

一种新的相关跟踪方法研究

任仙怡 廖云涛 张桂林 张天序

(华中理工大学图象识别及人工智能研究所图象信息处理与智能控制教育部重点实验室, 武汉 430074)

摘要 相关跟踪过程中, 序列图象中的实时图和参考图之间必然存在灰度差异以及一定程度的几何形变和对目标的局部遮挡, 而传统相关匹配算法中, 每一对像素点对匹配结果的贡献是均等的, 这样就使得算法的性能很容易受到图象中噪声、局部遮挡等因素的影响. 为此, 从另外的角度提出了一种新的图象相似性度量方法, 即将目标图象中与模板图象相接近的点的个数作为相似性度量来进行匹配, 这种方法得到的相关曲面更尖锐, 匹配置信度更高. 又因为跟踪过程中, 实时图必然存在这样或那样的变化, 对模板合理地进行更新是相关跟踪的关键, 在上述的图象相似性度量方法的基础上, 另外又提出了一种非常有效的模板修正方案, 从而使得跟踪算法对环境的适应能力和稳定性得到大大提高. 实验结果证明了该方法的优越性.

关键词 图象匹配 相似性度量 相关跟踪

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)06-0553-05

A New Correlation Tracking Method

REN Xian-yi, LIAO Yun-tao, ZHANG Gui-lin, ZHANG Tian-xu

(State Education Commission Key Laboratory for Image Processing and Intelligent Control,

Institute for pattern Recognition and Artificial Intelligence of Huazhong Univ. of Sci. & Tech., Wuhan 430074)

Abstract The presence of the difference of the gray value and the distortion between the object image and the reference image is inevitable, traditional matching method will tend to be degraded by the noise and the occlusion because that every pixel in the image will do equal contribution to the matching result. From another viewpoint, this paper proposed a new image matching method based on a novel distance measurement. It counts not the distance of the gray level of the two images, but the number of the pixels in the object image which are close to the pixels in the reference image. Then applied the measurement method to the process of the image matching. The correlation curve got in this way is much more sharp. So the image matching method has high match precision. And in the process of the tracking, there must be many change in the object image, then the reasonable updation of the reference image will be the key of the tracking problem. On the basis of the similarity measurement, a suitable template updating strategy is presented. The stability of the algorithm has been improved greatly in this way. The experiments showed that this method was very promising.

Keywords Image matching, Similarity measurement, Correlation tracking

0 引言

相关跟踪是基于图象相似性度量, 在现场获取的实时图象中寻找最接近目标模板图象区域的一种跟踪方式, 它无需对图象进行分割和特征提取处理,

而只在原始图象数据上进行运算, 从而保留了图象的全部信息, 在许多复杂环境场景中这是一种切实可行的跟踪测量方法. 然而, 跟踪是一个动态过程, 随着目标与传感器在距离、高度、方位、姿态、环境条件等因素的变化, 目标图象的尺寸、位置、方向和形态也会发生变化, 场景中每次获取的图象都只是随

机过程中的一个样本函数,因此,跟踪过程中对两幅有变化的图象去求相似度是一个复杂的问题.在相关跟踪技术研究中,所要解决的是目标图象存在二维和三维变化时目标图象相似性度量和精确定位问题,有效地评估相关跟踪的置信度问题,以及灵活地更新目标模板内容等问题.相关跟踪技术研究在国民经济和国防现代化发展中有着重要的应用前景和理论意义^[1,2].

1 基于 MCD (Maximum Close Distance) 距离的相关匹配方法

传统相关算法,如最小绝对差方法以及归一化互相关方法中,模板图象和目标图象中每一对对应像素点对匹配结果的贡献是一样的,这样就使得算法性能容易受到个别噪声点、局部遮挡等因素的影响,而造成失配^[3~6].

