

复杂背景中低对比目标的提取

宋建中 韩德贵

摘要: 在复杂背景中提取低对比的目标是电视跟踪、测量系统进一步发展需要解决的重点课题,是提高作用距离、快速、准确地捕获目标和精密跟踪、测量的先决条件。

针对如何在复杂背景中提取低对比目标的技术途径,结合实际工程研制和外场实验进行了探讨。

一、引 言

近几年来电视跟踪测量技术发展很快,特别是 CCD 摄像机和计算机技术的应用,使电视跟踪测量系统在跟踪测量精度、小型化、自动化程度和稳定性以及信息的显示和记录等各方面都有了明显的提高。调整环节很少,使用方便,受到了用户的普遍好评和欢迎。应用范围越来越广。不仅在大型光测仪器上成为必不可少的分系统,而且在机载、舰载及地面上的小型光测、制导系统也成功地得到应用。

与此同时,使用单位对电视跟踪测量系统又提出了更高的要求。作用距离不断增大,跟踪的目标越来越小,使用环境越来越恶劣,甚至要求能抗住人为的干扰,这已经进入了光电武器对抗的范畴。

因此,从总的发展趋势来看,我们认为现在电视跟踪测量技术面对的一个重点课题就是解决在复杂背景中低对比目标的提取问题。它是电视跟踪测量系统能否可靠工作,能否跟得远、测得准的先决条件。只有实现了目标可靠地快速提取,才能实现准确的捕获,然后才能进行精密跟踪和测量。解决这个问题的方法已有许多种。如采用模拟电子学的方法,它比较容易实现,元器件也充足、速度快、实时性好,但局限性比较大。采用数字图像处理的办法比较灵活,处理复杂背景的能力强,但实时性差。采用光电混合的图像处理办法是先进、合理的办法,它既保留了数字图像处理的优点又以光计算代替电计算,速度快、容量大。目前,国外正在大力开发这种先进的办法,并已实际有所应用。我们利用长春光机所的光、机、电综合优势,开发了一种新的光机电混合处理方法,在处理复杂背景和解决人为干扰的问题上取得了良好的效果。

二、电视跟踪测量系统中目标提取的几个概念。

1. 目标和背景

目标是指要跟踪测量的物体。目标发出(或反射)的光透过大气和光学系统后照射到电视摄像机的靶面上,经过光电转换和电路放大、处理,形成了目标信号。在电视视场中除去目标以外的其它所有景物,包括天空,构成了背景。如大气中的粒子和云雾等折射的太阳光,海浪和各种地物对反射的太阳光以及各种发光体所发出的光都通过光学系统照射到电视摄像机的靶面上,从而形成了背景信号。

因此,由电视摄像机输出的视频信号中混杂着目标信号和背景信号。此外,还不可避免地混入电路本身的热噪声和瞬间的电磁干扰信号。所以在提取目标信号时,实际面对的问题是从一个叠加着干扰和噪声的复杂背景里把目标信号正确地分离出来。

2. 复杂背景

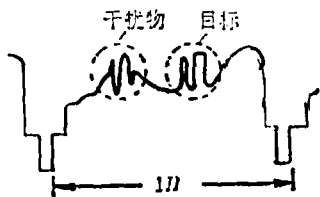


图1 具有复杂背景的视频信号

复杂背景是背景图像的亮度随时间和空间不断地变化,其变化速率比行频高得多。复杂背景的信号如图1所示。对于这样的视频信号,要从中把感兴趣的目标信号分离出来,采用简单的切割方法是不行的。

在多数情况下,是人为地加以限制,制造一个近似的均匀背景,以简化目标提取的问题。如在室内,对光照和场地加以控制;在室外,尽量缩小视场,让视场中景物尽量减少等。但是在某些特定的环境里,背景仍然很复杂,需

要有针对性地研究特殊的处理方法。

3. 对比度 (ξ)

