

跟踪系统中图像目标的快速提取技术研究*

郭旭平** 李在铭

(电子科技大学通信与信息工程学院 成都 610054)

【摘要】 研究了牵引式跟踪系统中图像目标的快速提取技术,描述了系统的图像目标模型。提出图像目标灰度凝聚度和灰度集合识别度的定义,据此分析了提取图像目标特征图形的可能性。利用直方图对大量图像的统计研究和理论分析,介绍系统的图像目标的提取方法,利用该方法对目标的提取保持其特征图形,对实际图像的处理结果说明该方法是有效的。

关键词 图像处理; 跟踪系统; 凝聚度; 识别度; 特征图形; 图像目标提取
中图分类号 TN941.1

电视跟踪系统是利用电视成像技术,对诸如飞机、舰船等类机动目标进行实时跟踪的系统。目前已装备国内外海军的这类系统已普遍采用了模拟检测跟踪和数字检测跟踪相结合的方法^[1]。牵引式跟踪系统即是这种系统中进行数字检测跟踪的一个子系统。在数字检测跟踪中,为了确定目标参数,可以通过边缘轮廓线的连接得到封闭曲线 $B(t)$,把图像目标看作是数字图像中的一个以 $B(t)$ 为边界的二维区域^[2]。也可以不通过边缘轮廓线的连接得到封闭曲线 $B(t)$,而是使用一个曲线函数 $C(t)$ 逼近并取代 $B(t)$ ^[3]。本文主要研究基于牵引式跟踪系统的目标模型,为确定目标参数,从而利用特征参数判决实现跟踪而进行的快速目标提取技术,门限的选取把目标识别、象素统计检测、象素虚漏警检测和形状检测有机地结合起来,实现了保持其特征图形的图像目标提取。

1 提取图像目标特征图形的可能性分析及模型表征

1.1 目标模型

在牵引式跟踪系统中,我们把系统可视目标模型表征为

$$[SHAP(x, y, g, t)], \text{Point } M(x, y) \quad (1)$$

式中 $SHAP(x, y, g, t)$ 体现目标在 t 时刻的位置、形状等特征量; $\text{Point } M(x, y)$ 表示目标运动的特征量,体现了目标总的运动趋势。由式(1)可以看出,系统是利用提取目标的若干特征量,首先提取目标特征图形,然后确定其质心坐标,并给出目标的运动参量进行跟踪。根据系统的特点,系统目标满足下述条件:

1) 依模拟通道提供的牵引坐标 (x_0, y_0) , 对目标域 R_0 有

$$R_0 \subseteq R(x, y) \quad (2)$$

$$R(x, y) = f(x, y) \text{rect}\left(\frac{x-x_0}{M_T}, \frac{y-y_0}{N_T}\right) \quad (3)$$

式中 rect 为矩形表示符。

2) 目标在空域具有一定的凝聚性。这里我们把当前点与其 8 邻域点的空间长度归一化为“1”,同时将它们的关系视为一阶 Markov 序列,即在空间上当前点与其 8 邻域点是充分相关的。

* 1997 年 4 月 21 日收稿, 1997 年 5 月 28 日修改定稿

* 国防科工委预研基金资助项目

** 男 33 岁 博士生

因此当前点是属于背景域还是目标域取决于 8 邻域点的总体属性。

3) 目标特征图形在 t 域是连续缓变的。这一条件表明目标特征参量的可预测性, 和当前帧目标特征参量与估计值的可比性。

系统目标模型为目标提取算法的研究提供了依据。

1.2 提取目标的可能性分析

在提取目标的具体处理中, 灰度 g 是随机变量, 其值是不能预先准确地知道。根据 Chebyshev 大数定理得出灰度随机变量的凝聚方程

$$P\left[\left|\frac{g - E[g]}{E[g]}\right| < \epsilon\right] \geq 1 - \frac{Var[g]}{\epsilon E^2[g]} \quad (4)$$