结合最小绝对差方法和 Hausdorff 距离这两种距离度量方法的思想,定义一种新的图象间的相似性度量,这个度量为 MCD 距离,意为最多近邻点距离,假设模板图象 A 大小为 $M \times N$,那么它和任一同样大小的图象区域的 MCD 距离为

$$D(A, B) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N R(A_{i,j}, B_{i,j})$$

其中,

$$R(A_{i,j}, B_{i,j}) = \begin{cases} 1 & \text{当 } |A_{i,j} - B_{i,j}| < T \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

也就是说,首先比较待配准的两幅图象对应点的灰度绝对差,如果这个绝对差值小于某个确定的门限(这个门限是经过实验观察得来的,经验表明,这个值取在 10 到 15 之间比较合适),那么就可以认为这两点近似,然后统计整幅图象区域中,对应点像素绝对差小于这个门限的像素数目,就可以确定这两幅图象的相似程度了.把这个数目定义为 MCD 距离.这个距离越大,说明两幅图象越相似,反之则越不相似.

将它应用到图象匹配,即将模板图象在目标图象内滑动,统计每个位置处的图象与模板图象的 MCD 距离,得到整个图象的一个相关曲面,寻找这个相关曲面的峰值即可确定最佳匹配位置.

这样进行统计计算的时候,由于仅仅考虑使用目标图象区域中那些与模板图象相似的像素点数来度量两图象之间的相似程度,而抛弃了那些与模板

图象相差很大的点,因此可以避免传统相关匹配算法中由于噪声点引起的相关曲面不突出的缺点.图 1(见下页)是一组实验结果,说明在同样准确匹配的时候,文中方法得到的相关曲面的尖锐程度要远远高于用最小绝对差方法得到的相关曲面,而在局部遮挡情况下,它则可以避免传统相关匹配的缺点.其中,图 1(a)为模板图象,图 1(b)分别是无畸变、加了运动模糊畸变以及局部遮挡的图象,使用最小绝对差累加和方法得到的匹配结果;图 1(c)分别是与图 1(b)对应的相关曲面;而图 1(d)则是利用本文方法的匹配结果;图 1(e)分别是与图 1(d)对应的相关曲面.

2 自适应模板修正策略

在对目标进行跟踪过程中,目标模板维系了整个跟踪的动态过程,在序列图象中,由于目标在不断的变化,因此实际图象必然存在着变形、噪声、遮挡等等变化.对模板合理地进行更新是相关跟踪的关键.选择合适的模板更新策略,可以在一定程度上克服这些变化对跟踪效果的影响.

实践证明,在进行序列图象跟踪过程中,如果单纯地将当前图象的最佳匹配位置处的图象来作为模板进行下一帧图象的匹配,跟踪结果很容易受某一帧发生突变图象的影响而偏离正确位置.因此,应当考虑根据旧模板和当前图象的最佳匹配位置处的匹配度(合适度)来制定合适的新模板,相当于对匹配跟踪过程进行一个指导,以达到比较好的跟踪效果.

本文采取以下两个模板修正策略.

2.1 中心加权策略

一般感兴趣的区域多位于模板图象的中心,而且可以假设图象模板的中心在帧间变化比较小,因此可以对模板进行中心加权,使模板像素在匹配中的贡献率从模板中心到边缘由大变小,提高匹配对噪声和目标形变的影响,比如可采用如下的加权系数

$$W(i, j) = \exp\{-(i^2 + j^2)^{1/2}\}$$

式中, i 和 j 是像素相对于模板中心的坐标.

经过中心位置加权的匹配也能提高相关峰的陡峭度,较好地克服目标的小范围畸变,以及目标边缘被部分遮挡的情况.

2.2 模板更新策略

(1) 首先,在跟踪过程的第 1 帧,用模板进行匹配,获得一个最佳匹配位置;