目标和背景的对比度是反映目标与背景在亮度上的差别的量。对黑白图像而言,要把目标和背景分开,两者必须在亮度上有所差别,也就是说,要有一定的对比度。

设目标在靶面上形成的照度为 $E_{\text{目}}$,背景在靶面上形成的照度为 $E_{\text{背}}$,目标与背景的对比度定义为:

$$\xi = \frac{E_{\text{目}} - E_{\text{背}}}{E_{\text{背}}} \quad (1)$$

在电视跟踪测量系统中,目标能否提取出来,重要的是目标与背景的对比度,而不是目标本身的亮度。在逆光时,背景光很强,即使目标很亮,也不容易探测到。而有时目标不亮背景亮,也能容易地探测到。所以要想加大作用距离,关键是提高目标与背景的对比度。

4. 信噪比 (S/N)

在电视跟踪测量系统中,目标提取所关心的是信号的峰值。所以信噪比应该理解为目标信号的峰-峰值(S_{p-p})与噪声信号的峰-峰值(N_{p-p})之比。

$$S/N = \frac{S_{p-p}}{N_{p-p}} \quad (2)$$

与前些年有所不同,现在电视跟踪测量系统采用了各种新的低噪声器件、集成的视频放大器,加上比较讲究的电源,使得视频信号中的纯电路噪声很低,在实际工程中可以限制在 2^0 mV以下,这对目标提取并不产生严重的影响。真正影响信号提取比较严重的是视场中各种景物和光学系统(包括调光系统)的杂光与鬼像所产生的高频背景变化。我们把这种高频背景变化叫背景噪声。

5. 灵敏度

灵敏度是指电视摄像机能够正常工作的最低照度。灵敏度越高,最低工作照度越低,对亮度的变化反应越灵敏。但是高灵敏度的电视摄像机并不能提高目标与背景的对比度,必须配以适当的处理电路将背景压低才能在探测远距离目标中发挥作用。

三、复杂背景中低对比目标提取的技术途径

要在复杂背景中把对比度很差的目标提取出来，关键是设法提高信噪比。如果在不衰减或少衰减目标信号的前提下，压低背景信号，不仅提高了对比度也增加了信噪比。

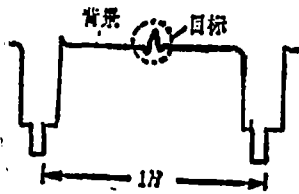


图2 均匀的背景电平的视频信号

因为它们是由视场中的自然景物，天空中飘浮不定的云朵以及光学系统的杂光与鬼像所产生的，所以消除背景噪声是十分困难的而且没有一定之规。只能具体问题具体分析，根据使用场合，设计有针对性的特殊处理方法。

下面结合我们外场实验的三种情况，介绍一下我们采取的处理方法和收到的效果。

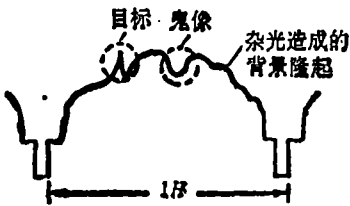
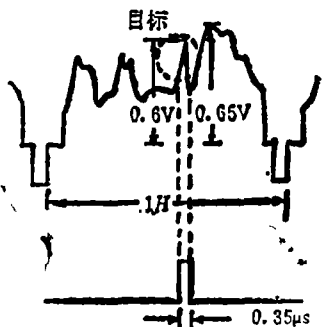


图3 带有杂光与鬼像所产生的背景噪声的视频信号

到40mV以下，跟踪正常。

这个实例给我们一个重要的启发，就是一个电视跟踪测量系统的光学系统，在消杂光与鬼像方面要求是很高的。粗略估算一下，由杂光与鬼像所产生的背景不均匀性应小于2%，因为通常视频信号 $\leq 1V_{rms}$ ，而噪声信号 $\leq 20mV_{rms}$ 。在要求作用距离远，目标又小的情况下，光学系统的杂光和鬼像必须认真消除。



4 靶场自然背景产生的视频信号

对背景信号进一步分析发现，它包含着低频背景电平和高频的背景噪声。远处地物和天空漫反射的阳光所产生的背景信号是缓慢变化的低频信号，其主要成分是直流分量。这种背景信号人们叫它背景电平。它随着视场中的天空亮度而变化，随着光学系统的通光量而变化。从视频信号来看，每行基本上都是平直的，如图2所示。消除背景电平的方法很多，最简单的是微分法，还有叠加抵消法和反馈抵消法等。因为这些都是比较成熟的方法，这里不在赘述。背景信号中还有一些叠加在背景电平上的背景噪声。