根据式(4)我们提出图像目标灰度凝聚度 C 和目标灰度集合识别度 R 的定义为

$$C = \frac{E^2[g_0]}{Var[g_0]} \quad (5)$$

给定 ϵ 和 $P[\cdot]$, 则

$$R = \frac{|E[g_0] - E[g_b]|}{\sqrt{Var[g_0]} + \sqrt{Var[g_b]}} \quad (6)$$

式中 g_0, g_b 分别表示目标、背景域的象素灰度。

根据式(5)和式(6)得出下述定理:

定理 1 在灰度图像中, 目标灰度的凝聚性越大, 目标的可识别性越好。

定理 2 当 $C \gg 1, R > 1$ 时, 提取目标并保持其特征图形的可能性越大。 C, R 作为描述图像目标凝聚性和可识别性的两个参数, 可以反应出用灰度门限提取目标并保持其特征图形的难易程度, 从而可作为衡量目标提取算法优劣的标准。

2 图像目标的特征图形提取

为了研究系统中提取目标特征图形的算法, 我们编制了图像直方图 $h(g)$ 分析软件, 分析了大量的实际场景采集的图像。直方图可得均值和方差的计算方法, 如下式

$$E[g] = \sum_{g \in R} h(g) g \left/ \sum_{g \in R} h(g) \right. \quad (7)$$

$$Var[g] = \sum_{g \in R} \{h(g)(g - E[g])^2\} \left/ \sum_{g \in R} h(g) \right. \quad (8)$$

式中 R 分别取 HR_0 和 HR_b , HR_0, HR_b 分别为利用直方图人工选择的最佳门限分割出的目标和背景域。由式(5)~(8)可得到图像的 R, C 值。例如: 图 1a 的 $C=11, R=0.48$; 图 1b 的 $C=55, R=2.44$ 。对于具有不同 R, C 值的图像, 本文的算法分为四个处理过程: 目标识别、统计处理、门限确定、空域滤波。

2.1 目标识别

目标识别是判断目标是灰度大于背景灰度的目标(依对比度为亮目标)还是灰度小于背景灰度的目标(依对比度为暗目标)。为了能自动识别目标是亮目标还是暗目标, 根据系统目标条件 1, 提取自学习图像($m \times n$)的目标与背景的灰度差异取得目标识别函数 $f_1(g_0, g_b)$ 并记为 p

$$f_1(g_0, g_b) = p = \text{sign}(E[g_0] - E[g_b]) \quad (9)$$

$$E[g_b] = \frac{1}{64} \left(\sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 f(i, j) + \sum_{j=0}^3 \sum_{i=m-4}^{m-1} f(i, j) + \sum_{j=n-4}^{n-1} \sum_{i=0}^3 f(i, j) + \sum_{j=n-4}^{n-1} \sum_{i=m-4}^{m-1} f(i, j) \right) \quad (10)$$

$$E[g_0] = \frac{1}{16 \times 16} \sum_{j=-7}^8 \sum_{i=-7}^8 f(i + x_0, j + y_0) \quad (11)$$

当 $p = 1$ 时为亮目标, $p = -1$ 时为暗目标。

2.2 统计处理

统计处理能较为精确地统计出目标区域和背景区域的大小。为了得到一个较为精确的统计结果, 我们利用文献[4]中重复处理这一方法进行处理, 其中初始门限取已获得的背景均值 $E[g_b]$, 产生逐步求精的门限 T 。以门限 T 作为统计门限, 根据分类准则

$$\begin{aligned} f(x, y) \in R_b & \quad pf(x, y) \leq pT \\ f(x, y) \in R_0 & \quad pf(x, y) > pT \end{aligned} \quad (12)$$

可以较为精确地统计出目标、背景像素个数 n_0, n_b , 即目标区域和背景区域的大小。由于目标满足条件 1, 初始门限的确定不是很粗糙的, 重复处理的循环次数仅为有限的几次, 对大量图像的实验一般小于 3 次, 从而使得整个算法在重复处理的开销降低到最小。