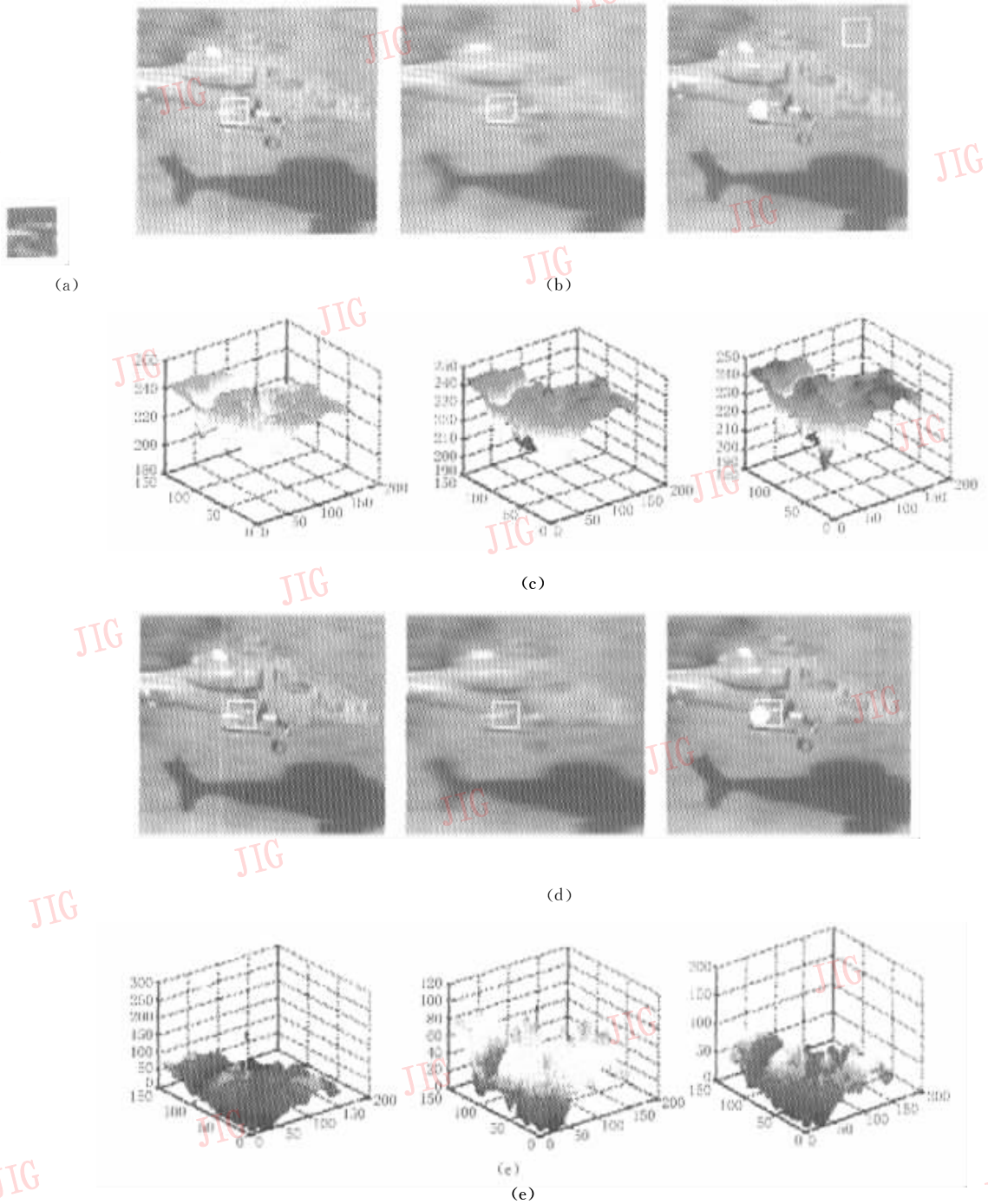


图 1 匹配结果及对应的相关曲面

(2) 加权生成新模板:按照一个固定的权值对新当前位置和旧模板加权来生成新模板的方法是不够合理的,因为没有考虑到匹配效果的好坏.因此采用特殊的匹配策略,即从第 2 帧开始,首先度量模板图象和当前最佳匹配位置的匹配度(这个匹配度由模板图象与目标图象之间的 MCD 距离来度量),然后根据这个值对旧模板和新模板进行加权,获得更新后的模板.这个对模板的更新,从某种意义上说是

连续的. 加权方法如下

$$M^+ = \alpha M^- + (1 - \alpha) M^n$$

其中, M^+ 是更新后的模板, M^- 是当前位置使用的旧模板, 而 M^n 是目标图象中的最佳匹配位置的图象. 这里的 α 即为加权的权值, 它是由前述的旧模板图象与当前最佳匹配位置图象的 MCD 距离来确定:

