

# 新型高速视频图像记录判读系统

徐志刚<sup>1,2</sup> 马健康<sup>1</sup> 罗秀娟<sup>1</sup> 唐慧君<sup>1</sup> 胡来胜<sup>1,2</sup> 邹永星<sup>1,2</sup>

(1 中国科学院西安光学精密机械研究所, 西安 710068)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘 要** 介绍了新型高速视频图像记录判读系统的特点、组成和功能, 并采用了一种改进的自动判读方法. 该系统利用集成在高速 CMOS 摄像机上的存储器记录数字视频序列图像, 并利用高速接口下载到计算机移动硬盘或可读写光盘上, 以供事后使用判读软件对记录的图像进行分析处理. 运用数学形态学图像处理方法滤除二值图像的噪声, 较好地实现了清晰提取目标边界的目的. 针对自动判读与半自动判读的不同要求, 采用不同的细分技术. 在现有分辨率的情况下, 达到对目标边缘亚像元级定位的目的, 显著提高测量准确度. 对其他类似系统的研制有一定的借鉴作用.

**关键词** 视频图像; 存储; 判读; 亚像元; 数学形态学

**中图分类号** TN941.1 **文献标识码** A

## 0 引言

光学测量是我国靶场主要的外部测量手段之一. 现代靶场光测系统的主要功能是在对飞行器等运动目标进行实时跟踪的同时, 完成跟踪过程中的目标图像、测角和时间等信息的记录, 进而获取目标的脱靶量、漂移量等参数. 而图像记录判读系统是靶场光测系统的重要组成部分. 在对目标进行实时测量时, 限于条件, 测量的准确度和可靠性通常不高. 若采取事后数据处理方式, 则可以使用一些比较复杂的算法, 获得更好的测量结果.

传统的图像记录判读系统多采用胶片作为记录介质, 采取事后判读的方式对胶片信息进行判读. 但由于胶片本身的特点, 如不便于长时间保存, 需要冲洗设备、放映设备等, 致使胶片式判读系统机械结构比较复杂, 判读成本高、自动化程度低. 随着高分辨率、高速数字式摄像机的出现以及视频图像处理技术的发展, 用新型的高速图像记录判读系统取代胶片式判读系统已成为发展趋势. 针对这种情况, 我们根据靶场需求研制了新型高速视频图像记录判读系统.

该系统特点: 1) 利用高速摄像机内置的大容量存储器实时记录飞行目标的数字视频图像信息. 2) 在事后数据判读处理时, 采用多种判读方式, 有效地缩短了判读时间. 3) 对自动判读与半自动判读, 采用不同的细分技术, 实现亚像元级判读, 提高了脱靶量的输出准确度. 4) 采用了一种改进的自动判读方法, 提高了判读效率和可靠性.

## 1 数字图像无压缩记录方式

以往的图像记录系统多是将图像存储在胶片上, 而现行的高速视频图像记录系统则将高速摄像机拍摄的图像以下列四种方式之一进行存储. 通过图像采集卡实时存储图像至高速磁盘阵列中<sup>[1]</sup>. 选择大内存计算机, 通过图像采集卡实时存储图像至主机内存. 存至高速摄像机机上所带内存, 事后下载. 实时存储到图像采集卡上的内存中. 在系统研制过程中, 根据本系统所处理的问题: 画幅分辨率高 (1280 × 1024)、记录时间短 (最多记录 40 s)、帧频高 (每秒记录 100 帧), 采用内置 DRAM 的高速 CMOS 摄像机来实时存储全数字视频图像信号.

对于需要存储的一帧具有 1280 × 1024 个像元、256 个灰度级的数字图像, 其大小为  $1280 \times 1024 \times 8 = 10485760 \text{ bit} = 10 \text{ Mbit} = 1.25 \text{ Mbyte}$ . 而每秒记录 100 帧, 连续记录 20 ~ 40 s, 要实现数字图像的无压缩存储, 则需要最大为 5 Gbyte 的存储空间. 摄像机上配备了 5.4 G 的内存, 完全可以满足实时存储的需要.

在任务执行过程中, 由数字式记录设备将高速 CMOS 摄像机输出的数字视频信号存储到 DRAM 中, 事后将所存储的图像信息通过高速接口下载到计算机移动硬盘或可读写光盘. 同时, 将图像与时统信号、绝对时、轴角编码器的角度值等数据进行同步存储. 以供图像数据处理系统进行图像及数据的处理和分析. 另外, 利用视频字符叠加器, 将摄像机输出的 PAL 制图像与数字信息合成送中心监视站显示、监控.

