

自动扑获复杂背景中的运动目标

宋建中 朱 明

摘要 介绍一种自动扑获复杂背景中的运动目标的方法,它采用图像相减的原理发现运动的目标,以不变矩原理计算自适应阈值,实时进行图像两值化,以投影和编批原理计算视场中多目标的位置,以速度判据确定主跟目标。

详细介绍了所用方法的原理并给出了实验结果,结果表明原理正确,效果满意。

一、前 言

对于一个跟踪瞄准设备,初始扑获成功的概率是极为重要的。只有扑获成功才能转入自动跟踪。目前实际上普遍采用的扑获方法是半自动方法,初始的扑获是在操作人员的参与下完成的。当跟瞄设备与被扑获的目标之间相对速度很大的时候,这种半自动扑获的成功概率就大大下降。因此,使用部门很需要一种自动扑获手段。

采用跟踪测量电视系统来自动扑获复杂背景中的运动目标是一个图像处理问题。不仅要每一幅电视图像进行目标与背景的分隔和特征抽取,还要分析相邻两幅图像之间的变化。由于目标的运动,两幅图像在运动目标所在的区域会有较大的差别,因此利用图像相减的方法可以找出运动目标存在的区域。但是,直接对两幅图像进行相减是不能实时完成的,因为运算量太大,所以必须进行数据压缩和开发高效率的算法。

提出一种自动扑获复杂背景中的运动目标的方法,它采用图像相减的原理发现运动目标,以不变矩原理求自适应阈值,实现图像实时两值化,以投影计算目标位置,以速度判据决定主跟目标。此方法已经实现并已应用到高精度跟瞄设备上。

二、原 理

1. 实时图像两值化

对图像进行两值化的目的是压缩数据,提取目标。如果将图像记为 f ,阈值记为 T ,图像两值化可以表述如下:

$$f = \begin{cases} 1, & \text{当 } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{当 } f(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

这里 $f(x, y)$ 为 (x, y) 处的象元的灰度值。

电视跟踪测量设备是在外场使用的自动化仪器,视场中光强分布是不能人为布置的。所以它对图像两值化有二个基本要求:一是实时性,应在消隐时间内完成;二是阈值要有自适应性,也就是阈值能随着电视图像内容的变化自动调整,使两值化的图像尽可能多地保留原始图像的信息。文中采用不变矩法计算自适应阈值,它在用硬件计算直方图的基础上进行简

单地计算就能完成，易于实时化。

不变矩法原理是基于图像的不变矩在图像变换时保持不变。可以把两值化看成是一种图像变换，两值图当做理想图像，而原始的灰度图像当做它的模糊图像。那么不变矩法就是在两值化之前先计算灰度图像的矩，然后选择一个阈值使两值化的图像保持原来的矩不变。

图像矩的定义，在离散量情况下，可以表示为：

$$M_j = \frac{1}{n} \sum_x \sum_y f^j(x, y), \quad i = 1, 2, \dots, L \quad (2)$$

其中 $f(x, y)$ 为图像在 (x, y) 点的灰度值， n 为图像象元总数， i 为图像矩的阶数。(2)式也可以用图像直方图来表示：

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_j n_j(z_j)^i = \sum_j p_j(z_j)^i \quad (3)$$

其中 n_j 为灰度级为 j 的象元总数， z_j 为第 j 个灰度级的灰度值， $p_j = n_j/n$ 。

设两值化图像为 g ，图像 f 中低于阈值和高于等于阈值的概率密度分别为 p_0 和 p_1 ，那么 g 的前三阶矩可表示为：

$$M'_i = \sum_j p_j(z_j)^i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (4)$$

由于 $M_i = M'_i$ ，并且 $p_0 + p_1 = 1$ ，所以有下列方程成立：

$$p_0 + p_1 = M_0 = 1$$

$$p_0 z_0 + p_1 z_1 = M_1$$

$$p_0 z_0^2 + p_1 z_1^2 = M_2$$

$$p_0 z_0^3 + p_1 z_1^3 = M_3$$

M_0, M_1, M_2, M_3 可以从灰度图像 f 的直方图得到，解此方程组，得到 p_0, p_1, z_0, z_1 后，选择一个阈值 t ，使得下式成立：

$$p_0 = \frac{1}{n} \sum_{j \leq t} n_j \quad (5)$$

则 t 就是图像 f 的两值化阈值。显然 t 是随着 f 的内容变化而变化的。

应该指出的是，在复杂背景下，两值化图像不仅包含着目标和部分背景，可能有些噪声也变成了假目标。因此，两值化以后还得利用已知的目标特性把目标从背景和噪声中分离出来。

2. 扑获运动目标的算法

若一幅 $M \times N$ 的图像经过两值化以后表述为 g ，它在 x 方向的投影记为 $\overline{g_x}$ ，在 y 方向的投影记为 $\overline{g_y}$ ，它们可以表达如下：

$$\overline{g_x} = \begin{pmatrix} g_x(1) \\ g_x(2) \\ \vdots \\ g_x(M) \end{pmatrix} \quad \overline{g_y} = \begin{pmatrix} g_y(1) \\ g_y(2) \\ \vdots \\ g_y(N) \end{pmatrix} \quad (6)$$

其中 $g_x(i) = \sum_{j=1}^N g(x, i)$ ， $i = 1, 2, \dots, M$

$$g_x(j) = \sum_{y=1}^M g(j, y), \quad i = 1, 2, \dots, N$$

两幅图像相减，可以分别用其相应的投影向量相减来实现，把一个二维问题化成二个一维问题来处理，从而大大提高了计算速度。

假定当前场的前一场图像中没有目标存在，用它做背景图像与当前场图像相减，得出两者之差 Δg ，然后设一个判别门限 w ，当 $|\Delta g| \geq w$ 时表示当前场中出现了目标，扑获过程可以开始。否则表示目标在当前场还没出现，应改用当前场图像做背景图像与它的后一场图像相减，重复上述判断过程，直到发现目标为止。

w 是根据使用环境条件，作用距离和目标运动速度等先验知识确定。一旦发现 $|\Delta g| \geq w$ 成立，连续判断几场，确认目标存在即可进入确定主跟目标阶段。