1. 在某机场跟踪飞机。背景为有云的天空。目标为飞机。实测目标信号 $V_{rms} \geq 70mV$ ，背景电平 $0.7V$ ，视场约 $\pm 7'$ 。因为视场很小，所以视场内的天空背景是近似均匀的。但在跟踪过程中，有时在监视器上清楚地看到了时黑时白变化的干扰影像，位置也不时在变动，其信号幅值最高可达 $0.1V$ ，无法正常跟踪。

经过检查分析，确认这种背景噪声是由杂光和鬼像所造成。将光学系统的镜筒壁重新涂漆染黑后，背景噪声降

2. 在某靶场，跟踪测量小型战术导弹。弹上装有一只曳光管。背景有天空、云朵、树林、水田、房屋建筑等。天空背景电平为 $0.9V$ ，白云信号峰值为 $1.1V$ ，目标信号幅值 $\geq 0.6V$ ，如图4所示。在跟踪过程中，有时导弹续航发动机喷出的黑烟将曳光管遮住，目标丢失，跟上了白云。在这种情况下，单凭亮度判据已无法可靠提取目标信号。我们考虑到被跟踪的目标虽然是导弹，实际上只需提取出曳光管的信号就足够了。所以对曳光管的光谱特性

进行了检测，然后在光学系统中加一片窄带滤光片，使背景信号衰减约 1/2，而目标信号幅值基本没变，然后通过背景抵消和峰值切割将目标可靠地提取出来，成功地控制导弹中靶。电路框图及处理结果示于图 5 和图 4。

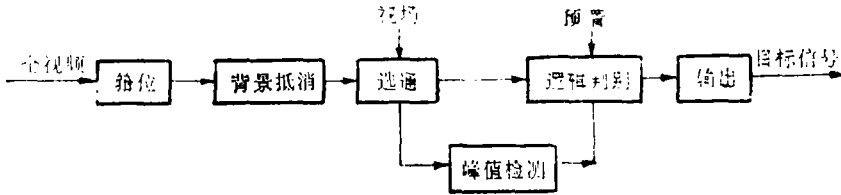


图 5 电路框图

3. 在某基地跟踪战术导弹。弹上装有 10 万烛光曳光管，弹的飞行速度为 0.9 马赫。背景有海岸、海浪、水天线及天空和白云。有的区域海面反光很强。天空及海面产生的低频背景为 $0.4V_{rms}$ ，背景噪声 $\leq 1.2V_{rms}$ ，目标信号的幅值高出背景 $60mV$ 以上。我们采用微分、二级限幅放大和延迟叠加的方法提高了目标与背景的对比度，即使在扑获时，仪器与目标相对速度比较大的情况下仍能可靠提取出目标信号，电视自动跟踪测量的距离达到 $38km$ 。

四、结 束 语

电视跟踪测量系统做为—门高新技术，其发展前景是十分广阔的。其应用领域将随着红外 CCD 等器件的发展，不可避免地超出可见光范围。随着复杂背景中低对比目标的探测技术的发展，电视跟踪测量系统的作用距离肯定会大大提高，抗干扰能力会大大加强。随着体积的减小，重量、功耗的降低，其应用场合会越来越多。

在复杂背景中提取低对比的目标工作是我们目前的一个重点课题，根据我们的经验，模拟电子学方法还不失为一个有效的手段。但是单一的方法是肯定不能满足解决实际问题的要求。混合处理方法是今后的主流，包括模拟-数字混合；光学-计算机混合；光-机-电混合等等。集中当今一切先进手段的综合处理办法是解决问题的最好途径。

The Extraction of a Poor Contrast Target in a Complicated Background

Song Jianzhong Han Degui

Abstract

In this paper we give a brief outline of the technique methods of extracting a poor contrast target in a complicated background, with three examples of tests in different situations.

This topic is a significant subject for further development of TV tracking and measuring systems.