## 2 数字视频图像判读系统

### 2.1 系统构成

数字视频图像判读系统主要是对高速电视测量系统记录的数字图像进行事后处理。其硬件由高性能的计算机、专业图像采集卡、高分辨率大屏幕显示器、移动硬盘、DVD 可读写光盘驱动器、打印机等设备组成。其系统构成如图 1 所示。

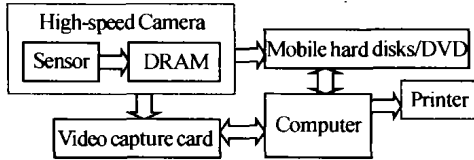


图 1 系统构成框图

Fig. 1 Block diagram for system structure

整个系统以计算机为核心，拥有友好的用户界面，方便用户的使用和调试。

### 2.2 判读软件框架

视频记录判读系统的软件采用模块化设计，可以适应多种来源的图像。

软件框架主要可分为三个模块：图像放映模块，图像处理模块，数据分析与处理模块。在图像处理模块中又可分为数字图像预处理、目标图像的分割和轮廓提取、图像匹配与测量这几部分。各模块实现功能如下：

#### 2.2.1 图像放映模块

完成视频图像的放映。实现对硬盘或光盘中存储的数字图像序列的查询、回放功能。可实现正、反向连续、单帧放映和定格、局部放映、局部放大或缩小等功能。

#### 2.2.2 图像处理模块

通过图像预处理、图像分割、目标轮廓提取、目标识别跟踪、亚像元准确度目标提取等多种图像处理与分析方法，获得目标的脱靶量值。

1) 数字图像预处理 主要目的是消除噪声。数字图像预处理主要采用这几个步骤进行：直方图均衡化，对比度增强，边缘保持滤波，边缘锐化，阈值分割等。

2) 图像分割和目标轮廓提取 对于经过预处理的图像，利用传统边缘检测算法对图像进行边缘提取，这种提取精确到像元级。我们利用亚像元边缘检测技术<sup>[3-5]</sup>对上述目标边缘进行位置修正，达到了亚像元级的定位准确度。

3) 图像匹配与测量 在自动判读中，采用质心跟踪和目标相关跟踪两种跟踪测量方式。在半自动判读中，图像判读采用像元数据内插细分技术，将窗口图像放大、平滑、增强显示，实现亚像元判读，提高

脱靶量的输出准确度。

#### 2.2.3 数据分析与处理模块

对所获得的单站判读数据-脱靶量作进一步的处理，获得目标横向漂移量数据。首先对数据进行误差修正，剔除野值，利用最小二乘法计算精确弹道，得出目标当前点的漂移量 $(\Delta X, \Delta Y)$ ，并按时间输出测量结果。同时统计出处理误差。

## 3 判读技术

由于本系统是对运动目标进行实时跟踪，事后完成对目标脱靶量的高准确度测量。在系统的应用中并无实时处理的硬性要求，因此可以采用一些准确度较高的方法，应用于判读过程中。同时由于记录图像的画幅较大，图像背景可能变化大，较为复杂，因此提供了自动判读和半自动判读两种判读方式。

### 3.1 半自动判读

在图像背景较复杂、图像信噪比较低的情况下或者是对某些帧的判读结果不满意时，采用半自动判读方式来识别目标，获取目标的脱靶量数据。在进行半自动判读时，系统通过图像漫游放大技术的支持，由人工使用鼠标控制显示器上的十字丝（游标）对被判目标的边缘进行精确瞄准，再由计算机自动进行坐标测量和转换，获得目标的脱靶量数据。在需要精确判读时，通过线性插值的方法使边缘定位达到亚像元级，从而获得更为精确的结果。

### 3.2 自动判读

根据实际应用需要，采用质心跟踪和目标相关跟踪两种跟踪测量判读方式。同时，采用了一种改进的自动判读方法。

#### 3.2.1 质心自动判读

对于图像背景较单一，图像信噪比较高，以及具有比较规则目标边缘的面目标，使用质心自动判读方式，可以较准确地获得目标的脱靶量。这种方法是先把图像二值化，将目标从背景中分离，然后利用质心公式求得目标的质心。根据定义，设一幅  $M \times N$  的图像中， $f(i, j)$  是图像在  $(i, j)$  点的像元灰度值，其灰度质心位置由以下公式求得

$$\begin{aligned} x_0 &= \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N i f(i, j)}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j)} \\ y_0 &= \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M j f(i, j)}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j)} \end{aligned}$$

则脱靶量为

$$\begin{cases} \Delta_x = x_0 - x_0 \\ \Delta_y = y_0 - y_0 \end{cases}$$

其中:  $x_0, y_0$  是主镜十字丝在靶面上的坐标;  $\bar{x}_0, \bar{y}_0$  是计算出的质心.

质心判读随机误差小, 抗干扰能力强, 准确度高, 稳定性好. 是经常采用的快速判读方法. 但是这种方式需要计算整幅图像的数据, 计算量大, 效率不高.

### 3.2.2 相关滤波自动判读

对光团等具有一定成像面积, 但无明显轮廓特征的目标, 使用一个数字模板对图像进行相关滤波, 得到一幅相关系数图像. 一般情况下, 相关系数小于 1. 通过在目标点位置求极值的方法, 可确定目标的位置. 为达到亚像元级的定位准确度, 可通过对相关系数图像进行曲面拟合, 再对拟合出的曲面用解析的方法求极值来定位目标.

相关滤波运算量较大, 尽管可采用一些改进方法来减小计算量, 但仍需进一步改进.

