步搜索策略的相关跟踪算法.

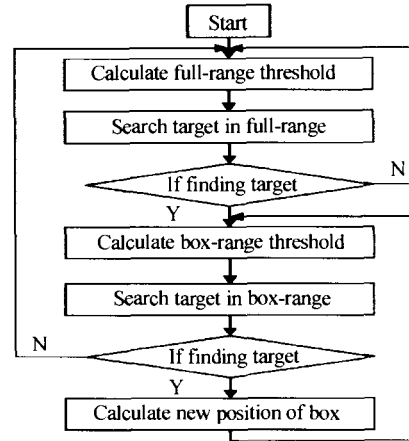


图 2 形心跟踪程序流程图

Fig. 2 The program flow diagram of center tracking

相关跟踪算法的基本思想如图 3. 在第 k 帧中选择以 (x, y) 为左上角坐标,大小为 $m * n$ 的块 W ,然后在第 $k + 1$ 帧中的一个较大的搜索窗口内寻找与块 W 尺寸相同的最佳匹配块,目标中心的位置矢量 $r = (x' + y')$ 即是运动矢量.搜索窗口一般是以第 k 帧中块 W 为中心的一个对称窗口,其大小可根据经验或先验知识来确定.

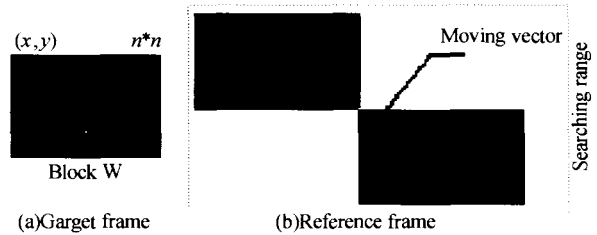


图 3 块匹配算法示意图

Fig. 3 The matching arithmetic diagram of model

设窗口大小为 $15 * 15$,当前像素位于窗口中心,用“0”来标记,如图 4.

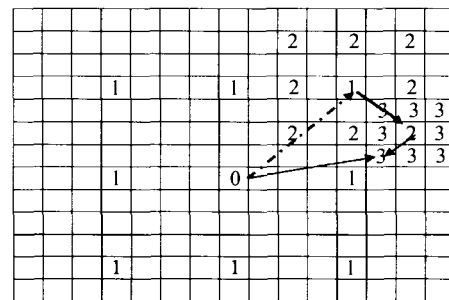


图 4 三步搜索策略原理示意图

Fig. 4 The principle diagram of the three-steps searching way

第一步,选择标记为“0”和“1”的九个像素,然后计算匹配准则函数,得到最佳匹配;第二步,以第一步的结果为中心,选择八个点(标记为“2”)并计算其匹配结果;第三步,以第二步的最佳匹配的像素点为中心,再选择八个点(标记为“3”),计算这八个点的匹配结果,作为最佳估计值.

由图 4 可见,每进行一步,搜索距离减小一半,

并且愈来愈接近精确解,上述搜索过程称为三步搜索策略,与直接匹配法相比,该方法可以将速度提高三倍.很显然,在高速电视下,采用相关跟踪法比起传统的块模型匹配法,具有计算量小、时间复杂度低,能更稳定跟踪目标的特点.由此,可得出相关跟踪算法的程序流程图(如图 5).

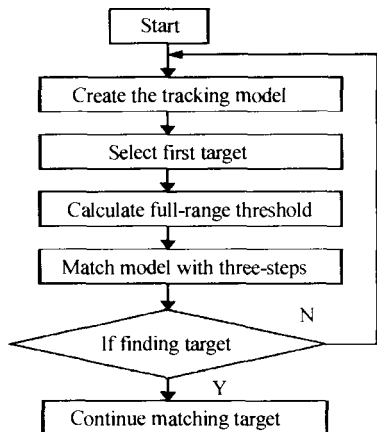


图 5 相关跟踪程序流程图

Fig. 5 The program flow diagram of correlation tracking

2.3 综合跟踪法

以上两种跟踪方式,分别是对传统运动预测法和块模型匹配法的很好改进,基本能满足高速电视下视频跟踪的需求.但对于背景很复杂,真假目标难辨,而且目标在运动中加速度和形状都在变化的特别复杂的情形,单独用哪一种方式都很可能搜索不到真正的目标,跟上假目标而导致跟踪失败.为了在这种情形下,也能够有效稳定跟踪目标,本文提出了将形心跟踪和相关跟踪想结合的综合跟踪算法.