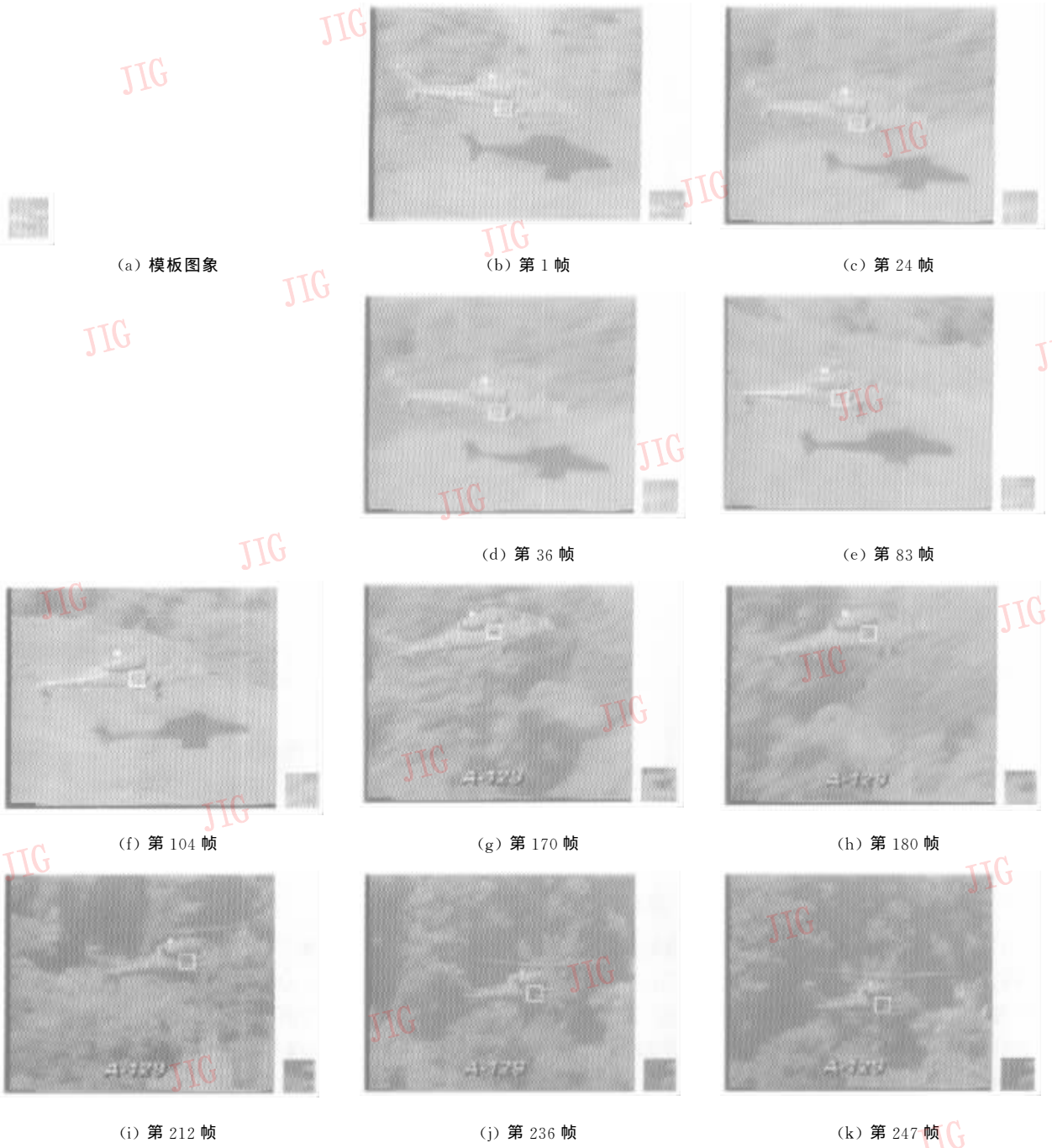
$$\beta = d_{MCD} / A(M)$$

这里的 d_{MCD} 就是旧模板和当前最佳匹配位置的图象的 MCD 距离, $A(M)$ 为模板图象的像素点数. 权值 2 就由这个匹配度 β 唯一确定, 实际应用中可以采用分段函数的形式.

(3) 利用更新后的新模板进行下一帧图象的匹配, 获得新的当前最佳匹配位置, 然后重复第 2 步. 进入“匹配—获得当前最佳匹配位置—计算匹配度—修正模板—匹配”的循环中.