### 3.2.3 改进的自动判读方法

针对上述问题, 我们采用了一种改进的自动判读方法: 首先, 利用自适应阈值法对原图像进行分割. 分割后的二值图像里面可能存在噪声, 不是理想的图像. 这些噪声可能是目标边缘的小突起或毛刺, 也可能是目标与背景之间的搭接. 对于这种情况, 再运用数学形态学图像处理方法, 可以较好地实现清晰边界的提取.

经过上述处理的二值化图像, 用人工方式圈定目标, 然后采用质心跟踪或相关跟踪等跟踪方法在波门圈定的范围内搜索目标的位置. 经过最初几帧的搜索后, 利用智能外推算法预测出下一帧图像中目标的大概位置, 同时自动修正跟踪区域, 缩小跟踪波门, 完成目标的跟踪与测量, 获得目标的脱靶量, 实现自动判读. 自动判读流程如图 2 所示.

实践证明, 我们采用的自动判读方法有效地降低背景和噪声对目标判读的干扰. 与传统的半自动判读方法相比较, 大幅度提高了判读效率和可靠性.

## 4 结束语

本文介绍的新型高速视频图像记录判读系统具有实时图像采集、实时无压缩图像存储、自动化程度高、测量准确度高和操作方便的特点, 满足研制任务要求, 已在实际中得到了应用, 并取得了较好的效果. 该系统在光学测量领域有着广泛的应用前景. 随着应用的深入和新技术的植入, 该系统也可运用于其它的应用领域.

### 参考文献

- 李清军. 基于硬盘的视频实时存储方法的研究. 光学精密工程, 2000, 8(2): 146 ~ 149  
Li Q J. *Optics and Precision Engineering*, 2000, 8(2): 146 ~ 149
- 黑保琴, 马健康. 视频判读系统分析. 光子学报, 1999, 28(12): 1135 ~ 1137  
Hei B Q, Ma J K. *Acta Photonica Sinica*, 1999, 28(12): 1135 ~ 1137
- 李艳, 彭嘉雄. 基于 D2 样条插值和 LOG 算子的亚像素边缘检测. 华中理工大学学报, 2000, 28(3): 77 ~ 79  
Li Y, Peng J X. *Journal of Huazhong University of Technology*, 2000, 28(3): 77 ~ 79
- 赵立初, 施鹏飞, 俞勇, 等. 模板图像匹配中的亚像元定位新方法. 红外与毫米波学报, 1999, 18(5): 407 ~ 411  
Zhao L C, Shi P F, Yu Y, et al. *Journal of Infrared and Millimeter Waves*, 1999, 18(5): 407 ~ 411
- 贺忠海, 王宝光, 廖怡白, 等. 利用曲线拟合方法的亚像素提取算法. 仪器仪表学报, 2003, 24(2): 195 ~ 197  
He Z H, Wang B G, Liao Y B, et al. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2003, 24(2): 195 ~ 197

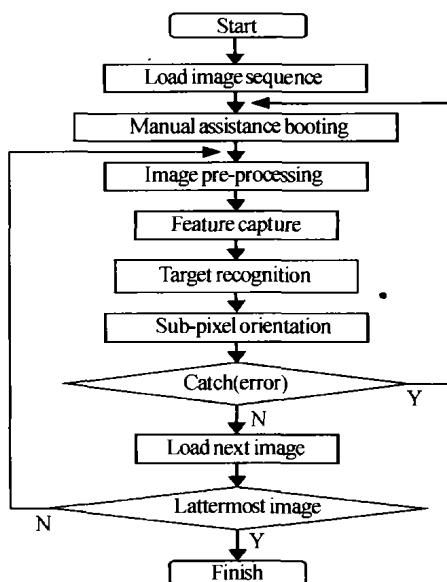


图 2 自动判读流程

Fig. 2 Automatic interpretation flow chart

## A New High-speed Video Recording and Interpretation System

Xu Zhigang<sup>1,2</sup>, Ma Jiankang<sup>1</sup>, Luo Xiujuan<sup>1</sup>, Tang Huijun<sup>1</sup>, Hu Laisheng<sup>1,2</sup>, Zou Yongxing<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068

<sup>2</sup> Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039

Received date: 2003-10-27

**Abstract** An improved automatic image interpretation method is introduced in this paper. At the same time, the composing, characteristic and functions of a new high-speed video recording and interpretation system are presented as well. The system uses a built-in memory of the high-speed CMOS camera to record the digital video sequence images and afterwards download the images to a hard disk or a DVD via a high-speed interface. The image sources for the image interpretation software are acquired in this way. Mathematical morphology method is used to remove the effect of noises for binary images and get clear boundary of a target. In allusion to different needs of automatic interpretation and semiautomatic interpretation, the system adopts dissimilar thinning techniques. In the case of existed resolution, the sub-pixel orientation is realized and the measure precision is improved. This system could be use for a reference for the development of other analogous systems.

**Keywords** Video images; Storage; Interpretation; Sub-pixel; Mathematical morphology



**Xu Zhigang** was born in 1977, in Gansu, China. He received the B. S. degree from Northwest Normal University in 2001. Now he is studying for his M. S. degree in Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics of CAS. His research interests include digital image processing and data storage technology.