综合跟踪算法的基本思想如图 6,首先选择相

关跟踪模式,对要跟踪的目标创建初始跟踪模板,然后算出该模板的形心位置数据,作为形心跟踪的初始目标的位置 (x_0, y_0) ,同时将该跟踪模板的位置作为形心跟踪的初始波门位置,再按照形心跟踪的处理算法,即可正确稳定的跟踪目标.这样就巧妙地越过了形心跟踪的全视场处理阶段可能搜索到虚假目标的错误,并且避免了相关跟踪对目标特性要求高的缺点.从而能够在实际应用中能确保连续稳定跟踪这种复杂情况下的目标.

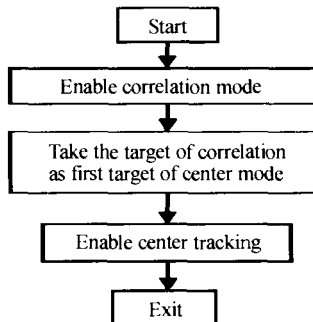


图 6 综合跟踪算法结合流程图

Fig. 6 The diagram of the integrated tracking arithmetic

3 算法在实际任务中的跟踪效果

本文以我国某次卫星发射的一段镜头 lanching. mpg 为输入,对视频中特定的目标进行跟踪.为了说明本文算法在目标跟踪中的性能,特意选取了复杂情况下非匀速运动的火箭的尾部来进行连续跟踪,总共跟踪了 30 s,即 3000 帧图像.限于篇幅,只给出跟踪过程中的部分关键帧.(如图 7)其中的八幅图以时间为序,通过波门可以很清楚的看到目标的位置.

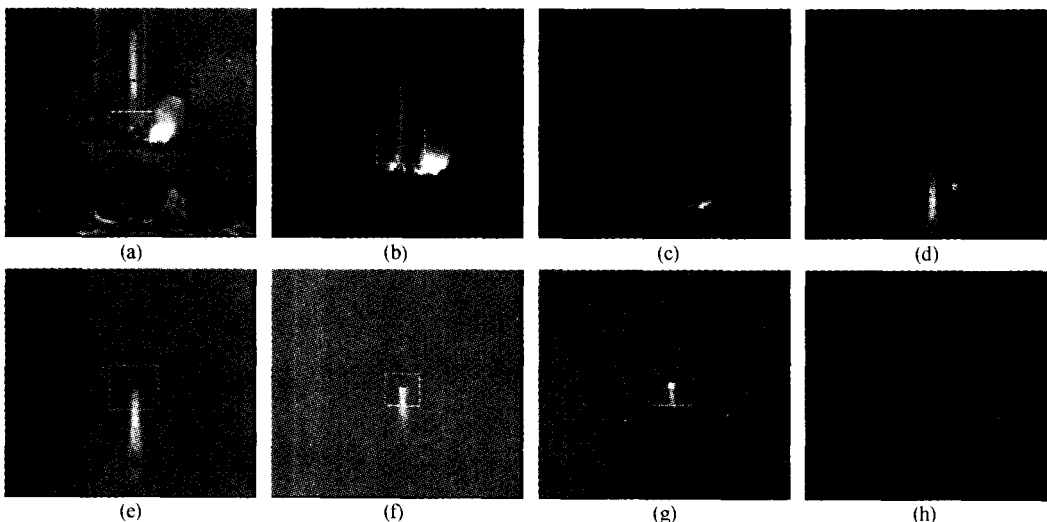


图 7 跟踪效果图

Fig. 7 The impression diagram of tracking

3.1 跟踪数据统计

根据实验结果可得数据统计(表 1).为了有效衡

量目标跟踪的效果,我们定义当波门的中心与目标质心的间距小于目标半径一半的跟踪时为准确跟踪.