3 实验结果与讨论

采用本方法在一组飞机序列图象上进行了实验. 这些序列图象上包含了大量在复杂背景中各种运动姿态的目标. 图 2 是一直升机序列图象的目标区域, 其中图 2(a) 是模板图象, 图 2(b) 是序列图象起始帧, 图 2(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)、(i)、(j) 为



(a) 模板图象

(b) 第 1 帧

(c) 第 24 帧

(d) 第 36 帧

(e) 第 83 帧

(f) 第 104 帧

(g) 第 170 帧

(h) 第 180 帧

(i) 第 212 帧

(j) 第 236 帧

(k) 第 247 帧

图 2 匹配跟踪实验结果

中间状态帧及其相对应的模板,图 2(f)为序列图象终止帧.飞机经过上升旋转等飞行状态,之间共经过了 247 帧.实验的结果是,如果匹配过程中仅仅使用最小绝对差累加和方法,会在 24 帧时失去目标,而如果仅仅使用本文的 MCD 距离而不采用模板修正和中心加权策略的话,跟踪算法会在 36 帧时跟飞掉.当采用了中心加权之后,跟踪可持续到 83 帧,若再加入模板修正策略,稳定的跟踪可以一直延续到 216 帧,在最后的 30 帧图象里,由于飞机本身发生了比较大的旋转变化的,而且到达背景更复杂的区域,匹配位置会慢慢发生偏移.但是这个实验结果已经充分说明了本方法的优越性.

4 结论与展望

本文提出了一种基于新定义的 MCD 距离的图象相关跟踪方法.以 MCD 距离作为相似性度量的匹配算法具有较高的抗畸变能力,即使图象中存在某种轻微的扰动,如图象中的变形、噪声、局部遮挡等,仍然可以保持较高的匹配概率和匹配精度.

在结合了本文中所提出的模板自适应修正策略以后,算法的稳定性更是大大提高.

本文就该算法在雷鸟 850 机器上进行了实验,实验中目标图象大小为 352×288 个像素,模板图象大小为 32×32 个像素,匹配跟踪一幅图象所需时间为 0.7s.由于该算法计算简单,非常便于硬件实现,如果结合由粗到精的匹配策略或别的优化算法,将在速度上得到进一步的提高,可以被有效地利用在实际的巡航制导过程中.

参 考 文 献

- 1 杨宜禾,周维真. 成像跟踪技术导论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1992:71~73.
- 2 Christian Heipke, Overview of Image Matching Techniques[EB/OL]. <http://dgrwww.epfl.ch/PHOT/workshop/wks96/art-3-1.html>. 1996-04-29.

- 3 孙仲康,沈振康. 数字图象处理及其应用[M]. 北京:国防工业出版社,1985:11~18.
- 4 杨皓筠. 相关跟踪中若干关键问题的研究[硕士学位论文][D]. 武汉:华中科技大学图象识别与人工智能研究所,2000,4.
- 5 Lisa Gottesfeld Brown. A Survey of Image Registration Techniques, Department of Computer Science Columbia University [EB/OL]. January 12, 1992. <http://citeseer.nj.nec.com/brown92survey.html> 1997-09-10
- 6 Claude Duchesne, Jean-Yves Hervé. A Survey of Model-to-Image Registration [EB/OL]. <http://www.ai.polymtl.ca/webLab/SMART/Facet2DocB/Facet2DocB.html>. 2000-05-16



任仙怡 1973 年生,现于华中科技大学图象识别与人工智能研究所攻读博士学位.主要研究方向为纹理图象分割、图象匹配与跟踪、人脸图象识别、汽车牌照自动识别等.



廖云涛 1976 年生,毕业于原华中理工大学电子与信息工程系,现为华中科技大学图象识别与人工智能研究所模型识别与智能系统专业硕士生.所从事研究有 ATR 算法性能评估系统的设计与研究、相关匹配算法的硬件设计与实现.



张桂林 1944 年生,1967 年毕业于北京邮电学院无线电通讯专业,现为华中科技大学图象识别与人工智能研究所教授,博士生导师.主要研究方向为自动目标识别、人体生物统计特征识别、图象处理算法与系统性能评估等.



张天序 1947 年生,浙江大学生物医学工程博士毕业.现任华中科技大学图象识别与人工智能研究所所长、教授、博士生导师,长期从事精确制导、计算机视觉、智能图象数据压缩、图象并行处理算法等方面的科研、教学工作,发表论文 100 余篇.