3. 主跟目标的确定

通过上述投影相减得到相邻两幅图像之差， Δg ，它反映了运动目标的分布情况。对静止的或缓慢变化的背景以及干扰物经过阈值， w 的判断都可以剔出。如果只有一个目标存在，那么这个目标的位置就是跟踪点，可以从扑获状态转入自动跟踪状态。如果视场中有多个目标存在，必须确定一个主跟目标。

首先把每个目标的位置都求出来，然后判断应该扑获那一个，即以那一个为主跟目标。这是个编批问题，限于篇幅，这里略去，另有专文介绍。

以两个目标为例，当它们的位置被确定之后，就以每个目标的位置为中心分别开一个软件窗口，连续跟踪两场，计算每个目标的速度，以速度大的做为主跟目标，控制跟踪窗套上它转入自动跟踪。

当然也可以根据其它先验知识来判断，如上、下、左、右等。三个以上目标的情况，判断方法类似但逻辑稍复杂，计算量也要增大。

三、实 验

我们曾为一个高精度跟瞄系统研制了一个电视跟踪测量系统。采用TMS320c25做CPU。利用这个系统在实验室内进行了大量的模拟实验，结果表明本文叙述的扑获方法原理是正确的，技术途径是可行的，效果也令人满意。实验装置示意图如图1所示。一个两轴转台上放置一台CCD摄像机，光学系统焦距 $f = 90\text{mm}$ ，口径 36mm ，电视图像由电视跟踪器进行处理并实时输出目标的脱靶量。

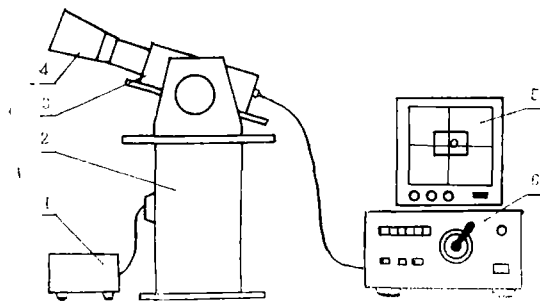


图1 自动扑获实验装置示意图

1-引导信号源； 2-小转台； 3-CCD摄像机； 4-镜头； 5-监视器； 6-电视跟踪器

实验时，用正弦信号引导小转台以0.1Hz的频率在原地搜索，搜索范围大约10°左右。视场中布置模拟景物以构成复杂背景。在监视器上可以看到背景缓慢地漂动，近似靶场经纬仪处于数字引导下的运动状态。然后让模拟目标以不同的角速度进入视场，模拟目标是用电机带动做圆周运动的。实验结果如表1所示。

模拟目标在通过电视视场时，其象点在靶面上沿弧线运动。为方便计算，可近似看成直线运动。我们对目标运动速度做了近似地计算以便与实际外场情况对比，计算过程是这样的：以目标36秒转一圈为例说明，它的角速度是

$$\frac{360}{36} = 10 \text{ (度/秒)}$$

实验用光学系统焦距 $f = 90\text{mm}$ ，CCD靶面尺寸为 $(8.8 \times 6.6)\text{mm}^2$ ，所以有效电视视场约为：

$$tg^{-1}\left(\frac{8}{90}\right) \approx 5 \text{ (度)}$$

也就是说，模拟目标36秒转一圈，相当目标每秒钟在视场内往返一次。或者说目标象点的运动速度是 $(8 \times 2)\text{mm/s}$ 。因此折算成光学系统焦距为3m，目标在10km处时的速度，就是：

$$v = \frac{10 \times 10^3 \times 8 \times 2 \times 10^{-3}}{3} = 53.3 \text{ (m/s)}$$

$$= 192 \text{ (km/h)}$$

实验数据和计算结果列于表1。

表 1 扑获实验结果

	模拟目标运动速度		扑 获 情 况	相当于使用 3 米焦距镜头目标在10公里处的速度 (公里/小时)
	秒/圈	角速度 (度/秒)		
1	120	3	不扑	57.6
2	60	6	不扑	115
3	40	9	不扑	172
4	36	10	不扑	192
5	30	12	扑	230
6	24	15	扑	288
7	18	20	扑	384
8	15	24	扑	460

四、结 束 语

实验结果表明，按本设计的参数，当目标相对仪器的速度大于 230km/h 左右时，电视

光学系统焦距用3m, 目标在10km以内可以自动扑获。对低于这个速度进入视场的目标不予扑获。这表明, 当目标是飞机或导弹时, 用本设计的方法和参数可以实现自动扑获而不受视场中复杂背景和速度较小的运动干扰物的影响。

对不同目标速度, 不同作用距离, 不同的光学系统焦距, 可以修改设计参数 w , 以保证自动扑获复杂背景中的运动目标。实际上 w 值是可以拨码开关设置的, 对于固定实验场地和设备, w 值并不需要频繁更改。

Automatic Acquisition of a Moving Target in a Complex Background

Song Jianzhong, Zhu Ming

Abstract

Image binarization is done by using an adaptive thresholding which is calculated using invariant moments.

Based on the principle of image subtract, moving targets in the field of view are found. A projection algorithm and a numbering method is used for calculating the places of the targets. The main tracked target is determined by the moving speed of the targets.

All above mentioned is introduced in this paper in detail except the numbering. And the results of experiments are given.