表 1 跟踪数据统计表

跟踪阶段	起始帧号	终止帧号	图中位置	跟踪部位	准确度
1	873	1117	(a)-(c)	尾部	100%
2	1305	2505	(d)-(f)	尾部	92.5%
3	2601	3213	(g)-(h)	火焰	100%

3.2 跟踪结果分析

由跟踪结果可以看出,对于背景复杂,目标变化的情形,选用形心跟踪与相关跟踪相结合的综合跟踪模式,可以对某一指定目标进行比较稳定连续的跟踪.在图 7 的(a)图中,先用相关模式选择火箭的尾部,然后通过发送脱靶量信息给伺服计算机,引导光电经纬仪跟踪目标,从图(b)、(c)、(d)、(e)中目标的运动轨迹可以看出,目标正在向图像显示区域的中间移动,并且运动的过程中,目标的形状、运动速度和加速度都在变化,跟踪目标的波门大小和位置也随目标在自适应的变化,而且目标几乎始终位于波门的中心.但随着目标的逐渐远去,已经自动转到了形心跟踪状态,虽然跟踪的部位发生了变化,但依然可以得到比较有效的跟踪数据.

从这里可以看出,在高速电视模式下,将运动预测与块模型匹配两种跟踪算法结合起来有很好的跟踪效果,并且使跟踪任务在很复杂的背景条件下都能很好的完成.

5 结论

本文主要阐述了在高速电视下自适应阈值的提

Real-time Image Tracking Based on Adaptive Threshold in High Speed TV

Liu Gang^{1,2}, Su Xiuqin¹, Hu Xiaodong¹, Hao Wei^{1,2}, Yang Xiaojun^{1,2}

¹ Graduate College of Chinese Academy of Science, Beijing 100039

² Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068

Received date: 2004-05-31

Abstract Based on the high speed TV, the obtainment of the self-adaptive threshold was introduced, which was very important to automatic target tracking. At the same time, the three tracking ways such as Center Tracking, Correlation Tracking and Integrate Tracking had been put forward, which could be used to track some given objects that likely had varied shape, abnormal acceleration and quite high speed. Experiments revealed that these tracking ways are stable, available and compatible with much reference and application value in the related field such as the design and realization of Automatic Target Tracking System in High-speed TV.

Keywords High-speed TV; Automatic target tracking; Self-adaptive threshold; Center tracking; Correlation tracking; Integrate tracking



Liu Gang was born in 1980 and graduated from Jilin University in 2002. Then he became a graduate student of Graduate School of the Chinese Academy of Sciences in Communication & Information System. Now his research interests are Image Processing, Moving Target Tracking and DSP processing at Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of Chinese Academy of Sciences.

及其重要性,提出了三种基于自适应阈值的跟踪算法——形心跟踪法、相关跟踪法和综合跟踪法.实际跟踪任务证明,在高速电视模式下进行目标的跟踪,使用这三种跟踪方式,尤其是综合跟踪的方式,能够在实际任务中起到很好的跟踪目标的效果,值得人们广泛采用.

参考文献

- 章毓晋. 图像分割. 北京: 科学出版社, 2001. 323~380
Zhang Y J. Image Segmentation. Beijing: Science Press, 2001. 323~380
- 何斌, 马天予, 王运坚, 等. VC++ 数字图像处理. 北京: 人民邮电出版社, 2001. 043~102
He B, Ma T Y, Wang Y J, et al. VC++ Digital Image Process. Beijing: POST & TELEGRAPH, 2001. 043~102
- Castleman K R. 数字图像处理. 北京: 电子工业出版社, 1998. 094~134
Castleman K R. Digital Image Process. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998. 094~134
- 章毓晋. 图像处理与分析, 北京: 清华大学出版社, 2001. 296~340
Zhang Y J. Image Processing and Analysis. Beijing: Publishing House of Tsinghua, 2001. 296~340
- Ruan Q Q. New Adaptive Tracking Algorithm of Non-Rigid Object, IEEE, ICSP'98, 1998
- Ruan Q Q. Research of Tracking of Moving Target, Germany, APPT'97, International Conference, 1997
- Lshida T, Wavelet, Korf R E. Moving-target search: A real-time search for change goals. *IEEE Trans PAMI*, 1995, 17(6): 609~619