2.3 确定最佳门限

在算法研究中, 通过实验并利用统计结果, 我们引入形状参数 $S(n_0, n_b) = (n_0 + n_b) / n_b$, 把 a, b 看作加权值, 对 $S(n_0, n_b)$ 分子的 n_0, n_b 进行加权实现虚漏警率的平衡后, 确定最佳门限

$$T_r = T + pS(n_0, n_b, a, b) \quad (13)$$

加权后的形状参数 $S(n_0, n_b, a, b)$ 为

$$S(n_0, n_b, a, b) = (an_0 + bn_b) / n_b \quad (14)$$

这样最佳门限的选取把目标识别、像素统计检测、像素虚漏警检测和形状检测有机地结合起来。

2.4 二值化图像的马尔可夫空域滤波

由于光线变化等因素的影响, 用门限 T_r 对目标图像进行二值化的图像会有一些噪声点, 具体表现为在背景或目标域出现一些孤立的点。利用目标条件 2, 我们对二值图像进行了马尔可夫空域滤波。经过以上处理即可实现对系统图像目标的提取, 结果保持了目标特征图形。该算法似乎很简单, 实现程序较短, 却是建立在系统目标模型并利用直方图对大量图像的分析 and 理论研究的基础上, 而且这正是整个跟踪算法简单、快捷的实时性所寻求的。实验结果证明了该算法的实用性。

3 实验结果

利用上述方法, 处理在实际环境中采集的图像数据, 实验结果如图 1a、图 1b 所示 (图中左边为 128×128 原始图像)。实验参数 $a = 4, b = 10$ 。



(a) 对海面小船的实验结果 $C = 11, R = 0.48$

(b) 对空中飞机的实验结果 $C = 55, R = 2.44$

图 1 实验结果

本文的算法主要用于利用特征参数判决进行跟踪的处理中,在现有的 C25 硬件平台上,对于大量的实验,提取目标特征图形和确定目标参数的总耗时小于 13 ms,对标准制式电视跟踪的场周期 20 ms 而言是满足要求的,可用现有硬件实现。然而与文献 [3] 中采用曲线拟合的特征匹配方法相比,其缺点是运行的时间开销与目标特征图形的大小有关。但就实用和系统目标提取而言,这种基于实验和理论方法的特点是:单帧图像即可提取目标特征图形;对可见光图像及海、空不同自然背景和船只、飞行器等不同类型目标,共用一套程序无需调整实验参数;从不同图像的 C 、 R 值可知能够提取具有不同凝聚性和可识别性的图像目标并保持特征图形;提取图像目标快速简洁。实验结果表明,特征保持型图像目标提取技术是一种性能优良的目标提取技术。

4 结束语

系统中图像目标特征图形的提取以系统目标模型以及实验和理论分析为基础,以不是背景即为目标为准则,对目标的提取保持其特征图形。对实际图像的处理结果显示了本文的方法对系统的不同灰度的图像目标的适应性和提取目标特征图形的有效性。

参 考 文 献

- 1 童志荣. 舰艇指挥系统的理论基础. 北京:国防工业出版社, 1995
- 2 Garibotto G. Motion tracking of connected edge contours. *Time-varying Image Processing and Moving Object Recognition*, 1990, 2:323~330
- 3 Deng K, Wilson J N. An approximation-based video tracking system. *SPIE Image Algebra and Morphological Image Processing* 1991, 1:568~304~312
- 4 Ridler T W, Calvard S. Picture thresholding using an iterative selection method. *IEEE Trans System Man And Cybernetics*, 1978, 8(8):630~632

A Fast Extraction Technology for Image Object in Tracking System

Guo Xuping Li Zaiming

(College of Communication and Information Eng., UEST of China Chengdu 610054)

Abstract A fast extraction technology for image object in led tracking system is studied. The image object model of the system is described. The possibility of extraction for image object's characteristic graph is analysed according to the definitions of condensation degree and recognition degree presented. The method to produce the result with maintained character, which is used to extract system's image object is introduced through statistic studies and theoretical analysis for a large number of real images by means of histogram. Finally, some experimental results for real images show that the method in this paper is applicable.

Key words image processing; tracking system; condensation degree; recognition degree; characteristic graph; image object extraction

编辑 叶红